# Manual do Pequeno Açude

Construir,
conservar e aproveitar
pequenos açudes
no Nordeste brasileiro

François Molle

Eric Cadier

Sudene

ORSTOM

tapi

Secretaria do Desenvolvimento Regional

Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

Diretoria de Planejamento Global

Depto. de Planejamento de Recursos Naturais (PRN)

Diretoria de Planejamento de Apoio ao Pequeno Produtor Rural (DPP)

Depto. de Apoio à Produção (APR)

L'Institut Français de Recherche Scientifique Pour le Dévelopement en Coopération

Missão ORSTOM do Recife

Ministère des Affaires Etrangères

Cooperação Técnica Francesa

Projeto Tecnologias Apropriadas à Pequena Irrigação (TAPI)

# Manual do Pequeno Açude

François Molle
Eric Cadier

Recife, 1992

# Participação

**Remy Courcier** (Cooperação Francesa/SUDENE)

**Roberto Dantas de Medeiros** (SUDENE/IICA)

**Flávio Hugo Barreto Batista da Silva** (SUDENE/EMBRAPA)

**Frederico Roberto Doherty** (SUDENE/IICA)

**Carlos Henrique C. de Albuquerque** (SUDENE/CISAGRO)

**Eric Sabourin** (Cooperação Francesa/SUDENE)

# Governo do Brasil
# Secretaria do Desenvolvimento Regional
# Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

SECRETÁRIO
**Egberto Baptista**

SUPERINTENDENTE
**Elionaldo Maurício Magalhães Moraes**

DIRETORIA DE PLANEJAMENTO GLOBAL
**Leonides Alves da Silva Filho** (Diretor)

COORDENADORIA DE COOPERAÇÃO INTERNACIONAL
**Gildo Tavares Nunes Machado** (Coordenador)

DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO DE RECURSOS NATURAIS
**Geraldo de Azevedo Gusmão** (Coordenador)

GRUPO DE TRABALHO DE HIDROMETEOROLOGIA
**Benedito José Zelaquett Seraphim** (Chefe)

DIRETORIA DE PLANEJAMENTO DE
APOIO AO PEQUENO PRODUTOR RURAL
**João Azevedo** (Diretor)

DEPARTAMENTO DE APOIO À PRODUÇÃO
**Márcio Roberto Duarte Watts** (Coordenador)

DIRETORIA DE ADMINISTRAÇÃO GERAL
**José Luiz de Oliveira Azevedo Júnior** (Diretor)

DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO
**Pedro Gorgônio da Nóbrega Filho** (Coordenador)

**Convênios:** SUDENE/ORSTOM
SUDENE/TAPI (Ministére des Affaires Etrangéres)

Molle, François
Manual do pequeno açude, por François Molle e Eric Cadier. Recife, SUDENE-DPG-PRN-DPP-APR, 1992.

p. ilustr.

Convênios: SUDENE/ORSTOM; SUDENE/TAPI
1. Açude - Nordeste - Manual. I. Cadier, Eric, II. SUDENE. ed. III. Título.

CDU 556.55(812/813)(035)

# Colaboração

**Alain Laraque.** ORSTOM/SUDENE - Qualidade da água
**Edilton Mendes das Mercês.** SUDENE
**Jean-Jacques Marie Herbaud.** SUDENE/AQUAPLAN - Hidrologia
**Jean-Claude Leprun.** EMBRAPA/ORSTOM - Hidropedologia
**Luiz Felipe Botelho Paes Barreto.** Programação visual
**Marc Montgaillard.** SUDENE/ORSTOM - Computação/Modelização
**Maria do Carmo Cordeiro Duarte** (Carminha) - Revisão
**Maria José Cavalcanti.** SUDENE - Tradução
**Nice Maria da Cunha Cavalcante.** SUDENE/IICA - Hidrologia
**Oswaldo Pereira da Silva.** (Revisão texto)
**Paulo F. de A. Filho.** SUDENE/CISAGRO - Hidrologia/Modelização
**Rosana Alves Soares.** SUDENE/IICA - Digitação
**Vera Lúcia Gomes.** SUDENE - Digitação

## Agradecimentos

Nossos agradecimentos particulares ao Dr. **Geraldo de Azevedo Gusmão**, ao Dr. **Sílvio Carneiro Campello Netto**, ao Dr. **Luiz Fernando de Araújo**, ao Dr. **Benedito José Zelaquett Seraphim e ao Dr. Marcelo José Gonçalves Barros**, responsáveis técnicos e administrativos da SUDENE; ao Dr. **Alain Perraud, ao Dr. Jean Claude Leprun, ao Dr. Henri de Cazotte, à Dra. Michèle Goldstein**, responsáveis pela Cooperação Francesa e pelo ORSTOM na Embaixada da França, que permitiram a realização deste manual através de seu apoio ao longo dos anos necessários a sua elaboração.

Externamos, também, os nossos sinceros agradecimentos a todas as pessoas que nos forneceram valiosas informações, sugestões, conselhos, apoio ou que revisaram partes do presente trabalho:

**Alda Maria Costa** (SUDENE)
**Antonio Nobre de Abrantes** (Secretaria da Agricultura da Paraíba)
**André Jean Henri Boyer** (SUDENE)
**Antonio Ermano Interaminense** (SUDENE)
**Ari Cavedon** (PRONI)
**Beranger Arnaldo de Araújo** (EMATER-PB)
**Bertrand Dardenne** (Sinergix)
**Bernard Cavaillé** (Cooperação Francesa)
**Centro Comunitário de Serviços do Município de Pintadas** (BA)
**Crenivaldo Régis Veloso** (SUDENE)
**C.R. Veloso Júnior**(AGTEC)
**Cynthia Araújo de Carvalho**
**Daniela Vieira de Almeida**

**Dick Reyntjens** (GTZ/IBAMA)
**Douglas Olson** (Bureau of Reclamation)
**Elek Woynarowitch** (Cooperação Húngara/CODEVASF)
**Fábio de Novaes** (PROVÁRZEAS)
**Fernando Marinho** (EMPARN)
**Francisco de Lira** (Coop.de irrigantes, Catolé do Rocha)
**Francisco Jaime de Oliveira** (DNOCS)
**Georges Fotius** (ORSTOM/EMBRAPA)
**Gildo Tavares Nunes Machado** (SUDENE)
**Gilvanise Maria Batista** (SUDENE)
**Hamilton M. de Azevedo** (UFPB-Campina Grande)
**Isabel Tenório da Silva** (SUDENE/PNUD)
**Isabel Vicente de Andrade**
**José Albertino Lordelo** (CAR)
**José Henrique Rangel da Silva Neves**
**José Hilton S. de Moura** (DNOCS)
**José Quirino Filho** (CISAGRO-PE)
**José Simplício de Holanda** (EMPARN)
**José William Bezerra e Silva** (UFC)
**Luciana Valadares Pereira**
**Marc Lefêbure du Bus**
**Mário Acioly Lins**
**Michel Molinier** (ORSTOM/DNAEE)
**Philippe Sablayrolles** (Cooperação Francesa)
**Pierre Audry** (ORSTOM/CNPq)
**Pierre Chevallier** (ORSTOM/IPH)
**Reginaldo Leandro Vieira** (EMATER-PE)
**Sérgio Macêdo Gomes de Matos** (SUDENE)
**Teócrito de Vasconcellos** (SUDENE)
**Técnicos da: EMATER/RN - EMATER/PB - CISAGRO - EMATER/PE - CIDAGRO - UFRPE - CAR.**

*Enfim, nossa extrema gratidão e lembrança a todos os agricultores sertanejos que, direta ou indiretamente, enriqueceram est trabalho com seus conhecimentos da terra, sua engenhosidade, seu labor e sua amizade, tornando este trabalho uma experiência, além de técnica, humana.*

# Prefácio

## Apresentação do Superintendente da SUDENE

O estímulo ao aproveitamento dos recursos naturais do Nordeste constitui um dos compromissos prioritários da SUDENE. Nesse contexto, a formação de estoques de água, através da construção e recuperação de açudes e barragens - a partir da utilização das águas superficiais e subterrâneas - é de fundamental importância para as populações rurais e urbanas, e para o desenvolvimento da agricultura e da pecuária.

Se, por um lado, as barragens de grande porte são construídas para garantir o abastecimento das populações e a implementação de grandes perímetros de irrigação, por outro, os pequenos e médios açudes podem permitir uma produção agrícola de auto-sustentação a nível de pequeno produtor, desde que explorados através de um dimensionamento hídrico adequado e de uma política de manejo racional.

Assim, o grande potencial que representa a pequena e média açudagem no Nordeste, impõe a necessidade de que sejam colocados à disposição dos usuários, localizados na Região Semi-Árida do Nordeste Brasileiro, os instrumentos indispensáveis para uma melhor compreensão do assunto.

O Manual do Pequeno Açude, ora editado pela SUDENE, foi elaborado atendendo aos objetivos do Convênio de Colaboração Técnica Internacional entre os Governos Brasileiro e Francês, este representado pela Missão de Cooperação Francesa (Projeto TAPI), e pelo Institut Français de Recherche Scientifique Pour Le Développement en Coopération (ORSTOM), que há mais de duas décadas realiza, em conjunto com esta Autarquia, estudos e pesquisas no campo da Hidrologia Aplicada, com resultados altamente compensadores.

Este trabalho apresenta, através de uma abordagem técnica bastante simples, explicações, métodos e normas indispensáveis ao delineamento de projetos sobre construção, conservação e custos/benefícios, a partir de pequenos açudes no Nordeste.

Diante do exposto, temos a satisfação de oferecer à comunidade envolvida no campo de recursos hídricos da Região, e demais interessados, este trabalho, confiando que os seus resultados e recomendações possam ter plena aplicação e difusão.

*ELIONALDO MAURÍCIO MAGALHÃES MORAES*
*Superintendente da SUDENE*

## Apresentação do Embaixador da França

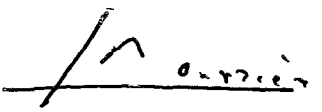
O Nordeste do Brasil é conhecido pelo drama das secas que, periodicamente, revelam a precariedade da situação dos pequenos agricultores da região semi-árida. A população nordestina tem, desde sempre, envidado esforços para lutar contra as secas, destacando-se a pequena açudagem como uma das soluções para a pequena propriedade ou comunidades.

O desenvolvimento recente da irrigação no Nordeste, em particular, a nível dos pequenos e médios agricultores do trópico semi-árido, tem despertado um novo interesse para a valorização destes recursos hídricos, tradicionalmente voltados para o abastecimento em água.

A Cooperação Francesa junto ao Nordeste do Brasil é já antiga, conforme o comprova a presença do ORSTOM há mais de 25 anos (desde os estudos hidrológicos do Vale do Jaguaribe). Nos últimos anos, os programas de cooperação técnica Franco-Brasileira junto à SUDENE têm promovido uma série de estudos de hidrologia aplicada e experimentações de irrigação em pequenas propriedades, em particular no tocante ao uso da pequena açudagem.

O Manual do Pequeno Açude constitui a síntese didática e a memória técnica desses programas, além de ser o fruto de uma cooperação exemplar e enraizada na realidade do meio rural semi-árido, entre equipes de pesquisa e de desenvolvimento dos dois países. Trata-se, sem dúvida, de um dos primeiros trabalhos técnico-pedagógicos deste vulto, realizados a partir das condições específicas do Nordeste e para os técnicos do Nordeste.

Parabenizo sinceramente toda a equipe que realizou este trabalho original que, tenho certeza, será da maior utilidade para os técnicos empenhados no desenvolvimento da região. Espero que este possa contribuir para as profundas transformações sócio-econômicas que se pretende não só para o Nordeste brasileiro mas para todos os países afetados pelo problema das secas.



*JEAN BERNARD OUVRIEU*
*Embaixador da França no Brasil*

# Sumário

**Introdução,** 13

## Parte A: Construir e Conservar o Açude

**A1. A escolha do local para construção do açude,** 25

**A2. Dimensionamento da barragem,** 36

1. Fundamentos do método de dimensionamento , 37
2. Avaliação do volume anual escoado, 44
3. Cálculo da vazão máxima admissível no sangradouro. 61
4. Dimensionamento do açude, 69
5. Dimensionamento do sangradouro, 75

**A3. Construir a barragem,** 81

1. Princípios básicos para construção de açudes, 83
2. A construção, 88
3. A construção do sangradouro, 98

**A4. Conservar o açude,** 103

1. Manutenção do açude , 104
2 Ampliar um açude, 112
3 Reformar um açude, 113

# Parte B: Aproveitar o açude


## B1. Escolher o aproveitamento, 118

## B2. Abastecimento e plantação de sítio, 125

1. O abastecimento, 126
2. A Plantação de sítio, 130

## B3. Os cultivos de vazante, 133

1. Condições necessárias para o plantio de vazantes, 136
2. Os capins de vazante , 137
3. Os cultivos alimentícios, 145

## B4. Piscicultura, 149

1. Vantagens da piscicultura, 151
2. A água do açude, 153
3. Os seres vivos aquáticos, 155
4. Os peixes e sua alimentação, 157
5. As principais espécies adaptadas ao cultivo intensivo, 159
6. Condições para piscicultura em pequenos açudes, 161
7. O peixamento do açude, 167
8. Manejo da piscicultura, 173
9. Piscicultura consorciada, 184

## B5. Irrigação, 187

**B5-1 Definição da irrigação a ser realizada, 189**

**B5-2 Estudos básicos, 203**

1. Caracterização hidrológica, 202
2. Geometria do açude e avaliação da sua capacidade , 204
3. Avaliação das perdas por evaporação e infiltração, 225

**B5-3 A qualidade da água e a salinização, 237**

1. Indicadores e classificações, 238
2. Causas da salinidade nos açudes, 242
3. Definição do risco de salinização do açude, 252
4. A salinidade no perímetro e a drenagem, 258
5. Recapitulação sobre o problema da salinização, 275

**B5-4 Determinação da superfície do perímetro irrigado, 277**

1. Dimensionamento para cultivos de ciclo curto, 278
2. Dimensionamento para cultivos perenes, 287

**B5-5 Como retirar a água do açude, 291**

1. Escolha e dimensionamento de um sifão, 293
2. Dimensionamento da galeria , 317
3. Uso de moto-bombas, 317

**B5-6 Como distribuir água no perímetro, 329**

1. Tipos de distribuição, 330
2. Disposição dos sulcos, 331
3. Adutora acoplada ao sifão, 334
4. Distribuição por tubos móveis, 338
5. Distribuição dos tubos janelados, 339
6. Distribuição por canalização enterrada, 341
7. Distribuição por canal, 351

**B5-7 Manejo do açude e da irrigação, 367**

1. Controle do nível da água no açude, 368
2. Determinação da superfície a ser plantada, 370
3. Controle da salinidade, 371
4. Traçar sulcos no perímetro irrigado, 376

**B5-8 Implementação do perímetro irrigado, 385**

1. Implantação de um sifão, 386
2. Instalação de uma canalização enterrada, 391
3. Locação, 394
4. Construção de canais de barro, 401

**Anexos,** 403

**Anexo 1 : ábacos diversos, 405**
**Anexo 2 : custos e preços, 415**
**Anexo 3 : agronomia, 429**
**Anexo 4 : climatologia, 431**
**Anexo 5 : piscicultura, 437**
**Anexo 6 : topografia, 442**
**Anexo 7 : pedologia, 447**
**Anexo 8 : hidrologia, 465**
**Anexo 9 : exemplo de cálculo de projeto, 483**

**Glossário,** 503

**Bibliografia,** 509

# Introdução

Elemento vital da vida sertaneja, o açude destaca-se de imediato, aos olhos do viajante que percorre a caatinga acinzentada, como uma feição marcante da paisagem do Sertão nordestino.
Polo da atividade doméstica e da dessedentação dos rebanhos, "baluarte contra as incertezas do futuro", até a própria língua parece atestar a relação vital entre o açude e o sertanejo: o açude *sangra* quando transborda e *chora* quando a sua *fralda* fica umedecida pelas infiltrações.

Numa região submetida regularmente ao flagelo de secas dramáticas, o açude, reservatório de água oferta à vista, constitui uma reserva palpável e por isso adquiriu um valor simbólico, à margem da sua efetiva e concreta importância.

Sem dúvida, não é exagero afirmar que certas regiões, como o Seridó (RN), ou grandes partes do Ceará, seriam inviáveis sem os açudes. O crescimento espontâneo e contínuo da pequena açudagem, registrado ao longo dos tempos, constitui a primeira clara demonstração do seu papel essencial e a marca do incansável labor que o sertanejo opõe à adversidade, valendo-se de técnicas outrora rudimentares mas sempre aprimoradas.

*I. Joffily (1892)*

"Em um ano, alarga o sangradouro, em outro põe um pé no baldo para oferecer maior resistência e nunca deixa de ter esperança de segurar um dia o seu açude; porque aqueles que as cheias não conseguem arrombar, pagarão bem, pela abundância de frutos, legumes e peixes, os sacrifícios neles empregados".

*F. Guerra (1903)*

Grande parte do Nordeste oferece, de fato, condições muito favoráveis à construção de açudes. "O solo do sertão se oferece por todos os lugares à construção de açudes; córregos, rios, riachos, correm apertados entre altos, que de distância em distância, apresentam baixios, várzeas, ou pequenos vales, que logo adiante, de novo estreitam a passagem das águas."

Tradicionalmente, os açudes do Nordeste brasileiro foram construídos visando principalmente o abastecimento das populações e dos rebanhos. Essa circunstância contribuiu para a manutenção de um quadro geral de subutilização que estabelece um vivo contraste com o enorme volume d'água armazenado e com o potencial valorizável. Nessa situação, registra-se anualmente uma perda total por evaporação e infiltração que corresponde, em pequenos açudes, a uma lâmina de cerca de 3.00 metros.

Pouca valorização intensiva vem compensar, na realidade, essas altas perdas; o sertanejo opõe certa resistência psicológica ao uso direto da água, por causa da precariedade do abastecimento e do acesso à água.

Não há dúvida que um melhor aproveitamento da açudagem passa também por uma diversificação das outras pequenas fontes de abastecimento, destacando-se a cisterna e o poço tubular como mais adequados - inclusive em termos sanitários - ao armazenamento da água doméstica.

No entanto, dentro do quadro geral do crescimento da irrigação no Nordeste, a pequena irrigação com base em açudes desponta como uma das alternativas mais valiosas. Muitas vezes associado a pequenos aluviões, alcançáveis por gravidade, o açude permite a irrigação de terras que constam entre as mais férteis do Nordeste e têm relevante importância na agricultura sertaneja (esses pequenos aluviões foram estimados em mais de 3 milhões de hectares ao todo).

**Um Precursor**

*O médico inglês Gardner, percorrendo o Nordeste no ano de 1836, deparou-se com um grande açude no caminho do Crato para o Piauí.*

*"A fazenda de Boa Esperança era das maiores que já visitara no Brasil, e nela pastavam mais de 5000 cabeças de gado e centenas de carneiros. Embora sujeita esporadicamente a longas secas, como todas as outras do Sertão, há todavia nesta fazenda água abundante o ano todo, mesmo quando não chove por mais de 12 meses. O rio corre a pouca distância da casa e conquanto apenas tenha água nas estações de chuva, dele se obtém em todo tempo abundante suprimento de líquido, graças a uma sólida represa nele construída em lugares onde as margens são um tanto elevadas e rochosas de ambos os lados. Esta represa, posto que construída há mais de 50 anos é ainda tão eficiente como quando foi feita."*

*GARDNER "Viagem ao interior do Brasil"*

Já existem casos isolados de açudes construídos exclusivamente para o uso em irrigação bem como diversos exemplos de mudanças quanto à possibilidade de associar vários aproveitamentos dos açudes, que comprovam a validade da proposta.

## ■ Um pouco de História

Os primeiros açudes do Nordeste foram construídos desde a implantação dos engenhos na zona da Mata e eram utilizados para desviar a água dos riachos que forneciam energia hidráulica aos moinhos. No decorrer da colonização do sertão, posteriormente, o pequeno açude apareceu como uma das soluções ao problema do abastecimento e difundiu-se paulatinamente.

As secas de 1825-1827-1830 marcam a arrancada do açudamento do Nordeste semi-árido. Em 1832, o Conselho da Província do Ceará passou a atribuir prêmios a quem construísse um açude de certas dimensões. A partir de 1844, o Governo Imperial decidiu intervir diretamente, empregando recursos na construção de estradas e açudes.

A grande seca de 1877 levou o governo a cogitar projetos de grandes barragens; somente em 1906, porém, ficaria concluído o primeiro dentre eles, o açude Cedro em Quixadá (CE) (foto 01). O sertão já contava, nessa época, com cerca de 6.000 açudes de todos os tamanhos.

Em 1909, nasce a Inspetoria de Óbras contra as Secas (IOCS), posteriormente DNOCS, que completou 80 anos com um saldo de cerca de 300 barragens construídas.

**01** *O açude Cedro*

Paralelamente ao desenvolvimento da açudagem pública, e apesar das prioridades oficiais voltadas para os grandes reservatórios, observou-se o surto espontâneo da pequena açudagem privada; em 1915, a região do Seridó (RN) já contava com 710 açudes. Este crescimento perdurou até os dias de hoje, verificando-se taxas de crescimento particularmente altas depois dos anos de estiagem mais críticos.

## O que é um pequeno açude?

A **diversidade dos termos** utilizados no Nordeste para reservatórios de água superficial (barreiro, tanque, açudeco, açude, barragem, represa...) e o **extenso leque** de capacidade de armazenamento dessas obras (desde algumas centenas de metros cúbicos (pequenas escavações para o abastecimento do gado) até os 34 bilhões de $m^3$ da barragem de Sobradinho) tornam necessário definirmos a terminologia empregada a seguir.

**Adotaremos as seguintes definições:**

**Barreiro:**
o barreiro é uma pequena represa de barro, com sangradouro lateral rudimentar, que seca todo ano e serve principalmente de bebedouro intermitente para o gado.

**O pequeno açude:**
Sem dúvida o mais difundido, serve principalmente para assegurar o abastecimento durante a estação seca, de maneira a estabelecer a junção entre dois períodos chuvosos, embora não seja de nenhuma serventia para lutar contra secas prolongadas; a probabilidade de ficar sem água (ou com água barrenta, não potável) é grande demais para que, em geral, seja a única fonte d'água disponível.

**O açude médio :**
sua capacidade faz com que a probabilidade de secar seja muito inferior àquela do pequeno açude. Ele permite, no mínimo, atravessar um ano de seca (ano sem escoamento,

o que corresponde a 20 meses sem receber água), o que significa, não raro, ser ele a principal fonte de abastecimento da propriedade.

**O grande açude:**
trata-se de um reservatório perene (quando pouco ou não utilizado) e geralmente público. O presente trabalho (embora denominado por comodidade de Manual do Pequeno Açude) dedica-se **aos pequenos e médios açudes** e à sua valorização.
As suas respectivas definições já deixam claro a importância central do problema do abastecimento e a necessidade de adotar, às vezes, um raciocínio diferenciado segundo o tipo de açude.

Em termos de **capacidade de armazenamento**, a abordagem deste Manual corresponde preferencialmente a açudes de **volumes entre 10.000 $m^3$ e 200.000 $m^3$** (que representam aproximadamente 80% dos reservatórios do Nordeste) **com uma extensão** até açudes um pouco maiores (até 1 milhão de $m^3$), em particular no que diz respeito ao método hidrológico.

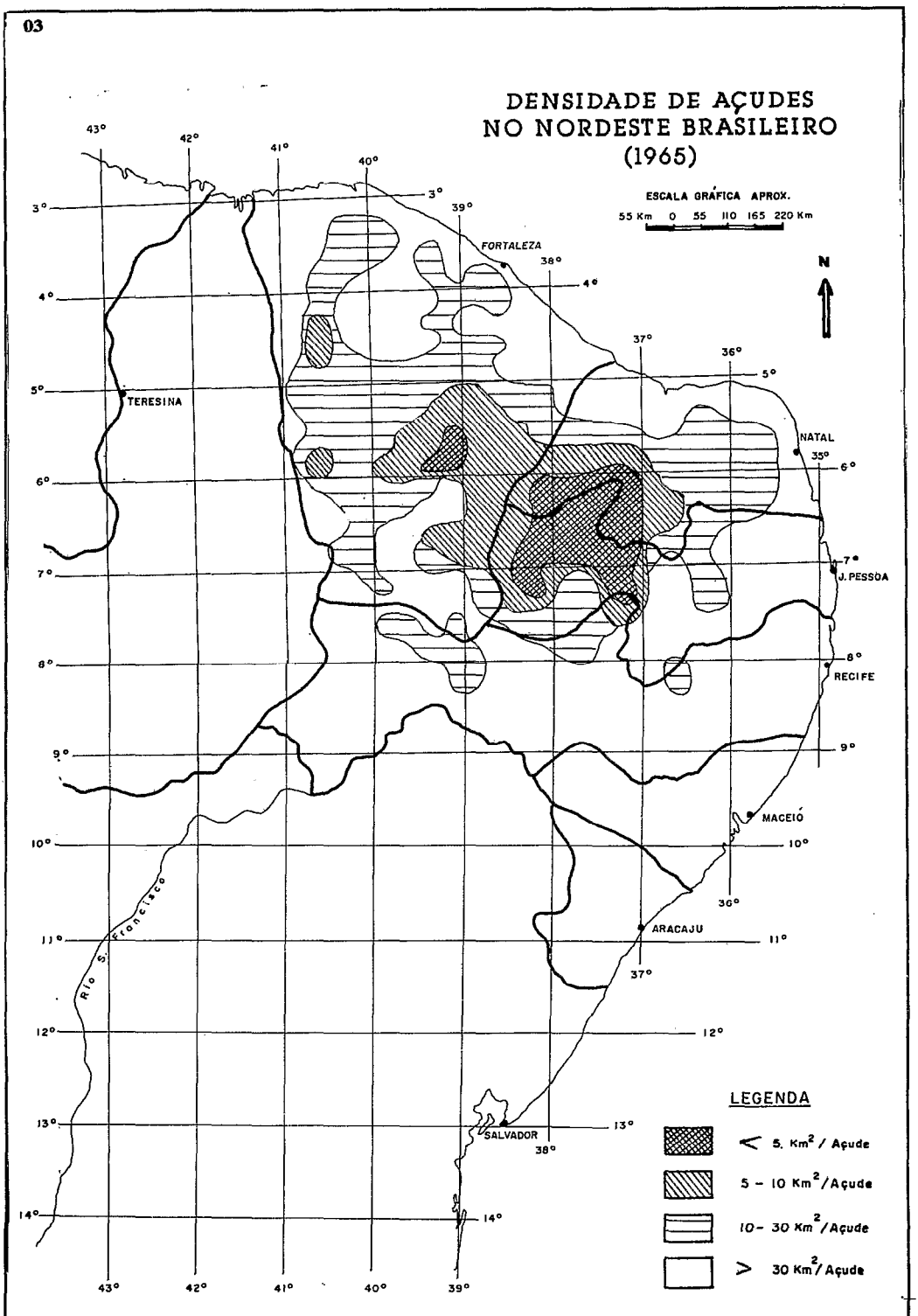
**02**

## ■ Onde e quantos açudes tem o Nordeste?

O número total de açudes do Nordeste, além de apresentar um constante crescimento, depende muito do limite inferior escolhido, em termos de volume ou superfície. Estimou-se em **70.000** o número de açudes de mais de 1.000 $m^2$ de espelho d'água.

Observou-se, em algumas regiões, densidades de até um açude por 1.5 $km^2$, a qual pode ser considerada como valor limite. Com essas características, o Nordeste brasileiro destaca-se, depois da Índia, como a região mais açudada do mundo.

**03**


DENSIDADE DE AÇUDES
NO NORDESTE BRASILEIRO
(1965)
ESCALA GRÁFICA APROX.
55 Km 0 55 110 165 220 Km
N
FORTALEZA
TERESINA
NATAL
J. PESSOA
RECIFE
MACEIÓ
ARACAJU
SALVADOR
Rio S. Francisco
LEGENDA
< 5 Km² / Açude
5 - 10 Km² / Açude
10 - 30 Km² / Açude
> 30 Km² / Açude

Por outra parte, a (grande) açudagem pública apresenta um balanço de aproximadamente 1.200 a 1.500 açudes de capacidade superior a 100.000 $m^3$, com cerca de 450 barragens de mais de um milhão de $m^3$.

A maior concentração de açudes encontra-se nos Estados do Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte. O mapa 03 mostra qual era a distribuição da açudagem no ano de 1965. Essa distribuição evoluiu nos últimos anos (crescimento importante em regiões como o vale do Jaguaribe (CE), o Apodi (RN) ou o Agreste pernambucano) mas ainda é bem representativa da situação atual.

Observa-se que os açudes encontram-se principalmente em regiões de maior densidade de população, de maior ocorrência de secas, de relevo favorável e de **geologia cristalina.** Este último ponto merece um comentário particular, pois ele será evocado várias vezes no que segue: o Nordeste, como é sabido, divide-se em duas regiões de superfícies quase iguais e de natureza geológica bem distintas: uma área apresentando um embasamento **cristalino,** em geral à fraca profundidade (gnaisse, granito...) e uma área dita **sedimentar,** que abrange principalmente o Estado do Maranhão, 80% do Piauí e cerca da metade da Bahia. A figura 04 mostra a divisão do Nordeste entre esses dois domínios e evidencia assim as áreas propícias à construção de açudes.

De fato, a presença do embasamento cristalino é fundamental para assegurar a estanqueidade dos reservatórios, evitando que as águas se infiltrem no subsolo. Salvo exceção (ou técnica peculiar como a empregada na Chapada do Apodi para impermeabilizar os barreiros com argila) e afora determinadas extensões possíveis das propostas (piscicultura nas lagoas naturais do Maranhão, por exemplo) nosso discurso, geograficamente, se limitará às **"áreas cristalinas"** destacadas na figura 04.

## ■ O Público meta

O Manual do Pequeno Açude foi elaborado para um **público de técnicos agrícolas, agrônomos e engenheiros com atuação no campo.**

Os técnicos dos estados e das EMATER constituem o melhor exemplo do tipo de público meta deste Manual.

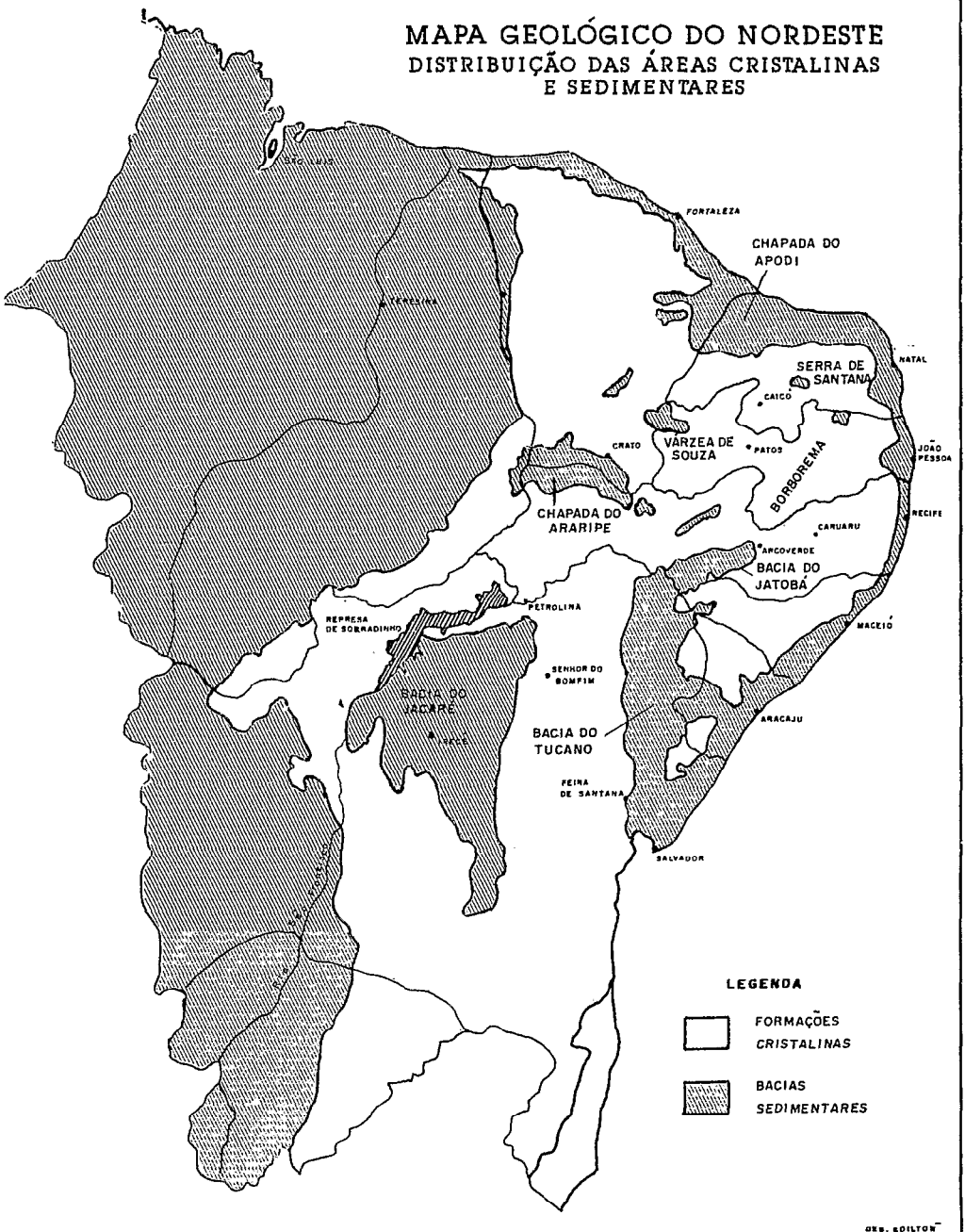
Por isso, o nível de complexidade deste trabalho pode ser considerado **médio:** por uma parte, procurou-se evitar aspectos teóricos mais complicados, termos especializados (um glossário reune os termos técnicos de base) e apresentou-se fórmulas e métodos em geral sem justificativas, as quais poderão ser encontradas em outros trabalhos.

Por outra parte, não se julgou necessário redefinir todos os conceitos considerados básicos para um técnico que trabalha no desenvolvimento rural: conceitos como eficiência da irrigação, perda de carga em canalizações, evapotranspiração, não foram explicitados. Certas partes do Manual, como o capítulo referente à hidrologia, apresentam metodologias que poderão, às vezes, parecer um pouco complexas à primeira leitura. No entanto, a complexidade real dos fenômenos **impõe um limite à simplificação** dos métodos, sob pena de ficar esta a nível de generalidades.

Certos aspectos, supostamente menos familiares aos técnicos, como o risco de salinização dos açudes, foram abordados com exemplos e explicações mais detalhadas.

Em outras ocasiões, enfim, propõe-se cálculos que ultrapassam um pouco o nível de estudo habitualmente requerido para um pequeno projeto técnico, mas que se julgou oportuno apresentar dentro da preocupação de sermos o mais completo possível.

04




F. MOLLE 1990 TAPI/SUDENE Adaptado do ATLAS IBGE/SUDENE 1985

DES. EDILTON

## ■ Os objetivos e as propostas

O presente trabalho ambiciona atingir três objetivos principais:

- conscientizar os responsáveis e os técnicos que atuam no ramo do desenvolvimento rural, do extraordinário potencial que representam a pequena e média açudagem no Nordeste;
- apresentar, através de uma abordagem técnica, explicações, métodos e normas que permitam aos agentes que atuam no campo (principalmente os técnicos da EMATER) dispor das informações indispensáveis à elaboração de projetos;
- contribuir para o desenvolvimento do Nordeste semi-árido, introduzindo ou aprimorando atividades produtivas que possam concorrer para fixar o homem no campo e para o seu bem-estar.

Indiretamente, este Manual poderá fornecer subsídios a uma reflexão mais ampla sobre a necessidade de se estabelecer uma política do uso da água no Nordeste, destacando o papel do açude em tal perspectiva.

**A proposta de intensificação e diversificação do uso dos pequenos açudes** desenvolvida a seguir contrapõe-se à idéia comum de que "pequenos açudes que secam não servem". Mostra-se que o benefício auferido de um açude não é necessariamente proporcional ao volume armazenado e que, **ao contrário**, pequenos reservatórios utilizados através da irrigação ou da piscicultura intensiva permitem um uso da água mais intensivo que os grandes.

## ■ O conteúdo do Manual

O Manual do Pequeno Açude divide-se em duas partes:

- *Construir e preservar o açude*

  Essa primeira parte apresenta elementos técnicos visando melhorar a construção das obras e reduzir os prejuízos oriundos do mau dimensionamento dos açudes:

  — **Projeto:**
  Dimensionamento dos açudes e dos seus sangradouros, através de um método hidrológico inédito, elaborado a partir de dados obtidos no Nordeste;

  — **Execução:**
  Roteiro para construção de pequenos açudes com tratores de esteira;

  — **Conservação:**
  Diversos aspectos da manutenção das obras, necessários a sua conservação no tempo.

- *Aproveitar o açude*

  A segunda parte do Manual aborda os diversos aproveitamentos dos pequenos açudes através de um enfoque técnico:

  — **Usos domésticos:**
  Abastecimento humano e animal, plantação de sítio (aproveitamento das infiltrações no pé da barragem com plantio de fruteiras);

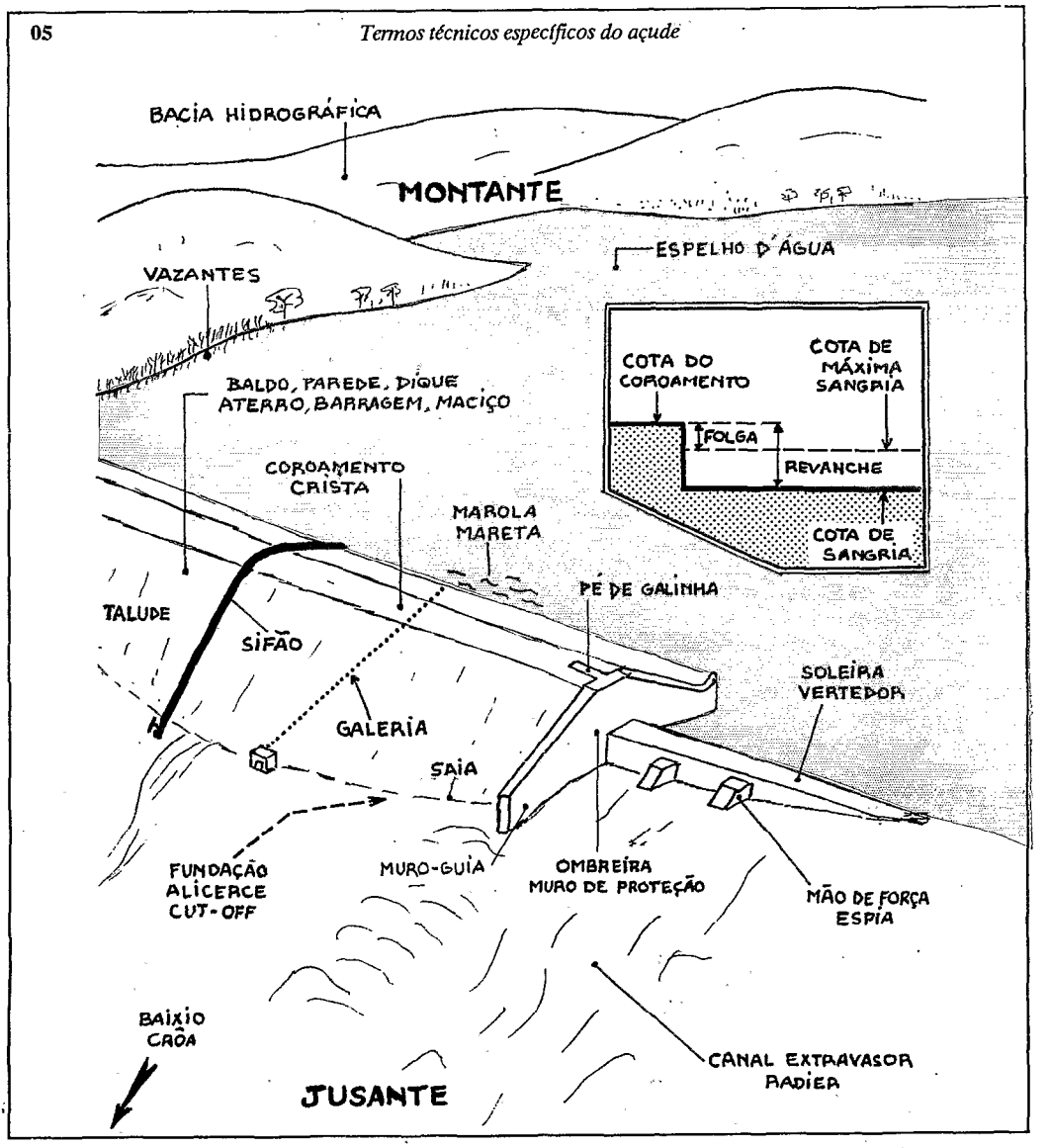
  — **Cultivos de vazante:**
  Como aproveitar a umidade das margens das represas;

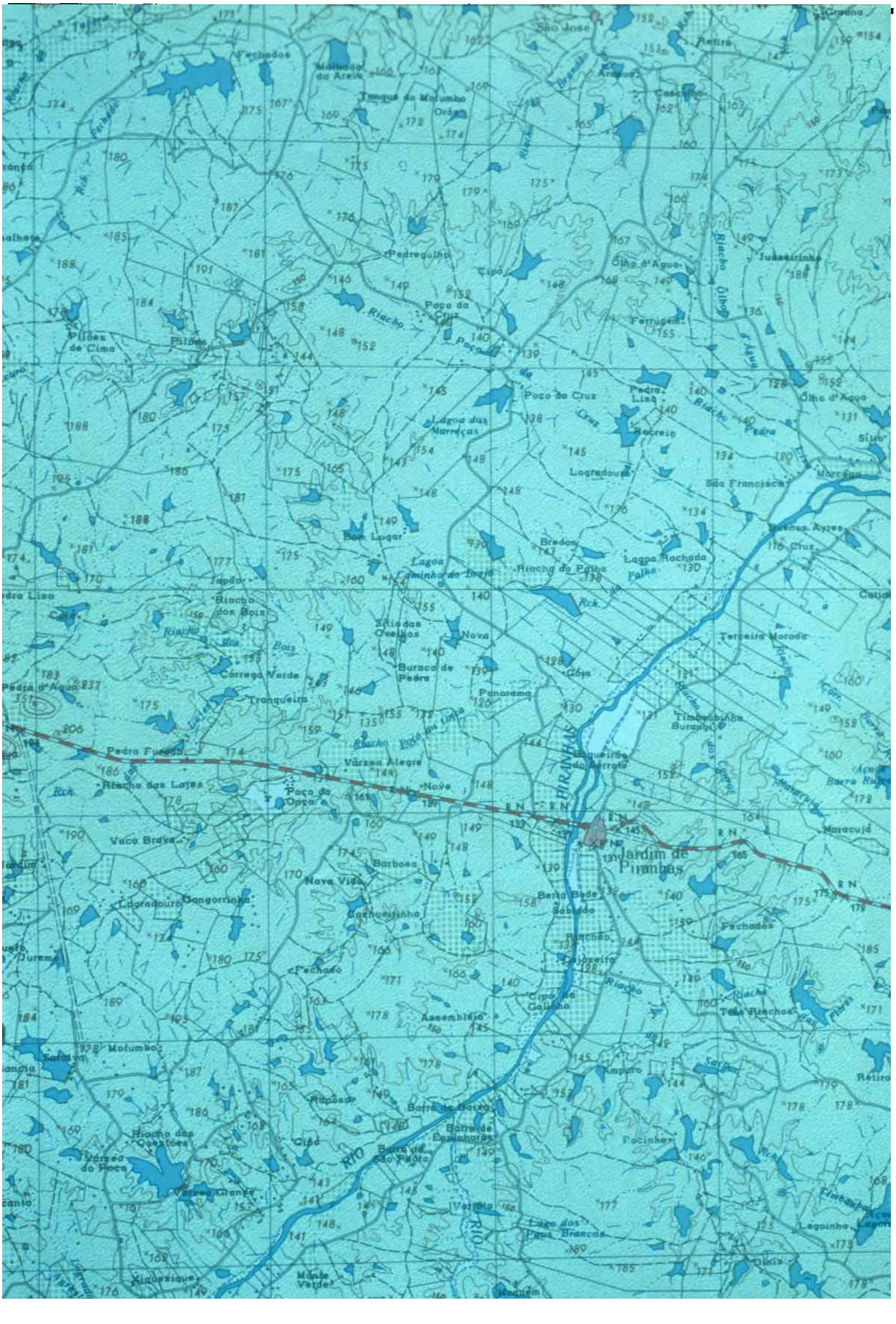
— **Piscicultura:**
Proposta para uma piscicultura semi-intensiva adaptada a pequenos açudes;

— **Irrigação:**
Projetar, implantar e manejar pequenos perímetros irrigados com ênfase aos métodos gravitários.

Enfim, vários **anexos** proporcionam informações complementares, ábacos que permitem o cálculo gráfico das principais fórmulas e tabelas de dados básicos (climatologia, economia, agronomia,...) necessários à elaboração de projetos. Um **glossário** reúne as palavras técnicas empregadas neste manual; a figura seguinte explicita os principais termos específicos ao açude.

05 *Termos técnicos específicos do açude*




Jardim de Piranhas
PIRANHAS
Pedrequinho
Poço da Cruz
Riacho Poço da Cruz
Pilões de Cima
Pilões
Tanque do Mofumbo
Fechados
Olho d'Água
Juazeirinho
Ferrugem
Pedra Lisa
Recreio
Logradouro
São Francisco
Marcação
Buenos Ayres
Bom Lugar
Lagoa dos Marrecas
Lagoa Caminho do Brejo
Riacho da Palha
Lagoa Rachada
Bredos
Riacho dos Bois
Sítio das Ovelhas
Buraco de Pedra
Córrego Verde
Tranqueira
Panorama
Terceira Morada
Timbaubinha
Pedra d'Água
Pedra Furada
Riacho das Lajes
Várzea Alegre
Poço da Onça
Riacho Poço da Onça
Vaca Brava
Barbosa
Nova Vida
Cachoeirinha
Gangorrinha
Logradouro
Fechado
Assembléia
Cipó de Galinha
Fechados
Três Riachos
Maracujá
Mofumbo
Saraiva
Riacho das Questões
Várzea do Poço
Várzea Grande
Raposa
Barra de Baixo
Barra de Espinharas
Barra de São Pedro
Focinho
Amparo
Lago dos Paus Brancos
Xiquexique
Monte Verde
Lagoinha
RIO
São José
Retiro
Cascalho

# Construir e Conservar o Açude

## A1
Escolha do local para construção do açude

## A2
Dimensionamento da barragem

## A3
Construir a barragem

## A4
Conservar o açude

A **construção de açudes** vem constituindo, há mais de dois séculos, uma das soluções que o sertanejo vem opondo ao flagelo das secas. O conhecimento técnico necessário ao êxito desse empreendimento foi adquirido paulatinamente, porém a um custo muito alto: várias testemunhas, em particular no início deste século, referem-se à grande proporção de açudes arrombados ou esborroados por falta de conservação:

*"O açude era construído sem atenção à solidez da parede e à capacidade do sangradouro, o qual era rasgado por um simples golpe de vista do mestre de "açude". As paredes eram levantadas "ao léu da sorte, muitas vezes até sem ser considerada a insuficiência ou o excesso da área de captação"* (Eloi de Souza).

Essas observações, feitas em 1934, evidenciam os **três aspectos fundamentais da construção de um açude:**

- solidez da parede;
- compatibilidade do sangradouro com a intensidade das enchentes do riacho;
- capacidade do reservatório e sua relação com a área de captação (ou bacia hidrográfica, BHD).

O primeiro ponto se refere à **técnica de construção** e os dois seguintes ao conhecimento dos escoamentos nos riachos, chamado de **hidrologia.**

Embora a longa experiência adquirida no decorrer dos tempos tenha dotado o sertanejo de um saber tradicional de inegável valor e apesar de o sertão contar, localmente, com mestres de açudes de grande competência, o Nordeste vem sofrendo, ainda, um alto prejuízo pelo número de açudes perdidos a cada ano.

De fato, muitos açudes públicos e privados de pequeno porte são construídos quase sem estudos técnicos; isto se deve, em parte, à dificuldade em realizar tais estudos e à falta de normas técnicas **simplificadas e adaptadas a pequenos açudes.**

A primeira parte deste manual apresenta elementos para **projetar, construir e conservar** tais reservatórios, dentro de normas que visam a sua perenidade.

Os açudes contemplados por este manual são reservatórios das zonas semi-áridas do Nordeste (principalmente de geologia cristalina) e de capacidade variando aproximadamente entre 10.000 e 1.000.000 de $m^3$.

O método hidrológico, mais precisamente, aplica-se a bacias hidrográficas de 0.1 a 500 $km^2$, ou seja, estende-se até açudes um pouco maiores (alguns milhões de $m^3$).

# Escolha do Local para a Construção do Açude

A1

**1. Considerar o uso previsto do açude**

**2. Escolher o melhor local para a construção da barragem**

- A largura do "boqueirão"
- O declive das encostas do vale
- Quantidade e qualidade do material disponível
- Evitar os afloramentos rochosos
- A posição do sangradouro
- A profundidade da fundação

**3. Características da bacia hidráulica do futuro açude**

- O declive do terreno a montante
- A largura do vale a montante
- A forma da represa

**4. Quantidade e qualidade da água**

- O tamanho da bacia hidráulica
- A qualidade da água

**5. A situação fundiária**

Antes de construir um açude, é preciso, em função da finalidade da obra e das características do terreno disponível, **escolher** o melhor local e dimensionar a barragem. Com esse objetivo, detalharemos a seguir:

- os critérios para **escolha do local** da barragem;
- as características dos escoamentos no riacho a ser barrado pelo açude (**quantidade de água** utilizável anualmente e **vazão** de pico das cheias);
- **o dimensionamento** da barragem e do seu sangradouro.

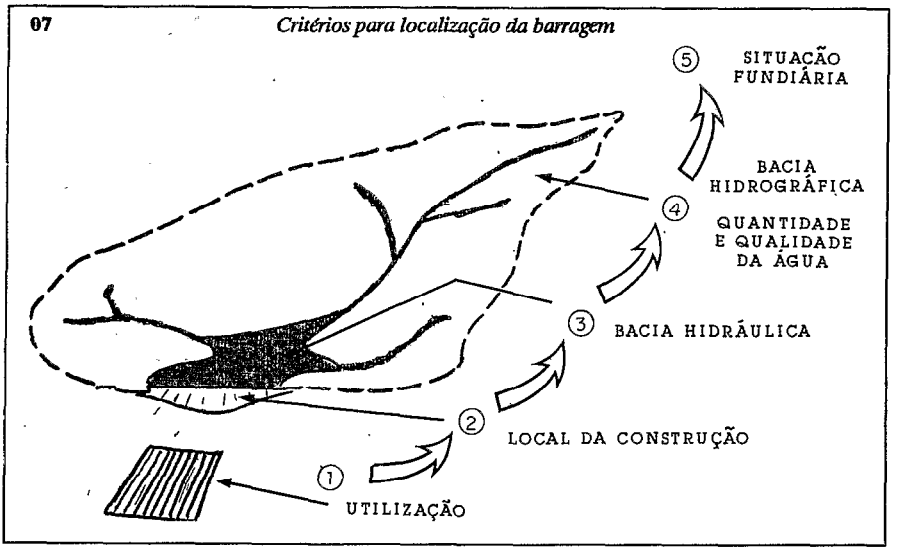
É sempre necessário percorrer com o agricultor (e/ou os moradores) toda a extensão do riacho onde pode ser construída a barragem, pedindo para que indiquem os locais que conhecem e acham adequados, bem como as suas preferências. Discutir, no local, as vantagens e desvantagens de cada um deles. Localizar os lugares **mais estreitos** (sem esquecer os lugares de acesso difícil ou de visibilidade dificultada pela vegetação).

Os principais critérios a serem levados em conta para localização da barragem são:

- o **uso previsto** do açude;
- **as características do local** escolhido para a **construção**, do qual dependerão a facilidade de execução e o custo do empreendimento;
- **as características do futuro reservatório**, principalmente a profundidade e o volume armazenável;
- **a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos da bacia hidrográfica;**
- a situação fundiária no local da construção e vizinhanças.

Na prática, as situações ótimas correspondentes a cada um desses critérios, nem sempre se encontrarão reunidas ao mesmo tempo, devendo-se buscar a **solução mais equilibrada.**

**07** *Critérios para localização da barragem*




Portanto, vale lembrar que a procura de um local para o projeto pode **revelar-se negativa:** nem sempre existem condições favoráveis, podendo o projeto ser abandonado.

## 1. Considerar o uso previsto do açude

A locação da barragem deve ser orientada para o uso previsto do açude.

Se o objetivo principal é o **abastecimento**, procura-se fazer um açude profundo, de fácil acesso e não sujeito a poluição.

Se o papel do açude é permitir a **irrigação**, deve-se evidentemente locar o açude próximo a áreas adaptadas para tal fim.

A **associação** possível entre um açude e um baixio em geral de boa fertilidade, constitui a melhor opção, pois permite o emprego de um **sistema de irrigação por gravidade** muito simples e barato. Deve-se cuidar, no entanto, que o baixio escolhido para irrigação,

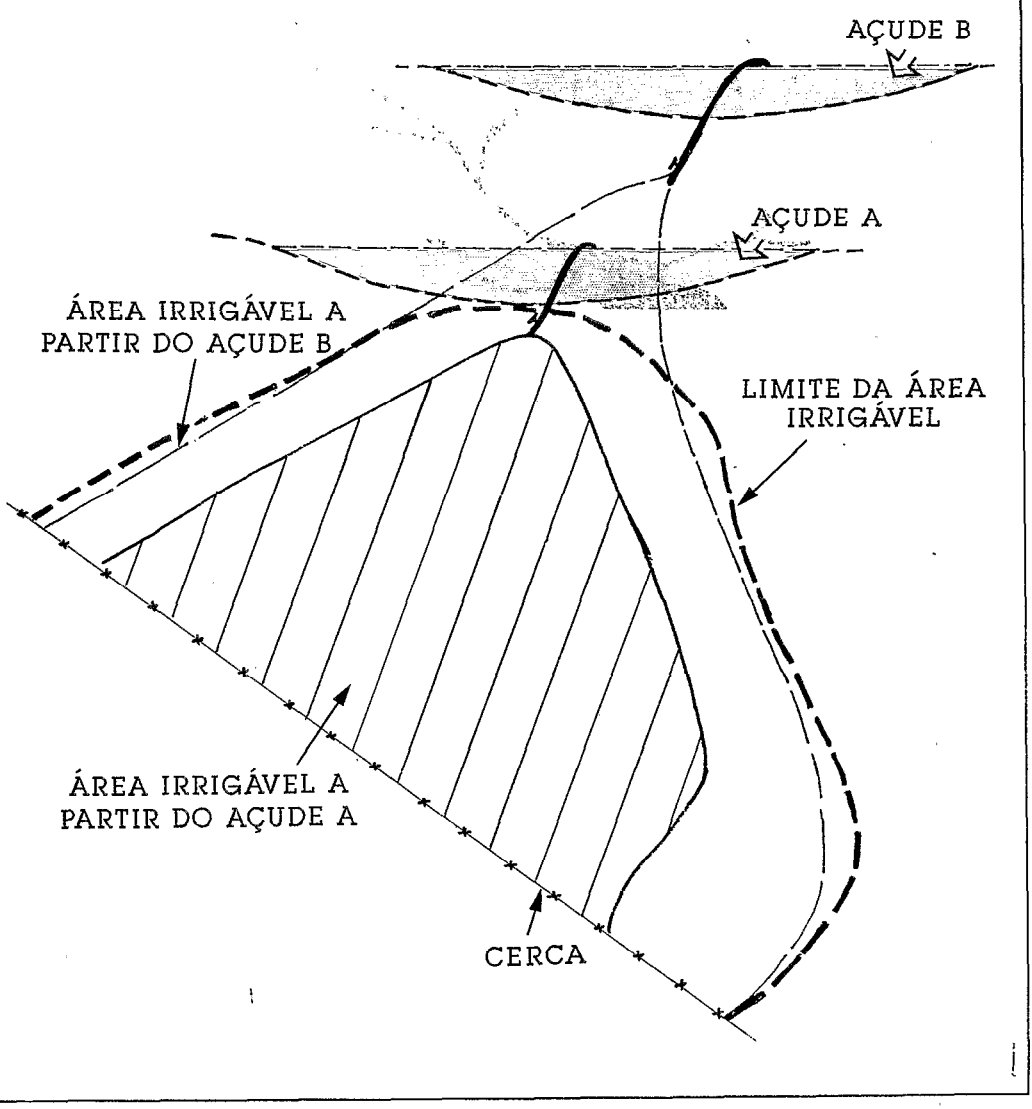
*Irrigação gravitária no baixio: ver item B5-6.*

- apresente uma topografia não muito acidentada que facilite a implantação de uma rede de sulcos;
- ofereça boas possibilidades de drenagem;
- não seja muito recortado pelo leito do riacho que, às vezes, pode ser bastante sinuoso.

A figura 09 ilustra alguma das situações encontradas com mais freqüência: nota-se que a ocorrência de áreas de baixio favoráveis à irrigação gravitária aumenta, geralmente, à medida que se afasta das cabeceiras dos riachos em direção a vales mais largos e áreas de relevo mais suave.

Tratando-se de um sistema gravitário, deve-se cuidar para que a água possa chegar à totalidade da área irrigável, em particular nas **partes mais altas.** Por isso, será necessário, às vezes, locar o açude **um pouco mais a montante** do início do futuro perímetro irrigado, como ilustrado na figura 08, desde que isto não resulte num afastamento exagerado, o que acarretaria um acréscimo no custo de adução.

**08** *Ajustar a localização de um açude construído para irrigação gravitária*




Assim fazendo, **aumenta-se também a carga hidráulica** no sistema de distribuição (sifão + adutor eventual) e a lâmina d'água aproveitável pelo sifão.

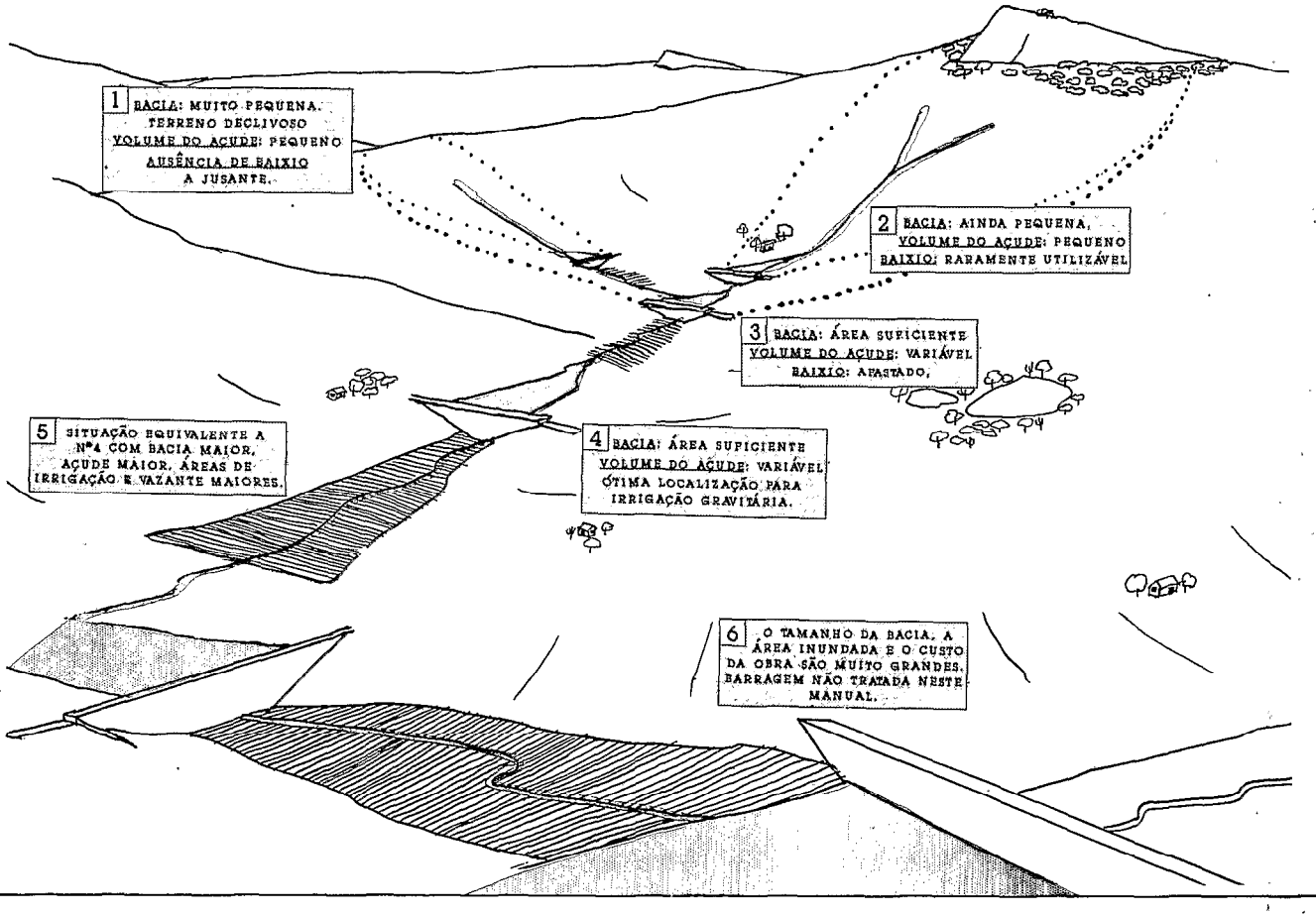
Caso não existam terras de baixio apropriadas, pode-se irrigar áreas situadas nas encostas da bacia do açude, ou até mais distantes, com o auxílio de uma motobomba.

*Açudes adaptados ao cultivo de vazante: ver item B3.*

Em alguns casos de **vales muito planos** e solos com boa capacidade de retenção, a construção do açude pode visar o aproveitamento de extensas **áreas de vazante**, o que constitui uma atividade que - apesar de limitada - às vezes é **preferível** à irrigação, por ser muito menos dispendiosa em termos de mão-de-obra e dispensar investimentos, salvo para a construção de cercas.

09

# EXEMPLOS DE LOCALIZAÇÃO DE UM PEQUENO AÇUDE COM RELAÇÃO AS ÁREAS IRRIGÁVEIS POR GRAVIDADE

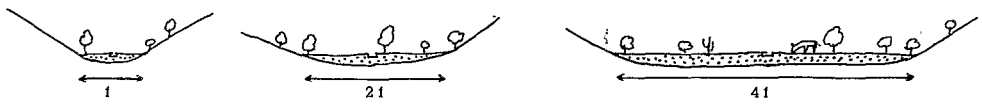


## 2. Escolher o melhor local para construção da barragem

### ■ A largura do "boqueirão"

Procuram-se lugares estreitos a fim de diminuir o tamanho e o custo da futura barragem.

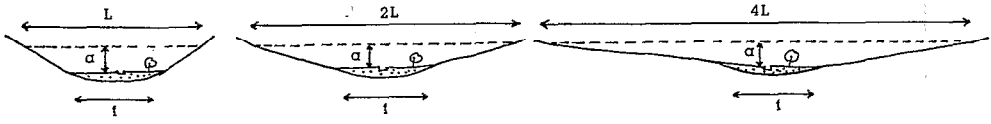
10 *A largura do boqueirão*




### ■ O declive das encostas do vale

As encostas do vale não devem ser, na medida do possível, **excessivamente declivosas**, porque isto dificulta o trabalho do trator e a execução do sangradouro. No entanto, encostas pouco inclinadas acarretam uma barragem comprida e cara; deve-se encontrar situações intermediárias equilibradas.

11 *O declive das encostas.*




### ■ Quantidade e qualidade do material disponível

A fim de limitar o deslocamento das máquinas (e o custo da obra), a terra necessária à construção do aterro deve ser removida da área **mais próxima possível** do local da barragem.

Por isso, na prática, procura-se utilizar o material do fundo do vale (em geral, aluviões) e da parte baixa das encostas, **logo** a montante do local escolhido. Cria-se assim, além do mais, uma **caixa** que trará um aumento da profundidade do açude.

Procura-se solos apresentando uma textura equilibrada (mistura de areia, silte e argila: podzólicos, Bruno não cálcicos, aluviões...). A aparência das primeiras camadas dos solos não é sempre um bom indicador da qualidade do material em profundidade; é aconselhável escavar buracos ou efetuar sondagens com um trado em diversos locais a fim de verificar a qualidade deste material.

Quando o material disponível nas proximidades (a menos de 50-60 m da barragem) não é **suficiente** ou **não se presta** para construção, deve-se recorrer a jazidas mais distantes,

o que dificulta o trabalho eficiente do trator. Nesse caso, pode-se prever a utilização de uma raspadeira agrícola, puxada por um trator de pneus, que permite a remoção de material numa área de 50 a 200 m de raio, o que geralmente melhora muito as opções de escolha.

### ■ Evitar os afloramentos rochosos

Mesmo que correspondam a um estreitamento do vale ou que seja tentador nelas apoiar a barragem, áreas de lajedos devem ser evitadas por duas razões:

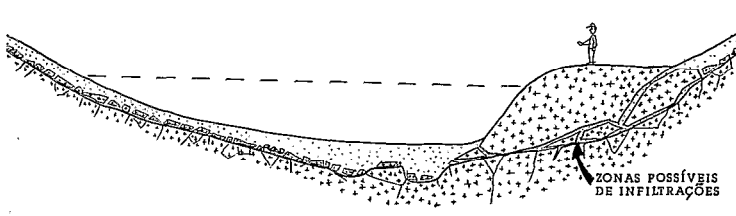
— a vedação da ligação lateral barragem/rocha é inferior à ligação terra/terra;

— os lajedos, mesmo se apresentando a princípio sem fendas, podem ter fraturas subterrâneas que são muito difíceis de evidenciar e de remediar.

Na prática, é aconselhável descartar sistematicamente, na medida do possível, os locais que apresentam afloramentos, lajedos ou rochedos grandes, que não possam ser removidos. Se não existe outro local possível, pode-se tentar aproveitar uma área contendo lajedos, sabendo-se, no entanto, que poderão ocorrer infiltrações.

Quando se escolhe o local da barragem, nunca é possível garantir que, na escavação, não aparecerão tais lajedos; porém, quando não houver nenhum afloramento nas proximidades, tal risco poderá ser considerado limitado.

12 *Evitar locais com lajedos.*




### ■ A posição do sangradouro

Uma maior facilidade de construção do sangradouro pode determinar a escolha do local exato da barragem, em particular quando há possibilidade de fazer um **sangradouro "natural"**, ou seja, separado do dique (nenhum custo de construção para o muro de proteção lateral e o canal de evacuação) ou quando se pode desviar a água para outro riacho vizinho. Geralmente, procura-se um lugar onde a escavação lateral do sangradouro é fácil. Isto leva a descartar as situações nas quais as duas encostas são muito íngremes e a procurar situações em que, pelo menos de um lado, exista uma encosta pouco inclinada na altura em que se projeta o sangradouro.

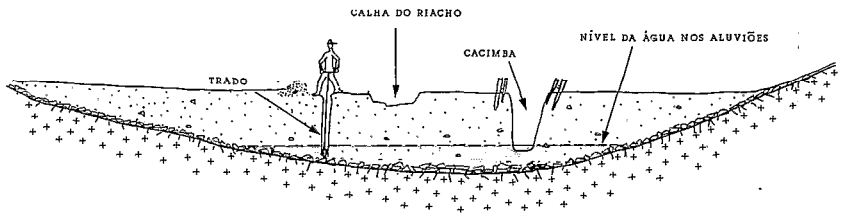
### ■ A profundidade da fundação

Embora, na maioria dos casos, não se estude antes a profundidade da fundação, é obviamente preferível construir a barragem em lugares onde **esta não será profunda** demais. Uma sondagem com o auxílio de um trado permite estimar a profundidade em que se encontra o embasamento rochoso. Essa possibilidade depende dos solos: se os aluviões não estiverem molhados, a tradagem manual poderá ser muito penosa e se o aluvião for muito profundo, o tamanho do trado, será, muitas vezes, insuficiente. Se uma

sondagem não for possível, se procurará, através das declarações dos agricultores e da observação das cacimbas e do leito do rio, **estimar** a profundidade dos aluviões na área escolhida para construção.

Um **aluvião profundo** não é, em princípio, um problema grave e por isto este critério não é preponderante, mas esta situação pode implicar num custo alto para escavação da fundação e, às vezes, acarretar dificuldades suplementares com a presença de água que terá que ser bombeada.

13 *Estimar a profundidade dos aluviões*




## 3. Características da bacia hidráulica do futuro açude

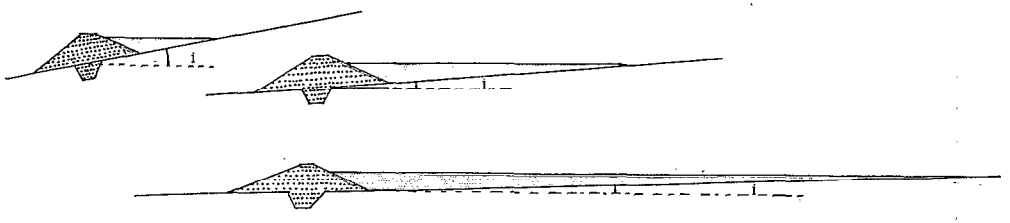
Para um determinado local de construção julgado conveniente, deve-se verificar se o reservatório correspondente apresentará boas características.

Em primeiro lugar, temos que conferir se a capacidade de armazenamento do futuro açude será suficiente para justificar o investimento: numa etapa ulterior do projeto, compararemos o **volume do aterro** ($V_{aterro}$) da barragem com este **volume armazenável** ($V_x$). No entanto, deve-se observar por enquanto:

### ■ O declive do terreno a montante

Se o declive do terreno a montante da barragem for muito acentuado, o volume de água retido no açude será muito limitado, como explicitado na figura 14.

14 *O declive do vale a montante*



### ■ A largura do vale a montante

Quando o vale se abre a montante, o volume do reservatório é maior.

15 *Considerar a largura do vale a montante*

### ■ A forma da represa

Dependendo da forma do reservatório, a qual é determinada em grande parte pela forma das encostas, o açude revela-se mais ou menos adequado a cada um dos diversos usos possíveis (ver item B5-2 para mais detalhes).

## 4. Quantidade e qualidade da água

### ■ O tamanho da bacia hidrográfica

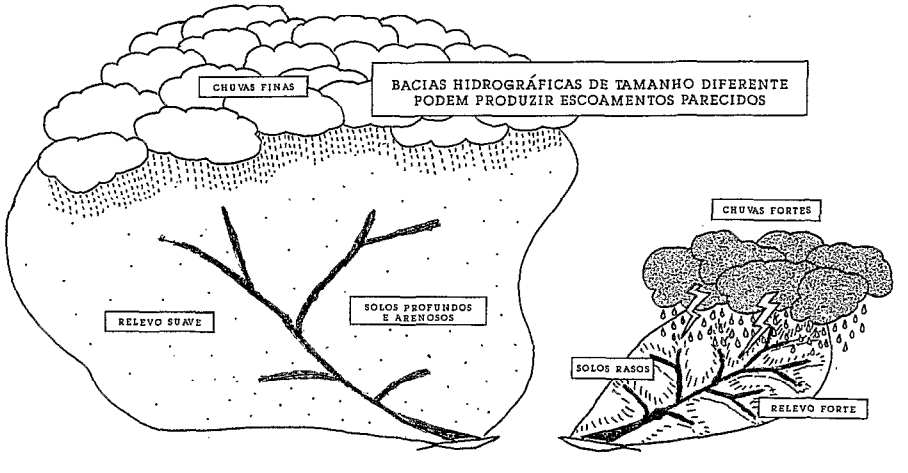
Para garantir o enchimento satisfatório do futuro açude, deve haver compatibilidade entre a sua capacidade de armazenamento e os escoamentos gerados pela bacia hidrográfica correspondente.

O tamanho da bacia hidrográfica (área de captação) é o parâmetro fundamental e a melhor maneira de determiná-lo é através **de um mapa topográfico.**

Nessa etapa do projeto, cabe apenas investigar quais são as características do riacho principal e confrontá-las ao tamanho aproximativo do açude (figura 16).

**Algumas perguntas** ao agricultor permitem ter uma idéia da importância da bacia e dos escoamentos (tem açudes a montante? qual é o comprimento dos riachos principais (em léguas, tarefas...)? são vários riachos? o riacho é bom d'água? pode indicar as cabeceiras?). A calha do riacho, as marcas deixadas pelas enchentes, também são indicações a serem consideradas.

16



■ **A qualidade da água**

Não é fácil estimar qual será a qualidade da água que vai encher o açude. No entanto, a qualidade da água de eventuais outros reservatórios superficiais da bacia hidrográfica (barreiros, outros açudes...) e das águas subterrâneas (poços, cacimbas...) fornecerão indicações sobre os riscos de salinização.

A qualidade da água escoada depende basicamente da natureza dos solos e do subsolo da bacia. A identificação dos solos perigosos e a avaliação do risco de salinização são detalhadas no item B5-3.

## 5. A situação fundiária

Nada, na legislação brasileira, obriga a se obter uma autorização oficial para construção de um açude em terras próprias. No entanto, a construção do açude pode afetar proprietários vizinhos em duas situações:

- **a montante:** a extensão do espelho d'água do açude, quando cheio, pode ultrapassar os limites da propriedade e, em alguns casos, **até prejudicar benfeitorias ou atividades** desenvolvidas em áreas alheias que serão alagadas.
  Embora a água na região semi-árida seja geralmente bem aceita, é sempre preferível obter o **acordo explícito** e, se possível, escrito dos vizinhos. Quando se prevê o uso comum das águas, das áreas de vazantes ou das áreas irrigáveis, os acordos entre os proprietários ou outros devem também ser escritos e registrados.
  Em alguns casos, a justiça comum tem determinado o rebaixamento do sangradouro e/ou a indenização do proprietário que viu suas terras inundadas pela barragem do vizinho.

- **a jusante:** os vizinhos de jusante podem também ser prejudicados pelo açude se este acarretar uma redução drástica dos escoamentos no riacho. Açudes situados a jusante, por exemplo, bem como poços nos aluviões, podem ser bastante afetados.
  A redução dos escoamentos no riacho **pode criar litígios graves**. É muito difícil, entretanto, comprovar na prática a diminuição dos escoamentos e quase não há casos de decisão judicial sobre esta questão.
  Um proprietário cujo direito sobre a terra **não está legalmente estabelecido** pode até perder seu investimento se surgir outro pretendente, em particular no caso de projetos subsidiados ou realizados pelo Estado.

De maneira geral, a construção do açude pode **provocar o alagamento de casas ou estradas vicinais.** As estradas inundadas podem ser desviadas ou elevadas, colocando-se bueiros ou pontes para o escoamento da água. Essas modificações deverão ser feitas de acordo com a prefeitura e os vizinhos, repartindo-se os custos quando possível.

Deve-se evitar, também, a construção de um açude logo a montante de uma casa ou de áreas povoadas, por causa do **risco de rompimento** da barragem.

No entanto, a proximidade de moradores facilitará a vigilância do açude (em particular na hora de fortes enchentes) e/ou da área irrigada. Pode até ser uma condição indispensável para a criação de peixes e aves.

# Dimensionamento da Barragem

A2

# A2

## 1 Fundamentos do método de dimensionamento

**1.1 Necessidade do dimensionamento**
**1.2 Definições e explicações**
**1.3 Limites de utilização do método**
**1.4 Documentos necessários para avaliação dos recursos hídricos**
**1.5 Informações a serem coletadas no campo**

## 2. Avaliação do volume anual escoado

**Etapa 1 Avaliação da superfície da BHD**
**Etapa 2 Classificação da BHD: Determinação do coeficiente $L_{600}$**
**Etapa 3 Correção de $L_{600}$**
**Etapa 4 Avaliação da pluviometria**
**Etapa 5 Cálculo da lâmina escoada L(P)**
**Etapa 6 Cálculo do volume médio escoado**

## 3. Estimativa das cheias

**3.1 Cálculo da vazão de pico da cheia de projeto**

- Etapa 1 Determinação da superfície de contribuição de cheia
- Etapa 2 Determinação do fator de correção Fc

**3.2 Amortecimento da cheia pela represa e outros espelhos d'água de montante**
**3.3 Risco de rutura dos açudes situados a montante**

## 4. Dimensionamento do reservatório

**4.1 Dimensionamento de um açude destinado ao abastecimento**
**4.2 Dimensionamento de um pequeno açude utilizado para irrigação**

## 5. Dimensionamento do sangradouro

**5.1 Definições e explicações**
**5.2 Dimensionamento de um sangradouro de secção retangular**
**5.3 Dimensionamento de um sangradouro de forma não retangular**
**5.4 O canal extravasor**

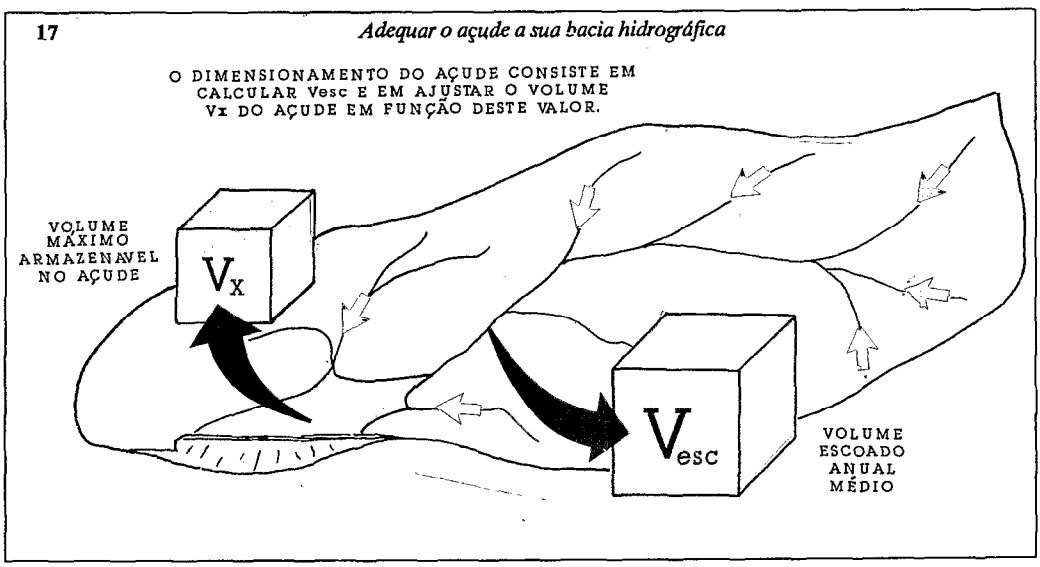
# 1. Fundamentos do método de dimensionamento

## 1.1 Necessidades do dimensionamento

O dimensionamento de uma barragem e do seu sangradouro é fundamental para o projeto de construção e de utilização da água do açude.

Um dimensionamento correto permite:

- evitar o arrombamento da barragem;
- evitar prejuízos econômicos;
- aproveitar racionalmente a água disponível;
- diminuir a salinização do açude, do perímetro e dos prejuízos para outros usuários da água situados a jusante.




### ■ Dimensionamento da barragem

**O dimensionamento da barragem** consiste em compatibilizar a capacidade do reservatório com o volume escoado no rio.

#### □ Se o açude for pequeno demais (subdimensionamento):

- não se aproveitará toda a água disponível, perdendo-se a maior parte por sangria;
- passará muita água no sangradouro.
  Neste caso, será necessário construir um sangradouro extenso e caro.

#### □ Se o açude for grande demais (superdimensionamento):

- o custo da barragem será excessivo;
- grandes áreas serão inundadas pela represa;

- o açude encherá e sangrará raramente. Isto poderá provocar:
  — a salinização da água do açude;
  — prejuízo para as propriedades situadas a jusante, que raramente receberão água do riacho.

### ■ Dimensionamento do sangradouro

Se o sangradouro for subdimensionado, ou seja, insuficiente para suportar a vazão das cheias, haverá grande **risco de arrombamento do açude**, caso a água chegue a passar por cima da parede. Por outra parte, se o sangradouro for grande demais, sem necessidade, isto constituirá um prejuízo econômico por causa do custo adicional dessa obra.

Portanto é necessário:

- estimar a **vazão máxima** das cheias, no local do futuro açude;
- **prever uma margem de segurança**, para se precaver, em particular, contra os **riscos de arrombamento de açudes situados a montante** ou da obstrução acidental do sangradouro.

### ■ O dimensionamento é fundamental. Vejam os exemplos a seguir...

- Uma pesquisa abrangendo 57 pequenos açudes mostrou que 88% do total tinham seus sangradouros sub-dimensionados.
- Na Bacia do rio Piranhas (RN), mais de 275 pequenos açudes arrombaram somente no ano de 1984.
- O preço da construção da barragem e do sangradouro representa, geralmente, mais da metade do custo total de um pequeno perímetro abastecido por açude. Um dimensionamento correto pode trazer uma economia substancial.

## 1.2 Definições e explicações

As definições e explicações seguintes são necessárias para uma boa compreensão do método.

Uma parte da água das chuvas escoa para o açude. Toda a área que pode contribuir para este escoamento é chamada **Bacia Hidrográfica de Drenagem ou BHD.**

### ■ Características da BHD

- Superfície total **S** (em $km^2$).
- Relevo e declividade.
- Tipo de solo.
- Estado de conservação da superfície do solo (ou grau de erosão).
- Tipo de vegetação (grau de desmatamento, importância das áreas cultivadas).
- Geologia e escoamentos subterrâneos.
- Densidade de drenagem, expressa em km de riacho por $km^2$ de BHD.
- Comprimento do riacho principal.

### ■ Precipitações

Exprime-se em mm a **altura da precipitação ou da chuva (P).**

A uma chuva precipitada na superfície S da BHD durante um período qualquer (por exemplo, 1 hora, 1 dia ou 1 ano, etc.), corresponde um **volume precipitado** $V_{prec}$, calculado pela fórmula:

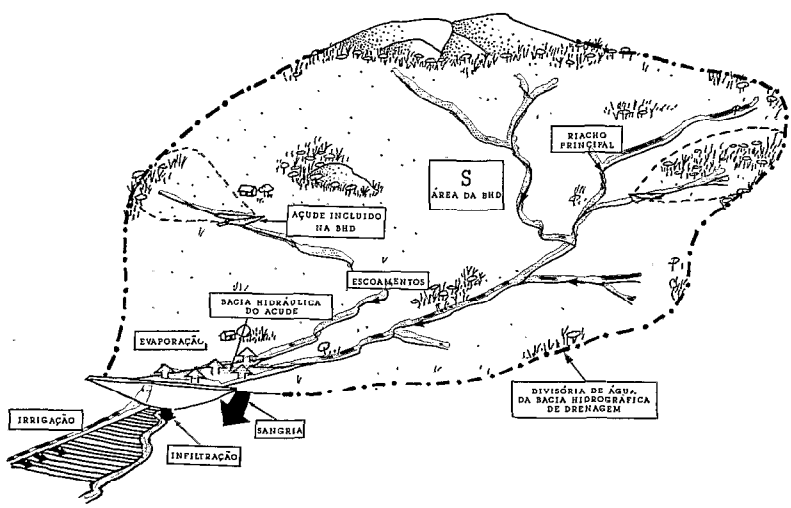
$$V_{prec}\ (m^3) = S(km^2) \times P(mm) \times 1000$$

## ■ Escoamentos

O **volume escoado** $V_{esc}$ (em $m^3$) na BHD é o volume de água que vai alimentar o açude. Chama-se de **lâmina escoada** $L_{esc}$(em mm) à lâmina de água fictícia de altura (ou a uma espessura) $L_{esc}$ que representaria o mesmo volume que $V_{esc}$ se este fosse repartido uniformemente sobre toda a BHD.

$$L_{esc}\ (mm) = V_{esc}\ (m^3)/(S\ (km^2) \times 1000)$$

18 *Bacia hidrográfica de drenagem - BHD*




## ■ Lâminas escoadas anuais

Chama-se **lâmina escoada anual média L(P)** (em mm) à média de todas as lâminas escoadas durante cada um dos anos de um período maior possível.

O **coeficiente** $L_{600}$ de uma BHD caracteriza **sua capacidade de escoamento.** Corresponde à lâmina anual média que escoaria na BHD, se esta fosse situada num local com precipitação anual média de 600 mm, na zona climática "Sertão".

*Ver zonas climáticas. Pág. 40 e 59*

## ■ Cheias

A **vazão de pico** de uma cheia, ou vazão máxima, permite calcular o sangradouro e o canal extravasor. Exprime-se em $m^3/s$.

Calculou-se, neste Manual, a vazão de pico "da cheia de projeto", de freqüência (ou período de retorno) entre 100 e 200 anos, o que corresponde à freqüência geralmente admitida para o dimensionamento desse tipo de pequenas obras.

### ■ O conceito de fator corretivo

Sempre que possível, os resultados e as normas são apresentados da seguinte maneira:

**a.** indicação do **valor-padrão** de cada resultado ou de cada norma. Este valor-padrão (ou valor-central ou valor-de-referência) corresponde às **condições atuais mais freqüentes no Nordeste Semi-Árido.** Aplica-se, por exemplo, ao escoamento, ao tamanho da barragem ou do perímetro irrigado, etc...

**b.** indicação de um certo número de **fatores de correção** que permitem corrigir o valor-padrão, em função das características efetivas do local considerado.

Um fator de correção corrige o valor-padrão pela fórmula:

**Valor corrigido = Fator de Correção x Valor-padrão**

Esta abordagem torna os cálculos simples, na maior parte dos casos, pois o valor mais freqüente dos diversos fatores corretivos é, pela sua própria definição, próximo de 1.

Entretanto, a sua utilização pode se revelar mais delicada em casos extremos, quando as condições locais são muito diferentes das condições-padrão, com vários fatores de correção diferentes de 1. **Isto corresponde a uma minoria de casos.**

**Importante:** Quando **não se tem de realizar** qualquer tipo de correção, o fator corretivo correspondente é igual a 1.

## 1.3 Limites de utilização do método

19 *Domínio de utilização do método*

■ **Área geográfica de utilização**

A parte hidrológica do método foi estabelecida para a zona climática semi-árida do **Sertão Norte**, com precipitação anual média inferior a 800 mm, principalmente para BHD situadas na região de geologia cristalina (figura 19).

O método poderá ser utilizado com menor precisão e segurança nas seguintes zonas:

- todo o Sertão Sul;
- agreste e zona de transição;
- zonas com precipitação anual média entre 800 e 1000 mm;
- zonas de geologia sedimentar.

Quando a vegetação não é mais do tipo xerófilo (vegetação adaptada a clima seco ou semi-árido) e/ou em zonas de precipitação anual média superior a 1000 mm, deve-se recorrer, **imperiosamente**, a um outro método de avaliação dos recursos hídricos.

■ **Tamanho da BHD**

O método aplica-se a BHD de superfície entre 0.1 e 500 km$^2$.

Para BHD de superfície entre **10 e 500 km$^2$**, o cálculo dos recursos hídricos é mais simples, pois esta avaliação requer apenas a identificação das **Unidades de Mapeamento Pedológico (UMP)** existentes na BHD. Estas UMP estão definidas nos **mapas pedológicos de reconhecimento** elaborados pela EMBRAPA/SUDENE, para cada Estado do Nordeste Brasileiro.

*Ver definição da UMP. Pág. 47*

O cálculo torna-se mais delicado quando se trata de BHD menores, de superfície entre **0.10 e 10 km$^2$**, devendo-se conferir a proporção e os **Tipos de solo (TS)** existentes realmente na BHD, a fim de verificar se estão de acordo com a legenda das UMP definidas no mapa pedológico:

■ **Tipo de utilização e tamanho do açude**

As normas de dimensionamento aqui apresentadas foram estabelecidas para pequenos açudes utilizados, principalmente, para **irrigação** ou abastecimento.

Isto exclui os açudes públicos que alimentam grandes perímetros, como os do DNOCS, e ainda mais as barragens de regularização e perenização de rios. Deve-se recorrer, para isso, aos métodos propostos pelo DNOCS (AGUIAR, 1940).

*Método de Aguiar. Ver Anexo 8*

## 1.4 Documentos necessários para avaliação dos recursos hídricos

**O dimensionamento efetua-se em três fases sucessivas:**

- visita ao campo para escolha dos locais favoráveis à construção do açude, orientando-se com um mapa topográfico e, se possível, um mapa pedológico.
- levantamento topográfico do local do barramento e da bacia hidráulica do futuro açude.
- delimitação e classificação da BHD, cálculo dos escoamentos, projeto do açude e do sangradouro.

Uma volta eventual ao campo para tirar possíveis dúvidas sobre os limites ou as características da BHD pode ser necessária.

**Para avaliar os recursos hídricos é necessário conhecer:**

- a superfície da BHD;
- a classificação hidrológica da BHD;
- o total anual das precipitações e a zona climática.

Deve-se, para isso, reunir os documentos discriminados a seguir, relativos à Bacia Hidrográfica de Drenagem (BHD) e ao local do barramento:

■ **Documentos de base imprescindíveis**

— **mapa topográfico**
da BHD, na escala de 1:100.000 ou de maior precisão, se existir;

— **mapa de isoietas**
da região, em 1:1.000.000 ou 1:2.500.000, segundo a zona;

— **mapa pedológico**
da BHD, na escala mais precisa possível. Existem, para todos os Estados do Nordeste, levantamentos pedológicos exploratórios, cujas escalas variam entre 1:400.000 e 1:1.000.000;

— quando a BHD tem uma superfície inferior a 5km$^2$, deve-se procurar:
**fotografias aéreas e/ou imagens de satélites, ou um mapa topográfico** mais detalhado da BHD (várias partes do Nordeste foram cartografadas na escala de 1:10.000 ou 1:20.000).
Na ausência destes documentos, procurar especialistas nesta área a fim de que se possa obter estas informações.

■ **Documentos de apoio**

Estes documentos, quando disponíveis, podem ser consultados para facilitar a classificação hidropedológica das BHD.

— Mapa, na escala de 1:500.000, do inventário hidrogeológico básico do Nordeste;
— Mapas geológicos que foram publicados para cada Estado.
— Todo e qualquer documento, estudo ou mapa, capaz de melhorar o conhecimento da BHD.

**Em Resumo**

***Os* mapas topográficos e pedológicos, *uma* avaliação do total anual das precipitações e um reconhecimento de campo *são indispensáveis para aplicação do presente método, pois poderão evitar ou facilitar levantamentos no campo às vezes difíceis de serem realizados.***

## 1.5 Informações a serem coletadas no campo

O reconhecimento de campo é imprescindível e objetiva reunir vários tipos de informações para iniciar e depois complementar, **confirmar e/ou modificar as conclusões do trabalho realizado no escritório.** Este reconhecimento deve ser associado à visita para escolha, no campo, do local da barragem.

### ■ Localização da barragem

A plotagem, nos mapas ou nas fotos, do local previsto para a barragem deve ser realizada no campo.

### ■ Delimitação da BHD

Quando a bacia for muito pequena, a sua delimitação nos mapas e fotos deverá ser confirmada no campo, a fim de reduzir os riscos de erro na determinação da superfície da B.H.D. **Isto é fundamental.**

### ■ Pedologia, vegetação, relevo, drenagem da BHD

Checagem das informações coletadas no escritório sobre solo, vegetação, drenagem, etc., para aplicação dos eventuais fatores corretivos da classificação. A verificação, no campo, **da coerência do mapa de solo com os solos efetivamente presentes** é de primeiríssima importância, pois os solos da BHD constituem a base da classificação hidrológica proposta.

### ■ Açudes situados a montante do barramento

Inspeção dos açudes eventuais situados a montante do barramento previsto, avaliação de seus volumes, da vazão admissível nos seus sangradouros e dos riscos de arrombamento.

### ■ Comportamento dos outros açudes da região

Coletar, na medida do possível, informações sobre o funcionamento **dos açudes vizinhos:** relação entre volume máximo do açude e a superfície de sua BHD, anos nos quais receberam água ou sangraram, ocorrências de arrombamento e suas razões, etc. O **anexo hidrológico** indica como utilizar essa informação e como avaliar a vazão das fortes cheias passadas, conhecendo o nível máximo alcançado pela água.

### ■ No local do futuro barramento

A visita ao campo deverá, evidentemente, ser aproveitada para reunir as informações necessárias aos outros estudos do projeto como, por exemplo: a localização, a construção da barragem e sua futura utilização.

- Reunir o máximo possível de informações sobre o local do futuro barramento; informar-se sobre o comportamento do riacho e o nível máximo atingido pelas cheias passadas.
- Medir a condutividade da água, recolher amostras de água dos açudes e poços da região e do solo do futuro perímetro irrigado para análises em laboratório, etc.
- Realizar o levantamento topográfico (detalhado ou semi-detalhado) da bacia hidráulica do futuro açude;

## 2. Avaliação do volume anual escoado

O método de classificação hidrológica de pequenas bacias hidrográficas permite determinar o volume escoado anual médio, denominado a seguir $V_{esc}$.
Três elementos fundamentais permitem o seu cálculo:

- a **superfície de drenagem;**
- a **classificação hidrológica** da bacia hidrográfica;
- o total **pluviométrico** anual e a zona climática.

A figura 20 mostra a fórmula que permite o cálculo de $V_{esc}$ e a seqüência das principais etapas do método.

## Etapa 1: Avaliação da superfície da BHD

*Delimitar a BHD e calcular a sua superfície. Ver no Anexo 8.*

Definir o **local da barragem**, determinar a linha de contorno da **Bacia Hidrográfica de Drenagem (BHD)** e calcular **a sua superfície** (S).

- Para áreas com menos de 5 km$^2$, utilizar fotografias aéreas mais detalhadas e as mais recentes possíveis, mapas precisos (escala 1:50.000 ou 1:25.000 no mínimo) ou uma estimativa topográfica direta no campo;
- entre 5 e 25 km$^2$, utilizar mapas ou fotografias, de acordo com a nitidez do relevo nos documentos disponíveis;
- para áreas com mais de 25 km$^2$, pode-se usar mapas topográficos na escala de 1:100.000, cuja precisão é suficiente e que existem para a maior parte do Nordeste.

Se houver vários documentos ou mapas disponíveis de escalas diferentes, se deverá escolher a escala que mais facilite a utilização do planímetro, instrumento que apresenta maior precisão para medir superfícies entre 20 e 100 cm$^2$.

**Importante**

*Em todos os casos é* **muito arriscado** *e ilusório tentar delimitar e avaliar superfícies de bacias inferiores a 1 cm$^2$, no mapa ou na foto.*
*Ver exemplo de delimitação de BHD no Anexo 8.*

**A avaliação da superfície S é fundamental.** Ela permitirá o cálculo dos volumes escoados a partir das lâminas escoadas e a estimativa da vazão de pico da cheia de projeto.

## Esquema Geral da Classificação Hidrológica

*Para efetuar a classificação hidrológica da BHD, precisa-se reunir informações sobre as suas características físico-climáticas tais como: os solos, a cobertura vegetal, o número de açudes já existentes, etc.*

*O* **coeficiente $L_{600}$** *caracteriza esta classificação hidrológica; corresponde a uma lâmina anual escoada, como definido na etapa 2*

*A determinação de $L_{600}$ divide-se nas duas etapas detalhadas a seguir:*

- **Etapa 2:**
  *Estimativa de $L_{600}$ padrão, mediante uma classificação hidropedológica da BHD.*
- **Etapa 3:**
  *Estimativa de $L_{600}$, aplicando-se os fatores corretivos CV, CA, CL.*

# Etapa 2:
# Classificação hidrológica da BHD: determinação do coeficiente $L_{600}$ padrão

O coeficiente $L_{600}$ padrão é determinado a partir das características dos solos da BHD.

### ■ Como definir e classificar os solos

*Ver exemplo no Anexo 8*

Os solos podem ser definidos de duas maneiras diferentes:

- Pelas **Unidades Pedológicas de Mapeamento (UMP)**, definidas nas legendas dos mapas pedológicos de reconhecimento da EMBRAPA.
- Pelos **Tipos de Solos (TS)**, identificados no campo ou a partir de mapas pedológicos mais detalhados.

**Dois casos podem existir :**

- Quando a **BHD está situada dentro de uma única UMP ou é constituída de apenas um só TS**, o $L_{600}$ será diretamente extraído das tabelas A ou B:

- Quando a **BHD contém mais de uma UMP ou de um TS**, aplicar uma das fórmulas:

$$L_{600}\text{ padrão(BHD)} = L_{600}(\text{UMP1}) \times S(\text{UMP1})/S \quad \text{(para a primeira UMP)}$$
$$+ L_{600}(\text{UMP2}) \times S(\text{UMP2})/S \quad \text{(para a segunda UMP)}$$
$$+ \text{etc...} \quad \text{(para outras UMP)}$$

ou, no caso dos TS, aplicar uma fórmula do mesmo tipo:

$$L_{600}\text{ padrão(BHD)} = L_{600}(\text{TS1}) \times S(\text{TS1})/S + L_{600}(\text{TS2}) \times S(\text{TS2})/S + \text{etc...}$$

S(UMP1), S(TS1) etc, são as superfícies das diversas UMP ou TS que estão situadas no interior da BHD do açude. S é a superfície total da BHD.

**Utilizar a tabela A para a determinação de $L_{600}$(TS) ou a tabela B para $L_{600}$(UMP).**

20

# ETAPAS DO CÁLCULO DO VOLUME MÉDIO ANUAL ESCOADO

VOLUME MÉDIO ANUAL ESCOADO

**CÁLCULO FINAL:**

$$V_{esc} = L(P) \times S \times 1000$$

$(m^3)$ (mm) $(Km^2)$

***ETAPA 1: (S)***
SUPERFÍCIE DA BACIA HIDROGRÁFICA DE DRENAGEM (BHD)

***ETAPA 5: L(P)***

$$L(P) = (L_{600}\ \text{CORRIGIDA}) \times C \times e^{A(P - 600)}$$

$$L_{600}\ \text{CORRRIGIDA} = (L_{600}\ \text{PADRAO}) \times CV \times CA \times CL$$

***ETAPA 2: ($L_{600}$ PADRÃO)***
E' A LAMINA ESCOADA PARA UMA PLUVIOMETRIA DE 600mm. E' DEFINIDA A PARTIR DOS SOLOS DA BHD: (UMP, TS), NAS TABELAS A E B.

***ETAPA 3:***
COEFICIENTES CORRETIVOS
CV : COBERTURA VEGETAL
CA : AÇUDES EXISTENTES NA BACIA
CL : ZONAS DE RETENÇÃO

***ETAPA 4: (C)***
COEFICIENTE CLIMÁTICO
VER ZONAS CLIMÁTICAS NO MAPA p.59

***ETAPA 5: (A)***
A VALE 0.0033 NO CASO GERAL

***ETAPA 4: (P)***
DETERMINAR A PLUVIOMETRIA ANUAL MÉDIA (P) NA BHD

## Qual é a diferença entre UMP e TS? Quando utilizar UMP e TS?

### Os mapas de solo de reconhecimento da EMBRAPA: as UMP

*Os solos de todo o Nordeste foram levantados pelo Serviço de Levantamento de Solos da* **EMBRAPA**, *a qual elaborou mapas pedológicos de reconhecimento para cada Estado do Nordeste. As escalas destes mapas variam entre 1:400.000 e 1:1.000.000.*

*Nesses mapas, os solos estão apresentados por Unidades de Mapeamento Pedológico (UMP). As legendas indicam os Tipos de Solo (TS) que compõem essas UMP e a sua proporção média regional dentro de cada UMP.*

*A precisão desses mapas é limitada devido a sua escala. As proporções reais dos TS na BHD podem ser, às vezes, diferentes daquelas definidas regionalmente para cada UMP.*

---

**Atenção**

*Muitas BHD terão nos mapas pedológicos da EMBRAPA dimensões insuficientes, pois 1 cm nesses mapas corresponde, no campo, a uma distância de 4 a 10 km, de acordo com o Estado.*

---

### Que outro tipo de informação pode ser encontrada?

*Em várias partes do Nordeste existem levantamentos de solos mais detalhados que os mapas da EMBRAPA. Deve-se sempre procurar a existência desse tipo de documento nos diversos órgãos estaduais e federais. Esses documentos proporcionam uma melhor precisão para a definição dos TS efetivamente existentes na BHD.*

*Podemos citar, sem que seja uma lista completa:*

- *o Serviço de Levantamento de Solo da EMBRAPA;*
- *as Secretarias de agricultura, de irrigação ou de recursos hídricos dos Estados;*
- *os órgãos de desenvolvimento: SUDENE, DNOCS, CODEVASF...;*
- *outros órgãos públicos ou privados que atuaram na região do projeto.*

### Quando utilizar as UMP ou TS?

*É sempre preferível, na medida do possível,utilizar os TS no lugar das UMP, pois os TS fornecem uma informação mais precisa e específica da BHD.*

---

**Importante**

*Quando a superfície da BHD é inferior a 10 km$^2$, realizar um reconhecimento dos solos efetivamente presentes, para corrigir, quando for necessário, a proporção dos TS na UMP indicada na legenda do mapa da EMBRAPA.*

*Este reconhecimento deve ser realizado por um pedólogo ou por uma pessoa com conhecimento sobre os solos da região.*

*Consultar no Anexo hidrológico exemplos e informações mais detalhadas.*

---

■ **Utilização da tabela A**

A tabela A permite avaliar o $L_{600}$ padrão dos diferentes Tipos de Solo (TS) que se encontram no Nordeste semi-árido. Nela constam os solos mais comuns do Nordeste. Uma vez identificado o Tipo de Solo, com a ajuda, se possível, de um pedológo ou, pelo menos, de uma pessoa com experiência em pedologia, a tabela A, ou a tabela correspondente (mais completa) do anexo 8, fornecem o valor do $L_{600}$ do tipo de solo.

Um **Tipo de Solo** (TS) é definido pelo nome do solo (por exemplo, Bruno Não Cálcico) e pelas suas características adicionais que indicam as variedades do solo considerado (por exemplo, vértico).

Estas características adicionais podem ser reagrupadas da forma seguinte:

**Textura:** indica a proporção de argila, areia e silte do solo. São diretamente ligados à permeabilidade e ao escoamento do solo.

**Espessura:** os solos rasos, erodidos ou truncados escoam mais por terem menos capacidade de retenção de água.

**Impedimentos:** a existência de camadas impermeáveis e encrostamentos na superfície ou embaixo dela impedem a infiltração e provocam o escoamento. Os fragipans e as camadas plínticas constituem impedimentos.

**Salinidade:** a salinidade dos solos com características solódicas é sempre um fator que acentua muito o escoamento, pois os sais tendem a impermeabilizar o solo.

**Tabela A**

**Aptidão ao escoamento dos principais tipos de solos do Nordeste Semi-Árido**

| Tipo de Solo (TS) | Características Adicionais | $L_{600}$ (mm) | % do NE Semi-Árido | |
|---|---|---|---|---|
| *Bruno Não Cálcico* | * | *37* | *25.5* | |
| *e Litólico* | *vértico* | *25* | *3.2* | |
| *Afloramento de rocha* | | *90* | *3.3* | |
| *Podzólico* | *Textura arenosa a média* | *15* | *5.7* | |
| | *média/argilosa ou médio plíntico* | *25* | *3.5* | |
| | *textura argilosa ou solo raso* | *37* | *4.2* | |
| *Vertissolo* | | *25* | *1.3* | |
| *Cambissolo* | *Textura média a argilosa* | *15* | *1.8* | |
| | *Textura argilosa ou solo raso* | *37* | *2.1* | |
| *Solonetz Solodizado* | | *125* | *3.5* | *SAL!* |
| *Planossolo Solódico* | | *70* | *7.9* | *SAL!* |
| *Areia Quartzosa* | | *0* | *11.1* | |
| *Regossolo* | *Com fragipan* | *5* | *2.5* | |
| *Latossolo* | * | *5* | *15.1* | |
| | *Textura Média a Argilosa* | *10* | *2.8* | |
| | *Textura Argilosa* | *15* | *2.3* | |

* *Quando o solo não apresenta nenhuma das características adicionais mencionadas.*

**A tabela A**
**permite evidenciar**
**os fatos seguintes:**

---

*Proporção de solos aptos, sem restrição, para captação de água: são os solos com valor de $L_{600}$ igual ou superior a 37 mm, sem serem Solódicos.*
*Estes solos cobrem 32% da superfície total do Nordeste semi-árido.*
*Considerando-se apenas a região cristalina, região com maior escassez de recursos hídricos, esta proporção aumenta para 65%.*
*Trata-se principalmente dos Brunos Não Cálcicos, dos Litólicos e dos Afloramentos de rocha.*

---

*15% do Nordeste semi-árido são cobertos de solos que ainda se prestam para captação de água em açudes, apesar de apresentarem escoamentos fracos e irregulares ($L_{600}$ entre 15 e 37 mm).*

---

*Uma proporção notável do Nordeste semi-árido (11%) apresenta problemas de salinização (Solonetz ou Planossolo Solódico).*

---

*35% do Nordeste semi-árido é coberto de solos impróprios para construção de açudes que apresentam escoamentos irrisórios e muito irregulares.*
*São as Areias Quartzosas, os Regossolos e a maioria dos Latossolos, os quais ocorrem principalmente nas regiões sedimentares.*

**Importante**

*Consultar no Anexo 8 o exemplo completo de utilização destes mapas e tabelas, acompanhado das definições e explicações necessárias para uma melhor compreenção da influência do solo sobre o escoamento.*

■ **Utilização da tabela B**

A tabela B contém uma relação exaustiva dos $L_{600}$ das diversas UMP existentes em todos os mapas de reconhecimento de solos da EMBRAPA, para o Nordeste semi-árido.

TABELA B
Valores em mm dos $L_{600}$ padrão das UMP[1]

| UMP | $L_{600}$ | UMP | $L_{600}$ | UMP | $L_{600}$ | UMP | $L_{600}$ | UMP | $L_{600}$ | UMP | $L_{600}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ALAGOAS** | | | | | | | | | | | |
| Ae2 | 10 | NC2 | 44 | PL2* | 52 | Re2 | 40 | Re9 | 63 | REe2 | 32 |
| AQd2 | 15 | NC3 | 40 | PL3 | 57 | Re3 | 46 | Re10 | 63 | REe3 | 52 |
| Ce* | 19 | NC4* | 42 | PL4 | 77 | Re4 | 47 | Re11 | 63 | REe4 | 34 |
| LEe1* | 15 | PE3* | 39 | PL5* | 43 | Re5 | 48 | REd* | 5 | REed1 | 5 |
| LEe2* | 15 | PE6* | 29 | PV12* | 42 | Re6 | 42 | Red1* | 37 | REed2 | 9 |
| LVd11* | 25 | PE7* | 39 | Rd | 64 | Re7 | 37 | Red2 | 26 | REed3 | 24 |
| LVe* | 21 | PE8* | 37 | Re1* | 37 | Re8 | 32 | REe1 | 5 | REed4 | 31 |
| NC1* | 37 | PL1* | 46 | | | | | | | | |
| **BAHIA (Margem direita do rio São Francisco)** | | | | | | | | | | | |
| Ae* | 75 | Ce23 | 5 | LVd31 | 10 | PE20 | 30 | PLSe4 | 60 | Rd5 | 47 |
| Aed1 | 82 | LEd | 16 | LVd32* | 7 | PE22 | 19 | PLSe5 | 54 | Rde | 40 |
| Aed2 | 82 | LEe1* | 23 | LVde1* | 11 | PE23 | 25 | PLSe6 | 86 | Re1 | 33 |
| AQd3 | 1 | LEe2 | 11 | LVde2 | 7 | PE24 | 38 | PLSe7 | 52 | Re2* | 37 |
| AQd4 | 0 | LEe3 | 19 | LVde3 | 8 | PE25 | 29 | PLSe8 | 44 | Re3* | 44 |
| AQd5 | 20 | LEe4 | 17 | LVde4 | 5 | PE26 | 24 | PLSe9 | 40 | Re4* | 42 |
| AQd6 | 11 | LEe5 | 22 | LVde5 | 11 | PE27 | 30 | PLSe10 | 33 | Re5 | 39 |
| BV3* | 47 | LVd2* | 11 | LVe1 | 20 | PE28 | 29 | PLSe11 | 59 | Re6 | 35 |
| Ce1 | 37 | LVd4* | 17 | LVe2 | 5 | PE29 | 17 | PLSe12 | 82 | Re7 | 33 |
| Ce2 | 48 | LVd5* | 22 | LVe3 | 5 | PE30 | 30 | PLSe13 | 54 | Re8 | 40 |
| Ce3 | 48 | LVd7* | 15 | LVe4 | 21 | PE31 | 27 | PLSe14 | 81 | Re9 | 63 |
| Ce4 | 22 | LVd9* | 19 | LVe5 | 14 | PE32 | 25 | PLSe15 | 66 | Re10 | 37 |
| Ce5 | 21 | LVd11 | 14 | NC1 | 38 | PE33 | 32 | PLSe16 | 62 | Re11 | 37 |
| Ce6 | 19 | LVd12* | 10 | NC2 | 43 | PE34 | 39 | PLSe19 | 33 | Re12 | 37 |
| Ce7 | 28 | LVd13* | 10 | NC3 | 40 | PE35 | 18 | PLSe20 | 35 | Re13 | 67 |
| Ce8* | 35 | LVd14* | 10 | NC4 | 25 | PE36 | 32 | PLSe21 | 53 | Re14 | 63 |
| Ce9 | 31 | LVd15* | 15 | NC5 | 38 | PE37 | 33 | PLSe22 | 74 | REed1 | 30 |
| Ce10 | 28 | LVd16* | 18 | NC6 | 25 | PE38 | 34 | PLSe17 | 80 | REed2 | 40 |
| Ce11 | 39 | LVd17 | 13 | PE4* | 23 | PE39 | 43 | PLSe18 | 38 | REed3 | 28 |
| Ce12 | 37 | LVd18* | 10 | PE6* | 24 | PE40 | 15 | PV14* | 21 | SS1 | 74 |
| Ce13 | 48 | LVd20* | 3 | PE11* | 21 | PE41 | 35 | PV16* | 30 | SS2 | 71 |
| Ce14 | 28 | LVd21 | 10 | PE12* | 24 | PE42 | 23 | PV17 | 23 | SS3 | 80 |
| Ce15 | 28 | LVd22 | 16 | PE13* | 16 | PE43 | 8 | PV18 | 9 | SS4 | 92 |
| Ce16 | 46 | LVd24 | 5 | PE14* | 21 | PE44 | 17 | PV19* | 28 | V3* | 43 |
| Ce17 | 5 | LVd25 | 11 | PE15* | 32 | PE45 | 64 | PV27* | 29 | V4 | 41 |
| Ce18 | 30 | LVd26 | 15 | PE16* | 29 | PLe* | 42 | Rd1* | 64 | V5 | 25 |
| Ce91* | 37 | LVd27 | 9 | PE17* | 30 | PLSe1* | 61 | Rd2 | 33 | V6 | 32 |
| Ce20 | 27 | LVd28 | 21 | PE18* | 33 | PLSe2* | 48 | Rd3 | 27 | V7 | 36 |
| Ce21 | 23 | LVd29 | 7 | PE21* | 43 | PLSe3* | 76 | Rd4 | 22 | V8 | 37 |
| Ce22 | 23 | LVd30 | 3 | PE19 | 20 | | | | | | |
| **BAHIA (Margem esquerda do rio São Francisco)** | | | | | | | | | | | |
| Aed1* | 29 | AQd12 | 0 | LVd5* | 5 | NC1 | 35 | PE11 | 23 | Rd5 | 63 |
| Aed2 | 49 | AQd13 | 2 | LVd6* | 8 | PE1* | 25 | PE12 | 11 | Re1* | 37 |
| Aed3 | 54 | AQd14 | 1 | LVd7* | 3 | PE2* | 25 | PE13 | 54 | Re2* | 34 |
| AQd1* | 0 | AQd15 | 28 | LVd8 | 7 | PE3* | 37 | PE14 | 30 | Re4 | 33 |
| AQd2* | 0 | AQd16* | 31 | LVd9 | 15 | PE4* | 19 | PE15 | 23 | Re5 | 63 |
| AQd5* | 8 | HGd1* | 70 | LVd12* | 9 | PE5* | 32 | PE16 | 33 | Red | 37 |
| AQd7 | 0 | LEd1* | 24 | LVd13 | 8 | PE6* | 23 | PE17* | 32 | REd | 37 |
| AQd8 | 15 | LEd2* | 9 | LVdp* | 5 | PE7* | 19 | PE18* | 49 | REed | 46 |
| AQd9 | 22 | LVd2* | 20 | LVe1 | 9 | PE8* | 11 | Rd2* | 34 | SS1 | 103 |
| AQd10 | 0 | LVd3 | 10 | LVe2 | 9 | PE9* | 21 | Rd3 | 23 | SS2 | 81 |
| AQd11 | 0 | LVd4* | 33 | LVed | 14 | PE10* | 11 | Rd4 | 63 | SS3 | 86 |

[1] UMP = Unidade de Mapeamento pedológico dos levantamentos exploratórios e reconhecimento de solo (SUDENE/MA/DNPEA/EMBRAPA).

* Atenção: esses solos podem estar fora da região Semi-árida.

**CEARÁ**

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ae* | 55 | NC3 | 49 | PE16 | 31 | PE40 | 35 | Re7 | 37 | Red3 | 37 |
| Ae3 | 73 | NC4 | 37 | PE17 | 37 | PE41 | 37 | Re8 | 50 | Red4 | 53 |
| Ae4 | 61 | NC5 | 42 | PE18 | 29 | PE42 | 27 | Re9 | 37 | Red5 | 37 |
| AMd | 0 | NC6 | 33 | PE19 | 37 | PE44 | 37 | Re10 | 53 | Red6 | 48 |
| AQd1 | 0 | NC7 | 34 | PE20 | 37 | PL1 | 84 | Re11 | 37 | Red7 | 37 |
| AQd2 | 11 | NC8 | 44 | PE21 | 37 | PL2 | 80 | Re12 | 58 | Red8 | 31 |
| AQd3 | 23 | NC9 | 41 | PE22 | 37 | PL3 | 90 | Re13 | 37 | Red9 | 50 |
| AQd4 | 10 | NC10 | 45 | PE23 | 37 | PL4 | 71 | Re14 | 42 | Red10 | 73 |
| AQd5 | 0 | NC11 | 32 | PE24 | 37 | PL5 | 50 | Re15 | 47 | Red11 | 44 |
| AQd6 | 24 | NC12 | 27 | PE25 | 10 | PL6 | 83 | Re16 | 50 | Red12 | 24 |
| AQd7 | 10 | NC13 | 21 | PE26 | 37 | PL7 | 72 | Re17 | 37 | REe1 | 5 |
| BV1 | 50 | NC14 | 44 | PE27 | 37 | PL8 | 71 | Re18 | 57 | REe2 | 27 |
| BV2 | 47 | NC15 | 57 | PE28 | 17 | PV2* | 33 | Re19 | 42 | REe3 | 20 |
| BV3 | 48 | PE1* | 37 | PE29 | 28 | PV3 | 8 | Re20 | 63 | SK1 | 125 |
| Ce | 30 | PE6 | 45 | PE30 | 31 | PV4 | 10 | Re21 | 53 | SS1 | 99 |
| LVd4 | 10 | PE7 | 34 | PE31 | 40 | PV5 | 46 | Re22 | 33 | SS2 | 65 |
| LVd5 | 5 | PE8 | 37 | PE32 | 54 | PV6 | 52 | Re23 | 45 | SS3 | 64 |
| LVd8 | 12 | PE9 | 42 | PE33 | 62 | PV7 | 24 | Re24 | 45 | TRe | 25 |
| LVd9 | 3 | PE10 | 33 | PE34 | 23 | Re1 | 37 | Re25 | 63 | V1 | 25 |
| LVd10 | 12 | PE11 | 30 | PE35 | 34 | Re2 | 37 | Re26 | 63 | V2 | 25 |
| LVd11 | 23 | PE12 | 48 | PE36 | 16 | Re3 | 53 | REd1 | 5 | V3 | 25 |
| LVe1 | 4 | PE13 | 27 | PE37 | 37 | Re4 | 48 | REd2 | 52 | V4 | 27 |
| NC1 | 60 | PE14 | 33 | PE38 | 37 | Re5 | 37 | Red1 | 54 | V5 | 25 |
| NC2 | 44 | PE15 | 37 | PE39 | 34 | Re6 | 37 | Red2 | 37 | V6 | 42 |

**MARANHÃO**

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A6* | 60 | PE20* | 36 | PL2 | 56 | PVc25 | 35 | TR3* | 33 | V2* | 31 |
| AQd9* | 8 | PE22* | 32 | PL3 | 84 | PVc27* | 35 | TR4* | 29 | V3* | 36 |
| AQd10* | 15 | PE23* | 53 | PL4 | 40 | R6* | 38 | TR5* | 22 | V4* | 34 |
| Ce1* | 45 | PL1 | 80 | PV19* | 40 | R7* | 41 | V1* | 32 | | |

**NORTE DE MINAS GERAIS**

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ae1* | 21 | Ce3 | 19 | LVa20* | 11 | LVa33 | 4 | PE7 | 40 | PVd4* | 27 |
| Ae2* | 34 | Ce4 | 23 | LVa24* | 3 | LVa34 | 5 | PE8 | 19 | Ra8* | 64 |
| Ae3* | 63 | LEe1* | 25 | LVa25 | 15 | LVe1 | 12 | PE9 | 21 | Ra11 | 54 |
| Ae4* | 55 | LEe2 | 14 | LVa26 | 17 | LVe2 | 8 | PE10 | 20 | Re1 | 34 |
| AQa3* | 0 | LEe3 | 15 | LVa27 | 20 | PE1 | 28 | PE11 | 25 | Re2 | 53 |
| AQa6* | 2 | LEe4 | 24 | LVa28* | 10 | PE2 | 28 | PE12 | 36 | Re3 | 33 |
| AQa4 | 0 | LEe5 | 17 | LVa29 | 12 | PE3 | 23 | PE13* | 26 | TRSe1* | 37 |
| Ca4* | 39 | LEe6 | 25 | LVa30* | 5 | PE4* | 23 | PE15* | 30 | TRSe2 | 25 |
| Ce1 | 15 | LEe7 | 10 | LVa31 | 3 | PE5* | 46 | PVd2* | 21 | TRSe3 | 25 |
| Ce2 | 15 | LEe8 | 19 | LVa32 | 3 | PE6* | 42 | PVd3* | 24 | TRSe4 | 31 |

**PARAÍBA**

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ce2 | 21 | NC9 | 49 | PE10 | 29 | Re9 | 45 | Re19* | 64 | REe6 | 41 |
| Ce3 | 18 | NC10 | 28 | PE14* | 37 | Re10 | 48 | Re20 | 63 | SS1 | 83 |
| LVe3 | 18 | PE1 | 37 | Re1 | 37 | Re11 | 48 | Re21 | 63 | SS2 | 94 |
| NC1 | 37 | PE2 | 37 | Re2 | 37 | Re12 | 48 | REd* | 3 | SS3 | 75 |
| NC3 | 37 | PE3 | 37 | Re3 | 45 | Re13 | 37 | REe1 | 17 | SS4 | 53 |
| NC4* | 39 | PE4 | 27 | Re4 | 53 | Re14 | 50 | REe2 | 11 | V1* | 25 |
| NC5 | 38 | PE5 | 37 | Re5 | 45 | Re15 | 55 | REe3 | 34 | V2 | 29 |
| NC6 | 29 | PE6 | 33 | Re6 | 33 | Re16 | 67 | REe4 | 11 | V3 | 27 |
| NC7 | 30 | PE7* | 37 | Re7* | 46 | Re17 | 72 | REe5 | 37 | V4 | 47 |
| NC8 | 31 | PE9* | 31 | Re8 | 45 | Re18 | 63 | | | | |

* Atenção: esses solos podem estar fora da região Semi-árida.

**PERNAMBUCO**

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ae1 | 44 | LVe4 | 11 | PE7 | 37 | PL5 | 58 | Re5 | 46 | REe4 | 36 |
| Ae2 | 75 | LVe5 | 8 | PE8 | 11 | PL6 | 62 | Re6 | 32 | REe5 | 66 |
| AQ | 0 | LVe6 | 12 | PE10* | 15 | PL7 | 48 | Re7 | 62 | REe6 | 32 |
| AQd1 | 0 | NC1 | 37 | PE11 | 36 | PL9* | 63 | Re8 | 38 | REe7 | 40 |
| AQd2 | 1 | NC2 | 34 | PE16 | 37 | PL10 | 62 | Re9 | 63 | REe8 | 37 |
| Ce1* | 22 | NC3 | 31 | PE18 | 37 | Rd1 | 37 | Re10 | 63 | SS1 | 125 |
| Ce2 | 21 | NC4 | 30 | PE19 | 12 | Rd2 | 18 | REd2 | 5 | SS2 | 68 |
| Ce3 | 5 | NC8 | 31 | PE20 | 22 | Re1 | 37 | REd3 | 32 | SS3 | 74 |
| LVd9 | 15 | NC9 | 49 | PL1 | 70 | Re2 | 34 | REe1 | 5 | V1 | 25 |
| LVd12* | 5 | PE1* | 37 | PL2 | 60 | Re3* | 64 | REe2 | 32 | V2 | 25 |
| LVe2 | 18 | PE5 | 31 | PL3 | 54 | Re4 | 34 | REe3 | 18 | V3 | 65 |
| LVe3 | 14 | PE6* | 37 | PL4 | 53 | | | | | | |

**PIAUÍ**

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A2* | 51 | LA23 | 10 | NC2 | 36 | PE17 | 26 | PV18 | 22 | R19 | 31 |
| A3 | 52 | LA27 | 6 | NC3 | 32 | PE18 | 17 | PV19 | 25 | R20 | 57 |
| AQ5 | 0 | LA28 | 12 | NC4 | 53 | PE19 | 22 | PV20 | 38 | R21 | 43 |
| AQ6 | 16 | LA30 | 3 | PE1 | 18 | PE20 | 39 | R8 | 37 | R22 | 51 |
| AQ7 | 14 | LA31 | 10 | PE2 | 21 | PE21 | 28 | R9 | 31 | R23 | 45 |
| AQ8 | 12 | LA32 | 9 | PE3 | 18 | PE22 | 21 | R10 | 54 | R24 | 45 |
| AQ10 | 2 | LA33 | 12 | PE4 | 42 | PE23 | 29 | R11 | 54 | R25 | 42 |
| AQ11 | 16 | LA34 | 3 | PE5 | 51 | PE24 | 29 | R12 | 50 | R26 | 54 |
| AQ12 | 22 | LA35 | 10 | PE6 | 29 | PE25 | 40 | R13 | 40 | R27 | 44 |
| BV4 | 31 | LA36 | 8 | PE7 | 31 | PE26 | 28 | R14 | 46 | R28 | 44 |
| LA6 | 18 | LA37 | 14 | PE8 | 34 | PL4 | 53 | R15 | 25 | R29 | 44 |
| LA19 | 8 | LE | 12 | PE14 | 24 | PT7 | 38 | R16 | 43 | R30 | 32 |
| LA20 | 8 | LV1 | 6 | PE15 | 29 | PT8 | 40 | R17 | 44 | RE | 31 |
| LA21 | 8 | LV2 | 14 | PE16 | 24 | PV7 | 33 | R18 | 37 | SS2 | 91 |
| LA22 | 16 | | | | | | | | | | |

**RIO GRANDE DO NORTE**

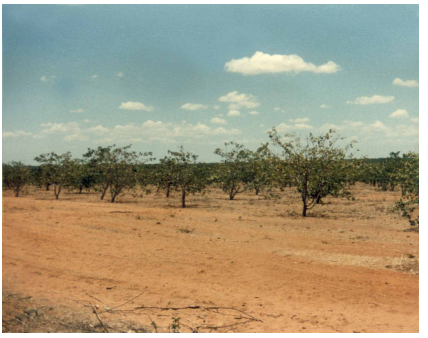
| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ae4 | 55 | LVe4 | 11 | PE1 | 34 | PE12 | 25 | Re6 | 32 | Re17 | 63 |
| AQd4 | 0 | NC1 | 37 | PE2 | 24 | PE13 | 29 | Re7 | 50 | REe1 | 30 |
| AQd5 | 5 | NC2 | 29 | PE3 | 28 | PL1 | 56 | Re8 | 56 | REe2 | 21 |
| AQd6 | 6 | NC3 | 31 | PE4 | 27 | PL2 | 57 | Re9 | 61 | RZ1 | 33 |
| AQd7 | 10 | NC4 | 37 | PE5 | 29 | PL3 | 84 | Re10 | 76 | RZ2 | 33 |
| Ce1 | 37 | NC5 | 59 | PE6 | 9 | PV1 | 25 | Re11 | 45 | SK2 | 110 |
| Ce2 | 33 | NC6 | 31 | PE7 | 37 | Re1 | 55 | Re12 | 32 | SS1 | 125 |
| Ce3 | 37 | NC7 | 55 | PE8 | 33 | Re2 | 37 | Re13 | 31 | SS2 | 98 |
| Ce4 | 30 | NC8 | 54 | PE9 | 66 | Re3 | 37 | Re14 | 58 | V1 | 25 |
| Ce5 | 32 | NC9 | 63 | PE10 | 29 | Re4 | 37 | Re15 | 45 | V2 | 27 |
| LVe2 | 6 | NC10 | 31 | PE11 | 37 | Re5 | 48 | Re16 | 63 | V3 | 25 |
| LVe3 | 7 | NC11 | 32 | | | | | | | | |

**SERGIPE**

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ce1* | 35 | PE8* | 27 | PLSe2 | 60 | PV19* | 32 | Re8* | 47 | Re16 | 37 |
| Ce2 | 45 | PE10* | 36 | PLSe3* | 72 | Rde | 37 | Re9* | 33 | Re17 | 37 |
| NC1 | 31 | PE11* | 32 | PLSe4 | 86 | Re2* | 37 | Re10* | 33 | REd1 | 29 |
| NC2 | 27 | PE12 | 64 | PLSe5 | 62 | Re3* | 37 | Re11 | 53 | REd2 | 28 |
| NC3 | 40 | PE13 | 60 | PLSe6 | 72 | Re4* | 37 | Re12 | 37 | REd3 | 35 |
| PE1* | 30 | PE14* | 30 | PLSe7 | 75 | Re5 | 37 | Re13 | 37 | REe* | 4 |
| PE3* | 30 | PE15* | 33 | PV6* | 32 | Re6 | 37 | Re14 | 37 | SS1 | 91 |
| PE4* | 34 | PLe* | 41 | PV10* | 18 | Re7* | 37 | Re15* | 32 | SS2 | 92 |
| PE7* | 29 | PLSe1* | 45 | | | | | | | | |

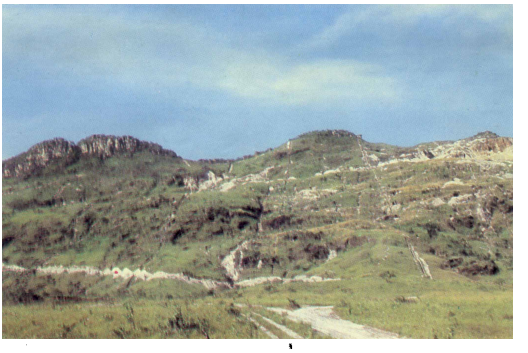
* Atenção: esses solos podem estar fora da região Semi-árida.

21



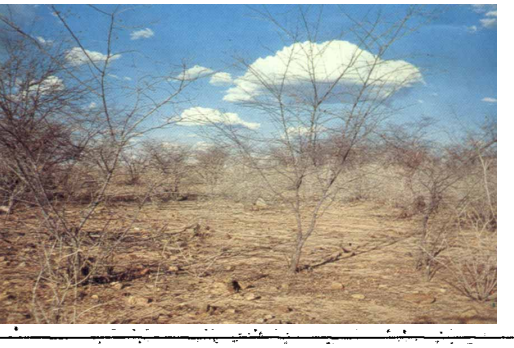
*Áreas onde o escoamento é fraco por serem muito arenosas*

*Área com escoamento forte por apresentar afloramentos rochosos associados a SOLOS LITÓLICOS*



*Vegetação de caatinga fechada.*
*- Boa proteção*
*- Diminui o escoamento*

*Vegetação de caatinga degradada.*
*- Riscos de erosão*
*- Aumenta o escoamento*



## Etapa 3: Correção de $L_{600}$

O valor final ou corrigido de $L_{600}$ é calculado pela fórmula:

$$L_{600}\text{ corrigido} = L_{600}\text{ padrão} \times CV \times CA \times CL$$

Onde:

**CV** *é o fator de correção que considera o tipo de vegetação da BHD.*

**CA** *é o fator de correção que considera a presença de outros açudes a montante.*

**CL** *é o fator de correção que considera a presença de solos arenosos profundos nos leitos dos rios e nas partes baixas das vertentes.*

Estas correções são efetuadas em função de critérios de apreciação mais subjetivos que na etapa anterior e requerem uma visita ao campo, assim como uma certa experiência para a avaliação do peso real a ser atribuído a cad.. .tor corretivo.

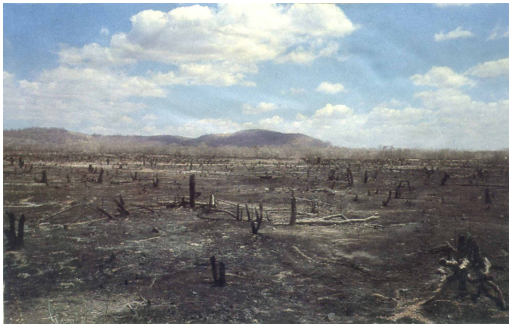
**Importante**

*Todos estes fatores valem normalmente 1. As correções de $L_{600}$ padrão só deverão ser realizadas quando forem detectadas* **anomalias importantes.**

### Correção (CV): Influência da cobertura vegetal

Os valores de $L_{600}$ padrão propostos no parágrafo anterior correspondem a situações médias (ou padrão) da cobertura vegetal, nas condições médias atuais do semi-árido nordestino, as quais são intermediárias entre uma cobertura total e um desmatamento total. Deve-se considerar, sobretudo, o grau de proteção da cobertura do solo e da interceptação da chuva causada pela vegetação. Assim, um pasto em bom estado, ou seja, onde as plantas criam uma camada fechada que protege totalmente o solo, pode ser considerado como um a unidade bem ou extremamente bem conservada, pois é praticamente equivalente, em termos de intercepção de chuva, a uma caatinga nativa. As zonas de solo nu, desprovidas de cobertura vegetal e compactadas, devem ser consideradas como extremamente degradadas.

22 *Queima de vegetação nativa para plantio de culturas de subsistência. Aumenta o escoamento*



*Plantio em contorno. Diminui o escoamento.*

No caso de uma pequena BHD, multiplicar o valor de $L_{600}$ pelo fator de correção CV, o qual poderá variar entre 0.5 e 2, segundo o grau de conservação ou de deterioração da vegetação. No entanto, recomendamos não utilizar valores de CV inferiores a 0.75 ou superiores a 1.5, salvo em casos extremos.

**Fator de correção CV**

| **Estado da Cobertura Vegetal**<br>*Exemplos de situação* | **Solos com**<br>**50 mm > $L_{600}$>20 mm** | **Solos com**<br>**$L_{600}$ < 20 mm ou**<br>**$L_{600}$> 50 mm** |
|---|---|---|
| **Extremamente bem conservada**<br>*mais de 80% da bacia com caatinga fechada, sem zona de solo nu* | *.5* | *.75* |
| **Bem Conservada**<br>*vegetação ou pasto bem conservado* | *.75* | *.90* |
| **Normal**<br>*BHD com 20% a 60% desmatada ou BHD com cobertura vegetal rala* | *1.00* | *1.00* |
| **Degradada**<br>*BHD com 60% ou mais desmatada* | *1.50* | *1.25* |
| **Muito degradada**<br>*Solos nus e degradados com marcas de erosão acentuadas* | *2.00* | *1.50* |

■ **Correção (CA): Presença de outros açudes a montante do local da represa**

Os valores de $L_{600}$ propostos foram estabelecidos a partir de observações efetuadas nas condições atuais no Sertão Norte cristalino. Nesta zona, pode-se considerar que os açudes já existentes controlam, em média, 30 a 50% da superfície das bacias, com um volume total de armazenamento da ordem de 25 a 50% do volume natural médio escoado. Neste caso, não se deve efetuar correções (CA= 1).

O fator de correção CA dependerá dos açudes já existentes na bacia de alimentação. Esse fator varia, normalmente, entre 1 e 1.6 , podendo, excepcionalmente, ser inferior a 1 quando o número e o volume dos açudes situados a montante são extremamente elevados. Neste caso, recomenda-se a realização de um estudo específico.

Sendo $S_a$ a soma das superfícies das bacias hidrográficas dos açudes de montante, a densidade de açudes pode ser medida a partir da razão $S_a/S$.

**Fator de correção CA**

| **Densidade de Açudes** | **Muito forte**<br>**> 0.5 açude/km$^2$** | **Normal**<br>**Entre .25 e .50 açude/km$^2$** | **Nula** |
|---|---|---|---|
| **ou $S_a/S$** | **>.55** | **entre 0.35 e 0.55** | **0** |
| **CA** | *< 1* | *1* | *1.6* |

**Importante**

**No caso de pequenas BHD desprovidas de qualquer açude ou barreiro, é necessário adotar um coeficiente CA de 1.6.**

## ■ Correção CL: Presença de depressões e zonas de retenção de escoamento

Depressões, zonas aluviais ou bancos de areia podem reter **uma parte importante do escoamento**, sobretudo quando **estão situados no percurso da água**, ou seja, na parte inferior das vertentes ou perto do leito dos rios.
Identificam-se **três tipos principais de retenção ou de absorção dos escoamentos** (1):

1. Presença, na parte baixa das seqüências de solos, de zonas de solo espesso e permeável.
2. Leitos dos riachos passando por grandes zonas aluviais arenosas **ou permeáveis** de grande superfície. Avalia-se que, quando mais de 1 a 2% da superfície total da BHD é **coberta com solos aluviais arenosos**, deve-se aplicar um valor de CL de 0.9. Uma zona aluvial acima de 4% corresponderá a um CL de 0.8.
3. Leito dos riachos passando por depressões, antigos lagos ou zonas sem relevo suscetíveis de infiltrar, reter ou estocar um volume d'água importante.

*Toposeqüência: ver fig. p. 57*

A definição do fator CL é subjetiva e requer uma grande experiência na avaliação do funcionamento hídrico global da bacia, das toposeqüências dos solos e da capacidade da rede de drenagem em estocar uma parte dos deflúvios que a atravessam. Procurar, se necessário, a ajuda de um especialista.
Quando se identifica **claramente** a presença de um ou vários mecanismos de retenção d'água, deve-se aplicar um fator de correção CL diferente de 1, de acordo com a seguinte tabela:

**Fator de correção CL**

| Importância mecanismo de retenção | Muito elevada | Elevada | Normal | Fraca ou Nula |
|---|---|---|---|---|
| **Fator CL** | *0.8* | *0.9* | *1* | *1.2* |

- O fator CL pode excepcionalmente, em alguns casos de retenção muito importante, ser inferior a 0.8. Neste caso, sua avaliação implicará num estudo específico.
- Quando não existe nenhuma zona de retenção importante no percurso da água, aplica-se um fator CL de 1.2.

**Importante**

*Em uma região homogênea, o fator CL será naturalmente maior nas pequenas BHD, as quais são, geralmente, desprovidas de zonas aluviais.*

*(1) Fora da retenção já realizada no solo, no próprio local onde cai a chuva, retenção que já foi integrada no valor de $L_{600}$ indicado para cada TS ou UMP.*

**Exemplo de uma sequência de solos que provoca retenção do escoamento**

*Toposeqüência: é uma seqüência de solos, desde as partes mais altas do relevo até o fundo dos vales. Quando, em uma determinada UMP, a mesma seqüência de solos se repete com freqüencia, ela constitui uma das toposeqüências características da UMP.*

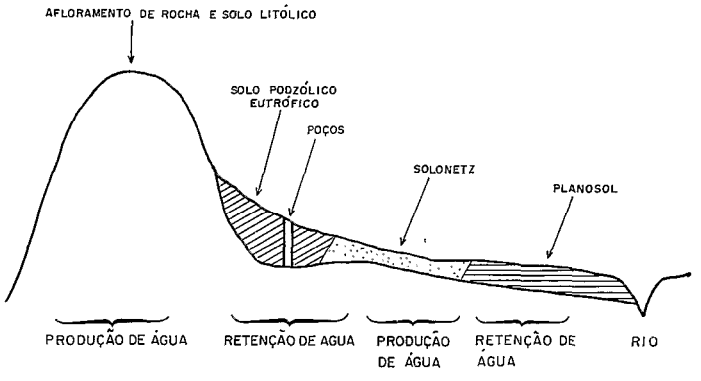
*Assim, a toposeqüência observada na região de Juatama (Ceará) que associa:*

- *Solos Litólicos + Afloramentos de rocha nas zonas mais altas.*
- *Solos Podzólicos Eutróficos espessos nas zonas imediatamente abaixo, ainda com forte declividade.*
- *Solonetz impermeáveis e rasos nas partes inferiores ainda com declividade.*
- *Planossolo com camadas de areias espessas no fundo dos vales,*

*constitui uma toposeqüência freqüentemente observada nas regiões muito acidentadas, onde se observa "inselbergs" (ou afloramentos rochosos que podem apresentar uma forma semelhante ao Pão de Açúcar - RJ).*

*Nesta toposeqüência, tanto os solos Podzólicos quanto os Planossolos são* **arenosos e muito espessos,** *pois podem atingir 2 m. Eles reterão uma parte importante dos escoamentos gerados pelos solos mais impermeáveis situados imediatamente a montante. Neste tipo de toposeqüência, a espessura muito forte dos solos situados a jusante justifica um fator CL de 0.8.*

23




TOPOSEQUÊNCIA TÍPICA NA REGIÃO DE JUATAMA

## Etapa 4: Avaliação da pluviometria

### ■ Determinação do total anual médio das precipitações

*A estimativa da pluviometria anual é muito importante: cada 100 mm de chuva suplementar provoca um acréscimo de 40% no escoamento.*

**A avaliação do total anual (P) das precipitações na BIID deve ser realizada com um mapa de isoietas.** Recomenda-se para isso, utilizar o mapa de isoietas homogeneizadas

do Nordeste na escala de 1:2.500.000 e 1:1.000.000, publicado pela SUDENE, ou qualquer outro mapa de isoietas homogeneizadas mais detalhado, quando existir. Encontra-se, no final deste manual, uma redução na escala 1:5.000.000 deste mapa de isoietas.
Nas bacias menores, quando as variações da pluviometria não são elevadas, pode-se admitir que toda a bacia recebe a mesma pluviometria anual (P). Isso acontece sempre nas BHD inferiores a 10 km$^2$, para as quais se pode utilizar diretamente o resultado da interpolação das isoietas.

**Quando existem dúvidas**

*Quando o reconhecimento no campo evidencia condições pluviométricas locais excepcionais, impostas, por exemplo, pelo relevo, e quando se dispõe, por outra parte, de uma informação pluviométrica local complementar , recomenda-se tentar melhorar a avaliação da precipitação já efetuada com o mapa de isoietas. Esta avaliação representa sempre um trabalho suplementar e deverá ser realizada com a ajuda de hidrólogos ou meteorólogos.*

**Quando a BHD é muito grande**

*Quando a diferença de precipitação entre a parte da BHD que recebe mais chuva e a parte que recebe menos é superior a 200 mm, as isoietas que atravessam a BHD deverão ser traçadas. O cálculo da precipitação média Pi deverá ser realizado para cada Unidade de Mapeamento e Pedológico (UMPi), seja por planimetragem, seja efetuando um cálculo simplificado, aplicando-se a fórmula:* $Pi = (P_{max} + P_{min})/2$.

*Quando a diferença entre a precipitação máxima ($P_{max}$) e a mínima ($P_{min}$) da UMP é superior a 300 mm, a unidade de solo deve ser subdividida em duas partes pela isoieta média e os cálculos da chuva média deverão ser realizados separadamente para cada parte.*

■ **Determinação da zona climática e da correção climática C**

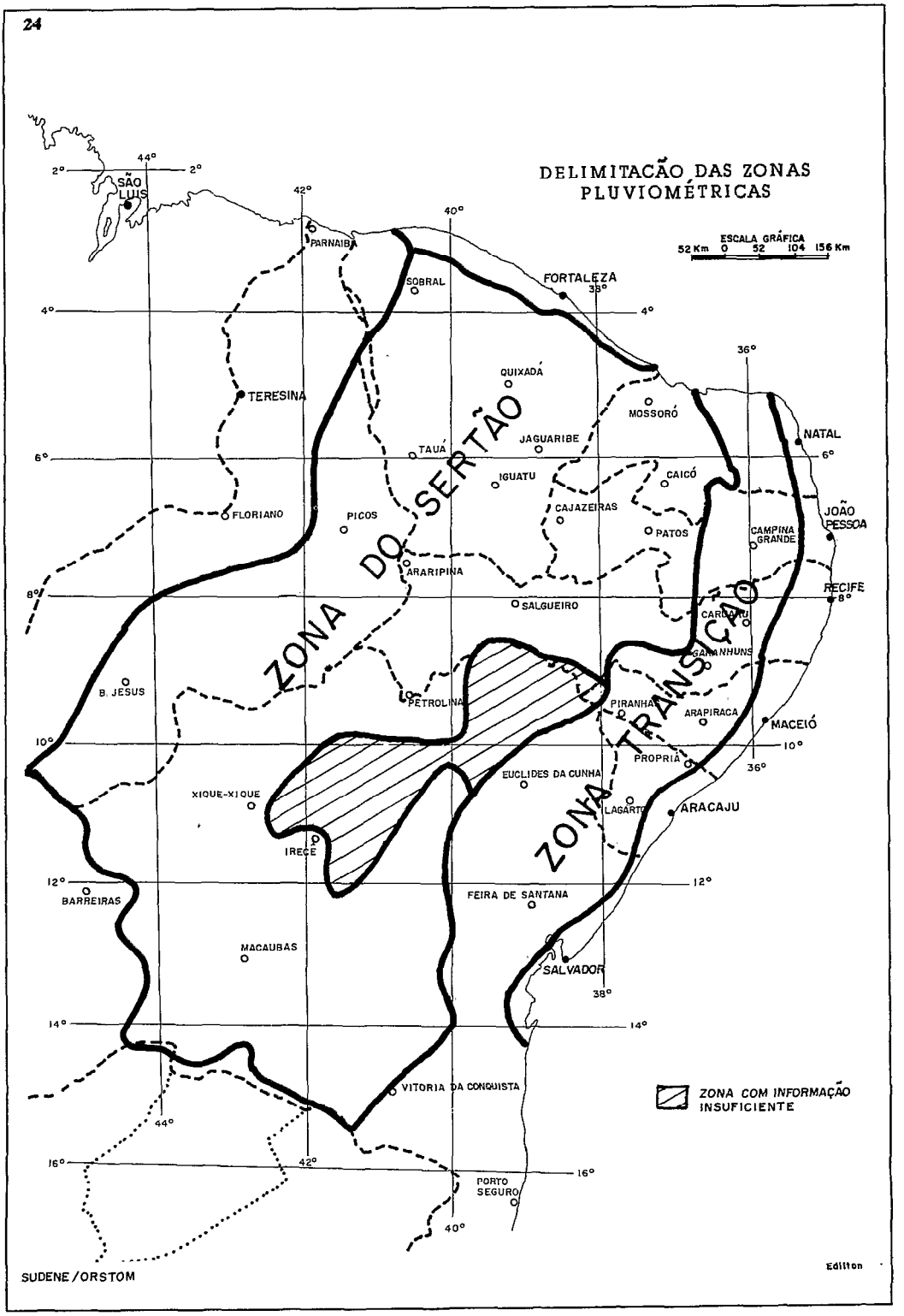
A delimitação das zonas climáticas da figura 24 corresponde a zonas pluviométricas globalmente homogêneas.

**O coeficiente climático C vale 1 na zona "SERTÃO" e 0.5 na zona "TRANSIÇÃO".**

Admite-se que o coeficiente C varia gradualmente de 1 para 0.5 quando se passa de uma zona para outra. Esta faixa intermediária possui uma largura total de, aproximadamente, 50 km. Nesta faixa, calcula-se C supondo uma variação contínua entre as duas zonas.

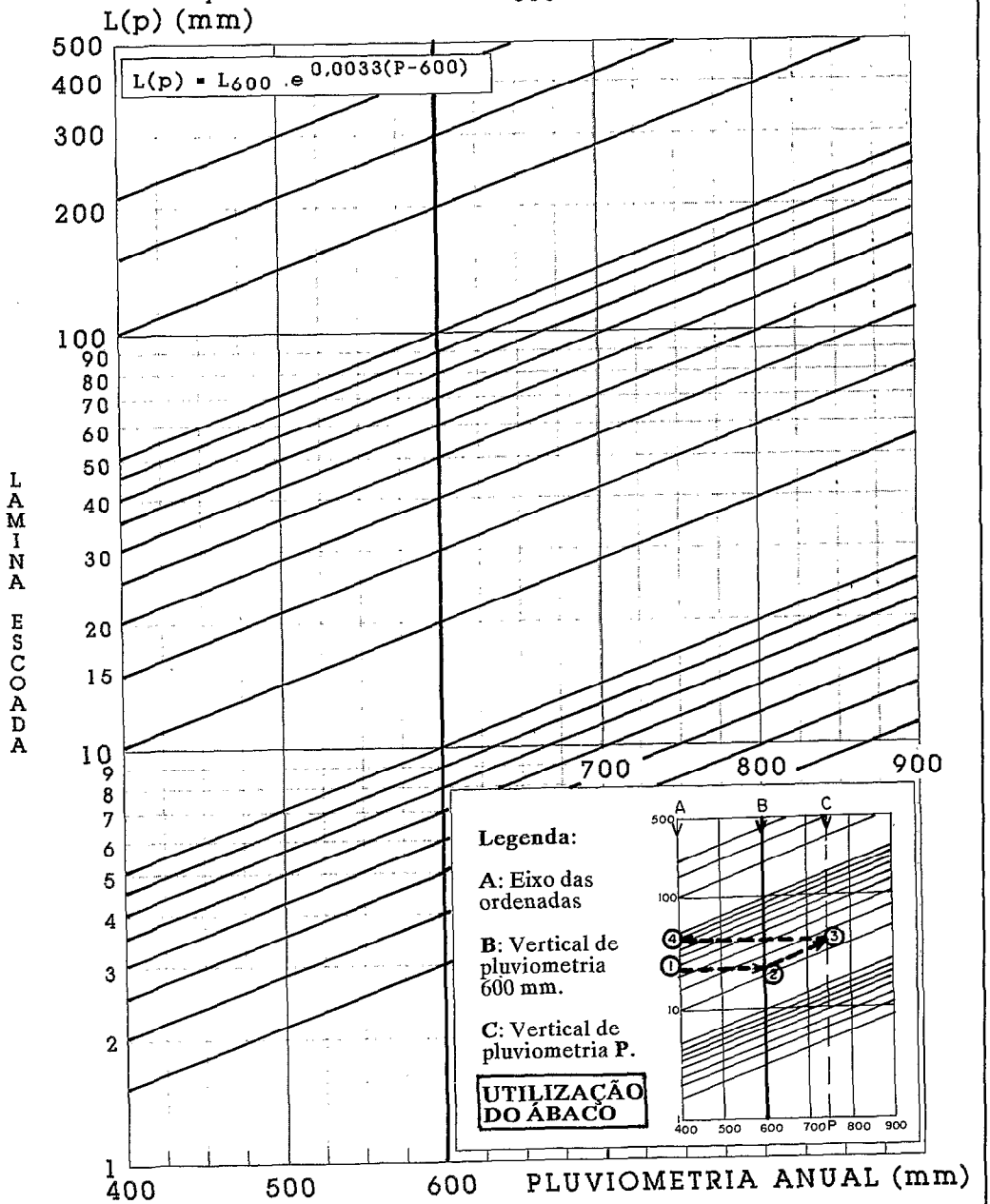
## Etapa 5: Cálculo da lâmina escoada L(P)

A lâmina escoada média anual na BHD **(L(P))** deve ser calculada a partir do valor de $L_{600}$ corrigido, da precipitação média P e do fator climático C.
O cálculo pode ser realizado, seja com o ábaco da figura 25 seja com a seguinte fórmula:


24
DELIMITACÃO DAS ZONAS PLUVIOMÉTRICAS
ESCALA GRÁFICA
52 Km 0 52 104 156 Km
ZONA DO SERTÃO
ZONA DE TRANSIÇÃO
ZONA
SÃO LUIS
PARNAIBA
SOBRAL
FORTALEZA
TERESINA
QUIXADÁ
MOSSORÓ
NATAL
TAUÁ
JAGUARIBE
IGUATU
CAICÓ
FLORIANO
PICOS
CAJAZEIRAS
PATOS
CAMPINA GRANDE
JOÃO PESSOA
ARARIPINA
RECIFE
SALGUEIRO
CARUARU
GARANHUNS
B. JESUS
PETROLINA
PIRANHAS
ARAPIRACA
MACEIÓ
PROPRIÁ
EUCLIDES DA CUNHA
XIQUE-XIQUE
LAGARTO
ARACAJU
IRECÊ
BARREIRAS
FEIRA DE SANTANA
MACAUBAS
SALVADOR
VITORIA DA CONQUISTA
PORTO SEGURO
ZONA COM INFORMAÇÃO INSUFICIENTE
SUDENE/ORSTOM
Editton

# CÁLCULO DA LÂMINA ESCOADA ANUAL - L(p)

A partir do valor de $L_{600}$ e da pluviometria P.




**Etapas de utilização:**

(1) Colocar o valor de $L_{(600)}$ no eixo das ordenadas.
(2) Reportar horizontalmente este valor até a vertical de pluviometria **P** = 600 mm.
(3) Seguir uma paralela às retas inclinadas até cruzar a vertical de pluviometria P, procurada.
(4) Voltar ao eixo das ordenadas para ver o valor de **L(P)** em mm.

Este ábaco pode ser utilizado para valores de **P** entre 400 e 900 mm.

$$L(P) = L_{600}\ \text{corrigido} \times C \times e^{A(P-600)}$$

A é um coeficiente **que vale normalmente 0.0033** e pode variar entre 0.0025 e 0.0040, de acordo com a tabela seguinte:

**Valor do coeficiente A**

| BHD com $L_{600}$<15 mm | Caso geral | BHD com $L_{600}$ >60 mm |
|---|---|---|
| *0.0040* | *0.0033* | *0.0025* |

## Etapa 6: cálculo do volume médio escoado

O volume escoado anual médio $V_{esc}$ (em $m^3$) é calculado pela fórmula:

$$V_{esc} = S \times L(P) \times 1000$$

onde:

**S** é a superfície da Bacia Hidrográfica de Drenagem em $km^2$

**L(P)** é a lâmina escoada média em mm.

# 3. Cálculo da vazão máxima admissível no sangradouro

Propõe-se um método de cálculo da vazão máxima admissível no sangradouro (ou vazao de pico de projeto). Esta vazão corresponde à vazão de pico excepcional que pode acontecer em média, a cada 100 ou 200 anos.

Para obras de porte maior ou quando a ruptura do açude constitui uma ameaça grave para a vida das populações situadas a jusante, recomenda-se acrescentar em 50% o valor da vazão máxima admissível no sangradouro proposto.

O cálculo da vazão máxima admissível no sangradouro divide-se em três fases principais:

- cálculo da vazão de pico da cheia do projeto, ou seja, a vazão natural da cheia no lugar do barramento, sem levar em conta a influência do açude.
- Cálculo do amortecimento da cheia pela futura represa.
- Avaliação do risco de ruptura das represas situadas a montante.

## 3.1 Cálculo da vazão de pico da cheia de projeto

A vazão de pico da cheia de projeto $Q_x$ é calculada pelas fórmulas seguintes que são apresentadas na figura 26:

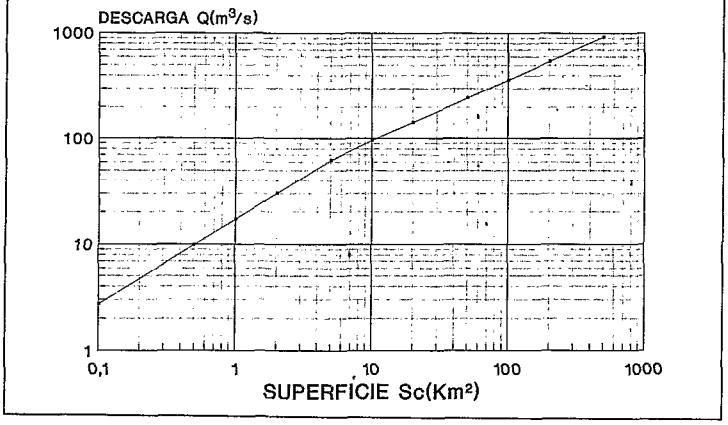
| | |
|---|---|
| $Sc < 5km^2$ | $Q_x = 17 \times (S_c)^{0.8} \times F_c$ |
| $Sc > 5km^2$ | $Q_x = 25 \times (S_c)^{0.58} \times F_c$ |

No caso de o fator corretivo Fc valer 1, pode-se ler diretamente o valor de $Q_x$ na tabela seguinte. No caso geral, Sc e Fc são calculados como indicado a seguir.

**Vazão da cheia de projeto em função da superfície, para Fc = 1**

| $Sc(km^2)$ | 0.1 | 0.5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 | 500 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Q_x(m^3/s)$ | 2.7 | 9.8 | 17 | 30 | 62 | 95 | 142 | 242 | 361 | 540 | 920 |

26 DESCARGA MÁXIMA EM FUNÇÃO DA SUPERFÍCIE




■ **Etapa 1: determinação da superfície de contribuição da cheia $Sc(km^2)$**

- Calcular a superfície S1 ocupada por solos com $L_{600} < 4$ mm.
- Calcular a superfície S2 ocupada por solos com 5 mm $< L_{600} <$ 30 mm.
- Calcular a superfície S3 ocupada por solos com $L_{600} > 30$ mm.
- Sc é calculado pela fórmula:

$$Sc = 0.1\,S1 + 0.5\,S2 + S3$$

**Importante**

*Quando a BHD só contém solos com $L_{600}$ superior a 30 mm, o que acontece geralmente nas zonas com subsolo cristalino, ou quando não se conhece os grupos de solos da BHD, tomar Sc = S.*

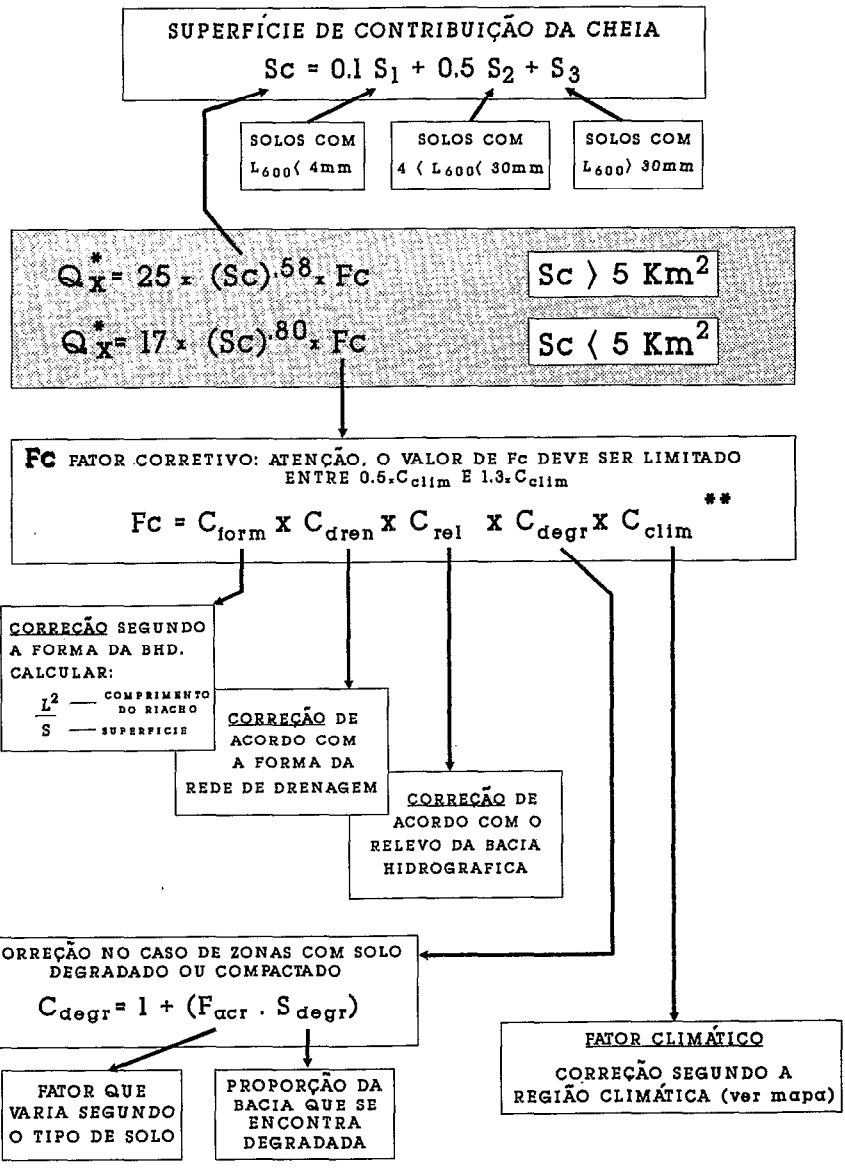
■ **Etapa 2: determinação do fator de correção Fc**

Fc é um fator de correção que pode variar entre 0.5 e 1.2 e introduz correções correspondentes aos fatores seguintes, como indicado na figura 27:

- **forma** da Bacia Hidrográfica de Drenagem (fator $C_{form}$);
- forma da **rede de drenagem** (fator $C_{dren}$);
- **relevo** (fator $C_{rel}$);

27

## ETAPAS DO CÁLCULO DA VAZAO DE PICO Qx DAS CHEIAS




* Sem aplicar os coeficientes de amortecimento da cheia na represa e sem considerar o risco de ruptura dos açudes situados a montante.

** Em condições normais, todos esses fatores corretivos têm o valor 1.

- existência de **zonas particularmente degradadas**, suscetíveis de apresentar solos quase impermeáveis (fator $C_{degr}$);
- **condições climáticas** especiais ao microclima da BHD (fator $C_{clim}$).

**Importante**

*Em condições normais e na zona climática do Sertão, todos os fatores corretivos têm o valor 1. Só se deverá efetuar os cálculos de correção quando a BHD apresentar características especiais.*

### □ Influência da forma da BHD (fator de correção $C_{form}$)

Deve-se determinar no mapa o comprimento (L) do rio mais longo e a superfície (S) da BHD. A tabela seguinte fornece os valores do fator $C_{form}$ a serem aplicados.

**Fator $C_{form}$**

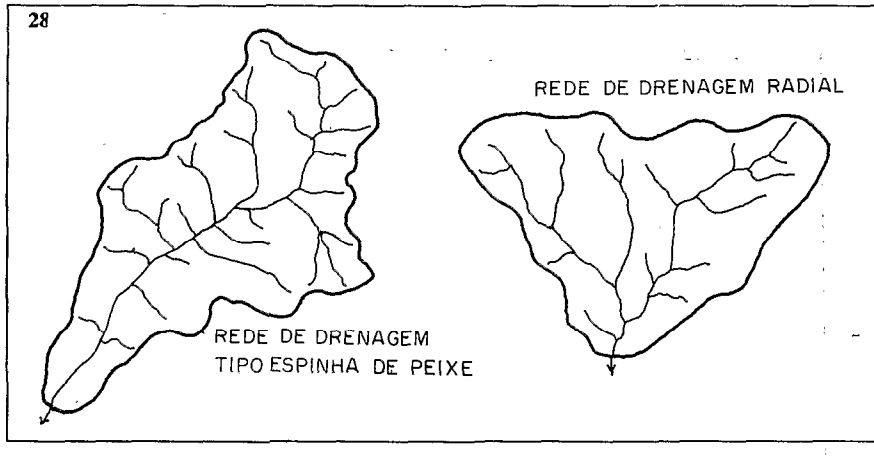
| $L^2/S$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $C_{form}$ | 1 | 1 | 0.85 | 0.75 | 0.70 | 0.65 | 0.63 |

### □ Influência da forma da rede de drenagem: (fator $C_{dren}$)

**Atenção:** *Esta correção deve ser aplicada unicamente quando o desenho da rede de drenagem tem uma característica muito marcante.*

Dois tipos especiais de configuração da rede de drenagem podem alterar o fator $C_{dren}$.

**1)** Rede de drenagem em **"espinha de peixe"**. Quando o riacho ou o talvegue principal ocupa uma posição central com afluentes de importância secundária nos dois lados. As cheias nesse tipo de bacia são menos perigosas. $C_{dren}$ pode ser diminuído, no máximo em 25%, variando, então, entre 0.75 e 1.0.




**2)** Rede de drenagem **"radial"**. Quando um riacho ou um talvegue principal é formado pela convergência de dois ou mais rios de igual importância, juntando-se logo a

montante do açude. As cheias nesse tipo de bacia serão mais perigosas. $C_{dren}$ pode ser aumentado, no máximo em 50%, variando, então, entre 1 e 1,5.

**Fator de correção $C_{dren}$**

| Aspecto da rede de drenagem | Valor do fator $C_{dren}$ |
|---|---|
| *Normal* | *1* |
| *Espinha de peixe* | *0.75 a 1* |
| *Radial* | *1 a 1,5* |

### □ Influência do relevo da BHD: (fator $C_{rel}$)

O fator $C_{rel}$ pode variar entre 0.6 e 1.2. O relevo-padrão corresponde a um relevo ondulado a forte, com declividades transversais da ordem de 10 a 15%, e longitudinais de 0.5 a 2%.

Quando o relevo dominante na BHD for muito mais forte (ou seja, montanhoso e escarpado), $C_{rel}$ poderá alcançar 1.10 ou, excepcionalmente, 1.20, quando o leito dos riachos for liso e desprovido de vegetação, permitindo, assim, uma evacuação rápida das cheias.

**Fator de correção $C_{rel}$**

| Relevo | Montanhoso e Escarpado | Forte Ondulado | Ondulado | Suave Ondulado | Plano |
|---|---|---|---|---|---|
| **Declividades transversais** | **> 25%** | **15 a 25%** | **15 - 8%** | **3 - 8%** | **0 - 3%** |
| $C_{rel}$ | *1.1 a 1.2* | *1* | *1* | *0.8* | *0.6* |

*A definição dos relevos provém dos mapas de solo da EMBRAPA*

### □ Influência das zonas de solos compactados, truncados ou de zonas urbanizadas (fator $C_{degr}$)

As zonas degradadas, geralmente pela ação do homem, ou urbanizadas, podem aumentar sensivelmente o volume escoado e a vazão de pico e diminuir os tempos de transferência das cheias. Essas zonas muito impermeáveis podem ser constituídas de encrostamentos (**"películas de superfície"**), em zonas compactadas pelo homem ou em zonas de solos "truncados", quer dizer, cujas camadas superficiais já foram levadas pela erosão.

A correção deve ser proporcional à fração $S_{degr}$ da bacia efetivamente degradada:

$$C_{degr} = 1 + (F_{acr} \times S_{degr})$$

O fator $F_{acr}$ leva em conta as diferenças dos solos quanto à produção de escoamento, como indicado na tabela abaixo.

| Valor do $L_{600}$ | Valor de $F_{acr}$ |
|---|---|
| *Inferior a 30 mm* | *1.0* |
| *Superior a 30 mm* | *0.5* |

**Importante**

**Esta correção $C_{degr}$** *só deverá ser realizada quando uma parte importante da BHD (superior a 15%) for efetivamente degradada. Degradações localizadas e de pequena superfície (estradas, campo de futebol...) não devem ser levadas em conta.*

**Exemplo:**

Assim, por exemplo, uma bacia composta de solos com $L_{600} > 30$ mm apresentando degradações importantes em 20% da sua superfície ($S_{degr} = 20\%$), terá um fator $C_{degr}$ de 1.10, calculado da seguinte maneira:

$$C_{degr} = 1 + F_{acr} \times S_{degr} = 1 + (0.5 \times 0.20) = 1.10$$

### □ Correções climáticas (fator $C_{clim}$)

Apesar da relativa homogeneidade, no Nordeste semi-árido, das características das intensidades e das fortes chuvas em 24 h, observa-se diferenças que tornam, às vezes, necessária a aplicação de uma correção climática.

Assim, na zona de transição (ver figura 24), aplica-se um fator $C_{clim}$ de 0.75. $C_{clim}$ pode atingir em certas regiões 1.1 a 1.2, em particular no sul do Ceará e oeste da Paraíba (para estas regiões, procurar informações mais detalhadas nas publicações hidrológicas da SUDENE).

### □ Cálculo final do fator de correção Fc

Fc é calculado pela fórmula:

$$Fc = C_{form} \times C_{dren} \times C_{rel} \times C_{degr} \times C_{clim}$$

**Atenção:**

**Fc** não pode ser inferior a $0.5 \times C_{clim}$; se isto for o caso, considerar: $\mathbf{Fc = 0.5 \times C_{clim}}$.

**Fc** não pode ser superior a $1.5 \times C_{clim}$; se isto for o caso, considerar: $\mathbf{Fc = 1.5 \times C_{clim}}$.

## 3.2 Amortecimento da cheia pela represa e outros espelhos d'água a montante

Toda represa amortece ou diminui a vazão de pico da cheia que a atravessa pois, uma parte da vazão que entra na represa apenas contribui para elevar o nível da água.

A vazão $Q_x$ da cheia de projeto indicada acima deve ser corrigida da forma seguinte:

### ■ Informações necessárias

Para calcular o amortecimento das cheias precisa-se dos valores de:

$H_v$ = Altura máxima da água no sangradouro (em m)

$S$ = Superfície da Bacia Hidrográfica de Drenagem (BHD)

$S_{amort}$ = Superfície dos espelhos d'água que podem amortecer as cheias.

■ **Cálculo de $S_{amort}$**

$S_{amort}$ é calculado a partir da superfície máxima $S_x$ do açude e da superfície total $S_{lag}$ das outras aguadas (açudes, lagoas ou depressões) que podem existir dentro da BHD.

- **Caso 1:** Se $S_{lag} = 0$, ou quando as outras aguadas estão situadas próximas das cabeceiras dos riachos da BHD:

$$S_{amort} = S_x$$

- **Caso 2:** Quando as outras aguadas estão situadas imediatamente a montante do açude projetado:

$$S_{amort} = S_x + 0.8\, S_{lag}$$

- **Caso 3:** Quando as outras aguadas estão situadas no centro da BHD, mas controlando ainda 50% do escoamento:

$$S_{amort} = S_x + 0.3\, S_{lag}$$

Nos casos intermediários, interpolar entre estas três fórmulas.

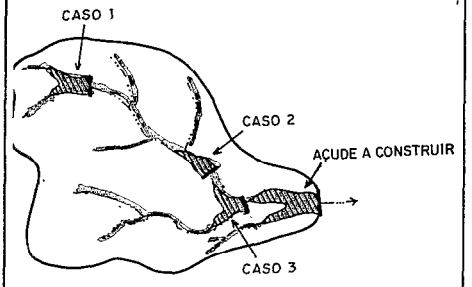
■ **Cálculo final da cheia com amortecimento**

Calcula-se, em seguida, o coeficiente intermediário $X_o$:

$$X_o = \frac{S}{H_v \cdot S_{amort}}$$

- Quando $X_o$ é superior a 100, o amortecimento das cheias é desprezível.
  Não aplicar, neste caso, a correção.
- Quando $X_o$ é inferior a 100, proceder da seguinte maneira:
  - — **para as BHD de superfície S superior a 50 km²**, multiplicar $X_o$ por 0.66.
  - — Calcular o fator de amortecimento das cheias ($K_{amort}$) a partir do ábaco da fig. 30.

29 *Considerar os açudes de montante e sua localização*

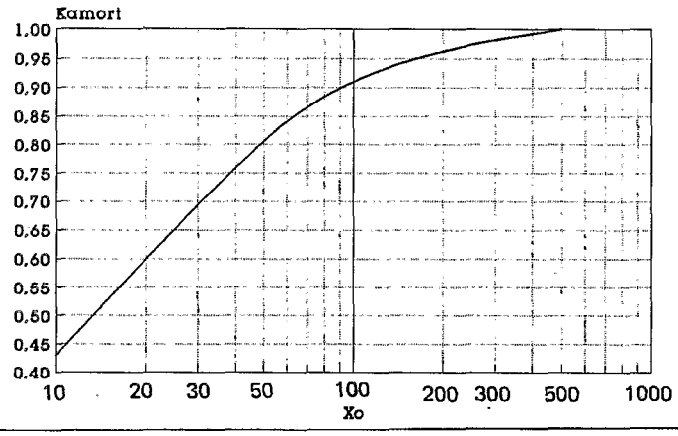



Corrigir a vazão da cheia de projeto pela fórmula:

$$Q_x \text{ amortecida} = Q_x \times K_{amort}$$

30

CÁLCULO DO FATOR DE AMORTECIMENTO
DAS CHEIAS NOS PEQUENOS AÇUDES




**Importante**

*Todas as superfícies "S", "$S_x$", "$Sl_{ag}$" e "$S_{amort}$" mencionadas nesta etapa, deverão ser obrigatoriamente expressas na mesma unidade ($m^2$, ha ou $km^2$).*

## 3.3 Risco de rutura dos açudes situados a montante

Muitos arrombamentos são provocados pela rutura em cascata de açudes:
Um açude, ao se romper, provoca uma cheia excepcionalmente breve e intensa que pode provocar o arrombamento dos açudes situados a jusante.

Quando um dos açudes situados a montante **tem um volume superior a 50% do volume do açude projetado, deve-se averiguar se este açude não apresenta qualquer risco de arrombamento.**

Para isso é necessário:

**a)** verificar dimensionamento do sangradouro deste açude, seguindo a presente metodologia.

**b)** verificar a qualidade da construção da parede do açude e do seu sangradouro, dando uma atenção especial às ombreiras do sangradouro.

Caso exista risco de arrombamento de qualquer um dos açudes situados a montante, deve-se adotar uma das seguintes soluções:

- **Eliminar o risco**, reformando o açude perigoso. Pode-se, por exemplo, utilizar o trator previsto para a construção, para ampliar o sangradouro do açude em questão.
- Caso isto não seja possível, deve-se procurar um especialista que avaliará com maior precisão os riscos e indicará as providências a serem tomadas.
- Em última instância, desistir de construir o açude naquele local.

# 4. Dimensionamento do açude

O dimensionamento do açude, ou seja, a escolha do seu volume $V_x$ (ou, na prática, de sua profundidade $H_x$) faz-se, em primeiro lugar, a partir do valor do volume escoado anual médio $V_{esc}$, calculado como indicado no item 2 deste capítulo, quer dizer, a partir da **quantidade de água gerada pela BHD.**

**O melhor açude não é sempre o maior possível**; quanto maior o açude, ou seja, quanto maior a razão $V_x/V_{esc}$, maiores serão os problemas seguintes:

— O açude sangra cada vez menos e passa a se salinizar, podendo se tornar um **açude morto** se não for utilizado (ver item B5-3).
— Os eventuais açudes situados mais a jusante vão recebendo cada vez **menos água.**
— O custo da obra aumenta e o investimento pode não ser rentável (no caso de um empreendimento privado).
— Grandes áreas de terra, muitas vezes férteis, serão alagadas.

O tamanho ideal do açude **depende muito do uso previsto,** como veremos a seguir.

## 4.1 Dimensionamento de um açude destinado ao abastecimento

Um açude destinado ao abastecimento deve ser, na medida do possível, **profundo.** A "resistência" do açude às estiagens é praticamente proporcional a sua **profundidade,** pouco importando sua capacidade de armazenamento (o volume utilizado para o abastecimento é, salvo em açudes muito pequenos, desprezível: ver item B5-1).

Se a capacidade do açude for maior do que o volume escoado médio ($V_x > V_{esc}$) e se sua profundidade for bem superior à lâmina perdida por evaporação e infiltração, o açude passará a estocar maiores volumes de um ano para outro, diminuindo assim a sua probabilidade de secar.

**As duas variáveis de maior importância são, então, a profundidade $H_x$ e a razão $V_x/V_{esc}$.**

Procura-se fazer o açude **o mais profundo possível, dentro das limitações impostas por:**

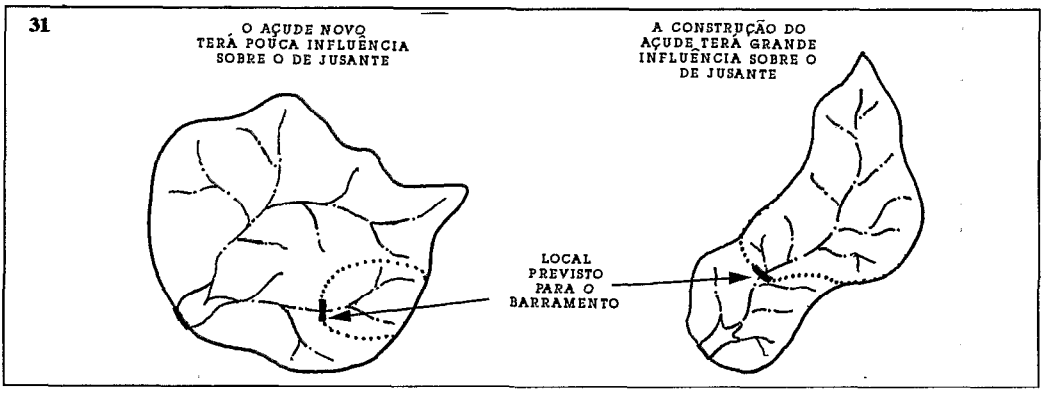
- o capital disponível;
- a topografia do local do barramento;
- as necessidades de água a jusante da barragem;
- o perigo da salinização.

As duas primeiras restrições variarão para cada caso particular; as duas últimas são relacionadas à razão $V_x/V_{esc}$ como mostrado a seguir.

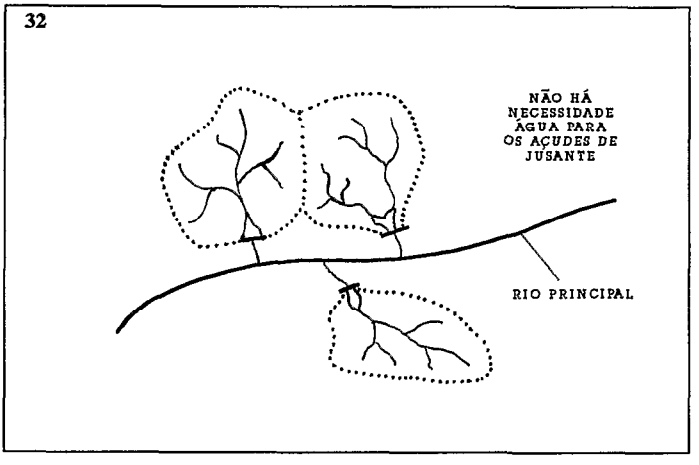
### ■ Necessidades de água a jusante da barragem

Essa restrição pode ser muito relevante quando existem um ou vários açudes situados a jusante. Deve-se verificar qual é a importância da contribuição do riacho a ser barrado, para esses açudes.

De fato, a redução da vazão do riacho pode não afetar muito os açudes de jusante se estes tiverem recebendo água de outros riachos (figura 31). Ao contrário, se o riacho constituir a principal fonte de alimentação dos açudes de jusante, toda redução da vazão será muito sensível, podendo ser dramática se excessiva.




No entanto, existem também outras situações em que a diminuição do escoamento a jusante não causa problema algum. É o caso, por exemplo, de açudes situados em pequenos riachos laterais de rios importantes, próximos da sua confluência (figura 32).




A figura 33 permite estimar a percentagem do volume escoado que será repassado (sangrado) para jusante em função da profundidade $H_x$ e da razão $V_x/V_{esc}$.

As necessidades de cada caso permitirão determinar um valor limite do volume $V_x$ a não ser ultrapassado.

**Exemplo:**
Se se deseja que 50% do escoamento seja, em média, assegurado para os açudes de jusante, o volume do açude deverá ser inferior a 0.85 $V_{esc}$, para um açude de cerca de 6 m de profundidade ($V_x/V_{esc}$ <0.85), e inferior a .75 $V_{esc}$ para um açude de apenas 4 m de profundidade máxima.

### ■ Risco de salinização

*O açude é um concentrador de sais. Ver item B5-3*

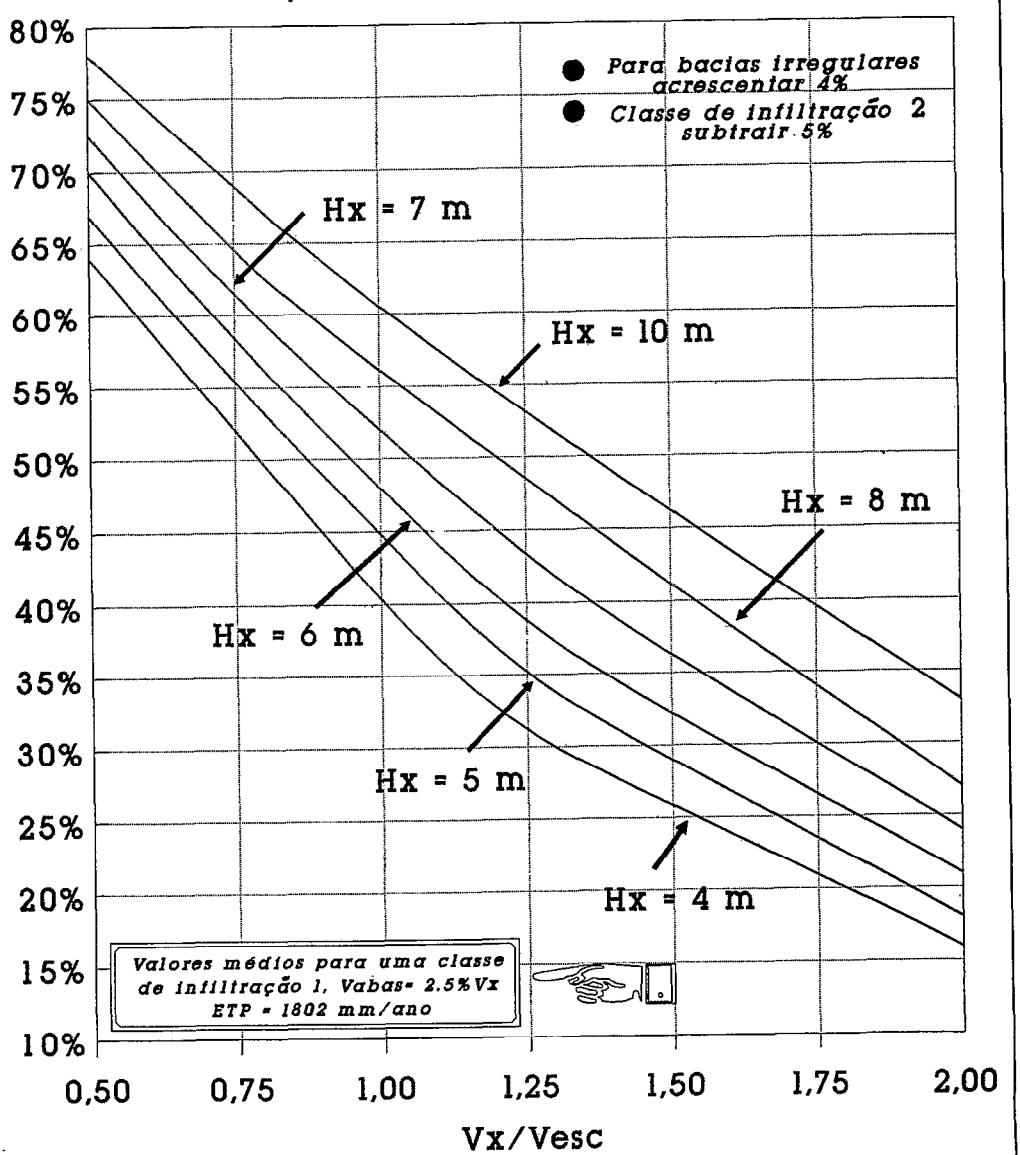
Um açude "à prova d'água", que raramente sangra, é um açude que tem tendência a se salinizar.

Apenas a **retirada de água** para o abastecimento e a existência de **infiltração** tendem a reduzir este processo.

Entretanto, no caso de açudes de várias centenas de milhares (ou até de alguns milhões) de $m^3$, como é comum para reservatórios construídos para o abastecimento de pequenas comunidades, vilas ou distritos, os volumes correspondentes são geralmente desprezíveis. Isto contribui para o fenômeno de salinização progressiva, o qual pode tornar a água imprópria para o abastecimento humano.

É muito difícil prever a salinidade média do açude pois, além de $H_x$ e $V_x/V_{esc}$, esta **varia muito** em função do volume retirado e da importância das infiltrações.

33


PERCENTAGEM DO VOLUME ESCOADO
SANGRADO PARA JUSANTE
EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE Hx DO ACUDE
80%
75%
70%
65%
60%
55%
50%
45%
40%
35%
30%
25%
20%
15%
10%
Para bacias irregulares acrescentar 4%
Classe de infiltração 2 subtrair 5%
Hx = 7 m
Hx = 10 m
Hx = 8 m
Hx = 6 m
Hx = 5 m
Hx = 4 m
Valores médios para uma classe de infiltração 1, Vabas= 2.5%Vx
ETP = 1802 mm/ano
0,50
0,75
1,00
1,25
1,50
1,75
2,00
Vx/Vesc

Algumas orientações gerais, no entanto, são necessárias para evitar problemas agudos.

- É desaconselhável, em todos os casos, construir açudes para o abastecimento humano em riachos cuja água apresente uma condutividade média superior a 300 micromhos.
- Os açudes mais perigosos são aqueles pouco profundos (4-5 m) e superdimensionados ($V_x/V_{esc}$ superior a 0.8-1).
- Em açudes de profundidade superior a 8 m, pode-se aceitar valores de $V_x/V_{esc}$ de até 1.5.
- Reportar-se ao capítulo B5-3 para melhor entender e avaliar o risco de salinização.

### ■ Segurança do abastecimento

A segurança do abastecimento, ou seja, a probabilidade das necessidades serem satisfeitas é o critério de maior importância. A figura 34 mostra qual é a probabilidade das necessidades não serem satisfeitas (o nível do açude fica abaixo de um sexto da profundidade máxima) segundo a sua profundidade $H_x$ e a razão $V_x/V_{esc}$. As linhas cheias correspondem a bacias hidrográficas normais e as linhas pontilhadas a bacias "irregulares" (ver quadro).

**Exemplo:** A topografia do local previsto para construção do açude indica que, para uma profundidade máxima do açude $H_x = 5$ m, o volume $V_x$ correspondente fornece uma razão $V_x/V_{esc}$ de 0.88: a probabilidade das necessidades de abastecimento não serem satisfeitas, no caso de uma bacia que comporta outros açudes (escoamentos irregulares), conforme a figura 34, é da ordem de 17 %.

## Importante:

Essas normas devem ser consideradas como **indicativas** na medida em que elas **podem apresentar certa variação** de acordo com a importância das perdas (evaporação + infiltração) bem como com fatores mais complexos (regularidade das chuvas durante o inverno, etc...).

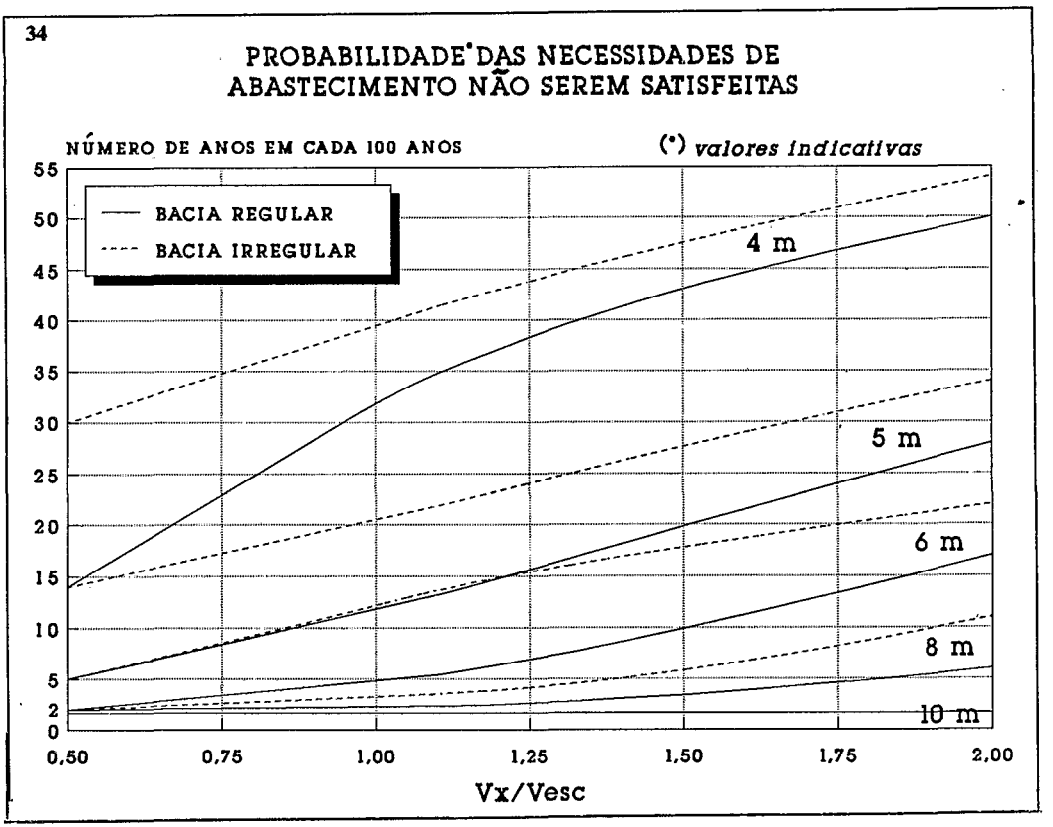
Elas foram estabelecidas para as condições do sertão Norte, para açudes de classe de infiltração 1 (10 % de aumento das perdas por evaporação) e para um volume de abastecimento anual igual a 2.5 % de volume total $V_x$. Elas podem, assim, ser consideradas como valores limites pessimistas para áreas de menor evaporação. Atenção: em zonas onde os escoamentos subterrâneos são importantes e duradouros (minações), principalmente no Agreste, ou onde a caixa do açude é reabastecida por aluviões, a probabilidade do açude secar será muito menor.

**O que é uma "bacia irregular"?**

*Algumas bacias, por comportarem outros açudes ou zonas de retenção (tais como aluviões arenosos) apresentam escoamentos mais irregulares.*
*Isto significa que, para um determinado volume anual médio $V_{esc}$, um açude situado numa bacia irregular terá sangrias menos freqüentes mas, em compensação, um pouco mais fortes do que se fosse situado numa bacia regular.*
*Isto não será favorável para perímetros com cultivos perenes que precisam de uma irrigação constante e regular.*

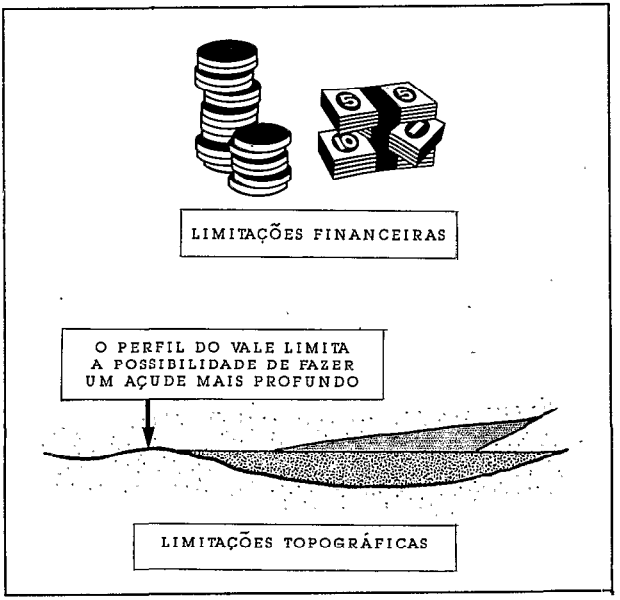
Açudes de mais de 8 metros (com poucas infiltrações e volume de abastecimento igual a 2.5% de $V_x$) têm uma fraca probabilidade (2 anos em cada século) de secar. Para açudes de maior infiltração (classe 2), pode-se aumentar o valor da probabilidade da figura 34 em 10 % (5 % para açudes com $H_x > 8$ m). Para um volume de abastecimento anual dobrado (5 % de $V_x$), aumentar a probabilidade em 5 %.

34




■ **Como dimensionar o açude?**

Procura-se fazer o açude mais profundo possível, porém:




- Haverá casos em que a procura de uma maior profundidade trará um **forte aumento** da capacidade do açude **e, conseqüentemente, da razão** $V_x/V_{esc}$. Será necessário verificar se não haverá problema de salinidade (ver acima) ou de redução de vazão a jusante (figura 31), podendo esses fatores **impor uma limitação** da profundidade do açude.
- A topografia do boqueirão ou a quantidade de dinheiro disponível poderão limitar a altura do açude. Neste caso, verifica-se que a altura $H_x$ limite (e o $V_x/V_{esc}$ correspondente) permitem uma segurança do abastecimento conforme a desejada. Se não for o caso, outro local deverá ser procurado.

## 4.2 Dimensionamento de um pequeno açude utilizado para irrigação

A melhor forma de aproveitar um pequeno açude através da irrigação consiste em irrigar um cultivo de ciclo curto logo depois do inverno, como detalhadamente explicitado no item B5-1. Neste caso, o açude (e o perímetro irrigado) deverão ser dimensionados de maneira a otimizar economicamente o investimento: um açude **superdimensionado,** de capacidade maior que o volume escoado médio ($V_x > V_{esc}$) por exemplo, raramente encherá e, assim, não valorizará o acréscimo no investimento que foi necessário para deixá-lo com esta capacidade.

### ■ Dimensionamento do açude e do perímetro

**Recomenda-se** planejar o açude para que seu volume $V_x$ fique entre 50 % e 60 % do valor de $V_{esc}$.

$$0.5\,Vesc < Vx < 0.6\,Vesc$$

A partir do valor de $V_x$, calcula-se a profundidade $H_x$ correspondente:

- Se não for possível a construção do açude com esta profundidade (limitação topográfica ou financeira), planejar um açude menor, mas o maior possível dentro das limitações existentes.
- Se $H_x$ for inferior a 2.50 m, ver se há condições de aumentar um pouco o açude sem que o valor de $V_x$ ultrapasse 80 % de $V_{esc}$.

Para um açude de tamanho recomendado ($V_x/V_{esc}$ = 0.5 - 0.6), calcula-se o valor da superfície potencialmente irrigável $S_{pot}$, como indicado no item B5-4. A superfície recomendada do perímetro a ser implantado deverá ter dois terços do valor de $S_{pot}$.

$$S_{peri} = 2\,S_{pot}/3$$

### ■ Riscos de salinização

*Ver papel da sangia no item B5-3*

O açude sendo utilizado de maneira intensiva (entre 30 % e 60% da água represada, segundo a profundidade e as perdas, será normalmente aproveitado para irrigar) **não haverá problemas de salinização** (sendo assegurada a drenagem do perímetro).
O fato de deixar o açude com uma capacidade inferior ao volume escoado médio, também contribui para que haja freqüente "lavagem" do açude pelas enchentes.

Pode-se considerar que, três anos em cada quatro, a condutividade média da água de irrigação **será inferior ao dobro do** valor da condutividade média dos escoamentos (desde que o açude seja utilizado a cada ano em que for possível irrigar).

Por isso, em regra geral, não é aconselhável construir pequenos açudes para fins de irrigação em riachos com água de condutividade média superior a 500-600 micromhos, caso aliás pouco freqüente.

### ■ Quantidade de água sangrada

Para o dimensionamento proposto acima, a freqüência de sangria do açude será da ordem de 55 a 60 %, enquanto o volume sangrado ficará na faixa dos 55 a 65 % do volume escoado recebido, o que pode ser considerado satisfatório.

■ **Uso misto: irrigação depois do inverno + abastecimento**

No caso em que se pretenda utilizar também o açude para o abastecimento, depois do período de irrigação até o próximo inverno, pode-se dimensionar o açude para que $V_x/V_{esc}$ alcance a faixa 0.80 - 1.00, **desde que isto resulte num acréscimo** significativo da profundidade, o que acontecerá quando o valor do coeficiente de abertura K for pouco elevado (300 a 800, por exemplo). O valor de $S_{pot}$ será determinado levando-se em consideração uma cota final $H_2$ mais alta (ver item B5-4 para o cálculo de $S_{pot}$ e maiores explicações).

# 5. Dimensionamento do sangradouro

## 5.1 Definições e explicações

Há dois sistemas para evacuar vazões de cheias fora da bacia hidráulica de uma barragem:

— o sangradouro;

— a descarga de fundo.

Nós nos limitaremos a apresentar os elementos do dimensionamento do sangradouro, sistema utilizado para pequenas barragens de terra.

■ **Cota de sangria**

O açude sangra quando a água transborda acima de uma soleira, ou de um vertedouro, após ter ultrapassado um determinado nível chamado **cota de sangria**. A cota de sangria é igual à cota máxima $H_x$ do açude.

■ **Vazão máxima admissível**

Todo sangradouro é caracterizado pela sua **vazão máxima admissível** $Q_a$, a qual deve ser igual ou superior à vazão máxima $Q_x$, calculada como indicado no item 3.

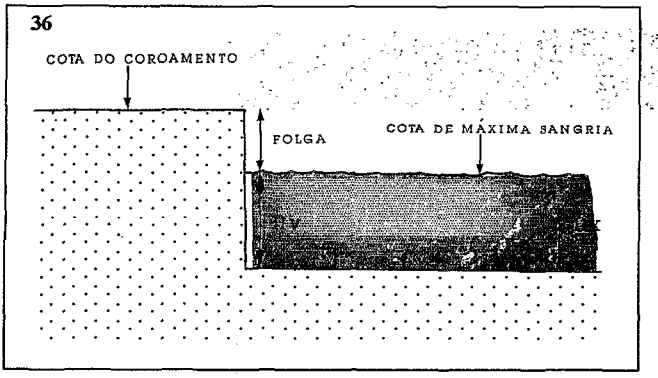
A vazão máxima admissível $Q_a$ depende:

— da largura **L** do sangradouro;

— da altura $H_v$ da lâmina máxima d'água admissível acima da soleira;

— da forma do vertedor e do canal extravasor. Esta forma é definida pelos perfis transversais e longitudinais do vertedor.

■ **Cota do coroamento da barragem**




A diferença entre a cota do coroamento da parede do açude e a cota do ponto mais baixo da soleira do sangradouro ($H_x$) deve ser igual a:

Altura da lâmina máxima admissível: $H_v$ + **folga de segurança**, necessária para se precaver contra arriamentos acidentais do maciço e ondas na represa.

Esta folga **F** pode variar entre 0.50m e 1 m.

**(Cota do coroamento - $H_x$) = $H_v$ + F**

### ■ Como dimensionar o sangradouro

O dimensionamento do sangradouro consiste em definir sua largura **L**, a altura da sua **lâmina máxima admissível $H_v$** e a **forma** do vertedor.

Para permitir a sangria das maiores cheias, o sangradouro deve, a princípio, apresentar grande comprimento e grande altura (a lâmina vertida será mais alta e mais larga, a vazão admissível maior).
**No entanto,** isto acarreta dois inconvenientes:

- uma grande altura da lâmina vertida implica num desnível importante entre o coroamento do açude e a cota de sangria. Haverá necessidade de construir uma barragem mais alta (e mais custosa) e uma maior erosão a jusante do vertedor (riscos maiores e necessidades de obras de proteção).
- um sangradouro **muito largo,** por sua vez, não é sempre possível, devido às condições topográficas, e pode ter um custo elevado se for de alvenaria.

A escolha do melhor **par ($L$, $H_v$)** dependerá muito das características das encostas do terreno natural, como exemplificado no que segue.

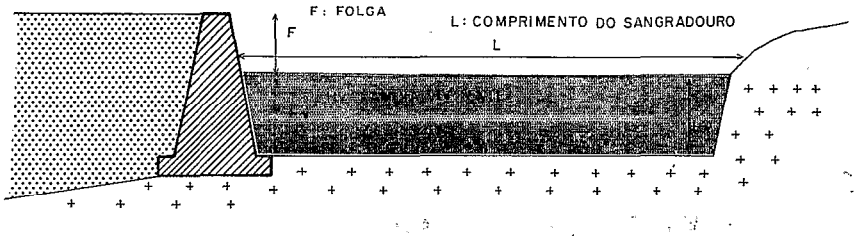
## 5.2 Dimensionamento de um sangradouro de secção retangular

A vazão num sangradouro de secção retangular é calculada pela fórmula:

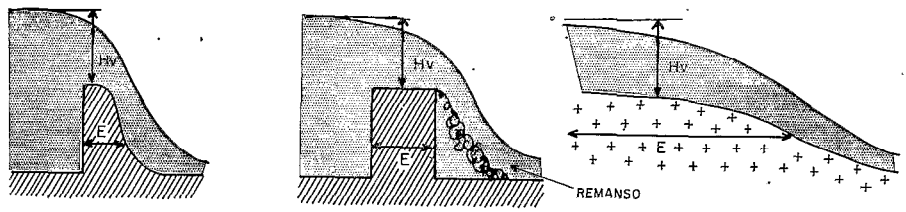
$$Q_a = C \cdot L \cdot H_v^{1.5}$$

onde (C) é um coeficiente que depende do perfil longitudinal do sangradouro. (C) varia entre 1.4 e 1.95 (ver figura abaixo).

37



38




| **Caso 1** | **Caso 2** | **Caso 3** |
|---|---|---|
| $H_v/E > 2$ | $H_v/E < 2$ | $H_v/E << 2$ |
| forma redonda | arestas agudas | terreno natural |

**Caso 1:**
o vertedor é uma parede alta, com perfil arredondado do lado de jusante para acompanhar o fluxo de água. Neste caso, o valor do coeficiente **(C)** é máximo **(C = 1.95)**.

**Caso 2:**
a soleira é uma parede de alvenaria com arestas agudas e parede espessa em relação à altura $H_v$. O coeficiente **(C)** é mais baixo **(C = 1.5)**.

**Caso 3:**
não tem vertedor. O sangradouro é apenas um corte no terreno natural **(C = 1.4)**.

As importantes variações do coeficiente (C) mostram o interesse de construir uma soleira de forma arredondada para jusante.

A princípio, procura-se construir o **sangradouro o mais largo possível**, desde que seu custo não seja muito alto (soleira natural sem vertedor, ou cordão de fixação de pouca altura). Uma vez definida a largura L, calcula-se a lâmina máxima $H_v$ necessária para que a vazão admissível $Q_a$ seja igual à vazão de projeto $Q_x$ (calculada no item 3). Reescrevendo a fórmula acima, obtém-se:

$$\boxed{H_v = (Q_x / C.L)^{0.67}}$$

Em pequenas barragens, a altura da lâmina máxima admissível $H_v$ deve variar entre 0.50 m (ou menos se for possível) e 1.00 m podendo, excepcionalmente, alcançar 1.50 m.

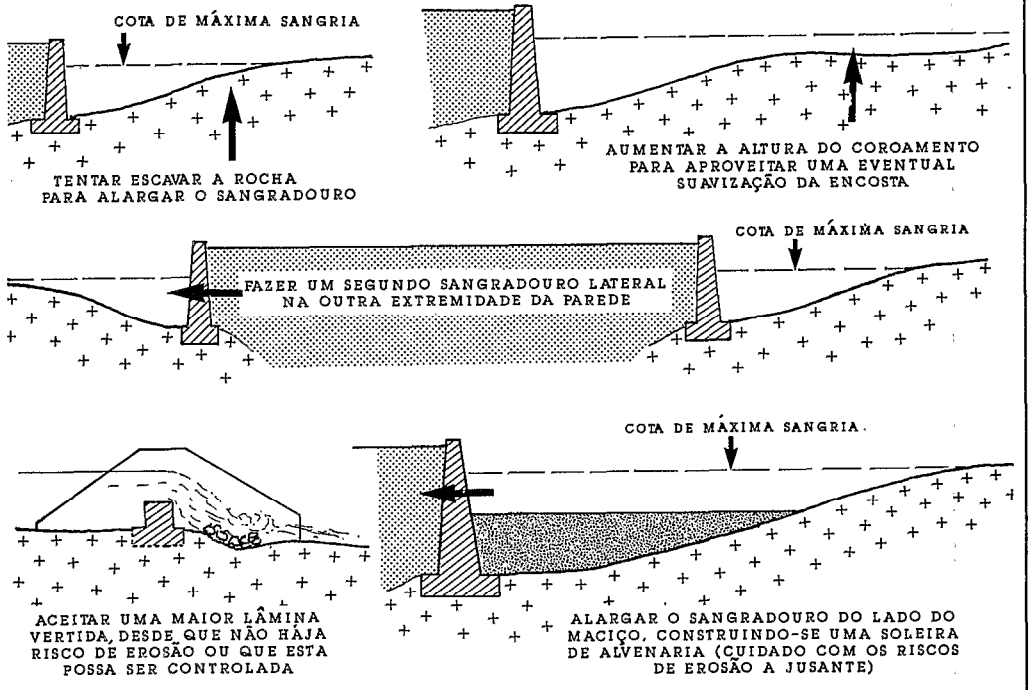
Se o valor de $H_v$ assim calculado for superior a 1 m, será necessário adotar uma das soluções seguintes (figura 39):

*Ver como quebrar lajedos. Pág. 99*

- **alargar o sangradouro**, cavando a **encosta (usando-se até explosivos)**;
- **aumentar um pouco a altura da barragem** para realçar a cota do vertedor até um nível em que a topografia permita uma maior largura do sangradouro (se isto for o caso e não prejudicar o bom dimensionamento do açude);
- prever um **segundo sangradouro**, na outra extremidade da parede, por exemplo;

- **admitir um valor elevado de $H_v$,** desde que haja condições naturais favoráveis para dissipar a energia da queda da água (áreas com lajedos, blocos de pedra...);
- **alargar o sangradouro do lado da parede,** diminuindo o comprimento do aterro e aumentando o do vertedor de alvenaria. Neste caso, como no anterior, haverá maiores quedas d'água e riscos de erosão, devendo-se prever as devidas proteções.

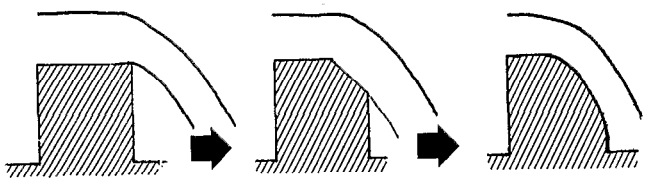
39 *Fazer o sangradouro o "mais" largo possível: diversas soluções*




40

## Chanfrar a soleira

*No caso do sangradouro apresentar uma soleira de alvenaria, aconselha-se chanfrar (com um caimento de 45°) a aresta de jusante da soleira numa largura de 10 a 15 cm. Tentar suavizar e arredondar os ângulos vivos de jusante. Estes acabamentos aumentam 10 a 25% o coeficiente C e a vazão e diminuem na mesma proporção a largura e o custo do sangradouro.*



■ **Perfil transversal da soleira**

O perfil transversal da soleira deve ser o mais horizontal possível.
Não se deve, por exemplo, abrir um canal ou uma brecha no meio ou no lado da soleira, para evacuar a água. Isso rebaixa inutilmente o nível da água no açude sem aumentar a vazão máxima admissível.

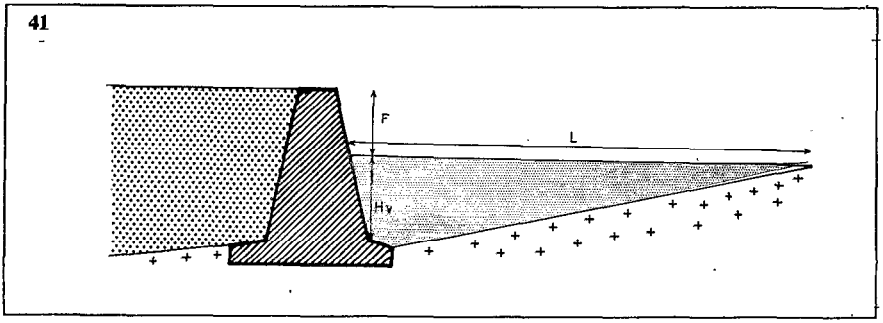
## 5.3 Dimensionamento de um sangradouro de forma não retangular

A escavação de um sangradouro de secção retangular nas ombreiras dos vales, muitas vezes é dificultada pelo fato de se encontrar a rocha a pouca profundidade: a secção da soleira (ou pelo menos uma parte dela) fica inclinada, seguindo o declive do terreno natural. Neste caso o vertedor pode ser considerado como um triângulo (caso n° 1) ou como a combinação de um trecho retangular com outro triangular (caso n° 2).
As fórmulas correspondentes a estes dois casos são as seguintes:

**Caso nº 1: vertedor natural triangular**

$$Q_a = 0.4 \cdot C \cdot L \cdot H_v^{2.5}$$

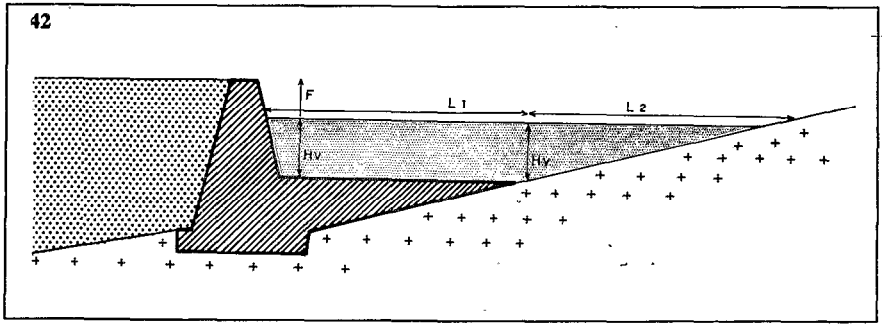
41




**Caso nº 2: caso misto - soleira horizontal e trecho inclinado**

$$Q_a = Q_1 + Q_2 = C_1 \cdot L_1 \cdot H_v^{1.5} + 0.4 \cdot C_2 \cdot L_2 \cdot H_v^{2.5}$$

42




As vazões de sangradouros de forma mais complexa poderão ser calculadas por meio de combinações destas duas fórmulas.

## 5.4 O canal extravasor

O canal extravasor deve permitir, no mínimo, o escoamento da vazão admissível no sangradouro.

Deve-se dar uma atenção especial à parte inicial do canal, logo a jusante da soleira, remover os obstáculos, pedras, piquetes, etc... suscetíveis de frear a água. Nunca se deve colocar uma cerca na soleira ou a jusante dela. Se for indispensável, colocar esta cerca bem a montante da soleira.

O canal extravasor nunca deve apresentar um estreitamento na sua parte inicial.

### ■ Declividade do canal extravasor

O canal extravasor deve ter, **a jusante da soleira**, uma declividade mínima, e, variando entre:

$$i(\%) = \frac{1.5}{(H_v)^{0.33}}$$ para um canal com fundo irregular

e $$i(\%) = \frac{0.15}{(H_v)^{0.33}}$$ para um canal com fundo de cimento alisado

| DECLIVIDADE MÍNIMA DO CANAL EXTRAVASOR i (em %) | | | |
|---|---|---|---|
| | *ALTURA DA LÂMINA VERTENTE $H_v$ (em m)* | | |
| *NATUREZA DO FUNDO* | *0.50* | *1.00* | *1.50* |
| *Fundo irregular, pedras soltas* | *2%* | *1.5%* | *1.3%* |
| *Cimento alisado* | *0.2%* | *0.15%* | *0.13%* |

### ■ Proteção contra a erosão

A jusante da soleira e no canal extravasor, a água terá um grande poder erosivo, proveniente da energia da queda d'água. Tentar amortecer essa energia através de pequenas quedas ou de blocos de pedra pesados. Se a queda for importante, será necessário prever uma fossa de dissipação de energia a jusante dela. Ver outros detalhes no capítulo A3 sobre a construção do açude.

É necessário lembrar que a água sempre tentará seguir a linha de declive máximo do terreno. Quando se quer, por exemplo, afastar o fluxo de sangria da parede do açude, deve-se construir uma parede de cimento ou de gabiões. Nunca se deve utilizar, para isso, uma parede de terra que seria levada pela correnteza após algumas cheias.

# Construir a Barragem

A3

# A3

## 1. Princípios básicos para construção de açudes

### 1.1. A estabilidade de uma barragem de terra

### 1.2. As infiltrações

- Infiltrações não perigosas
- Infiltrações perigosas para a estabilidade da barragem
- Como evitar as infiltrações

### 1.3. O material e a sua compactação

- Características de um material adequado
- Que material utilizar (na prática)?

## 2. A construção

### 2.1. Preparação do terreno

- Demarcação da área da barragem
- Desmatamento e limpeza da área de construção

### 2.2. A fundação do açude

- Escavação da fundação
- O acabamento da escavação
- O aterro da trincheira

### 2.3. A construção do maciço

- Controle do talude de jusante
- A construção e a compactação do maciço
- A ligação maciço-sangradouro
- O acabamento

### 2.4. O sangradouro

- A posição do sangradouro
- A posição do sangradouro em relação ao riacho
- A posição do sangradouro em relação a riachos laterais
- O muro de proteção e os muros-guia (sangradouro lateral)
- O vertedor do sangradouro
- O canal extravasor (radier)

Existem diversas técnicas de construção de açudes de terra. Foge do objetivo deste manual entrar no detalhe de cada uma dessas técnicas.

Descreve-se, a seguir, apenas o caso do uso de pequenos tratores de esteira (por exemplo os modelos D4, D6, AD7) para construção de barragens homogêneas de terra compactada, de menos de 10 metros de altura, necessitando aproximadamente entre 50 e 5.000 horas de máquina. Este tipo de construção é o mais comum quando se trata de pequenos açudes privados ou comunitários, o que nos levou a lhe reservar um enfoque particular neste manual. A construção de açudes maiores requer geralmente o emprego de uma maquinaria mais pesada e de serviços especializados. No entanto, muitos dos princípios expostos (fundação, compactação, acabamento...) **são válidos para qualquer tipo de construção.**

**Um pouco de História**

*As técnicas de construção de açudes no Nordeste evoluiram bastante no decorrer do tempo.*

*No século passado, a maioria dos açudes eram construídos manualmente, com terra amontoada ou de pedra e cal. Uma técnica muito original, porém, utilizando um "couro de arraste" puxado por uma junta de bois, foi se divulgando com sucesso. Essa técnica, no início deste século, foi substituída por outra utilizando jumentos para o transporte do material mediante uma parelha de caixotes amarrada na cangalha, os cascos dos animais assegurando a compactação da terra. "Com o tempo, um mais astucioso imaginou ou copiou a caçamba de fundo falso, fazendo o despejo mais ligeiro e poupando muito muque e canseira (O.L. FARIAS)".*

*Essa técnica se difundiu no sertão a tal ponto que, em 1934, na construção do açude Itans, contava-se nada menos do que 2.000 jumentos a transportar terra.*

*Foi nessa época que se introduziu nova e moderna maquinaria, tratores de esteira, "bulldozers", pés-de-carneiro, etc... Hoje em dia, a maioria dos pequenos açudes são construídos com tratores de esteira ou de pneus, com raspadeira agrícola. Em regiões de açudagem tradicional, alguns raros mestres de açudes ainda continuam a levantar paredes com tropas de jumentos.*

## 1. Princípios básicos para a construção de açudes

A barragem é construída para reter as águas escoadas no riacho. Por isso, os dois aspectos fundamentais da sua construção são:

- assegurar a **solidez da obra;**
- conseguir uma **boa estanqueidade,** ou seja, impedir vazamentos que prejudicariam a reserva d'água constituída.

## 1.1 A estabilidade de uma barragem de terra

**A estabilidade da barragem é garantida,** desde que se cumpram as regras seguintes:

1. escolher terras adequadas para construção, **descartando-se** o material argiloso ou arenoso demais;
2. realizar uma boa compactação do aterro;
3. construir a barragem acima de um terreno estável;
4. assegurar um **declive** dos taludes no mínimo de 1 por 2 (um metro de desnível por cada dois metros de base).

Quando o trator levanta a parede empurrando a terra a partir da montante, sem controle do declive dos taludes, este costuma ser desnecessariamente fraco a montante e **acentuado demais a jusante,** favorecendo os riscos de erosão e ameaçando a estabilidade da barragem.

A desestabilização do maciço de um açude pequeno (altura inferior a 10 m) será evitada desde que o açude seja assentado num terreno são.
Deve ser evitada a construção sobre material fluente (argila pura e expansiva, matéria orgânica...) ou sobre material em que falta coesão (areia).

A determinação da **largura da crista** não está ligada à estabilidade da construção ou à infiltração na barragem. Essa largura está relacionada à técnica de construção e à possibilidade da sua utilização como estrada para veículos.

**Para construções feitas com pequeno trator de esteira,** a largura mínima é de 2.5 a 3.0 m, mas para açudes tradicionais, feito com jumentos, carroças de boi ou carrinhos-de-mão, pode-se deixar um coroamento de 1.5 a 2.0 m de largura sem que ocorra nenhum problema particular, desde que sejam respeitadas as regras sobre a compactação e o declive dos taludes.
O trânsito de veículos exige coroamentos de no mínimo 3.5 - 4.0 m para carros e 2.5 m para carros de boi.

## 1.2 As infiltrações

As **infiltrações** podem ser classificadas em duas categorias, segundo constituam perigo ou não para a estabilidade da **barragem.**

### ■ Infiltrações não perigosas:

Entre as infiltrações que resultam apenas em perdas d'água, distinguem-se:

- **As perdas nas bacias hidráulicas** dos açudes, em geral **inexistentes** na zona cristalina (afora casos isolados de fratura no embasamento), mas relevantes em regiões sedimentares.

- As infiltrações na zona de contato entre a base do maciço da barragem e o terreno impermeável são as mais importantes.
  Estas serão evitadas através da **realização cuidadosa de uma fundação** (ou alicerce), como ilustrado mais adiante.

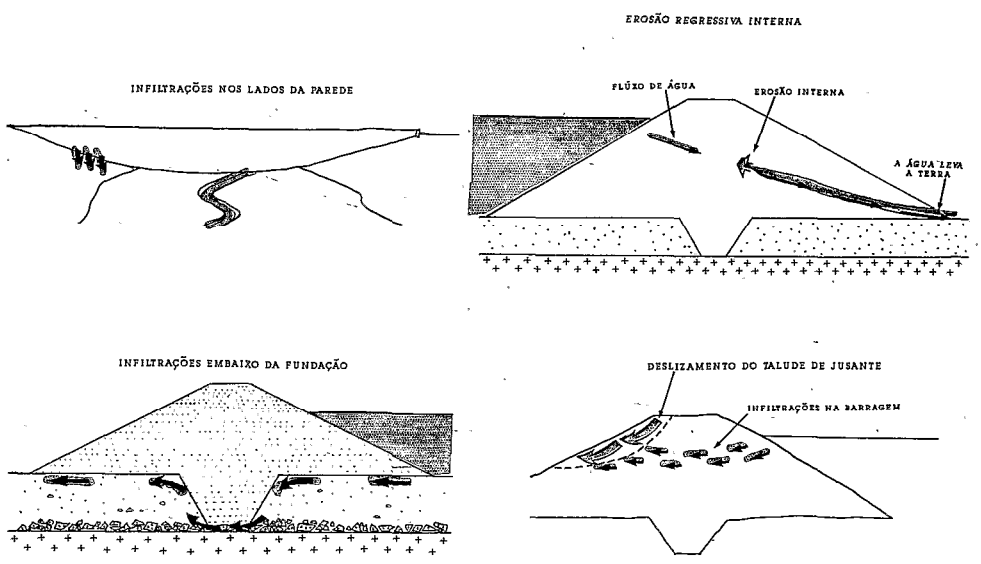
- As infiltrações que aparecem nos lados da parede (nas "pontas"), as quais são geralmente menos relevantes e diminuem rapidamente com o rebaixamento da água.

## ■ Infiltrações perigosas para a estabilidade da barragem:

- Uma má compactação ou um material por demais arenoso podem provocar um fluxo e um teor em água excessivos na barragem, podendo provocar um **deslizamento do talude de jusante.** Isto acontece também quando a ampliação do açude foi mal realizada (ver item A4), criando-se uma infiltração preferencial ao longo da junção entre o novo e o antigo aterro.
- Algumas partes de material ruim, ou caminhos preferenciais (raiz morta, galeria de animal), podem criar infiltrações localizadas que chegam ao talude de jusante. Com o tempo, o fluxo d'água carrega as partículas mais finas e, em seguida, partículas maiores que começam a se desagregar, podendo criar assim uma galeria a partir do ponto de saída da água. Essa galeria pode aprofundar-se, agravando as infiltrações, e alcançar a água do reservatório, formando uma abertura livre que provoca um fluxo brutal de água e o rompimento da barragem.

  Este fenômeno de **erosão regressiva interna** em galeria, ou "entubamento", pode levar vários anos para se manifestar e é chamado às vezes de "bomba" ("renard" (raposa) em francês, "piping" em inglês).

43 *Diversos tipos de infiltração*




## ■ Como evitar as infiltrações

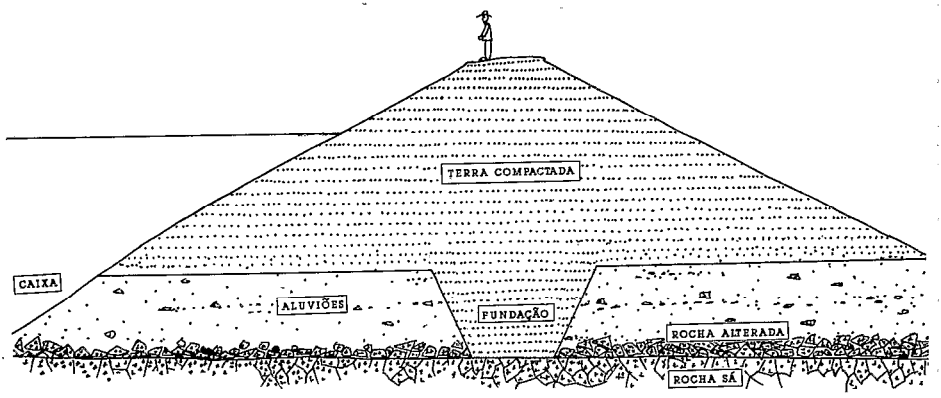
Para evitar vazamentos, a barragem tem que ser o mais impermeável possível (ou deixar passar a água muito lentamente) **em toda sua extensão e altura.** Procura-se construir barragens homogêneas, utilizando um só tipo de material de qualidade satisfatória. No entanto, quando não se tem uma quantidade suficiente de material adequado, é possível reservar o melhor material para a **parte de montante** da barragem que assegura, assim,

a impermeabilidade da obra, enquanto a parte de jusante só assegura a estabilidade da construção. As partes da barragem que **exigem maior estanqueidade** são o **talude de montante**, a fundação e, sobretudo, a **junção** entre a fundação da barragem e o embasamento.

Para açudes construídos com material adequado e bem compactado, a velocidade de infiltração da água dentro do maciço é muito lenta (um metro por ano). Além do mais, a importância do rebaixamento anual, nas regiões semi-áridas, faz com que este fenômeno seja **interrompido** a cada ano, pelo menos na **parte alta** do dique, de menor largura.

Em regiões de climas mais úmidos e para barragens maiores, reduz-se este risco realizando taludes menos inclinados e colocando **drenos de areia** no pé da parede. Estes drenos deixam sair as águas infiltradas no pé da parede, mas seguram a terra, diminuindo a pressão da água na barragem e melhorando a estabilidade do talude. Em barragens menores, obtém-se essa drenagem **aproveitando-se o material mais arenoso** que é encontrado, em particular no início da construção, colocando-o na parte de jusante da base do maciço.

44 *Esquema geral de uma barragem de terra*




## 1.3 O material e a sua compactação

### ■ Características de um material adequado

A melhor terra para compactação é a que apresenta uma **granulometria contínua** para que os elementos mais finos venham se intercalar entre os elementos mais grosseiros, dando coesão e impermeabilidade ao material compactado. Uma boa compactação **provoca uma redução de 30%** do volume de terra utilizado.

| **Exemplo de material com boa composição para compactação** |
|---|
| *20% de argila (partículas de menos de 2 mícrons)* |
| *15% de silte* |
| *45% de areia fina* |
| *20% de areia grossa* |

45 *O princípio da compactação*

1. A presença de 20 a 40% de partículas finas (argila e silte) é favorável. Uma mistura de silte com areia pode ter todas as qualidades requeridas. Um teor de argila elevado demais (mais de 30 a 40%) é perigoso, para certos tipos de argilas, por causa das fendas que podem aparecer no ressecamento e da falta de estabilidade quando o material fica muito úmido.
2. A terra não deve conter matérias orgânicas (raízes, lenha, folhas mortas) as quais, ao se decomporem, podem criar vazios que constituiriam **zonas** de infiltração.
3. Elimina-se todas as pedras com tamanho superior a 15-20 cm, o que corresponde à altura das camadas compactadas.
4. Uma boa compactação requer uma terra úmida ou "fresca" para facilitar o "arranjo" das partículas.

A época que segue o período chuvoso é favorável para a construção da barragem, **porque não é necessário corrigir a umidade** do material utilizado. Quando as obras são realizadas no fim da estação seca, a terra deve geralmente ser umedecida para obter uma boa compactação.

- Para solos muito secos de granulometria favorável, o umedecimento do material requer, no mínimo, 20 a 100 litros de água por $m^3$ de terra a ser compactada, de acordo com a umidade inicial do material, ou seja, 2 a 10% do volume de terra.
- Quando não é necessário economizar água (reservatório ou poço nas proximidades) as quantidades utilizadas podem ser muito maiores (10 a 20% do volume). **Há umedecimento** excessivo do material quando a terra cola aos instrumentos, dificultando o trabalho.
- Um caminhão-pipa de 7 $m^3$ de água é suficiente para 100 a 300 $m^3$ de terra compactada.

No umedecimento, o importante é espalhar a terra em camadas finas (10 a 25 cm de espessura) para que a água penetre toda a camada a ser compactada, fazendo com que ela seja bem repartida (chuveirão).

## ■ Que material utilizar (na prática)?

Já que para obras pequenas e baratas é difícil realizar análises de solos, testes de compactação e de teor de umidade, deve-se contar com a experiência e o "bom senso" dos

operadores das máquinas e dos técnicos que orientam as construções.
Boa parte das terras constituem materiais adaptados à construção de açudes, ou seja:

- Os horizontes superiores dos **solos de encostas** nas regiões de geologia cristalina (*Bruno não cálcicos, Podzólicos* e, em certos casos, *Cambissolos, Litólicos...*).
- A camada de **rocha em decomposição** que se encontra entre o solo e a camada de rocha alterada mas que já apresenta uma granulometria fina (saprólita).
- Os **aluviões-coluviões** encontrados nos riachos, quando não são muito arenosos ou muito argilosos e quando não há material suficiente nas encostas.

Estes materiais, geralmente bem identificados pelos práticos em construção, apresentam boas possibilidades de **compactação, impermeabilidade** e **estabilidade** satisfatórias e permitem realizar pequenas barragens sem ter obrigatoriamente que analisar e testar os materiais utilizados na construção.

Na prática, confere-se, após a passagem do trator, se a terra ficou com boa coesão.

# 2. A Construção

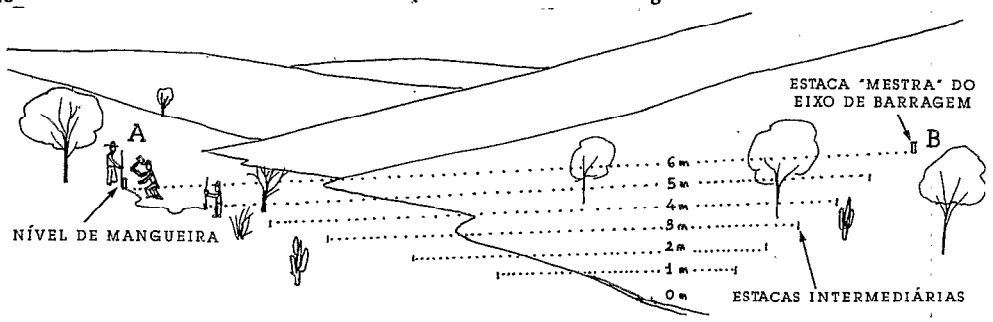
## 2.1 Preparação do terreno

### ■ Demarcação da área da barragem

Uma vez definida a posição exata do futuro açude e sua altura, materializa-se, com **dois piquetes**, o eixo principal da barragem, **ou linha mestra** (no caso mais comum, a barragem é reta, mas em certos casos pode ser curva ou constituída de dois ou vários trechos retos).

Esses dois piquetes (A e B na figura 47) ficam um de **cada lado do eixo** da barragem e

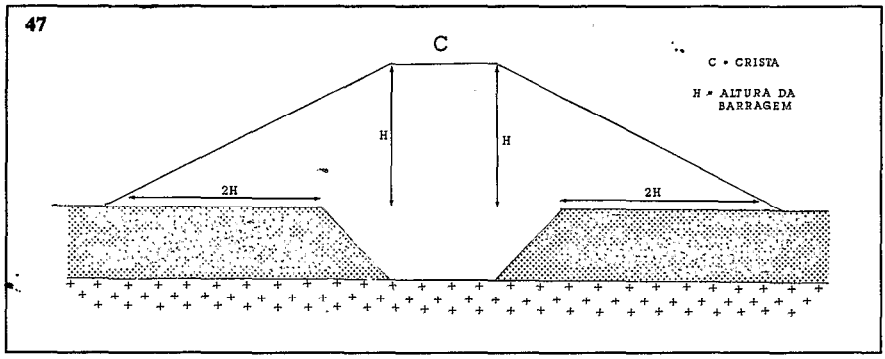
46_ *Demarcação inicial do eixo da barragem*




tem altura correspondente à cota de sangria. Quando o nivelamento é feito com um nível de mangueira, pode-se colocar uns piquetes intermediários, a cada meio metro de altura.

Como indicado na figura 47, determina-se a largura total (máxima no fundo do vale) da barragem a nível do chão, somando a largura da crista (C) à dos taludes de montante e de jusante (considera-se uma altura (H) do maciço e um declive da parede de 1:2). Finca-se um piquete C (Ver figura 48) para indicar a ponta extrema da saia do futuro açude.

47

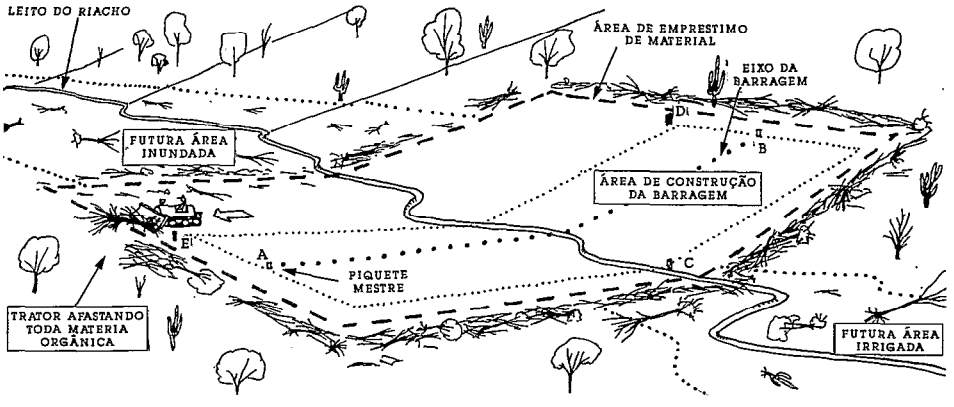



*Largura máxima* = *C* (*crista*) + *2H* (*talude montante*) + *2H* (*talude jusante*)

Para materializar o limite do talude **de montante**, dois piquetes (D e E, na figura 48), serão colocados à distância (2H + C/2) da linha mestra C nos lados, para não serem arrastados pelo trator.

## ■ Desmatamento e limpeza da área de construção

48 *Desmatamento e limpeza da área da futura barragem*




*Aproveitar também as máquinas para regularizar a área irrigável.*

Desmata-se toda a área onde vai ser construída a barragem. Recupera-se a lenha aproveitável. Carrega-se todos os galhos, troncos e tocos para fora da área, a fim de evitar que permaneça qualquer matéria orgânica no local da barragem.

Neste momento, pode também ser feito o desmatamento da área que será inundada, ou seja, da bacia hidráulica (utilização para culturas de vazante e piscicultura) e da área prevista para irrigação. Tendo em vista a importância do trabalho de desmatamento e o custo elevado do trator, deve-se considerar a alternativa de utilizar o trator de esteira ou a mão-de-obra local.

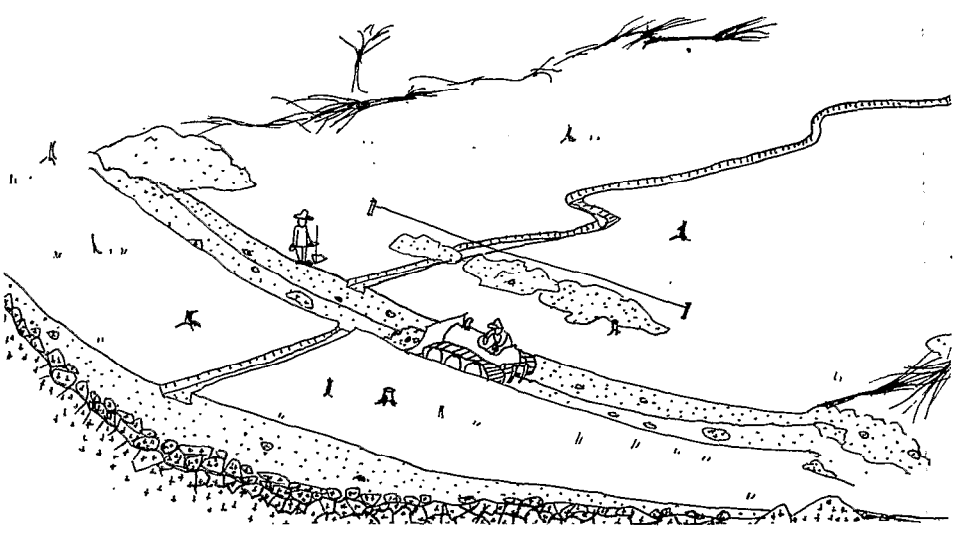
Para **eliminar toda matéria orgânica** das zonas onde será retirado o material para construção do maciço e onde será construída a barragem, o trator deve raspar os primeiros 20-30 cm de solo, empurrando este material, que contém restos de raízes e matérias orgânicas não decompostas, para fora da área de construção. Uma faixa adicional de 5 metros em volta de toda a área prevista para construção (barragem + área do sangradouro) é limpa para maior segurança. Uma parte da terra vegetal pode ser estocada de lado para ser aproveitado na cobertura e acabamento da barragem.

## 2.2 A fundação do açude

### ■ Escavação da fundação

O trator segue a linha mestra para iniciar a escavação da fundação (ou alicerce). O material retirado da escavação é acumulado dos dois lados e será reaproveitado no enchimento da trincheira, se se prestar à compactação. Se este material for muito arenoso, ele será colocado no pé da parede, a jusante, para constituir um dreno de pé.

49 *Início da escavação da fundação*



*Ver item A1, estimativa da profundidade da fundação.*

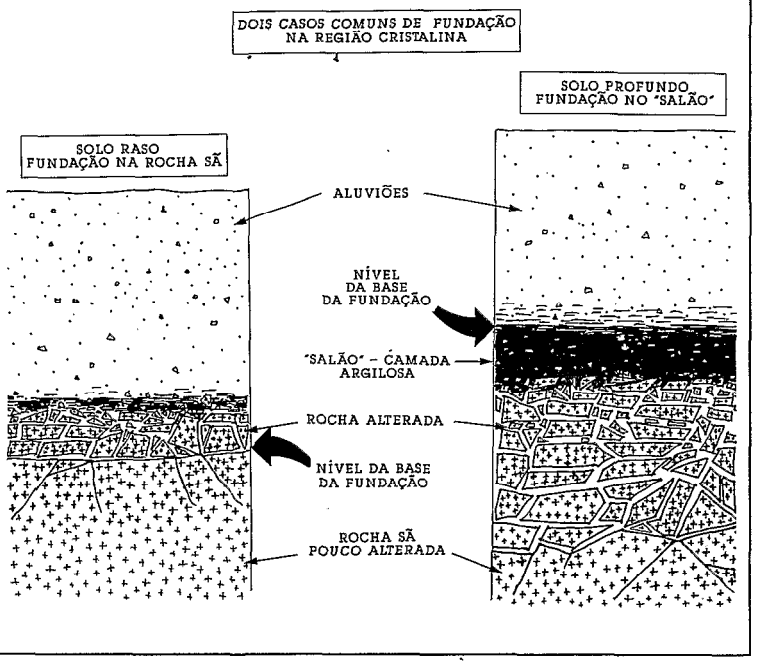
A base da trincheira terá, no mínimo, a largura da lâmina do trator de esteira, devendo-se iniciar a escavação numa largura maior para levar em conta o declive dos taludes.

As extremidades da fundação devem ser prolongadas **até chegar** à altura da futura cota de sangria.

### ■ O acabamento da escavação

**Esta etapa é fundamental** e dela depende a futura qualidade da barragem. Um fundo rochoso, homogêneo e contínuo, é a maior garantia de qualidade para a fundação, mas nas áreas de geologia cristalina ocorrem duas situações:

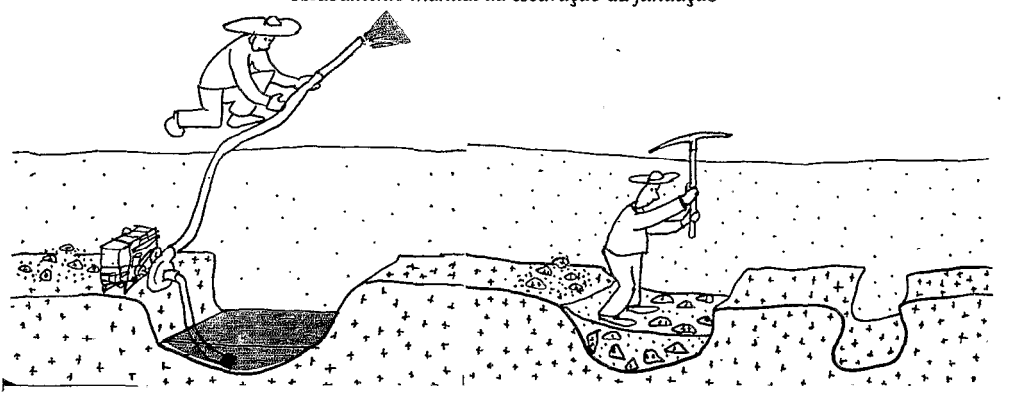
**50** *Fundação: dois casos comuns*




- Quando a camada de rocha alterada é pouco espessa e os solos rasos (isto é comum no sertão, sobretudo nas encostas), deve-se escavar toda a espessura dos aluviões e das rochas alteradas, chegando, numa profundidade que varia entre 1 e 5 metros, à rocha dura homogênea, dita rocha sã.
- No caso de solos mais profundos, pode ser mais interessante parar a escavação quando, antes de alcançar a rocha alterada, se encontra material homogêneo, impermeável, argiloso (chamado "moledo" ou "salão") que pode servir de base para a fundação. Continuar a escavação pode criar graves problemas porque a camada de rocha alterada pode estar à uma grande profundidade.

Neste caso, é difícil ter certeza se esta camada se estende por toda a bacia hidráulica, podendo aparecer uma passagem de água através da camada impermeável. O corte brilhante e liso desse material é característico. É imprescindível, antes de suspender a escavação da trincheira, riscar o fundo com a lâmina inclinada, para verificar se essa camada é homogênea e tem no mínimo 40 cm de profundidade em toda a extensão da fundação.

**51** *Acabamento manual da escavação da fundação*



**A experiência de construção e a observação de outras barragens na região são as melhores indicações para a escolha da base da fundação.**

No caso de se chegar à rocha sã, o fundo da trincheira deve ser examinado em toda sua extensão. É comum aparecer **veias de material arenoso** (às vezes antigos leitos do riacho). Essas veias de areia podem ficar "escondidas" por baixo de rochas alteradas. Por isso, é imprescindível testar a dureza da rocha, batendo com um instrumento contundente (barra de ferro). Quando o barulho da batida ou a deformação do fundo evidenciam zonas menos duras que se desagregam com facilidade, a escavação deve ser retomada nessas partes (este trabalho é muito parecido com o tratamento das cáries dentárias!).

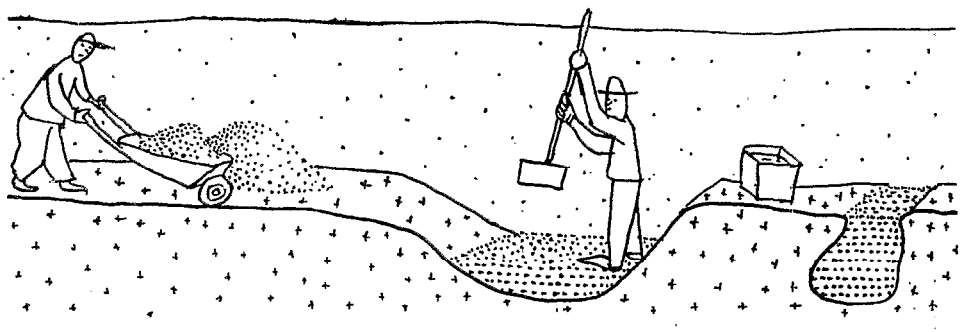
Quando a extensão dessas veias é limitada, o uso do trator é impraticável. Nessa caso, é necessário continuar a escavação à mão, até alcançar um material são. **Esta operação de "acabamento manual" é indispensável**; uma pequena "veia" esquecida pode ser responsável por uma infiltração elevada e, às vezes, invisível, se ocorrer em profundidade.

Depois de ter alcançado o material impermeável em toda a extensão da trincheira, completa-se a limpeza do fundo, retirando cascalhos e pedras, raspando cuidadosamente toda a área. Se aparecer água, ela terá que ser retirada com uma motobomba, antes de serem colocadas as primeiras camadas de terra.

## ■ O aterro da trincheira

Depois de garantir uma fundação sobre um fundo **coeso** e impermeável, deve-se assegurar a boa junção entre o fundo da trincheira e a fundação da barragem. É necessário, então, dar uma atenção especial à compactação das primeiras camadas de terra. Por isso, procura-se utilizar as **melhores terras,** molhando-as sempre que estiverem secas. O fundo da fenda deve também estar molhado na hora da colocação da primeira forra. As partes que foram escavadas à mão devem ser enchidas em primeiro lugar, também à mão, formando-se camadas finas de 10 cm no máximo, que serão sucessivamente molhadas (se for necessário) e compactadas com um malho (figura 52).

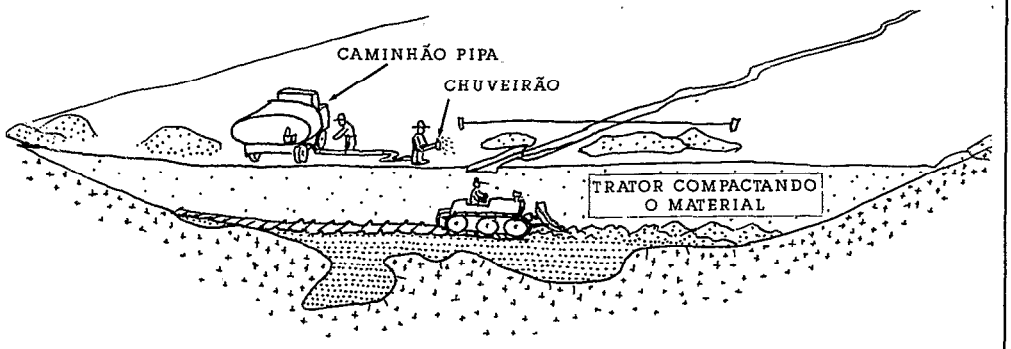
52 *Aterro manual da fenda*



Depois do aterro das escavações feitas à mão, espalha-se a terra para formar a primeira camada que será compactada pelo trator.

Essa camada, bem como as seguintes, deve ter no máximo 20 cm de espessura e será molhada, se isto for preciso. O trator compacta cada camada com 5 a 10 passagens

53 *Aterro mecânico da trincheira*




paralelas (indo e voltando), deslocando-se lateralmente um pouco a cada vez para garantir uma compactação uniforme em toda a largura da trincheira, pelo contato direto das esteiras (figura 53).

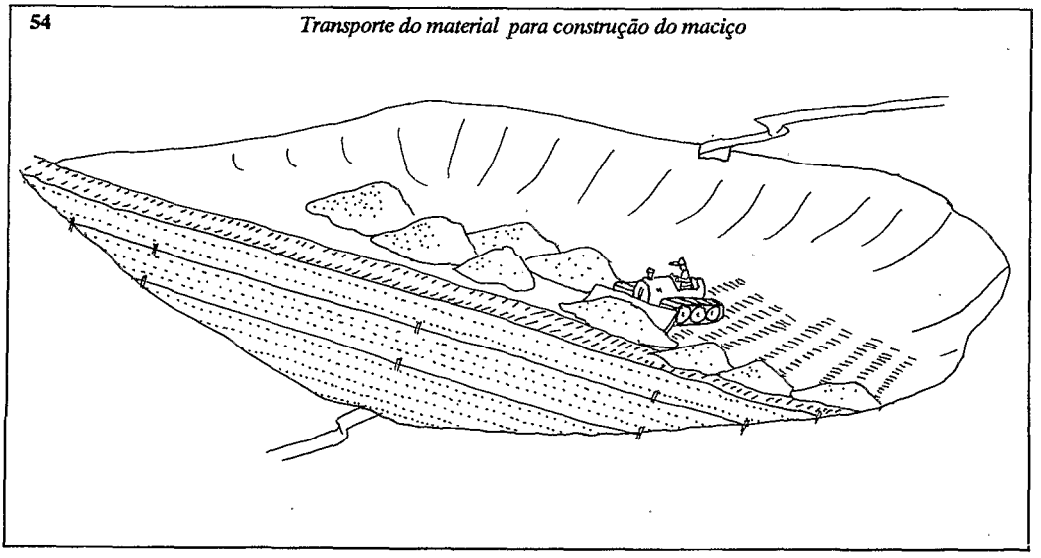
## 2.3 A construção do maciço

Quando o aterro da trincheira chega ao nível do chão, deve-se iniciar a elevação do maciço. Na fundação, o trator só trabalhava no sentido longitudinal em relação à barragem. Na elevação do maciço, ele passa a trabalhar inicialmente no sentido **transversal** (figura 54), para trazer o material de montante, amontoá-lo na parede e, em seguida, no sentido **longitudinal**, para espalhar e posteriormente compactar cada camada.

O material deve ser trazido, sempre que for possível, para o local da barragem a partir da **montante**.

Em geral, utiliza-se o material do fundo do vale e os solos das encostas próximas, como explicitado anteriormente.

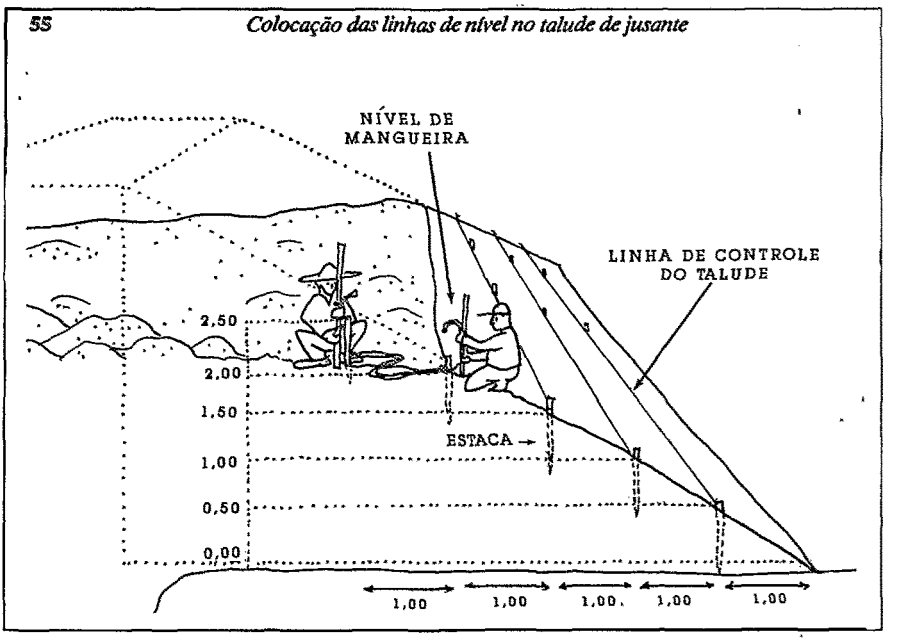
54 *Transporte do material para construção do maciço*



## Controle do talude de jusante

**A demarcação do talude** de jusante é uma técnica simples que permite controlar o seu declive e, também, implica na realização sistemática de camadas pouco espessas e **homogêneas**, constituindo, assim, uma garantia da boa execução do trabalho.
A demarcação começa pela colocação da primeira linha de nailon esticada 0.50 m acima do chão e afastada de um metro do piquete do pé da parede (figura 55). Utiliza-se uma linha de nailon esticada ao longo de uma linha de piquetes colocados a cada 15-20 m e **confere-se sua horizontalidade**. Quando o aterro começa a ultrapassar em 30 cm essa primeira linha de nível, coloca-se a seguinte e assim por diante.

55 *Colocação das linhas de nível no talude de jusante*



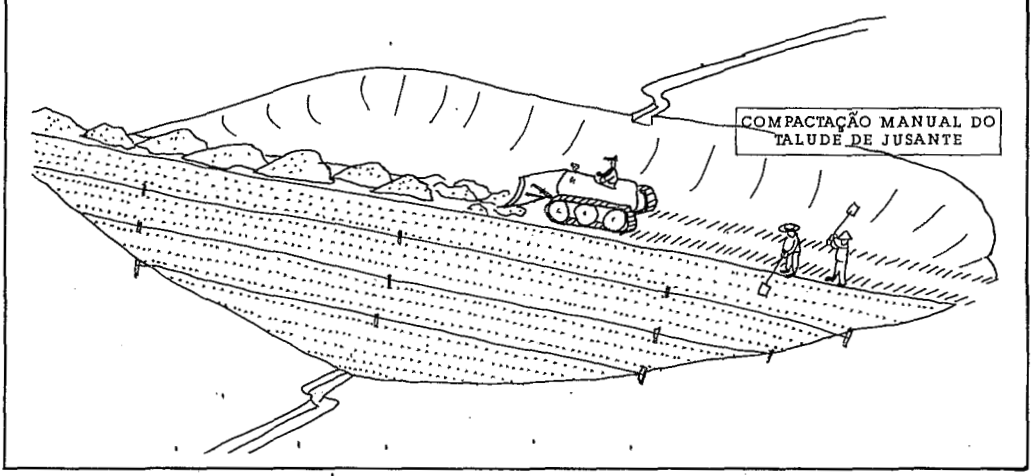

56 *Trabalho do trator acima do aterro*

## A construção e a compactação do maciço

**Para levantar progressivamente o maciço**, assegurando ao mesmo tempo o declive exato do talude de jusante e a compactação uniforme e regular da terra, coloca-se no aterro uma camada de ± 15-20 cm a cada vez, aproximando com cuidado o material da beira do talude de jusante, de forma que este material se alinhe com o talude sem cair nele.

Depois de umedecida, essa camada é compactada pelo vaivém longitudinal do trator, com a lâmina levantada, ficando depois de compactada com 10 a 15 cm de espessura (prever dez passadas do trator para cada camada). As várias idas e voltas do trator para levar o material até a crista asseguram a constituição e a compactação do talude de montante. **A compactação do talude de jusante deve ser feita manualmente**, quebrando-se os torrões de terra e socando o talude com paus pesados, pilões ou marretas, a fim de obter a compactação e coesão suficientes para limitar a erosão durante as fortes chuvas.

57 *O trator espalha e compacta a terra*




58 *Compactação manual do talude de jusante*

O declive do talude de montante não é controlado como o de jusante. No entanto, observou-se, na prática, que os movimentos do trator deixam o talude um pouco maior do que necessário.

Pode-se retificá-lo, economizando assim um material que pode ser empurrado para cima do aterro sem maior deslocamento do trator.

O custo da "molhação" da terra, se esta for necessária, pode ser eventualmente reduzido, suspendendo-se a mesma quando a parede atinge dois terços da altura máxima, já que a parte mais alta da barragem não é submetida a uma pressão muito alta. O trabalho de compactação, porém, deve ser **mantido e controlado até o fim:** zonas mal compactadas nas partes altas podem ceder quando forem alcançadas pela água na hora de enchentes.

### ▩ A ligação maciço-sangradouro

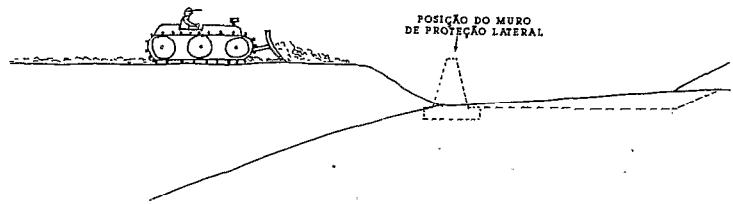
No caso mais comum de um açude com sangradouro lateral, deve-se prever o espaço correspondente a este sangradouro.
Quando chega à altura da futura soleira do sangradouro, o trator continua trazendo material, mas subindo o maciço somente até o local previsto para a ligação do sangradouro com o maciço. Procura-se assim deixar livre a área onde será construído o muro de proteção lateral.

### ▩ O acabamento

### ❑ O porão (ou a caixa)

Nas últimas operações de construção, o trator aprofunda ao máximo a represa no pé da parede, constituindo assim a "caixa". A caixa constitui a última reserva de água para os

59 *A área de ligação maciço sangradouro*



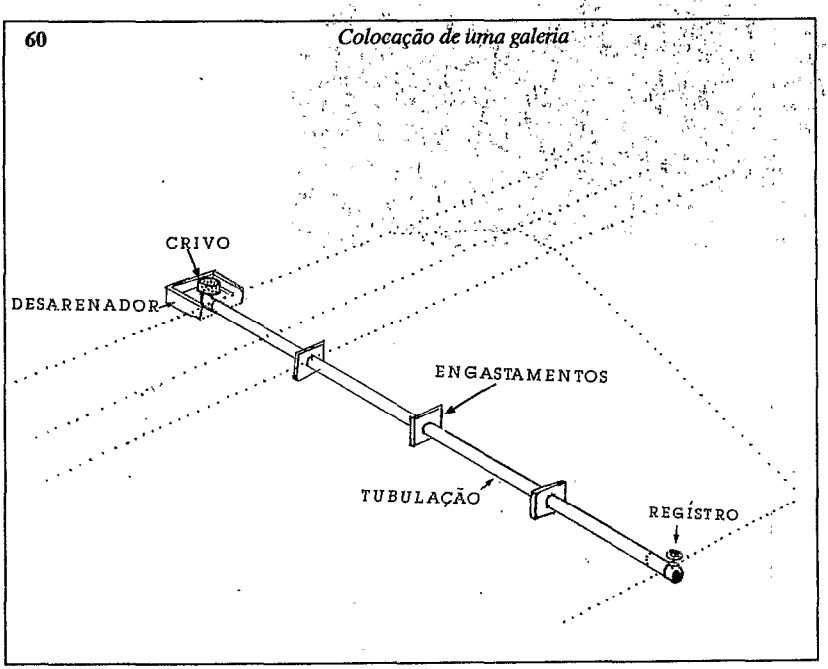

## Colocar uma galeria

*Descrição e dimensionamento de uma galeria. Ver B5-5*

*A galeria é pouco comum em pequenos açudes; seu custo pode ser elevado e sua colocação necessita de grandes cuidados para evitar futuras infiltrações. Para açudes de certo porte e profundos, 9-10 metros a mais, a galeria torna-se necessária porque a altura da parede limita o uso de sifões. Segundo a topografia do local, a tubulação (aço, cimento amianto: nunca colocar tubos de PVC comum) pode ser colocada no chão (devidamente compactado) ou acima das primeiras camadas do aterro. Dois cuidados essenciais são necessários.*

*Colocar proteções (chamadas de "engastamentos)", para dificultar a infiltração da água ao longo do exterior da tubulação de 5 em 5 metros, o que poderia constituir um grande perigo para o açude. Isto pode ser feito com tijolos e cimento (ver figura 60).*

60 *Colocação de uma galeria*




**Realizar uma compactação manual** *e cuidadosa ao redor da tubulação.*

*Um desarenador poderá ser construído na parte de montante para evitar entupimento da tomada d'água pelos sedimentos.*

### Utilização de um trator de pneus

*Quando há possibilidade de utilizar um trator de pneus (80 a 100 CV) puxando uma raspadeira agrícola (2, 3 ou 4 $m^3$), pode-se retirar material de lugares mais afastados. Este equipamento é muito mais econômico que o trator de esteira para o transporte do material. Uma hora deste equipamento custa aproximadamente US$ 10 a 20/hora, cerca da metade do que custa um pequeno trator de esteira (US$ 20 a 25/hora). Uma raspadeira (chamada localmente madal ou escraper) permite, por exemplo, realizar 10 viagens por hora a uma distância de 150 m, carregando, transportando e descarregando 30 $m^3$ por hora na barragem.*

*Além de permitir um fácil transporte de terra, o trator de pneus é um excelente instrumento para a compactação porque a área de contato entre os pneus e o solo é menor, exercendo-se assim uma pressão mais forte. O ideal, para as pequenas obras que necessitam buscar material distante, consiste em combinar o trator de esteira e o de pneus com uma raspadeira. O trator de esteira, sendo mais eficiente, desmata e faz a limpeza da área, escava a fenda, o sangradouro e ainda escava a área de empréstimo do material (o trator de pneus raramente é equipado de uma lâmina frontal e, mesmo assim, geralmente falta potência). O trator de pneus, neste caso, só transporta o material e assegura a compactação da terra no maciço..*

61 *Trator de pneus equipado com raspadeira agrícola*

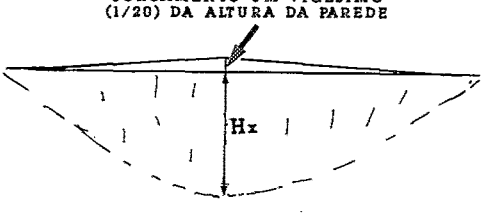
peixes, os animais e outros usos. Ela funciona, às vezes, como uma "cacimba" ou um poço, podendo receber a água eventualmente presente nos aluviões (muitas vezes salobre) quando o nível da água fica mais baixo que o do lençol aluvial.

## A crista

Prevendo-se o futuro arriamento do maciço, devido ao adensamento da terra, aumenta-se a altura do coroamento em um vigésimo da altura máxima da barragem $H_x$, no local da secção máxima do aterro (figura 62).

Para evitar que a água fique empoçada em cima da crista e escoe em pontos isolados,

62 *Acréscimo final de terra no coroamento*



criando erosão, dá-se uma queda regular de 3 a 5% em direção a montante. A crista fica 10 a 25 cm mais alta do lado de jusante quando esta mede em torno de 3 m.

□ **Proteção do baldo**

É muito aconselhado, por fim, espalhar uma fina camada de terra vegetal, a qual ficou eventualmente guardada a jusante da barragem. Essa terra facilitará a propagação de gramíneas rasteiras nos taludes e no coroamento, as quais, através das suas raízes, aumentam a resistência dos taludes à erosão. Procura-se utilizar plantas resistentes à seca, que cubram bem o solo, protegendo-o das chuvas fortes, mesmo que seja necessário controlar periodicamente o crescimento dessas ervas para evitar a invasão do perímetro irrigado. Capim buffel, ou outras gramíneas propagadas por sementes, por exemplo, são desaconselhadas.

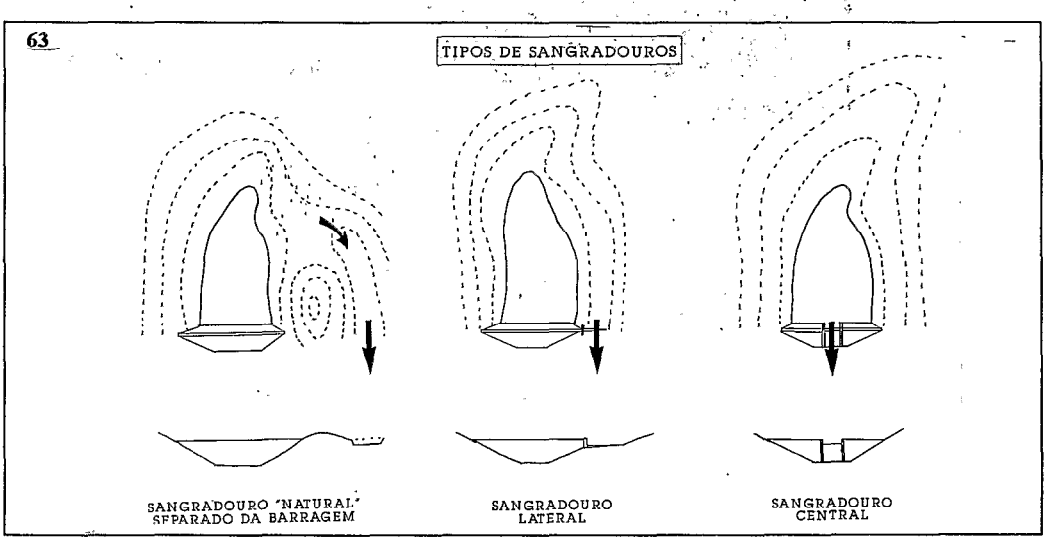
# 3. A construção do sangradouro

## 3.1 A posição do sangradouro

Há casos em que, num ponto distante da parede, o terreno fica numa altura próxima à do coroamento, podendo-se desviar as águas das enchentes para outro riacho, escavando-se um sangradouro "natural" (ver figura 63).

Essa situação é muito favorável, mas, infelizmente, não é muito freqüente. O sangradouro será geralmente **lateral**, ou seja, colocado em uma das extremidades da parede. Existem, também, sangradouros **centrais**, no meio da barragem, porém não serão considerados neste manual.

63

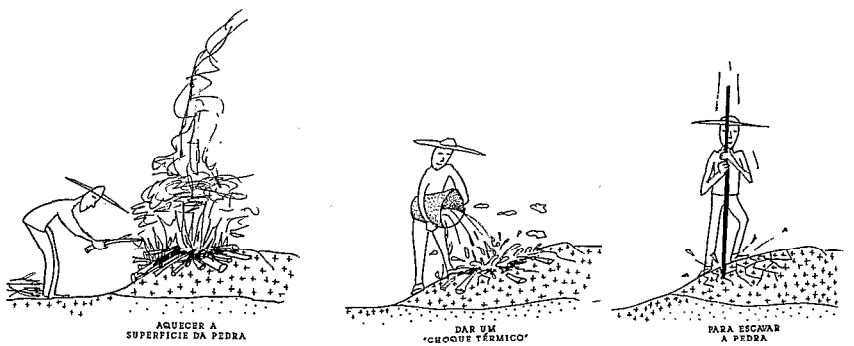



Quando a encosta não é muito inclinada, procura-se fazer o **sangradouro mais largo e menos profundo**, a fim de não reduzir a profundidade do açude, valorizando assim, ao máximo, o trabalho já feito para construção da parede. Isto permite, também, limitar ao máximo a altura da lâmina de água vertida pelo sangradouro e reduzir assim os riscos de erosão a jusante do vertedor.

## Como retirar lajedos no local do sangradouro

*Muitas vezes, ao se escavar a encosta, encontra-se rochas e lajedos que impedem a abertura do sangradouro. Rochas alteradas podem ser desmanchada com picaretas e barras de ferro. Rochas duras podem ser tratadas como explicitado na figura 64: coloca-se uma fogueira encima do lajedo, submetendo-o a uma alta temperatura, e despeja-se água fria sobre ele, causando um choque térmico que fragmentará a parte superior da rocha. Repete-se essa operação até retirar a totalidade do lajedo.*

64




Para assegurar a estabilidade do vertedouro, é necessário que a sua base esteja bem firme; procura-se cavar, no mínimo, 30-50 cm na rocha alterada até alcançar ao máximo a rocha sã. Quando há dificuldade em se escavar o sangradouro do lado da encosta, costuma-se combinar um trecho de terreno natural e um outro de alvenaria, a fim de conseguir um vertedor o mais horizontal possível.

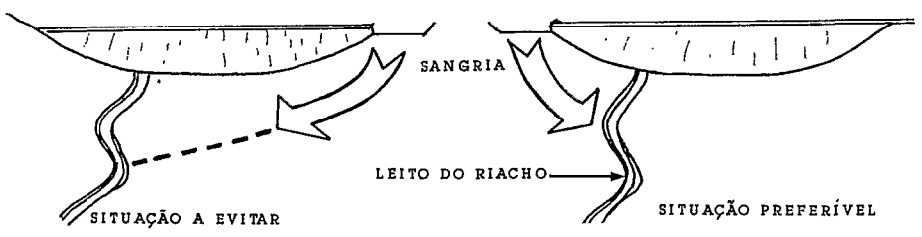
A soleira pode, em certos casos, ficar comprida e passar a constituir assim uma parte da barragem. Isto aumenta a altura e o custo do sangradouro, mas o volume de alvenaria necessário fica sempre inferior ao de um sangradouro central.

É necessário construir o sangradouro o mais horizontal possível, porque uma secção inclinada diminui muito a vazão admissível.

### ■ A posição do sangradouro em relação ao riacho

O riacho constitui um dreno natural que é geralmente conservado, sendo mais simples direcionar logo a sangria para seu leito. Por isso é mais interessante colocar o sangradouro lateral do lado que fica mais perto do riacho.

65 *Posição do sangradouro em relação ao riacho*

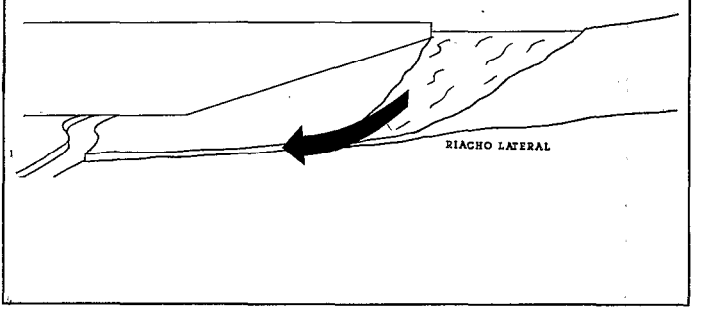


■ **A posição do sangradouro em relação a riachos laterais**

Um riacho lateral pode servir de canal de escoamento para a sangria, o terreno natural protegendo assim a parede.

Tal possibilidade deverá ser aproveitada, se aparecer no local escolhido.

66 *Direcionar a sangria para um riacho lateral*



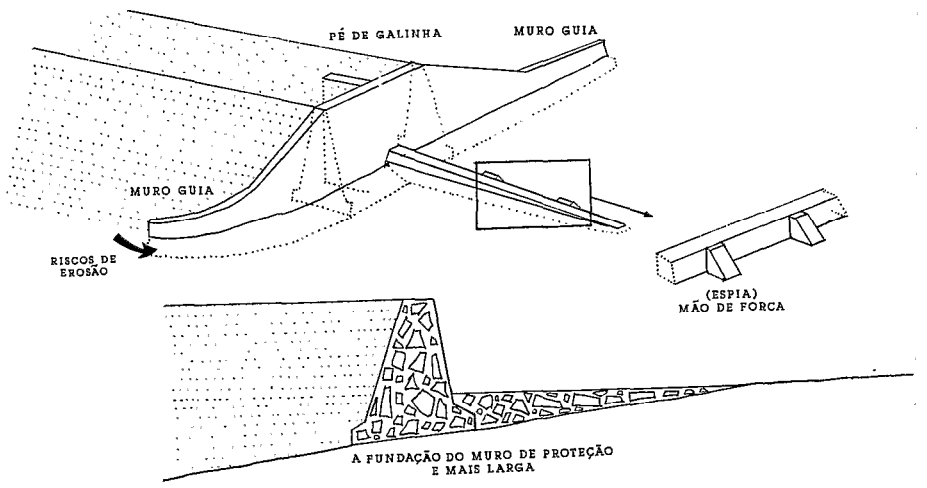

## 3.2 A proteção do sangradouro

■ **O muro de proteção e os muros-guia (sangradouro lateral)**

Um muro lateral de alvenaria deve separar o maciço da água que passará pelo sangradouro, a fim de evitar a erosão do aterro. Este muro deverá constituir uma separação totalmente segura, impedindo que a água passe por baixo ou por trás dele. Ele deverá, por isto, chegar até a altura do coroamento do maciço, aprofundar-se de 30 a 50 cm abaixo do **nível do solo** e estender-se a montante e a jusante, acompanhando os taludes até o nível da base do vertedor. Essas partes do muro são chamadas de **muros-guia.**

**Para evitar as infiltrações entre o muro de proteção e o maciço,** é necessário construir um muro perpendicular (dito pé-de-galinha), que entre no maciço numa profundidade

67 *Detalhe do muro de proteção lateral de um sangradouro*



de aproximadamente um terço da altura do aterro (ver figura 67). A extremidade do muro de proteção que fica dentro da água deve ser encurvada, a fim de acompanhar a correnteza. Este muro acompanha o de proteção lateral até o nível da fundação.

A fundação destes muros deve ser feita numa área limpa. O trator por isso deve deixar toda a área da fundação devidamente raspada, eliminando as camadas de rochas alteradas e deixando exposta a rocha sã.

O muro de proteção lateral (de 0.5 a 2.0 m de altura) poderá ser feito de alvenaria, de pedra ou tijolos, com 30 a 50 cm de espessura na parte alta e 60 a 100 cm a nível da fundação, a fim de garantir a estabilidade no muro e a sua amarração na rocha.

Reforços feitos com ferros colocados no coroamento do muro ou utilizados para constituir pilastras armadas são aconselhados no caso dos muros mais altos. Em tais casos (muros de mais de 2.50 m de altura), é necessário, também, instalar drenos (tubos ou furos) que atravessem o muro na parte mais baixa para permitir o escoamento da água presente no maciço, diminuindo a pressão exercida por esta.

### ■ O vertedor do sangradouro

Um vertedor de alvenaria pode ser construído em toda a largura do sangradouro, se houver risco de erosão e da cota de sangria ser rebaixada. Este vertedor chamado, às vezes, de **cordão de fixação**, reforça o muro de proteção da lateral com o qual emenda e deve, também, ser alicerçado em material firme.

Para estabilizar esta soleira de alvenaria e prevenir possíveis tombamentos resultantes da erosão criada pela passagem da água, reforços de alvenaria (espias ou mãos de força) são colocados a cada 3-5 m a jusante da soleira.

### ■ O canal extravasor (radier)

O canal extravasor permite o escoamento depois do sangradouro e deve:

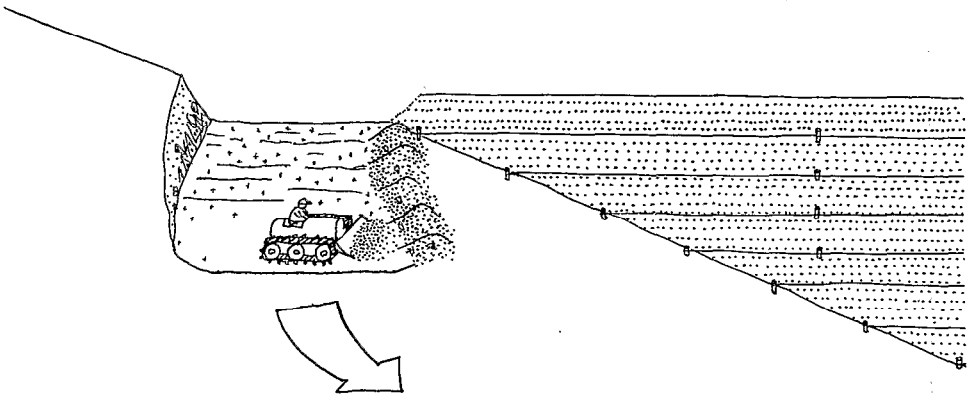
- não frear a água para não diminuir a vazão que passará pelo vertedor;
- quebrar a força da correnteza, se for necessário;
- canalizar a água da enchente para evitar que ela venha a afetar o maciço a jusante;
- levar a água ao riacho ou ao dreno sem afetar áreas cultivadas.

O canal extravasor é feito escavando-se o solo, se possível até a rocha, jogando-se material para baixo para formar um aterro que constituirá um obstáculo e manterá as águas distantes do pé do maciço. Para não arriscar o seu rompimentos, procura-se contrariar o menos possível o caminho natural das águas, limitando-se a mantê-las longe da barragem. Quando isto não é possível e o canal fica com uma inclinação transversal para o riacho, é **necessário prolongar o muro-guia** de alvenaria, já que um aterro não poderá resistir à erosão ocasionada por uma forte cheia.

O aterro de separação do canal, **quando não é feito com terra compactada**, deve ser prioritariamente coberto de vegetação para diminuir os riscos de erosão.

Em primeiro lugar, deve-se conferir se o fluxo da água não é freado logo depois da soleira do sangradouro. O trecho AB (figura 69) deve ser livre de qualquer obstáculo ou estreitamento e apresentar uma declividade mínima de 2% (sobretudo quando não há vertedor ou quando a soleira é pouco alta).O ponto B é o ponto situado $H_v$ cm abaixo da cota de sangria ($H_v$ = lâmina máxima admissível no sangradouro).

68 *A construção do canal extravasor*



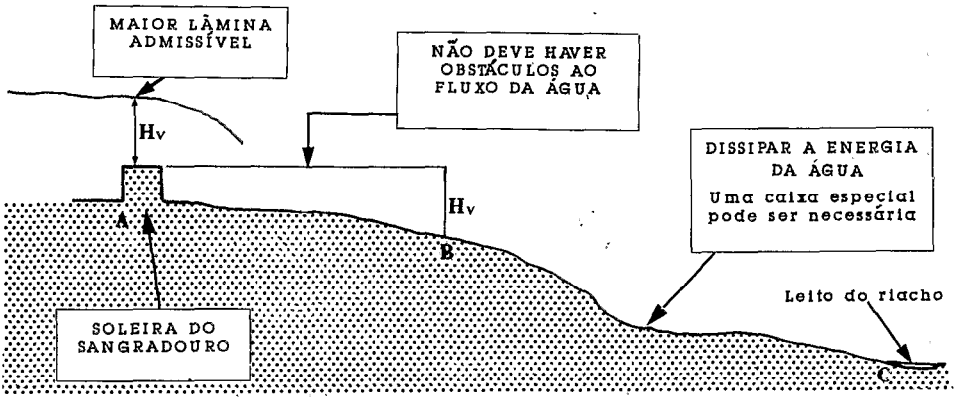
Se o vertedor apresentar uma altura superior a $H_v$, não haverá problemas de redução da vazão, mas a força erosiva da água deverá ser controlada logo após o vertedor.

No trecho BC, a água tem, geralmente, muita força erosiva e acaba levando a terra do fundo do canal: se a rocha estiver a pouca profundidade, a erosão tenderá a estabilizar-se. No caso contrário, será necessário colocar pedras grandes ou construir pequenas quedas.

Quando ocorrem grandes quedas no percurso da água, em particular no caso de uma soleira de mais de um metro de altura, poderá ser necessário construir uma fossa de dissipação da força da água.

O canal extravasor é escavado até uma distância em que não haja mais perigo das águas ameaçarem a barragem. No entanto, as enchentes podem invadir o futuro perímetro, estragando as melhores terras. Isto poderá justificar, quando esse risco for grande, a escavação com o trator de todo o caminho da água até o riacho bem como a construção de um aterro lateral de **terra compactada**.

69 *Perfil da soleira e do canal extravasor*



# Conservação do Açude

A4

**1. Manutenção do Açude**

- **1.1 Formigas e tatus**
- **1.2 Arriamento do baldo**
- **1.3 Preservação da parede**
- **1.4 Controle da vegetação arbustiva**
- **1.5 Vegetação aquática**
- **1.6 Proteção do sangradouro**
- **1.7 Proteção contra o assoreamento**
- **1.8 Remediar as infiltrações**

**2. Ampliar o Açude**

**3. Reformar um açude**

# 1. Manutenção do açude

O açude, uma vez construído, **requer atenção e manutenção;** caso contrário seu estado de conservação se degradará **rapidamente.** Alguns cuidados elementares devem ser dispensados sob perigo de ver estragos, aparentemente sem importância, levar ao arrombamento da barragem. Eis, a seguir, alguns pontos importantes a respeito da conservação do açude.

## 1.1 Formigas e tatus

**Deve-se, periodicamente, percorrer o maciço da represa,** de maneira a detectar a formação de formigueiros e de pequenas galerias cavadas geralmente por **tatus.** O tatu deve ser desalojado tão logo seja descoberta a galeria: a maneira mais simples consiste em alagar o túnel, se possível com o auxílio de uma motobomba, de maneira a assegurar-se que todas as galerias fiquem cheias d'água.

*Um pequeno tatu pode arruinar um grande açude.*

Outra técnica consiste em enchê-las de fumaça, o que também provocará a saída do animal. Entretanto, é difícil fazer com que a fumaça penetre no buraco. Existe, além do mais, o perigo de, sendo insuficiente a quantidade de água ou de fumaça para afugentar o tatu, este preferir continuar cavando a sua galeria, o que provocaria um efeito contrário ao desejado.

70 *Formigueiro no coroamento de um açude*

Esse problema pode parecer até secundário, mas convém conscientizar-se de que não tem sido tão raro o caso de açudes, entre eles alguns de mais de 100.000 $m^3$, perdidos por causa de um tatu!

Os formigueiros (ver foto 70) **devem ser tratados com formicidas,** como explicitado na figura 71.

## 1.2 Arriamento do baldo

*Este fenômeno pode ser previsto já na construção, ver p.97*

Observa-se, às vezes, um arriamento localizado do baldo, geralmente na parte central da parede e após a construção da represa. Isto é provocado pelo **adensamento progressivo** do aterro. Tal fenômeno, ao rebaixar o coroamento em um determinado lugar, pode favorecer o transbordamento do açude no caso de fortes enchentes.

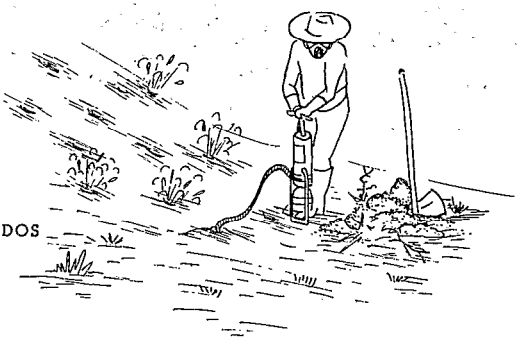
A parede deve ser completada, raspando-a e fofando a terra para obter uma boa ligação antes de espalhar novas camadas de terra, usando-se jumentos e carros de mão, de maneira a voltar ao nível inicial. A compactação será feita manualmente, como no caso da construção manual do açude.

71

## COMBATER FORMIGAS NO AÇUDE

USAR MÁSCARAS E LUVAS

INTRODUZIR A MANGUEIRA NO OLHEIRO DO FORMIGUEIRO E VEDAR A ABERTURA COM TERRA



BOMBEAR ATÉ SAIR PÓ EM OUTROS OLHEIROS

NOS FORMIGUEIROS ISOLADOS DAR 10 BOMBADAS

TAPAR OS OLHEIROS POR ONDE SAIU O PÓ

TOMAR BANHO E TROCAR DE ROUPA

FONTE: PROVÁRZEAS/SENAR

## 1.3 Preservação da parede

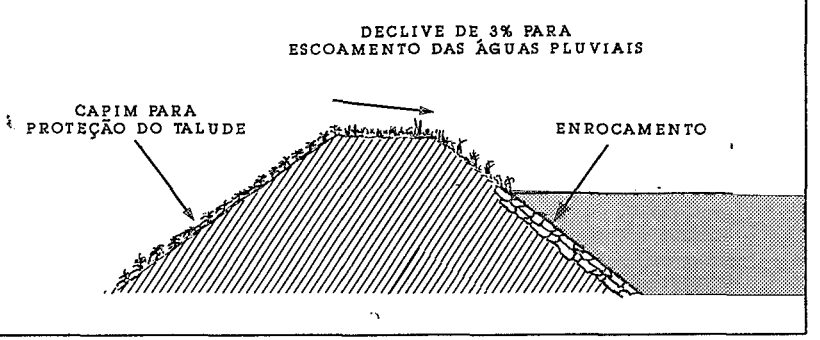
É recomendado plantar vegetação rasa no coroamento e nos taludes do açude, de maneira a preservá-lo da erosão provocada pelas chuvas e, a montante, pelas pequenas ondas (marola). Esse cuidado raramente é cumprido porque o açude sendo geralmente construído no período seco, a terra dos taludes fica dura e ressecada, não permitindo o plantio de vegetação. As primeiras chuvas costumam causar importantes danos ao açude recentemente acabado. O estrago principal provém das águas que se concentram em alguns pontos da crista e escoam com força redobrada por algumas fendas, dando lugar a profundas e compridas marcas de erosão (foto 72).
Em alguns casos, por exemplo, quando existe uma estrada passando por cima da barragem, fluxos d'água mais importantes podem se concentrar no coroamento e criar estragos ainda mais acentuados.

72 *Marcas de erosão na parede do açude*

Para evitar que as fendas se ampliem e ameacem o açude, estas devem ser preenchidas com terra argilosa devidamente compactada (figura74).
A erosão do talude de jusante pode também ocorrer porque, na hora da construção, não se respeitou a regra que impõe um declive do coroamento de aproximadamente 3 a 5% para que as águas escoem do lado de montante. Para **a proteção do talude**, pode-se plantar até capim elefante ou qualquer planta de enraizamento limitado.

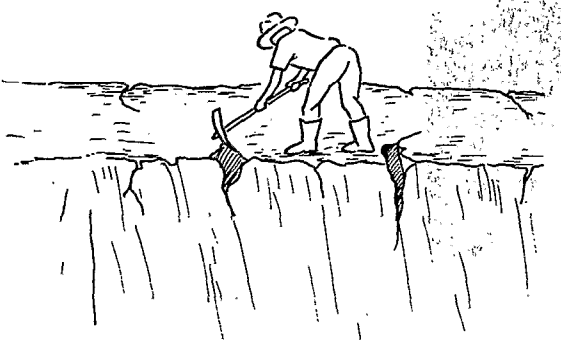
*O enrocamento será reservado para açudes maiores ou acrescentado ulteriormente se os ventos e as ondas no local forem muito grandes.*

73 *Proteção do baldo*

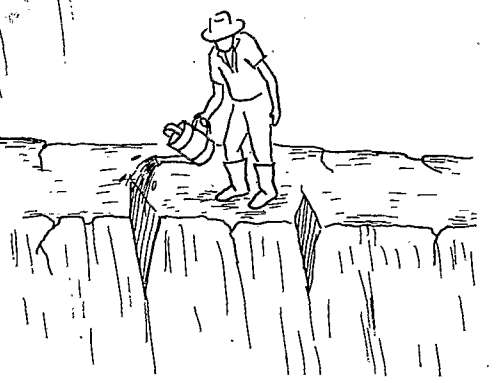


74

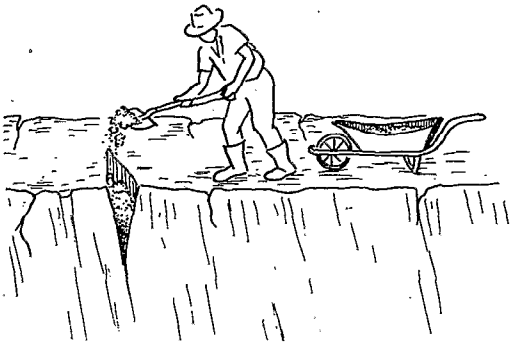
## CONSERVAR O TALUDE DO AÇUDE



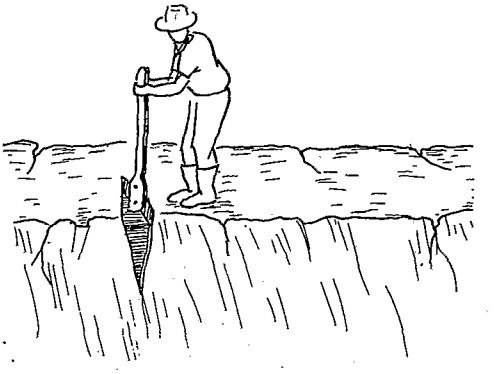
CAVE NO LOCAL DA RACHADURA OU DO BURACO, ATÉ ENCONTRAR A TERRA FIRME



MOLHE O LOCAL CAVADO



ENCHER O LOCAL CAVADO COM CAMADAS DE TERRA ARGILOSA, ÚMIDA E SEM MATERIAL ORGÂNICO



SOQUE BEM CADA CAMADA DE TERRA

FONTE: PROMOREBAR/SENAR

## 1.4 Controle da vegetação arbustiva

75 *Vegetação arbustiva no baldo do açude*

Outro ponto de grande importância diz respeito ao controle da vegetação arbustiva no talude de jusante e no pé da parede. Pela umidade natural, desenvolvem-se muitas vezes - quando não são plantados - cajueiros, oiticicas, juazeiros, mangueiras etc... Essas árvores podem, ao crescer no pé do talude, **acarretar sérios problemas se vierem a morrer.** Nesse caso, as raízes, que muitas vezes têm atravessado o maciço para alcançar a umidade da represa, morrem e, decompondo-se, criam caminhos para as infiltrações que podem provocar o início de uma "bomba" e levar ao ulterior desmoronamento do açude.

*"Bomba", ver p. 85/113*

Por isso, **não se deve cortar** uma árvore vizinha da parede de um açude **já existente.** Somente **na hora da construção,** exige-se a remoção de todos os arbustos e árvores próximos ao local do futuro açude. A foto 75 mostra uma jurema de apenas um ano que deveria ser eliminada.

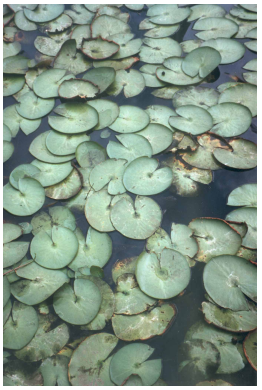
## 1.5 Vegetação aquática

O controle da vegetação aquática do açude é, também, muito importante. Algumas dessas plantas que flutuam na superfície da água podem invadir **imensas superfícies em pouco tempo** (ver quadro). Elas têm que ser retiradas tão logo apareçam: é importante lembrar os inconvenientes dessas plantas:

- As plantas tornam o acesso ao açude muito difícil.
  Algumas, como o "capim-navalha" ou a baronesa, são verdadeiras calamidades (ver foto 76).
- Cobrindo vastas extensões, as plantas aquáticas **dificultam a pesca.**

76 *Baronesa (aguapé)*

77 *Ninfea*



*Alface d'água, murure (pistia)*

- Embora positivas em alguns aspectos secundários, elas são muito **prejudiciais à piscicultura** porque impedem a penetração da luz na água, retiram nutrientes e consomem muito oxigênio durante a noite.
- Ao morrer, a sua decomposição pode provocar o "**apodrecimento**" da água, altamente prejudicial aos peixes e ao consumo humano. Isto acontece quando o nível da água baixa muito e as plantas morrem ao serem recobertas pela água na enchente seguinte.
  Este fenômeno ocorreu, por exemplo, no açude de Brotas que abastece a cidade de Afogados da Ingazeira (PE).
- A modificação da evaporação nem sempre é favorável já que algumas plantas aumentam a evaporação com relação à do espelho d'água livre. Outras reduzem um pouco a evaporação (até 15%), mas nunca numa proporção que possa justificar a

**O aguapé: as duas caras da moeda**

*Embora viva com os pés na água, o aguapé tem na realidade nome de origem tupi, língua na qual significa redondo e chato. Por isso o nome de aguapé é dado a diversas plantas aquáticas flutuantes que têm esse formato, destacando-se a ninfea (foto 77) e a baronesa (foto 76). Esta última, chamada também jacinto d'água, rainha da lagoa, orquídea de tolo, orelha de onça, é bem conhecida no mundo inteiro e conta tanto com detratores obstinados quanto com propugnadores entusiastas.*

*Entre estes últimos encontram-se aqueles que destacam seu extraordinário poder de difusão e crescimento: O aguapé pode dobrar de peso em 12 dias e 10 plantas colocadas em boas condições serão, depois de 8 meses, 650.000! Essa massa verde pode ser utilizada para alimentar animais (embora estes só comam a baronesa em último caso), produzir biogás e, quando seca, apresenta bom poder calorífico.*

*Mas, a qualidade mais apreciável do aguapé é sua capacidade de absorver todo tipo de agente poluidor, sendo muito eficaz para o tratamento da água.*

*A capacidade de reprodução da baronesa é vista, por outros, como uma terrível calamidade: tornou-se um flagelo na Índia, dificultou a nagevação no rio Congo na África e é proibida por lei na Nova Zelândia e na África do Sul!*

*Não a deixe tomar conta de seu açude, a menos que a controle e a valorize de uma forma ou de outra!*

*FONTE: Guia Rural/ Editora Abril*

78 *Remoção de "capim-navalha"*

sua manutenção ou que compense os inconvenientes citados.

As plantas devem ser removidas **manualmente**, operação penosa que será evitada se o controle for realizado logo cedo.

Em casos de infestação sobre superfícies extensas, a baronesa pode ser eliminada com pulverização (a partir da margem do açude e da água (barco)) de Bi-Hedonal diluído na água; o tratamento de um hectare requer 2.5 l deste produto.

**Os peixes não são afetados pelo Bi-Hedonal.**

## 1.6 Proteção do sangradouro

As enchentes extravasadas pelo sangradouro do açude podem provocar danos, alguns deles devendo ser imediatamente consertados: o muro lateral de proteção (ombreira) é a obra de maior importância e sua alvenaria deve ser restaurada quando for preciso.

Quando o vertedouro é apenas uma abertura cavada na encosta, a correnteza tende a levar terra e, assim, a rebaixar a cota de sangria (e o volume armazenável). O seu nível poderá ser elevado novamente, mediante uma soleira de alvenaria, ou "cordão de fixação".

79 *Estragos no muro guia do sangradouro*

No caso das cheias terem levado terra e cascalho até descobrir uma rocha mais firme, a construção da soleira será facilitada, devendo-se alicerçá-la na rocha.

Um vertedouro de alvenaria apresenta muitas vezes, no decorrer dos anos, infiltrações importantes na junção entre a soleira e sua base (rochosa) que, além de provocar perdas importantes, tendem a enfraquecer o sangradouro e a favorecer seu futuro tombamento (num dia de forte enchente) (foto 79). Reforços de cimento e mãos-de-força suplementares deverão ser aplicados depois do inverno, quando o rebaixamento do nível da água o permitir.

## 1.7 Proteção contra o assoreamento

O **assoreamento**, ou **aterro** da bacia hidráulica, ocorre quando os escoamentos entrando no açude são carregados de sedimentos que se depositam no açude.

Esse fenômeno só chega a ser realmente notável em algumas situações particulares:

- no **pé das serras** ou das zonas mais montanhosas;
- em bacias que foram **desmatadas** indevidamente e cujos solos ficaram expostos à erosão;

- em bacias cujos solos são mais **sensíveis à erosão** (Podzólicos, Latossolos, solos arenosos...);
- em açudes nitidamente subdimensionados. Estes açudes, de pequena capacidade com relação aos escoamentos que os atravessam e à quantidade de sedimentos que neles se depositam, aterram-se com maior rapidez.

É importante saber que a quantidade de sólidos carreada pela água é **extremamente variável** e que não há como prever o fenômeno, salvo em casos óbvios. A observação de **açudes vizinhos**, com bacias parecidas, e a quantidade de depósitos no leito do riacho são algumas indicações. Em casos extremos, já ocorreu o assoreamento de açudes em **três anos.**

Quando o assoreamento é o resultado de um desmatamento descontrolado, deve-se agir **a nível da bacia hidrográfica:**

- aplicar práticas conservacionistas, como as preconizadas pela EMBRAPA (culturas em curvas de nível, mulch, etc...);
- construir soleiras de pedras no leito do rio, que constituem armadilhas para os sedimentos mais grossos e podem constituir futuras pequenas áreas férteis com boa retenção de umidade.

O único remédio provisório a nível de açude consiste em desaterrar periodicamente o açude (ou a sua parte mais aterrada) com um trator.

**80** *Sedimentação na bacia hidráulica*

A foto 80 mostra um "cone de dejeção", ou seja, o depósito da areia trazida pelo riacho na entrada da bacia hidráulica.
Enfim, deve-se ressaltar o **aspecto positivo** de um assoreamento limitado, já que o limo e os sedimentos depositados **fertilizam** a bacia do açude e favorecem seu aproveitamento para cultivos de vazante.
Açudes **totalmente aterrados**, caso raríssimo, comportam-se como barragens subterrâneas, além de constituir um ótimo terreno para vazante.

## 1.8 Remediar as infiltrações

Quando um açude apresenta uma **revência muito grande**, prejudicando a área de jusante (encharcamentos duradouros, salinização) e provocando um rebaixamento acelerado do nível da água, pode haver necessidade de combater essas infiltrações.
Em geral, estas são provenientes de uma fundação mal-acabada. Se o proprietário presenciou a construção do açude, ele poderá fornecer informações sobre a qualidade dessa fundação.
Uma maneira de remediar essas infiltrações consiste em cavar, manualmente, uma trincheira logo no pé do talude de montante (foto 81). Cava-se a trincheira até encontrar a rocha e realiza-se o mesmo trabalho que o requerido na construção (remoção do

material alterado e das veias de areia: ver item A3). Constitui-se, na realidade, **outra** cortina impermeável mais a montante, já que não há condições de se escavar por baixo do açude sem danificá-lo. A trincheira deve ser, em seguida, preenchida com terra que assegure, após compactação por camadas sucessivas de 20 cm de espessura, uma boa vedação. Essa técnica será evidentemente **limitada** pela quantidade de trabalho necessário, o qual depende do **comprimento** da parede e da profundidade na qual se encontra a rocha.

## 2. Ampliar o Açude

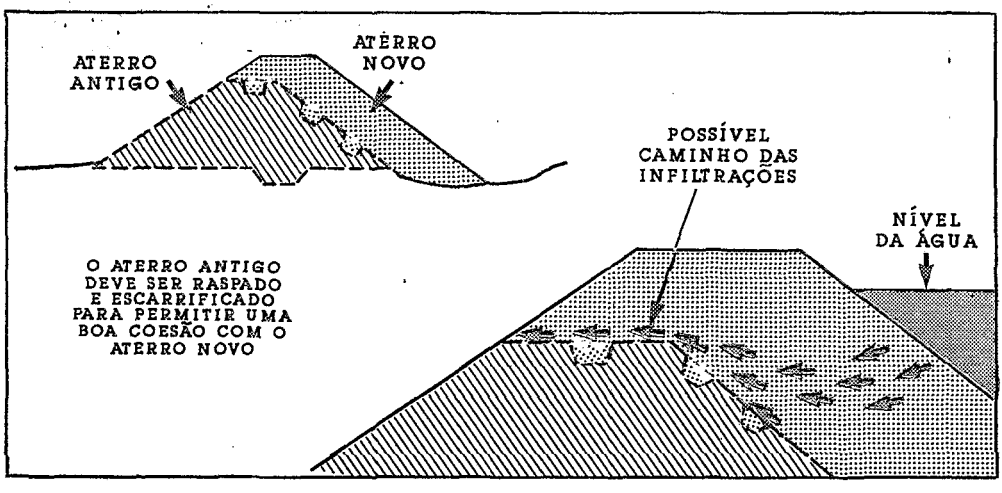
A ampliação do dique de um açude já existente motiva-se, geralmente, quando o açude se revela subdimensionado e quando se torna proveitoso aumentar a sua capacidade de armazenamento.

Na prática, trata-se, muitas vezes, de pequenas obras cujo porte foi limitado por falta de recursos e que o proprietário procura ampliar quando vem a dispor de mais dinheiro.

Na ampliação do aterro com o trator, procura-se aumentar o volume e a altura da parede. É evidente que as irregularidades do talude já existente e a sua vegetação não vão permitir uma boa ligação entre o aterro antigo e o novo.

Haverá zonas mal compactadas nas quais a água terá toda facilidade de penetração (figura 82). Para evitar isso, deve-se, previamente, retirar todos os elementos vegetais, raspar e

82. *Ampliação da barragem*



escarificar todo o coroamento e o talude de montante, antes de começar a aumentar o dique. As camadas descobertas do antigo aterro poderão, assim, melhor interpenetrar-se com a terra recém-trazida.

## 3. Reformar um açude

Em regra geral, o arrombamento do açude não significa a sua perda definitiva: a sua recuperação pode ser realizada a um custo inferior ao da sua construção.

### 3.1 Causas de arrombamento

O arrombamento do açude ocorre, muitas vezes, em período de cheia e resulta geralmente de:

- Insuficiência de proteção do maciço a nível do sangradouro e conseqüente danificação da extremidade da parede.
- Dimensionamento insuficiente ou entupimento do sangradouro. O açude transborda, havendo "lavagem da parede". A força da correnteza leva um trecho do açude, abrindo um rombo no meio da parede (foto 83). No entanto, deve-se notar que açudes bem construídos e recobertos por vegetação rasa e densa são, às vezes, "lavados" sem que ocorra arrombamento.
- Infiltrações que criam uma "bomba"(galeria que se forma progressivamente através do maciço). O fluxo d'água vai levando cada vez mais material da parede, aumentando de vazão até provocar o desmoronamento da parede.
- Existência de partes mal compactadas e/ou constituídas de material ruim (arenoso) em que aparecem importantes vazamentos (a área de jusante fica revendo) que levam ao deslizamento da parede (foto 83).

*"Bomba" ver p. 85*

### 3.2 Arrombamento central

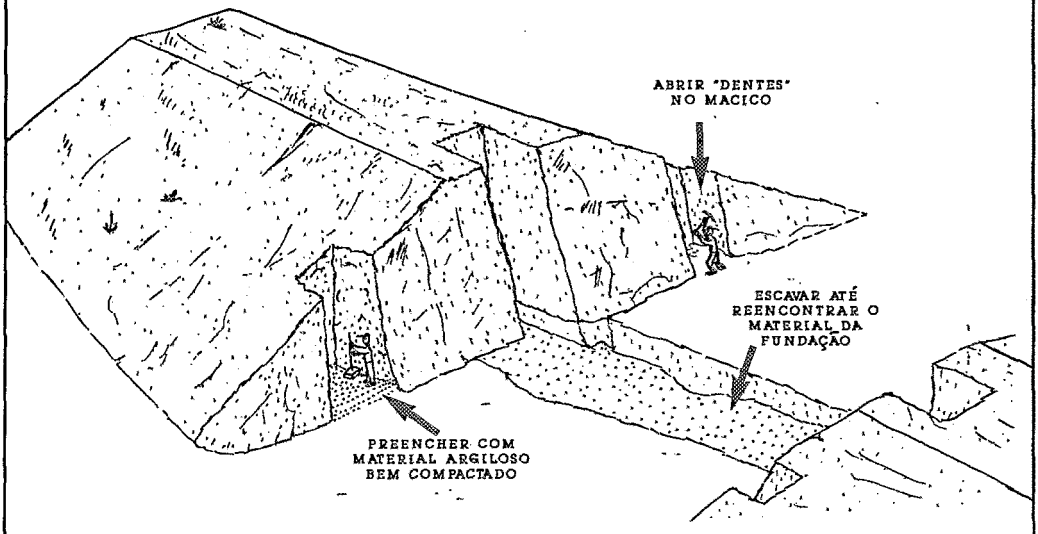
No caso do arrombamento ocorrer no meio do dique, deve-se reconstituir o aterro original com algumas precauções. Se o dique for de pequena altura (mais ou menos inferior a 3.50

83 *Arrombamento central* *Deslizamento do talude*

metros), o conserto poderá ser feito manualmente: muitas vezes e até em açudes maiores, o rombo na parede tem largura limitada, o que dificulta muito a eventual operação de um trator e implica numa intervenção manual.

Para assegurar a coesão do material novo com o resto do dique é indispensável cavar os dois lados, bem como limpar o chão até encontrar o material da fundação, escarificando este último (figura 84). Os "dentes" assim formados deverão ser preenchidos com material da melhor qualidade.

84 *Recuperação da parede no caso de um arrombamento central*




## 3.3 Arrombamento lateral

Uma enchente excepcional pode, também, destruir e levar a proteção de alvenaria que separa o dique do sangradouro.
Neste caso, toda a ponta da parede acaba sendo levada pela água.
A soleira, o muro de proteção e a extremidade do açude devem ser reconstruídos, procurando-se cavar uma fundação mais firme para a parte de alvenaria (foto 85).

85 *Reconstrução do sangradouro e da extremidade da parede*

# Aproveitar o Açude

**B1**
Escolher o aproveitamento

**B2**
Abastecimento e plantação de sítio

**B3**
Cultivos de vazante

**B4**
Piscicultura para pequenos açudes

**B5**
Irrigação

# Escolher o Aproveitamento

B1

1. Aproveitamentos possíveis
2. Levantamento das fontes de água existentes
3. Interação do abastecimento humano com outros usos
4. Pré-seleção dos aproveitamentos possíveis
5. Interação entre os vários usos

## 1. Aproveitamentos possíveis

A valorização da açudagem do Nordeste está, de maneira geral, bem aquém da sua potencialidade, como foi comentado na introdução deste manual. Esses reservatórios podem ser utilizados para vários fins, como ilustrado na figura 86, sendo os principais:

1. abastecimento humano
2. outros usos domésticos (lavagem de roupa, asseio, lazer)
3. abastecimento animal
4. plantação de sítio (aproveitamento das infiltrações a jusante da parede)
5. cultivo de vazante
6. irrigação
7. pesca e/ou criação de peixes, marrecos, patos, etc.

Tratando-se do aproveitamento de pequenos açudes, é óbvio que não haverá sempre possibilidade de desenvolver todas essas atividades ao mesmo tempo. Cada situação é específica e, levando-se em conta as prioridades locais, bem como as características da represa, deve-se propor diferentes opções.

Analisamos, a seguir, alguns critérios gerais a serem considerados na hora da definição do

86 *Os divervos usos do açude*

aproveitamento de um determinado açude. Supõe-se, neste caso, que a represa em apreço já existe. No caso, porém, em que se planeja sua construção, é evidente que a **sua locação e seu tamanho deverão levar em conta o seu uso futuro**, o qual deverá ser definido de antemão.

*Definir o açude em função do seu uso ver item A1.*

## 2. Levantamento das fontes de água existentes

Em decorrência do problema central do abastecimento e do papel desempenhado pelo açude a esse respeito, o primeiro passo deve ser o inventário de todas as fontes de água existentes na redondeza e suscetíveis de serem utilizadas pelo proprietário do açude. Distinguem-se:

- poço tubular
- poço amazonas
- cacimba (ou cacimbão)
- cisterna
- barreiro
- outros açudes
- rio (perenizado)
- olho d'água (minação).

Para cada fonte existente, deve-se examinar:

— sua **duração** (a cacimba pode secar, a cisterna não ser sempre suficiente para durar até o próximo inverno, etc.);

— se é usada **pelo gado ou pelo homem**, ou por ambos; notar a qualidade bacteriológica e química (sais);

— seu acesso: se é **próxima** (cacimba, por exemplo) ou **distante** (açude público situado a vários quilômetros).

O agricultor informa, então, quais são **as fontes utilizadas num ano normal** (ex: açude até outubro, depois parte para cacimba; o gado bebe no açude público próximo) e **em período de seca** (ex: quando seca a cacimba, vai para o açude público).

**Depois de entender a lógica do abastecimento dos homens e dos animais, deve-se definir um aproveitamento que não prejudique - ou pouco prejudique - o sistema estabelecido ou, ao contrário, procurar fontes de água mais satisfatórias para o abastecimento. Isso é regra fundamental.**

## 3. Interação do abastecimento humano com os outros usos

A análise do sistema de abastecimento humano na propriedade evidencia, em geral, uma das três situações resumidas a seguir:

### ■ O abastecimento depende totalmente do açude

Não existe outra fonte de água para o consumo humano; o açude é a fonte principal de abastecimento nos períodos de estiagem. Podem existir outras fontes emergenciais, porém de acesso difícil (grande distância) e/ou mais precárias (caminhão-pipa). Neste caso, os abastecimentos humano e animal quase sempre coexistem.

### ■ O abastecimento depende parcialmente do açude

O açude é a principal fonte de água, devido principalmente **à facilidade de acesso e à proximidade.** Nas estiagens, o açude é geralmente (ou pode ser) substituído por uma (ou várias) outras fontes (poços, açude mais distante, etc...).

| INTERAÇÃO DOS USOS COM O SISTEMA DE ABASTECIMENTO HUMANO | PAPEL DO AÇUDE NO ABASTECIMENTO HUMANO | | |
|---|---|---|---|
| | O ABASTECIMENTO DEPENDE TOTALMENTE DO AÇUDE | O ABASTECIMENTO DEPENDE PARCIALMENTE DO AÇUDE | O ABASTECIMENTO É INDEPENDENTE DO AÇUDE |
| ABASTECIMENTO ANIMAL | NÃO ACONSELHADO POR RAZÕES SANITÁRIAS (USO DE UM BEBEDOURO A JUSANTE) *NESTE CASO OS ABASTECIMENTOS HUMANO E ANIMAL COEXISTEM | | SITUAÇÃO FAVORAVEL |
| CULTIVO DE VAZANTE | ACONSELHADO EM TODAS AS SITUAÇÕES | | |
| PISCICULTURA | ACONSELHADO, POREM SEM ADUBAÇÃO DA ÁGUA POR RAZÕES SANITÁRIAS ( LIMITAÇÃO DOS RENDIMENTOS ) | | SITUAÇÃO FAVORAVEL |
| IRRIGAÇÃO | TOTALMENTE DESACONSELHADO PARA PEQUENOS AÇUDES | POSSIBILIDADE SOB CONDIÇÕES | SITUAÇÃO FAVORAVEL |
| COMENTARÍOS | • POSSIBILIDADE DE IRRIGAÇÃO DE UM CULTIVO DE CICLO CURTO DEPOIS DO INVERNO, A SER DEFINIDA EM FUNÇÃO DAS CARACTERISTICAS DO AÇUDE. ( PARA AÇUDES MÉDIOS ) | • MUITAS VEZES, NA PRÁTICA, OBSERVA-SE A UTILIZAÇÃO PARA O ABASTECIMENTO DOS HOMENS E DO GADO, AO MESMO TEMPO. | • SITUAÇÃO IDEAL. NOS CASOS CONTRÁRIOS TENTAR PROJETAR UMA FONTE DE ABASTECIMENTO INDEPENDENTE PARA SEMPRE LIBERAR O AÇUDE PARA USOS PRODUTIVOS. |

■ **O abastecimento é independente do açude**

O abastecimento é assegurado por fontes de **maior duração** e de **melhor qualidade** sanitária, açude maior, cisternas, poços, etc...
O açude pode ser aproveitado sem receio de prejudicar o abastecimento.

O terceiro caso constitui, evidentemente, a situação **mais favorável.** Nos dois primeiros, deve-se, sobretudo no caso de se projetar uma irrigação com base no açude, estudar, em primeiro lugar, a possibilidade de se incluir no projeto uma fonte alternativa de abastecimento, por exemplo uma cisterna, de maneira a **dissociar o abastecimento humano dos outros usos possíveis.** Se isto for possível, o açude será então liberado e teremos o terceiro caso.
Para cada uma dessas três situações, poderá não ser muito indicado, e até impossível, desenvolver um dos aproveitamentos propostos. A tabela 87 resume as principais interações em cada uma das situações.

## 4. Pré-seleção dos aproveitamentos possíveis

Antes de **iniciar a elaboração do projeto** detalhado, deve-se verificar se o aproveitamento desejado é compatível com a situação existente, ou seja, com as características da propriedade, do açude e da região. O quadro 88 fornece os principais elementos a serem levados em conta nessa etapa de avaliação preliminar.
O abastecimento animal não figura no quadro, já que pode ser considerado independente de qualquer fator externo. Quanto à "plantação de sítio", ver item B2 a seguir.

## 5. Interações entre os vários usos

Muitas vezes, e na medida do possível, tem-se interesse em escolher vários aproveitamentos possíveis, tornando-se necessário verificar se não há incompatibilidade entre eles.
A tabela 89 assinala os principais pontos de estrangulamento. Destaca-se uma limitação para o manejo da irrigação em presença de piscicultura e/ou de cultivos de vazantes. A superfície irrigada deverá ser definida de tal maneira que a **retirada de água não afete excessivamente:**

— a velocidade do rebaixamento do nível da água (vazante),
— a variação da superfície do espelho d'água (piscicultura), dentro do prazo necessário ao desempenho dessas atividades.

**Os critérios preliminares** apresentados neste capítulo permitem chegar a uma **primeira definição do aproveitamento adequado ao açude** e à propriedade.

Os quatro capítulos seguintes referem-se a cada atividade possível e fornecem elementos detalhados para elaboração do projeto, podendo, eventualmente, apontar para uma reformulação do aproveitamento.

Esses capítulos são, pela variedade e pela importância relativa dos temas tratados, de tamanhos desiguais, destacando-se a parte dedicada à irrigação.

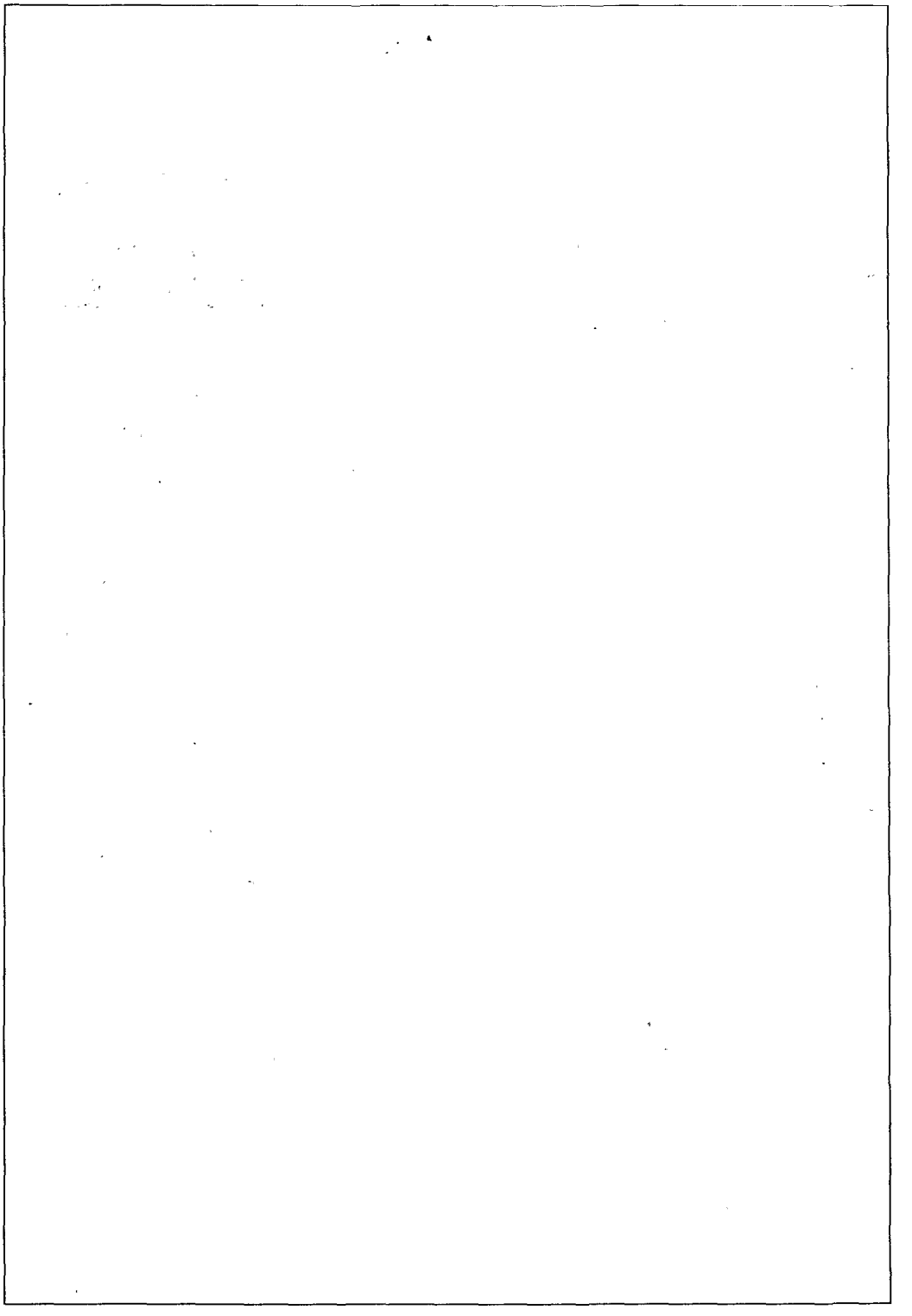
| FATORES EXTERNOS A SEREM LEVADOS EM CONTA | APROVEITAMENTO PLANEJADO | | |
|---|---|---|---|
| | VAZANTE | PISCICULTURA | IRRIGACAO |
| CAPACIDADE DE INVESTIMENTO | INVESTIMENTO LIMITADO PARA CULTIVOS ALIMENTICIOS. INVESTIMENTO NULO PARA CAPIM. | INVESTIMENTO LIMITADO A AQUISICAO DE ALEVINOS E, EVENTUALMENTE, A COMPRA DE ALIMENTOS PARA OS PEIXES | INVESTIMENTO INICIAL MUITO VARIAVEL: US$ 500-800 PARA UM HECTARE IRRIGADO POR SIFAO E GRAVIDADE. US$ 2000-3500 PARA ASPERSAO. |
| MAO DE OBRA DISPONIVEL | POUCA MAO DE OBRA REQUERIDA PARA O CAPIM. M.O MEDIA PARA CULTIVOS ALIMENTICIOS. | M.O LIMITADO A DISTRIBUICAO DE ESTERCO , ALIMENTACAO COMPLEMENTAR E A PESCA. | BASTANTE IMPORTANTE, PORÉM MUITO VARIAVEL SEGUNDO O CULTIVO E O SISTEMA DE IRRIGACAO EMPREGADO. |
| POSSIBILIDADE DE COMERCIALIZACAO | O CAPIM ENCONTRA SEMPRE BOA ACEITACAO (PRODUCAO NO PERIODO SECO). | DEVE SER PREVISTA. DEPENDE DA PRODUCAO ESPERADA. AS POSSIBILIDADES DE MERCADO SAO GERALMENTE BOAS. | ADAPTAR OS CULTIVOS AS NECESSIDADES DOMESTICAS E A DEMANDA LOCAL. |
| ENERGIA | — | — | FATOR DE DEPENDENCIA PARA IRRIGACAO USANDO MOTOBOMBAS. |
| PERFIL E INTERESSE DO PROPRIETARIO | PROPRIEDADE COM PECUARIA | IMPLICA NUMA MUDANCA DE MENTALIDADE COM RELACAO A IDEIA DA PESCA TRADICIONAL. | IMPORTANTE: A INTRODUCAO DA IRRIGACAO E DIFICIL ENTRE OS PROPRIETARIOS DE MAIS IDADE. EM PROPRIEDADES VOLTADAS PARA PECUARIA, LIMITA-SE, EM GERAL, A PRODUCAO DE CAPIM. |
| OUTROS FATORES PARTICULARES | - NECESSIDADE DE CERCAR A AREA SE HOUVER GADO NAS PROXIMIDADES.<br>- DISPONIBILIDADES DE MUDAS PARA O CAPIM.<br>- REBAIXAMENTO NATURAL DO NIVEL DA AGUA MODERADO. | - DISPONIBILIDADE DE ALEVINOS E MEIOS DE TRANSPORTE.<br>- AUSENCIA DE POLUICAO. (PRODUTOS FITOSSANITARIOS OU OUTROS)<br>- ACOMPANHAMENTO TECNICO NO INICIO PREFERIVEL. | - TERRA COM CAPACIDADE DE DRENAGEM.<br>- ASSISTENCIA TECNICA.<br>- QUALIDADE DA AGUA. |

## INTERAÇÃO ENTRE OS VÁRIOS USOS DO AÇUDE

JÁ DESENVOLVENDO ESSA ATIVIDADE,

QUAL SERÁ A INCIDENCIA DESENVOLVENDO ESTA

| | ABASTECIMENTO ANIMAL | CULTIVOS DE VAZANTE | PISCICULTURA | IRRIGAÇÃO |
|---|---|---|---|---|
| ABASTECIMENTO ANIMAL | | NÃO TEM INCIDÊNCIA | NÃO TEM INCIDÊNCIA | CONFLITO, SE O ABASTECIMENTO FOR PRIORITÁRIO |
| CULTIVOS DE VAZANTE | NECESSIDADE DE CERCAR A ÁREA DE VAZANTE | | NÃO TEM INCIDENCIA | A IRRIGAÇÃO DEVE SER MODERADA PARA NÃO ACARRETAR UM REBAIXAMENTO DO NÍVEL DA ÁGUA MUITO RÁPIDO |
| PISCICULTURA | A PRESENÇA DO GADO É PROVEITOSA (adubação) | CUIDADOS NA APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS | | A IRRIGAÇÃO DEVE SER MODERADA PARA NÃO ACARRETAR DIMINUIÇÃO RÁPIDA DO ESPELHO D'ÁGUA. RESTRIÇÃO PARA ÁREAS IRRIGADAS A MONTANTE, POR CAUSA DOS PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS |
| IRRIGAÇÃO | O CONSUMO DO GADO É GERALMENTE DESPREZÍVEL | NÃO TEM NCIDÊNCIA | A ADUBAÇÃO DA ÁGUA E PROVEITOSA PARA IRRIGAÇÃO | |



# O Abastecimento e Plantação de Sítio

B2

**1. Abastecimento doméstico**

**1.1 Assegurar a potabilidade da água**

**1.2 Qualidade química da água**

**1.3 A qualidade sanitária da água**

- Como se manifesta a xistosoma
- Como se transmite a doença
- O que fazer para evitar e curar a xistosoma

**2. Plantação de sítio**

O açude da propriedade sertaneja é, antes de tudo, a fonte de suprimento d'água em torno da qual convergem as atividades domésticas: alimentação em água, lavagem de roupa, asseio, recreação, aproveitamento da revência para o pomar familiar ("plantação de sítio"), bem como o pólo de dessedentação dos animais.

# 1. O abastecimento

## 1.1 Assegurar a potabilidade da água

90

91 *Bebedouro de alvenaria*

A função mais comum do açude é **fornecer água** para as populações. Neste caso, é indispensável tomar precauções para conservar a **potabilidade dessa água.**

Isto, muitas vezes, é dificultado pelo fato de o açude **ser também** utilizado para o abastecimento do gado. Quando é impossível separar as fontes de abastecimento, a única solução é impedir aos animais o acesso ao açude, por meio de cercas, e fornecer-lhes água **em outro local.**

No entanto, impedir o acesso dos animais ao açude é muitas vezes difícil, e até impossível no caso de açudes maiores que abastecem o gado de várias propriedades.
Se já existe algum sistema de bombeamento para levar água até as habitações, pode-se facilmente instalar uma derivação até um bebedouro e ligar a bomba na hora do gado beber.
Isto pode também ser feito a jusante do açude, desde que se disponha de um sifão. Um bebedouro simples (figura 91) pode ser construído a baixo custo, com tijolos e capeamento de cimento. Prever um orifício para seu esvaziamento.

Para conservar a qualidade da água, deve-se cuidar também para que não **se lave roupa diretamente** na margem do açude evitando-se assim que a água ensaboada o polua. Essa precaução já é comum no sertão, provavelmente porque o gosto da água se torna facilmente ruim, ao contrário do que acontece com uma poluição bacteriológica. Costuma-se retirar a água com uma lata e lavar a roupa geralmente **logo a jusante ou acima do sangradouro.**

## 1.2 Qualidade química da água

**A qualidade química da água** do açude pode, também, ser um fator limitante, tanto para o abastecimento doméstico quanto para o abastecimento animal.

A classificação de Schoeller informa-nos sobre a **potabilidade** da água para o **ser humano no que se refere a sua concentração salina.** O paladar constitui um primeiro instrumento para se determinar a salinidade da água já que identifica água salobra **em volta de 800 micromhos.** A partir de 2800 micromhos, a água não é mais considerada potável.

**Critério de qualidade da água (Schoeller)**

| Água | Potável | | Não Potável | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | boa | média | ruim | muito ruim | imprestável |
| *Res.seco (mg/l)* | *0-500* | *500-1000* | *1000-2000* | *2000-4000* | *4000-8000* |
| *CE (micromhos)* | *0-700* | *700-1400* | *1400-2800* | *2800-5500* | *5500-11000* |

Com relação ao **abastecimento animal**, pode-se tomar por base a classificação seguinte, proposta pela FAO.

### Utilização das águas salgadas para o rebanho e aves domésticas

**(CE <1.500 micromhos)**
*Quantidade de sal relativamente fraca. Excelente para todas as categorias de rebanho e de aves.*

**(CE = 1.500 - 5.000 micromhos)**
*Muito satisfatória para todas as categorias de rebanho e de aves. Pode provocar uma diarréia temporária e leve nos animais de criação que não estão habituados com seu uso, ou fezes aquosas nas aves.*

**(CE = 5.000 - 8.000 micromhos)**
*Satisfatória para o rebanho, pode, entretanto, provocar uma diarréia temporária nos animais que não estão habituados, ou pode ser recusada no início.*
*Medíocre para as aves,* **com freqüência causadora de dejeções líquidas, de uma mortalidade crescente e de uma diminuição do crescimento, especialmente para o peru.**

**(CE = 8.000 - 11.000 micromhos)**
*Razoavelmente segura para os animais leiteiros e os bovinos de corte, carneiros, porcos e cavalos. Evitar sua utilização pelos animais prenhes ou em fase de lactação. Imprópria para as aves.*

**(CE = 11.000 - 16.000 micromhos)**
*Imprópria para as aves e provavelmente para o porco. Apresenta um risco considerável para as vacas, éguas ou ovelhas prenhes ou em fase de lactação, ou para as crias dessas espécies. Em geral, deve-se evitar utilizá-la, embora possa ser consumida, em certas condições, por cavalos, aves e porcos mais velhos.*

**(CE >16.000 micromhos)**
*Os riscos ligados à utilização dessas águas muito salgadas são consideráveis. Não podem ser utilizadas, sejam quais forem as condições.*

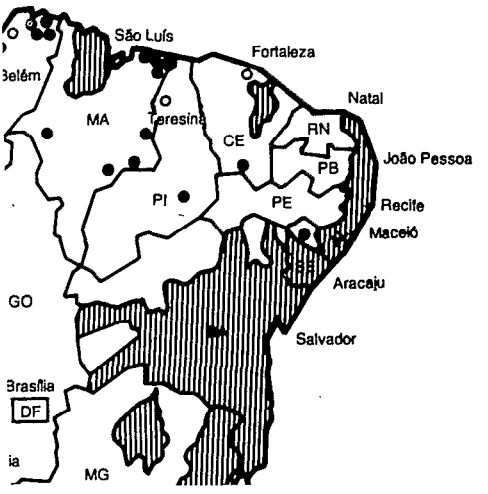
*Fonte: Environmental Studies Board, Nat. Acad. of Eng.*

## 1.3 A qualidade sanitária da água

A água do açude pode, às vezes, ser fonte de diversas doenças. As mais comuns são a **hepatite**, a amebíase **e a esquistossomose**, popularmente conhecida como **xistosoma** ou xistosa, xistosomose, doença dos caramujos, doença de Manson, **barriga d'água**. Todas essas doenças estão relacionadas com a falta de higiene. Em todos os casos, recomenda-se filtrar a água retirada do açude para o consumo, e até fervê-la, caso o gado tenha acesso ao açude.

A xistosoma é um mal muito comum. Calcula-se que cinco milhões de brasileiros são portadores da doença. Na região Nordeste, o Estado mais atin-

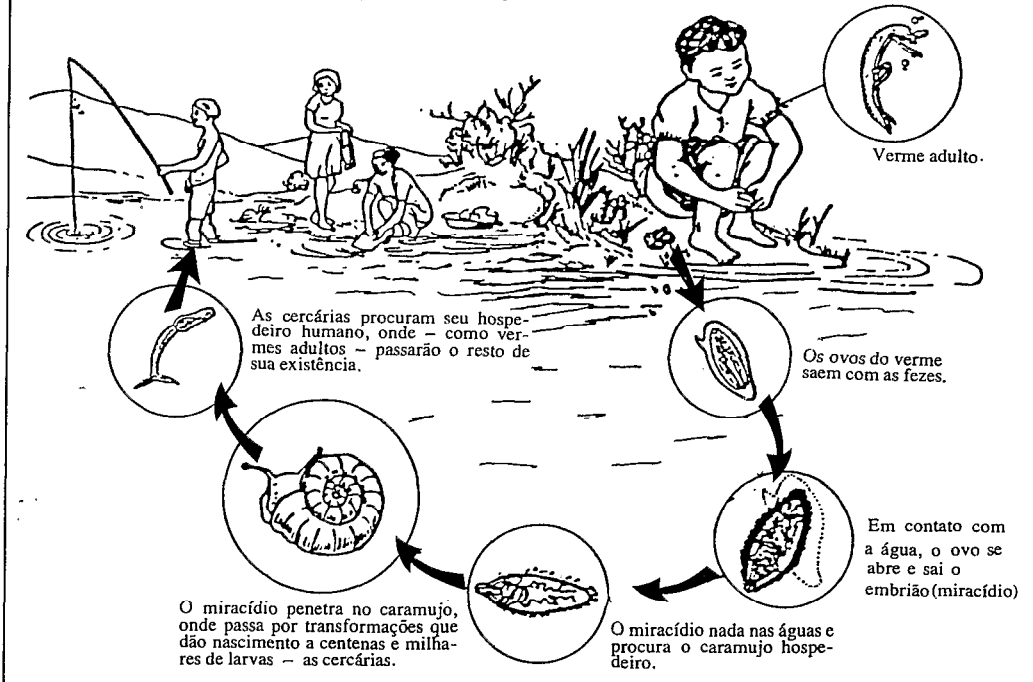
92 *Zonas de incidência da xistosoma no Nordeste*




Fonte: SUCAM

93

CICLO DE VIDA DO SCHISTOSOMA




Fonte: SUCAM

gido é a Bahia, conforme a figura 92, que mostra a predominância das áreas endêmicas no Agreste, na zona da Mata, na baixada Maranhense e na margem direita do vale do São Francisco.

## ■ Como se manifesta a xistosoma?

A xistosoma se manifesta de maneira diferente segundo os indivíduos, que podem passar até muitos anos sem "sentir a doença". Normalmente, ela provoca diarréias periódicas, às vezes acompanhadas de muco, sangue e cólicas, ou alternância de diarréia com prisão de ventre, tonturas, dores de cabeça, fraqueza. Em casos graves, o baço incha e há dilatação das veias da barriga, ou o indivíduo desenvolve a chamada "barriga d'água". Na realidade trata-se de vermes que se reproduzem e se instalam nas veias do sistema digestivo, principalmente do fígado.

94 *Idntificação dos caramujos perigosos*

| REFERÊNCIAS | ESPÉCIES | |
|---|---|---|
| | B.glabrata | B.straminea |
| CARACTERÍSTICAS GERAIS | Concha grande e lisa.<br>Diâmetro = ± 40 mm<br>Giros arredondados, aumentando gradativamente o seu diâmetro<br>Côr escura/marrom | Concha pequena, com os lados umbilicados.<br>Diâmetro = ± 16,5 mm<br>Giros arredondados, aumentando rápidamente o seu diâmetro<br>Côr clara (palha) |
| LADO DIREITO | <br>Côncavo, com o giro central profundo. | <br>Côncavo ou aplanado, com o giro central profundo |
| PERFIL | <br>Abertura oval com Diâmetro = ± 11 mm | <br>Abertura oval ou arredondada, com Diâmetro = ± 6mm |
| LADO ESQUERDO | <br>Formando uma concavidade rasa | <br>Concavidade geralmente maior que no lado direito |

*Fonte: SUCAM*

## ■ Como se transmite a doença?

A propagação da doença é facilitada pela falta de higiene: **os ovos do verme** são evacuados com as fezes da pessoa infectada e, se estas forem depositadas na margem do açude (lagoas, valas de irrigação...) ou dentro da água, haverá contaminação da mesma. Os ovos se transformam em larvas que procuram **se hospedar nos caramujos** que constituem seu habitat natural de desenvolvimento. No caramujo, as larvas se multiplicam por milhares e, depois de três a quatro semanas, infestam a água, **atravessando a pele** das pessoas que vão ao açude para tomar banho, lavar roupa, pescar, brincar, etc... fechando-se, assim, o ciclo da doença (ver figura 93).

## ■ O que fazer para evitar e curar a xistosoma?

- A primeira medida, para evitar que a doença se propague, consiste em melhorar as condições higiênicas (construção de latrinas, fossa sanitária...) e cuidar que nenhuma das necessidades seja feita nas proximidades ou dentro do açude.

- Evita-se criar condições favoráveis ao desenvolvimento dos caramujos (remansos devem ser drenados, a vegetação na margem do açude limitada, etc...). Um **controle biológico** pode ser realizado com a criação de patos e marrecos que se alimentam dos caramujos.
  Nem todo caramujo contribui à propagação da doença. No Nordeste existem apenas dois tipos de caramujos perigosos (ver figura 94). **No sertão, somente o Straminea** (concha pequena de menos de 2 cm de diâmetro) é transmissor da doença.

*O tratamento contra os caramujos mata também os peixes.*

Se se encontrar caramujos no açude, deve-se:

- Pedir à SUCAM para determinar se estes estão contaminados ou não. Caso estejam, a SUCAM aplicará no açude **um veneno especial** para erradicar os caramujos. Por outro lado, as pessoas que freqüentam o açude deverão submeter-se a um exame de fezes para diagnosticar a doença com certeza (ou pedir à SUCAM a aplicação de um teste especial). Se o exame acusar a xistosoma, elas deverão procurar um médico ou um Centro de Saúde que determinará se o indivíduo está em condições de se submeter ao tratamento adequado para livrar-se da doença.

**Atenção:** o medicamento não é vacina e a pessoa curada pode ser infectada novamente.

## 2. As plantações de sítio

Uma utilização tradicional dos açudes consiste em aproveitar a sua revência, ou seja, as infiltrações por baixo da barragem que, muitas vezes, se manifestam no pé da parede. Essas infiltrações podem ser **visíveis** (áreas úmidas ou até encharcadas) ou **invisíveis** (alimentação subterrânea de um lençol freático).

Para tirar proveito dessa água infiltrada, costuma-se plantar cana ou capim e algumas

95 *Aproveitamento da revência a jusante do açude*

| CULTURAS | TEXTURA DO SOLO | | | DRENAGEM | | TOLERANCIA A SAIS | | CRESCIMENTO RADICULAR | | OBSERVAÇÕES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ARENOSA | MÉDIA | ARGILOSO | TOLERA ENCHARCAMENTO DE POUCA DURACAO | TOLERA ENCHARCAMENTO PROLONGADO | TOLERA SALINIDADE MÉDIA | TOLERA SALINIDADE ELEVADA | MÉDIO OU FRACO | PROFUNDO | |
| MANGUEIRA | | ● | ● | ● | | | | | ● | FRUTEIRA IDEAL PARÁ A JUZANTE DOS AÇUDES. NÃO TOLERA SALINIDADE |
| BANANEIRA | ● | ● | | ● | | | | ● | | SOLOS AREJADOS RICOS EM HUMUS |
| COQUEIRO | ● | | | ● | ● | | ● | ● | | IDEAL PARA SOLOS UM POUCO SALINOS. COMERCIALIZAÇÃO GERALMENTE BOA. RENDA REPARTIDA NO ANO. A MUDA NÃO PEGA EM SOLO ENCHARCADO. |
| CAJUEIRO | ● | | | | | ● | | | | |
| GOIABEIRA | ● | ● | | | | | | | | PLANTA RÚSTICA PARA BAIXIOS BEM DRENADOS E SEM SALINIDADE |
| CÍTROS | ● | ● | | | | | | | ● | |
| CANA | | ● | ● | | ● | | ● | ● | | A CANA EXTRAI UMA PARTE DOS SAIS |
| CAPIM ELEFANTE | | ● | ● | ● | | | ● | ● | | |

**fruteiras** para o consumo familiar local. Por isso, esse tipo de aproveitamento é, às vezes, chamado de "plantação de sítio" (foto 95).

A tabela 96 resume as características das principais culturas que se costuma encontrar na revência dos açudes e fornece algumas observações para orientar na escolha da mais adaptada a cada caso.

Destacam-se a mangueira pela abundância de frutos produzidos, o coqueiro pelo valor que tem a sua produção no sertão e a bananeira.

O capim e a cana são opções interessantes para áreas encharcadas e/ou parcialmente salinizadas.

Se a umidade superficial perdura o ano todo, a área pode também ser aproveitada para conservar uma parcela de capim de vazante que será utilizada como sementeira para o plantio na margem do açude.

O único cuidado, especialmente para o plantio de mangueiras, diz respeito à distância (10 ou 20 metros no mínimo) que deve ser mantida entre a barragem e o lugar do plantio, para evitar que as raízes das árvores ameacem o maciço do açude.

As plantações de sítio não conflitam com nenhum outro uso e constituem um aproveitamento muito valioso que, embora **não necessite trabalho** suplementar, nem sempre é realizado.

Em algumas situações de açudes com infiltrações importantes, pode-se observar bananais ou capinzais de **várias centenas de metros** de comprimento alimentados apenas pela revência da barragem! Neste caso, pode-se até falar de irrigação subterrânea.

# Cultivos de Vazante

B3

# B3

## 1. Condições Necessárias Para o Plantio de Vazantes

**1.1 Escolher um local adequado**
**1.2 Escolher culturas adequadas**
**1.3 Proteger a área a ser plantada**
**1.4 Prever o rebaixamento do nível d'água**

## 2. Os Capins de Vazante

- Produção
- Quando plantar?
- Onde plantar?
- Como conseguir mudas de capim?
- Como plantar o capim?
- Caso de um plantio tardio
- Como se proteger do vento?
- Como aproveitar o capim?

## 3. Os Cultivos Alimentícios

- A batata doce
- O feijão
- Melão, melancia e jerimum

São chamados de "vazantes" os terrenos na margem dos açudes e lagoas (bem como dos leitos dos rios) que são inundados pelas águas durante a época chuvosa e vão sendo descobertos progressivamente durante a época seca.
As culturas desenvolvidas em tais áreas, pela ocupação de mão-de-obra e pela produção de alimentos e de forragens que oferecem na contra-estação, ou seja, durante a entressafra constituída pelo período seco, podem representar uma atividade produtiva fundamental nas regiões semi-áridas.

Essa prática originou-se na região do Seridó (RN) por ocasião da seca de 1823; desenvolvida inicialmente nos leitos dos rios secos, esta passou, em seguida, a ser adaptada às margens das lagoas naturais e, posteriormente, às margens dos açudes daquela região.

Embora não seja exagero dizer que durante a estação seca a pecuária do Seridó se baseia principalmente no **capim de vazante** (destacando-se, assim, apesar do baixo potencial dos seus solos, como uma das regiões de pecuária mais prósperas), essa prática não teve ainda a difusão que merece.

Os cultivos de vazante dividem-se em duas categorias:

- **Cultivos alimentícios:**
  feijão, batata-doce, jerimum ou abóbora, melão, melancia, maxixe, etc...
- **Cultivos forrageiros:**
  diversos tipos de capim adaptados a essa situação.

A cultura de vazante apresenta grandes vantagens:

- **Produção na contra-estação:**
  mão-de-obra disponível, melhores preços de venda dos produtos, sustentação do gado no período seco.
- **Mão-de-obra reduzida:**
  as áreas descobertas, à medida que baixa o nível da água, encontram-se livres de ervas daninhas; a adubação e a aração nem sempre são necessárias; a mão-de-obra é muito limitada no caso do capim e, sobretudo, **repartida no tempo**, já que se deve plantar continuamente, à medida que o nível da água baixa.
- **Solo de boa fertilidade:**
  os solos de vazante de açudes ou lagos apresentam geralmente ótima fertilidade por terem recebido o limo trazido pelas águas.
- **Uso limitado de água:**
  o consumo de água dos cultivos de vazante **não influi no rebaixamento do açude** de maneira muito sensível porque a evapotranspiração da margem do açude, invadida por espécies nativas, não seria muito diferente.
- **Tolerância à salinidade:**
  a maioria dos capins de vazante são muito resistentes à salinidade, não sendo afetados por condutividades de 4.000 a 5.000 micromhos, e até 10.000 para algumas variedades.

*Para medir a salinidade da água, ver item B5-3.*

# 1. Condições necessárias para o plantio de vazantes

## 1.1 Escolher um local adequado

Os açudes **mais adequados** ao cultivo de vazante são aqueles que apresentam as seguintes características:

- Bacia hidráulica extensa, plana, pouco profunda e rapidamente descoberta pelas águas: açudes de coeficiente de abertura importante (vales abertos, K grande) e encostas côncavas (α grande).
- Bacia hidráulica com **solos de aluvião** bastante profundos e/ou com depósitos de limo que aumentam a fertilidade. Açudes de mais de 100.000 ou 200.000 $m^3$ apresentam geralmente grandes áreas de aluviões, a menos que sejam construídos em áreas montanhosas. Para pequenos açudes, as encostas são, em geral, menos favoráveis que a parte baixa do leito do rio.
  Solos rasos só poderão ser aproveitados com capim e, mesmo assim, com rendimentos baixos.
- Solos de boa estrutura (que favorece o crescimento das raízes), boa **capacidade de retenção d'água** e/ou capilaridade, em particular não muito arenosos.

*Significado de (α) e (K).* *Ver pág. 205*

*Importância da forma do açude.* *Ver pág. 207*

## 1.2 Escolher culturas adaptadas

As culturas adequadas ao cultivo de vazante devem ter duas características principais:

- **crescimento radicular** rápido de maneira a acompanhar o rebaixamento do lençol freático do solo que corresponde aproximadamente ao nível da água no açude;
- **ciclo curto**, de tal forma que possam cumpri-lo antes do período em que o açude pode encher novamente. Na prática, particularmente no sertão Norte, esse requisito se aplica só a **cultivos plantados muito tarde**, já que se pode contar com 6 a 7 meses seguidos com probabilidade de escoamento fraco ou nulo. Em regiões onde as chuvas de outubro-dezembro podem ser intensas (trovoadas da Bahia, por exemplo), este prazo pode ser reduzido.
  A exigência de um ciclo curto decorre, também, do fato que o sistema radicular da planta não pode acompanhar eternamente o nível da água, sendo a espessura do solo a primeira limitação.

Os cultivos que satisfazem melhor essas exigências são os enumerados antes.

## 1.3 Proteger a área a ser plantada

*O custo da cerca deve ser levado em conta no projeto.*

É imprescindível que toda a área inundada seja **protegida** e isolada por uma cerca eficiente. Um corredor dando acesso à água permite que o açude sirva ao mesmo tempo para o abastecimento dos animais, qualquer que seja o nível da água (foto 97).

A proteção da área é um dos principais obstáculos ao cultivo de vazante. Em áreas onde há muito gado solto, pode ocorrer arrombamento de cercas pelo gado faminto. Em alguns casos em que o açude se encontra distante de habitações, pode **haver roubo** de parte da produção!

## 1.4 Prever o rebaixamento do nível da água

*Estimar o rebaixamento do açude. Ver item B5-2.*

Açudes com muitas infiltrações ou aproveitados para irrigar **podem apresentar um rebaixamento muito rápido do nível da água.** De acordo com as características do solo (retenção, capilaridade), pode-se tornar impossível o cultivo de vazante. Em solos espessos e de boa retenção (baixio profundo), pode-se tolerar um rebaixamento mais importante enquanto que para um solo mais raso, o rebaixamento diário deverá ser menor.
No caso de um rebaixamento excessivamente rápido, **uma irrigação complementar será necessária.** No caso de pequenas hortas com produção para o consumo familiar, essa irrigação pode ser manual, com o auxílio de um regador. No caso de um plantio de capim, são preferíveis espécies mais "agressivas" como o quicezinho, o braquiaria ou o capim de planta.

97a *Corredor para o gado*

*Capim de vazante* 97b

## 2. Os capins de vazante

De modo geral, o capim é a cultura que predomina nas vazantes de açudes, principalmente na microrregião do Seridó norteriograndense, zona mais voltada para a pecuária.
As capineiras das margens dos açudes constituem um verdadeiro **"silo verde"** na propriedade. Embora difundidos em boa parte do Nordeste, os capins de vazante são ainda desconhecidos em muitas regiões; além disso, o seu **aproveitamento intensivo** e racional constitui uma ***técnica muito pouco difundida,*** confinada ao Seridó e, localmente, a algumas partes do Ceará, do Apodi e do vale do Rio Piranhas, principalmente.
Em muitos lugares onde são conhecidos, o manejo é insuficiente ou se empregam variedades semi-perenes de pouco benefício.

*Ver lista dos principais capins, pág. 144*

Existem muitos tipos de capim explorados na beira dos açudes, destacando-se como os mais comuns, **o andrequicê, o mandante** (ou cacho roxo) e o **capim de planta.**
Os principais capins de vazante distinguem-se dos outros tipos de capim principalmente **pela possibilidade de serem plantados diretamente dentro da água.** Um bom manejo permite uma excelente produção, como detalhado a seguir.

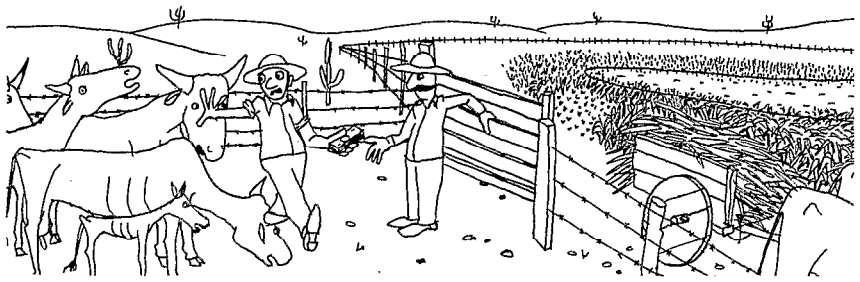
### ▩ Produção

Essas variedades, nas condições próprias ao cultivo de vazante, são precoces e permitem um primeiro corte após 50-60 dias (ou mais cedo, se for necessário). O andrequicê fornece

98

### O valor do capim de vazante

*A produção de capim verde em plena estação seca, e ainda mais nos anos de estiagem, pode trazer benefícios inestimáveis: a título de exemplo, em dezembro de 1990, a produção de um hectare de capim de vazante na região do Seridó era vendida a um preço correspondente a 25 salários mínimos, tendo este preço alcançado o equivalente de até 100 salários em terras boas com perspectivas de 3 cortes.*



uma **base de 30 a 60 toneladas/ha** de capim de boa qualidade por corte (poucas fibras, poucos pelos, 10-14% de proteínas). O mandante tem produção semelhante, porém valor nutritivo mais baixo. O quicezinho, de porte mais baixo, tem produtividade de 20-40 t/ha/corte. Conforme a qualidade e a umidade do terreno, obtém-se **entre um** (terra rasa com pouca reserva hídrica) **e três cortes** (aluviões de boa textura e fertilidade).

## ■ Quando plantar?

O capim deve ser plantado logo depois do açude encher ou, mais precisamente, após uma data em que a probabilidade de haver escoamentos relevantes é nula ou muito fraca (no fim do inverno) para evitar riscos de submersão. **Não deve haver demora,** já que as áreas descobertas pelo rebaixamento da água (e suscetíveis de terem sido plantadas de capim) são **maiores** no início e diminuem à medida que baixa o nível da água.

Caso o açude encha **no início** ou no meio do inverno, pode-se **plantar logo** o capim na extremidade do espelho d'água, sem esperar o fim do inverno, já que não haverá risco de submersão prolongada. Isto permitirá dispor de forragem mais cedo e, em particular, **multiplicar as mudas**, que nem sempre se encontram em quantidade suficiente para permitir o plantio de toda a área disponível.

*Um bom manejo assegura ótimo rendimento.*

**O plantio deve ser contínuo,** por faixas sucessivas, de acordo com o rebaixamento do açude; a cada 2 ou 3 semanas, há necessidade de plantar a faixa correspondente a uma lâmina d'água entre 1 e 2 palmos (figura 99). Este é um dos **aspectos mais importantes do manejo da vazante.**

## ■ Onde plantar?

*Ver plantio de espeque, pág. 141*

Escolhe-se de preferência as áreas de solos de aluviões, porém as de solos rasos podem também ser aproveitadas com um método de plantio particular. O plantio pode ser feito na margem úmida, fora da água, porém uma das grandes vantagens dos capins de vazante é permitir **um plantio dentro da água,** o qual tem como vantagens principais:

- **aumentar** o tempo com disponibilidade de água para o enraizamento e crescimento do capim;

99

# MANEJO DO CAPIM DE VAZANTE

- **favorecer** o crescimento radicular, por estar a terra molhada e mole;
- **permitir uma ocupação do solo** pelo capim, o que faz com que, uma vez fora da água, haja pouco espaço para a competição de mato e ervas daninhas;
- **permitir um plantio mais cedo** (sem esperar que a água libere a terra úmida) e oferecer disponibilidade de capim, também, mais rapidamente.

## ■ Como conseguir sementes de capim?

Para o plantio utilizam-se mudas ou "sementes", cortadas numa área já plantada. A muda é apenas uma planta já crescida (ou um pedaço dela), a reprodução da planta fazendo-se a partir dos "olhos" (nós) do caule.

Para dispor de capim verde no fim do inverno, procura-se uma área em que se possa **manter uma pequena reserva de capim** o ano todo: um baixio alimentado pela revência de um açude, uma parcela próxima a uma cacimba ou um poço, que será molhada a cada semana para manter o capim vivo.

Pode-se também, na hora em que fortes chuvas ocorrem, cortar rapidamente uma carrada de capim na bacia do açude e conservá-la para replante depois do açude ter eventualmente enchido.

As mudas (os caules) podem ser conservadas **até 15 dias embrulhadas num papel jornal molhado a cada dia** e armazenadas na sombra. Isto possibilita, também, o transporte de uma região para outra.

*O capim preguiçoso rende menos.*

Certos capins mais rústicos (capim de planta, braquiaria,...) **não precisam ser plantados a cada ano:** as plantas ficam na bacia do açude e rebrotam com as chuvas. Depois do inverno, elas acompanham o rebaixamento do açude e cobrem a sua bacia. A produtividade e a qualidade destes capins **é bem inferior** às do andrequicê ou do mandante, mas eles dispensam a mão-de-obra (o capim de planta é, às vezes, chamado de "capim preguiçoso").

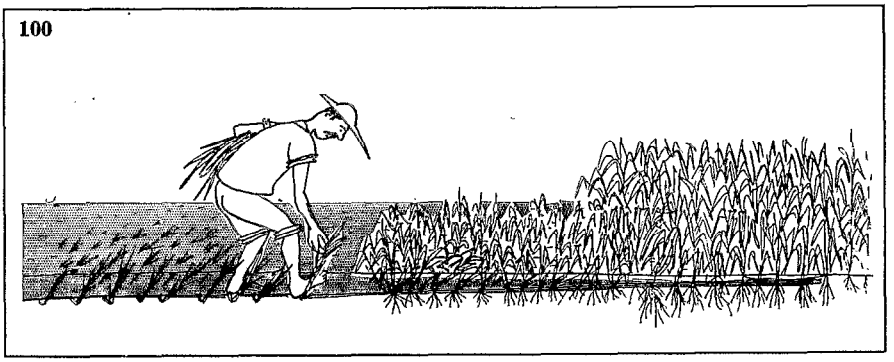
## ■ Como plantar o capim?

Para plantar os capins de vazante, existem diversas técnicas segundo o tipo de solo e a mão-de-obra disponível:

### □ Plantio "espalhado"

**a.** O método mais simples consiste em cortar uma área de capim já crescido e transportar os caules para a área do plantio: essa área deve ser escolhida conforme os critérios citados antes e deve encontrar-se coberta por **uma lâmina de 30 cm de água** aproximadamente (ou seja, entre 20 e 40 cm, "meia canela").

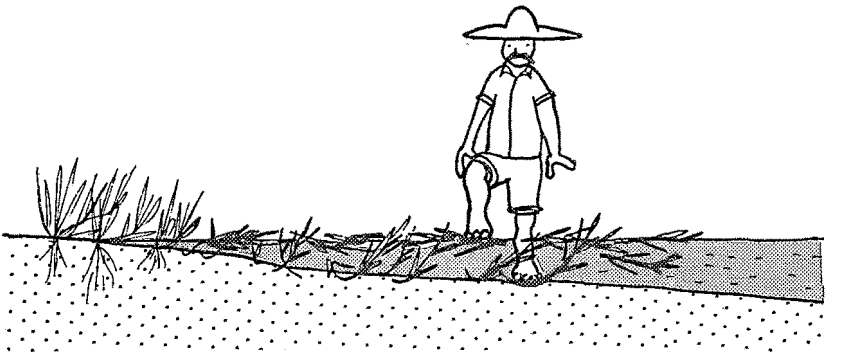
O vazanteiro deve, em seguida, pegar as plantas uma por uma (ou por grupos de dois), mergulhar a base do caule (parte grossa) na água e pisar nela com o pé, de



maneira a enfiá-la na lama, deixando a parte alta flutuando na superfície em direção à margem do açude (figura 100).

**b.** Uma simplificação deste método consiste em apenas **espalhar** os caules inteiros na superfície da água e pisoteá-los, de preferência nas partes mais graúdas, sem muitos cuidados (figura 101). Cada nó em contato com a lama se enraizará e dará uma touceira de capim.

**101** *Plantio espalhado*



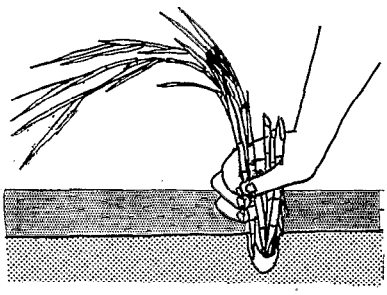
Essa técnica permite um **plantio mais rápido** (considerar 4 homens/hora para 1.000 $m^2$), mas é reservada a terras de barro. A densidade de plantio (e a produção final) nem sempre são suficientes ou regulares (considerar 1 $m^2$ de plantas "semente" para plantar 10 $m^2$ (andrequicé) ou 13 $m^2$ (quicezinho).

**102a** *Touceira de capim* *Plantio espalhado* **102b**

## ☐ Plantio de espeque

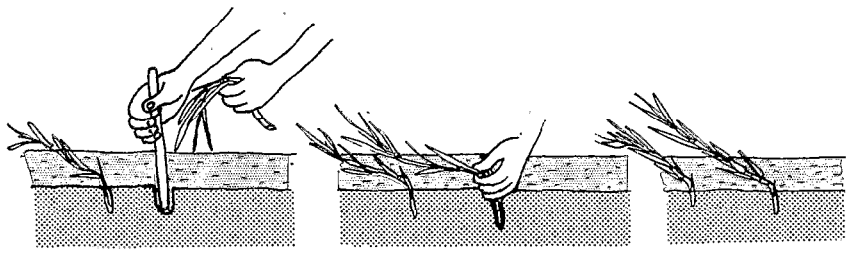
**a.** O plantio manual (direto) é mais trabalhoso mas permite uma **densidade de plantio mais elevada e um rendimento muito superior.** As plantas são apanhadas por feixes de três e enfiadas diretamente na terra; para dar maior resistência aos caules, pode-se quebrar e dobrar um trecho inferior de 10-20 cm e enfiar o conjunto (figura 103). Plantas compridas (2 m) devem ser cortadas em 3 ou 4 pedaços que serão plantados juntos, economizando-se assim as mudas.

103 *Plantio manual*



**b.** Esse método está geralmente **reservado a áreas de solos mais duros**, de qualidade inferior, em que o "plantio espalhado" anterior não permite fixar o caule à terra. Por isso, muitas vezes, é preciso utilizar um **espeque** (pedaço de madeira) de modo a furar o solo e facilitar a fixação do feixe de caules (fig. 104). A **densidade do plantio** deve ser elevada (porque a planta não se alastra) e pode alcançar até 0.10 x 0.10 m. Considerar um dia e meio de trabalho para plantar 1.000 $m^2$. Em condições normais, tanto para o plantio espalhado quanto para o plantio de espeque, é comum misturar o andrequicé como mandante (e, eventualmente, com o quicezinho).

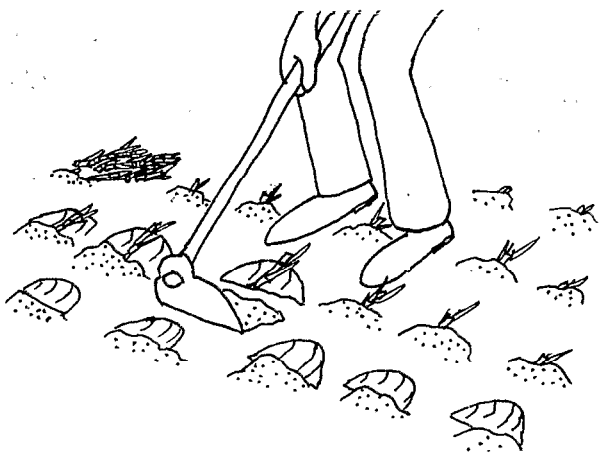
104 *Plantio de espeque em solos duros*



## □ Plantio fora da água

Com o **objetivo de aproveitar também áreas já fora da água**, planta-se o capim em terras úmidas da margem do açude. Neste caso, pedaços de caule com 3 nós, deitados a 3-4 cm

105 *Plantio de mudas fora d'água*



de profundidade e recobertos de terra, podem ser plantados com um espaçamento de 10 a 15 cm em todos os sentidos (figura 105). No entanto, deve-se notar que o plantio do capim ainda dentro da água permite aumentar sensivelmente **o tempo** disponível para seu enraizamento, valendo-se da resistência do capim à submersão parcial.

Por isto, o plantio em áreas já fora da água, principalmente se o solo for muito raso ou arenoso, pode impedir o bom desenvolvimento do capim. O **capim elefante**, em tal caso, torna-se opção preferível (salvo no caso de plantio tardio com risco de submersão), bem como o **quicezinho** que tem enraizamento mais agressivo.

### ■ Caso de plantio tardio

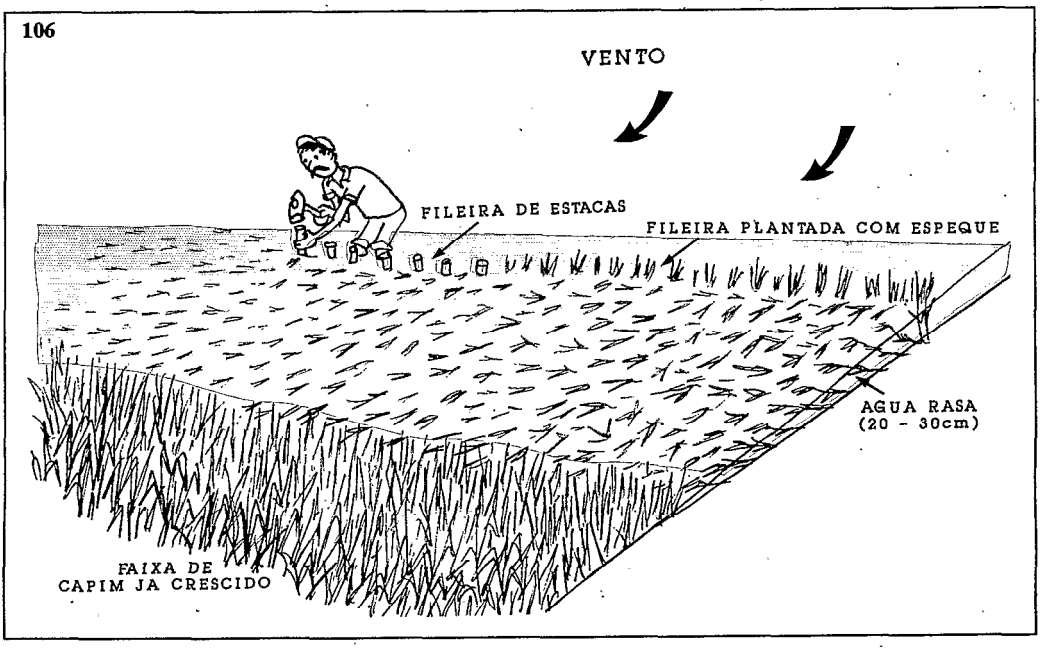
O capim plantado no fim do "verão" corre o risco de ser recoberto pela eventual subida do nível da água. No caso de um plantio tardio, recomenda-se o capim mandante, cujo crescimento rápido permite-lhe acompanhar mais facilmente uma subida parcial do nível da água.

O andrequicê e o quicezinho (do mesmo modo, aliás, que os outros capins) não resistem à submersão completa e morrem se esta for prolongada além de alguns dias. Além do mais, por sua tendência em deitarem-se à medida que crescem, podem estar sujeitos ao apodrecimento num solo muito molhado.

Na hora do enchimento do açude, observa-se muitas vezes que as últimas mudas plantadas vão se soltando da terra e são levadas pelo vento até a margem, onde geralmente se enraizam. Em açudes de pequena profundidade (<2.50m), é possível entrar na água e cortar o capim que foi parcial ou totalmente recoberto.

### ■ Como se proteger do vento?

O vento e as ondas (marola) dificultam, às vezes, o plantio do capim, arrancando e levando os caules. Para evitar este problema existem duas soluções, ambas consistindo em delimitar e proteger a área recém-plantada, impedindo a deriva dos caules: estabelece-se, assim, uma barreira que pode ser constituída de **paus espaçados** de 30 cm ou de uma



## Os Principais Capins de Vazante

| NOME | PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS |
|---|---|
| **Andrequicê** *(Ichnanthus bambusiflorus)* | Capim de maior aceitação ("capim angolinha"); produz 30 a 60 t/ha por corte de capim de boa qualidade (10-14% de proteínas) após 60-70 dias, atingindo cerca de 2 metros de altura. Deve ser plantado dentro da água. É preciso 1 metro quadrado de plantas crescidas para plantar 10 metros quadrados. Deve ser cortado para ser distribuído ao gado e pode ser fenado. |
| **Quicé(zinho)** *(Echinochloa crus-galli)* | Semelhante ao andrequicê; tem mais folhas, caule muito mais fino e porte nitidamente mais baixo; a produção chega aproximadamente a **65% da produção** do andrequicê. O gado o aproveita na totalidade. Indicado para situações de rabaixamento rápido do nível da água por ser mais rápido para pegar. Com 1 $m^2$, pode-se plantar 12-13 metros quadrados de capim. |
| **Mandante** *(Echinochloa polystachia)* | "Cacho roxo", "canarana verdadeiro", "capim paraguai", distingue-se do andrequicê pela cor vermelha da sua inflorescência e pelo seu caule grosso, mais rígido, com menos folhas. Apresenta pelos agressivos na base do caule. O mandante resiste à submersão (crescendo de maneira a ficar fora d'água) e ao apodrecimento por se deitar menos que os dois primeiros. Deve ser aproveitado com uma forrageira para ser bem aceito pelo gado. É menos nutritivo que o andrequicé, com 6 % de proteínas e 80 % de umidade (um gado exclusivamente alimentado com o mandante pode apresentar diarréia). |
| **Capim de planta** *(Brachiaria mutica)* | "Cabeludo", "capim de pelos", "capim de boi", "angola", "capim de muda", "capim preguiçoso", é um capim rasteiro porém agressivo que resiste a 8 meses de seca (de um ano para outro), **não precisando ser replantado.** A sua produção e sua qualidade são inferiores mas ele se mantém em solos rasos e suporta o pisoteio dos animais. Seu teor de proteínas é de 5-6 %. |
| **Braquiaria** *(Brachiaria humidicola)* | Capim bastante resistente, parecido com o capim de planta (que pertence também a esse gênero), distinguindo-se por ter menos pelos. Existem diversas variedades parecidas, o talo podendo ser verde ou avermelhado. **Atenção: ele é menos resistente** à salinidade que a maioria dos capins de vazante. Só precisa ser plantado uma vez porque sobrevive de um ano para outro; é preferido pelas **ovelhas** e também suporta pisoteio. |

**Cacheado, estrelinha, zebu** (talo muito grosso), canarana (branco), capim canela, capim miolo, capim marreca, etc...

*Existem ainda muitos outros nomes regionais para variedades às vezes idênticas mas, por falta de estudos mais precisos sobre o assunto, não é possível apresentar uma correspondência completa entre eles.*

**linha de capim** plantada de espeque (figura 106). É sempre preferível, neste caso, **plantar em água mais rasa** (20 cm).

### ■ Como aproveitar o capim?

O capim deve ser **obrigatoriamente** cortado antes de ser distribuído aos animais. Soltar o gado no capinzal estraga as plantas e resulta em muitos desperdícios, **salvo** no caso do capim de planta ou da braquiaria, que resistem ao pisoteio.

Os cortes devem ocorrer aproximadamente de dois em dois meses. Em solos férteis, pode-se dar um primeiro corte já nos primeiros 40-50 dias.

O capim de vazante, uma vez cortado, é dado aos animais que o comem inteiro, à exceção dos capins mais graúdos (zebu, mandante, andrequicé grande) em que parte do talo (nós) não é aproveitada, a menos que seja utilizada uma forrageira.

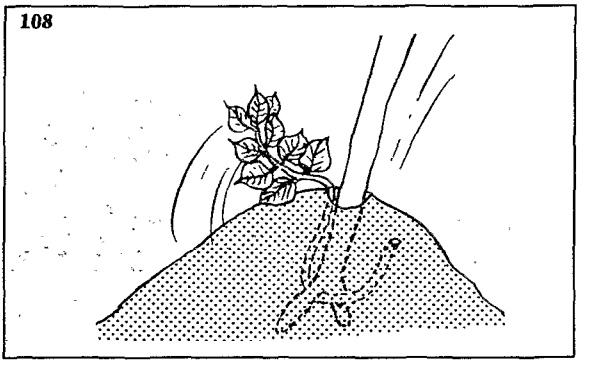
O capim de vazante, particularmente o andrequicê, presta-se muito bem à **fenação**, prática infelizmente pouco difundida. Após três dias de secagem ao sol, revirando-o todos os dias e até duas vezes por dia, **o capim pode ser armazenado** por vários anos e constitui um excelente feno.

## 3. Cultivos Alimentícios

## A Batata Doce

### ■ Plantio

Utilizam-se variedades de ciclo curto, de 100 a 120 dias (rainha branca, dedinho e ligeirinha, no Seridó) e sementes sadias, podendo ser tratadas previamente com solução inseticida.

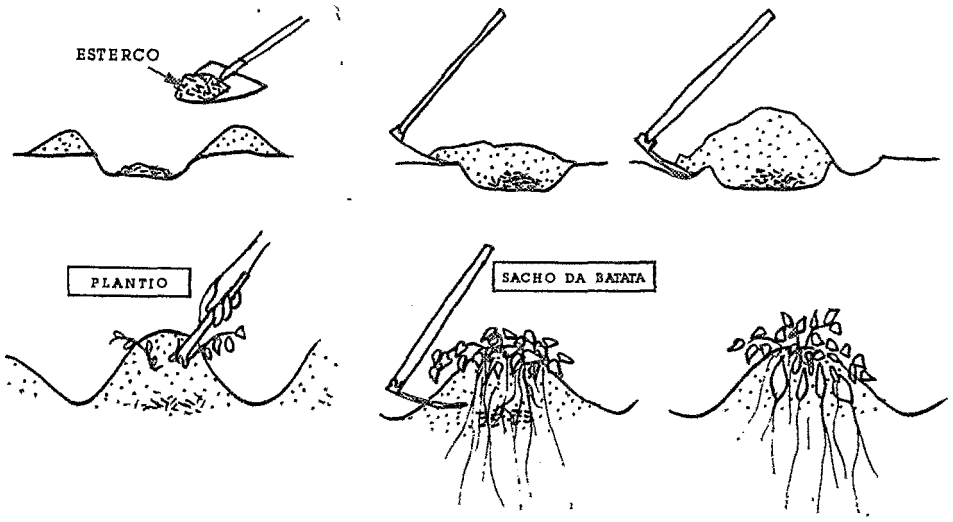



O solo deve ser limpo da vegetação eventual remanescente. Para se obter bons rendimentos, começa-se escavando covas de aproximadamente 15 cm de profundidade, atingindo-se o lençol freático; deposita-se na cova até 1 kg de esterco de curral, conforme a fertilidade da terra. Os solos argilosos são geralmente de boa fertilidade e dispensam mais facilmente adubação enquanto que, para solos arenosos, a **matéria orgânica** terá grande importância **para reter a umidade**, além da fertilização.

Estas covas são cobertas com o material proveniente da escavação ao qual acrescenta-se o material em redor para formar montículos de terra solta em torno de 20 cm de altura. No topo destes montículos, introduz-se dois ramos-semente, utilizando-se uma forquilha para enterrar a 10 ou 12 cm de profundidade um mínimo de 2 a 3 gemas para o enraizamento (figura 109).

A rama-semente deve ser proveniente de plantio livre de pragas e moléstias e medir em torno de 40 cm de comprimento. Os espaçamentos de plantio são geralmente em torno

109 *Plantio de batata-doce*




110 *Plantação de batata-doce* *É produção de vazante!*

de 1.00 metro entre as linhas e 0.35 m entre as covas na linha. É vantajoso consorciar a batata-doce com o feijão, como explicitado no item seguinte.

### ▩ Tratos culturais

Vinte dias após o plantio, é indispensável fazer o "sacho" da batata, operação que consiste em dar cortes horizontais em redor do monte de terra para "fofar" a terra na área de crescimento das batatas. Uma ou duas capinas serão geralmente necessárias durante o ciclo da cultura.

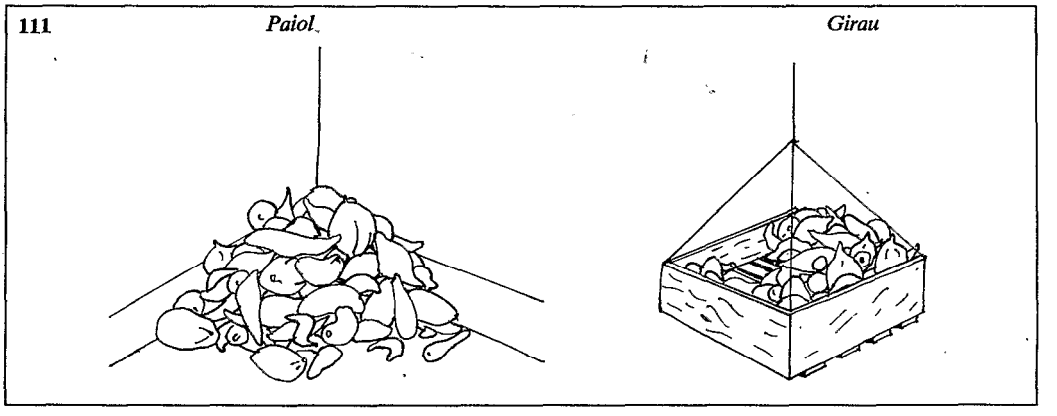
Para o controle das pragas do solo, que atacam o sistema radicular da batata (a broca e as nematóidas (vermes), pode-se aplicar preventivamente um inseticida em pó. Cuida-se, na colheita, de não ferir as batatas, sobretudo se se quiser estocá-las depois.

### ■ Produção, comercialização

A produtividade varia bastante em função da fertilidade do solo mas fica entre 15 e 25 t/ha. Existe, geralmente, grande interesse em se armazenar as batatas já que, além da necessidade de se conservar sementes para o ano seguinte, o preço do produto pode aumentar em 300%, 4 a 5 meses após a colheita. O armazenamento da batata pode ser feito, após seleção das batatas maiores, sadias e sem ferimentos (importante para evitar a podridão mole, causada por fungos), por dois sistemas (figura 111):

- *O Paiol,* consiste em escolher um canto de parede ventilado (dentro da casa), espalhar uma camada de areia e amontoar as batatas. Se o objetivo for unicamente guardar e preparar sementes, pode-se umedecer as batatas para favorecer a brotação e, assim, conservar por mais tempo e garantir a produção de rama para novos plantios.
- *O Girau,* consiste em uma armação de madeira suspensa por meio de cordas amarradas no telhado.

111




## O Feijão

### ■ Plantio

O feijão tem todas as características de uma cultura adaptada ao cultivo de vazante. As variedades de ciclo mais curto são as mais interessantes (60 a 90 dias). No Nordeste planta-se, geralmente, o feijão de corda (**vigna**), que suporta bem o calor, mas em certas regiões mais ao Sul, ou mais elevadas, planta-se também o de arranca (**Phaseolus**) durante a época mais fria. Os espaçamentos são de 1.0 m x 0.6 m no caso do feijão de rama e 0.3 a 0.4 m em todas as direções no caso do feijão de arranca em cultivo isolado. Deve-se semear 4 a 5 sementes em cada cova.

### ■ Tratos culturais

Deve-se desbastar 15 a 20 dias depois do plantio, deixando duas plantas por cova.
As raízes do feijoeiro são sensíveis ao ataque da broca (lagarta) e da lagarta rosca (à altura do colo), sendo possível o uso preventivo de um inseticida em pó.
Pulgões e "cigarrinhas verdes" podem atacar a parte aérea do feijoeiro, podendo-se utilizar um inseticida sistêmico, normalmente entre o 15° e o 40° dia após a emergência, empregando-se 1 a 1.5 l/ha de produto.

### Produção

A produção do feijão em plantio isolado varia entre 1 e 2 t/ha.

### Consórcios

É recomendada plantar a batata doce e o feijão consorciados, alternando leirão (batata-doce) e fileira de feijão a cada intervalo de 0.80-1.00 m. Nas fileiras, o espaçamento da batata será de 30 cm e o do feijão 60 cm.

A produção de feijão nesse consórcio varia entre 0.5 e 1.2 t/ha e a da batata-doce entre 6 e 11 t/ha.

Caso não se disponha de capim adequado às vazantes, pode-se consorciar essas duas plantas com capim elefante, alternando, a cada 60 cm uma fileira de capim e um leirão de batata com um feijão no seu pé. O espaçamento nas filas é de 80 cm (ou 60 cm com adubação), tanto para o capim quanto para o conjunto batata+feijão.

## Melão, Melancia e Jerimum

Cultivadas geralmente em menor escala que a batata-doce e o feijão, estas culturas vêm apresentando excelentes resultados em exploração de vazante.

A prática e a experiência dos agricultores demonstram que o sistema de cultivo mais adequado é o isolado. O plantio é feito em covas largas com o solo próximo à capacidade de campo, utilizando espaçamentos que variam de 2.0 x 1.5 a 2.0 x 2.0 m para o **melão** e a **melancia** e de 3.0 x 3.0 a 3.0 x 4.0 m para o **jerimum**. Efetuar o desbaste 25 dias após o plantio, deixando 2 a 3 plantas por cova.

A época mais adequada para o plantio destas culturas é a partir de Julho, período de elevação da temperatura, pois diminuem os riscos de ocorrência de doenças.

Pode-se esperar produções de 6 - 8 t/ha para o melão e 12 - 16 t/ha para a melancia.

# Piscicultura para Pequenos Açudes

B4

# B4


1. Vantagens da piscicultura

2. A água do açude

3. Os seres vivos aquáticos

4. Os peixes e sua alimentação

5. Os principais peixes de cultivo

6. Condições para piscicultura em pequenos açudes

   6.1 Tipos de piscicultura

   - Piscicultura extensiva
   - Piscicultura semi-intensiva
   - Outros tipos de piscicultura

   6.2 Particularidades da piscicultura semi-intensiva em açudes

   6.3 Condições de povoamento

7. O peixamento do açude

   7.1 Quando se deve peixar o açude?

   7.2 Que espécies pode-se colocar no açude?

   7.3 Onde conseguir alevinos?

   7.4 Quantos alevinos deve-se colocar no açude?

   7.5 Como transportar os alevinos?

   7.6 Como soltar os alevinos?

8. Manejo da piscicultura

   8.1 Algumas recomendações gerais

   8.2 Alimentar os peixes

   - A adubação do açude
   - A alimentação artificial complementar

   8.3 Controle do crescimento

   8.4 Controle das espécies

   8.5 Pesca

   8.6 Salga do pescado

   8.7 Limpa do açude: uso do timbó

9. Piscicultura consorciada

   9.1 Patos

   9.2 Suínos

# 1. Vantagens da piscicultura

Embora muito tempo limitada à pesca artesanal dos peixes nativos (ou seja, que se encontram naturalmente na água), e por isso considerada como uma atividade anexa ou secundária, o aproveitamento dos açudes através da pesca, incluindo práticas de criação de peixes (piscicultura), pode se transformar em uma atividade de muitas vantagens. Os progressos realizados nestes últimos anos no controle da produção de peixes aclimatados e a relativa disponibilidade de alevinos de baixo custo em vários centros e estações de piscicultura (ver lista no Anexo 5), fazem com que a piscicultura constitua um dos mais importantes aproveitamentos dos pequenos açudes, passando, às vezes, a ser o primeiro deles.

A título de exemplo, há casos de açudes cujo investimento foi integralmente coberto, no mesmo ano, pela venda do pescado produzido em piscicultura cuidadosamente conduzida.

**O pequeno açude não deve ser desprezado para piscicultura semi-intensiva** porque, **ao contrário** do que se pensa geralmente, seu tamanho é favorável a um melhor controle dessa atividade (povoamento, adubação, alimentação e despesca), igual ao que acontece com um **viveiro**.

### Um pouco de História

*A pesca sempre foi atividade do homem, em particular do índio brasileiro,onde havia a presença de água. No Nordeste, uma das primeiras demonstrações da riqueza da pesca se deu por ocasião da seca de 1915, quando o açude Cedro, no Quixadá, abrigou grande número de pessoas que conseguiram sobreviver quase que exclusivamente com o produto da pesca, conseguindo pescar cerca de 1 t/ha de peixes por dia!*

*Já no início do século, a pesca em pequenos açudes constituía uma atividade lucrativa, a tal ponto que Felipe Guerra, referindo-se ao Seridó (RN), dizia já ter havido "quem se tenha proposto a construir a sua custa, açude de outrem, tendo como remuneração o peixe que pescar no mesmo açude, em dez anos consecutivos".*

*A piscicultura em açudes desenvolveu-se, nos anos quarenta, como uma importante atividade nas grandes barragens do DNOCS, passando essa repartição a contar com um Serviço de piscicultura que devia ilustrar-se no domínio da reprodução artificial, na erradicação da piranha das águas interiores e na produção de alevinos para peixamento dos açudes.*

A piscicultura em pequenos açudes constitui uma atividade de grandes vantagens, destacando-se os pontos seguintes:

- As condições climáticas do Nordeste, em particular no que diz respeito ao **regime de luz e temperatura**, podem ser consideradas ótimas.
- Pequenos açudes e lagoas de superfície variando de 1 a 5 hectares são os mais adaptados à piscicultura semi-intensiva, como veremos mais adiante.
- A piscicultura apresenta vantagens de peso quando comparada com a agricultura:
  — necessita um **investimento limitado** (já existindo o açude);
  — exige **pouca mão-de-obra** e nenhuma fonte de energia;
  — apresenta **pouquíssimos riscos** (os casos de mortandade são raríssimos).
  — tem **retorno econômico** mais garantido.

- Em relação à pecuária, ela permite uma produção de proteínas por hectare 20 vezes superior, considerando-se que a produção de um hectare de pastagem é da ordem de 100 kg de carne/ano.
- A piscicultura aparece também como o único meio (com certos tipos de capim de vazante) de **valorizar açudes de água salinizada,** impróprios ao abastecimento e à irrigação.
- Aumenta em muito a disponibilidade e a qualidade da alimentação familiar.
- Em termos alimentares, deve-se ressaltar o grande valor do peixe de água doce. A tabela 112 mostra que 1 kg de carne de peixe - frito ou salgado - **tem um teor em proteínas duas vezes superior** ao de 1 kg de carne de boi ou de porco.

**112**

| | Calorias | Proteínas (g) | Lipídios | Cálcio (mg) |
|---|---|---|---|---|
| *Boi(magro)* | *146* | *21* | *6* | *12* |
| *Boi(gordo)* | *225* | *19* | *16* | *11* |
| *Gal.(gorda)* | *246* | *18* | *19* | *10* |
| *Porco(gordo)* | *276* | *17* | *23* | *10* |
| *Peixe de água doce* | | | | |
| *Cozido* | *104* | *23* | *01* | *28* |
| *Frito* | *516* | *39* | *39* | *126* |
| *Salgado* | *193* | *40* | *02* | *190* |

*Fonte: IBGE*

A principal dificuldade reside no hábito de o agricultor **considerar a pesca como uma colheita.** Existe a mesma diferença entre a pesca tradicional e a piscicultura que entre colher frutos de um umbuzeiro e dedicar-se à cultura irrigada!

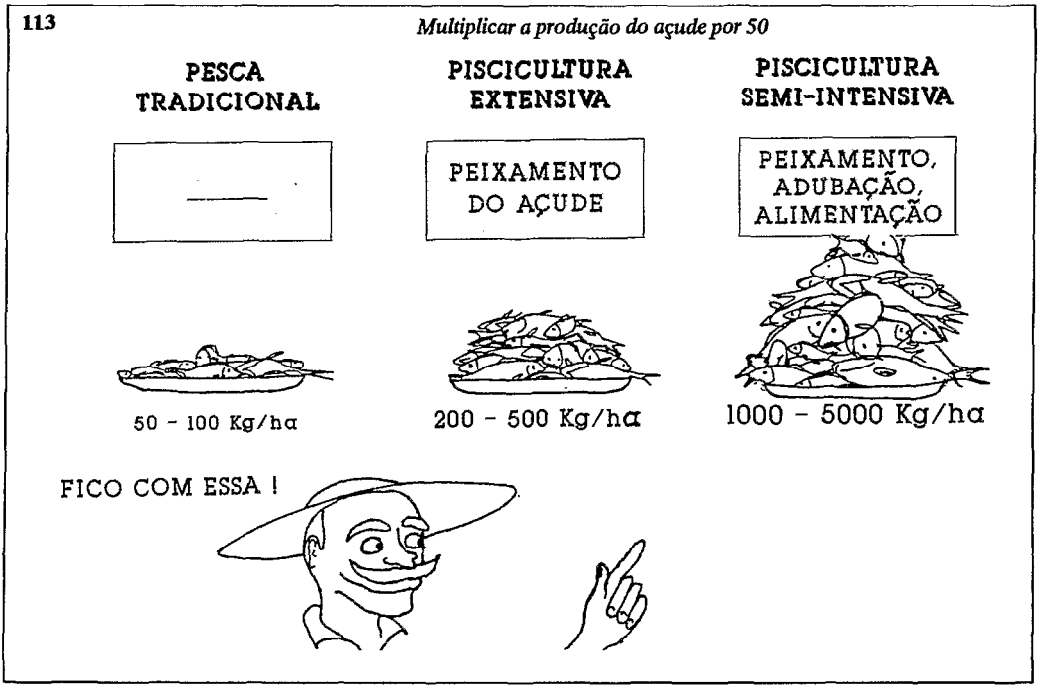
A piscicultura semintensiva constitui **uma criação similar à pecuária ou à engorda de suínos e galinhas.** Os animais são alimentados para atingir um peso comercial e são vendidos **logo,** a fim de evitar que eles fiquem consumindo alimentos sem dar benefícios suplementares. A mesma mentalidade deve ser aplicada à piscicultura, à qual pode-se associar um esquema semelhante ao da criação intensiva ou da agricultura irrigada: **plantio, adubação + irrigação, safra,** torna-se: **peixamento, adubação da água + alimentação dos peixes, despesca.**

| Agricultura irrigada | Criação (pecuária) | Piscicultura |
|---|---|---|
| *Plantio* | *Compra (reprodução)* | *Peixamento* |
| *Adubação* | *Ração* | *Adubação* |
| *Irrigação* | *Alimentação normal* | *Alimentação complementar* |
| *Colheita* | *Corte* | *Despesca* |

A diferença entre a pesca tradicional e a piscicultura pode ser resumida pelas ordens de grandeza seguintes:

- Peixando o açude, ou seja, introduzindo peixes jovens (chamados **alevinos**) e de boa qualidade, pode-se obter uma **produção multiplicada por 10 com relação à pesca natural.**

- Alevinando o seu açude e fornecendo uma alimentação e uma adubação adequadas, a produção poderá ser até **multiplicada por 50.**




Para conseguir tal resultado, são necessários os conhecimentos e os tratos básicos explicitados a seguir.

A proposta de utilização da piscicultura semi-intensiva em pequenos açudes visa aproveitar os inúmeros pequenos açudes do Nordeste e **preencher o espaço** entre a piscicultura extensiva dos grandes açudes (rendimentos baixos e aproveitamento localizado) e a piscicultura intensiva (desenvolvida em viveiros com tecnologia especializada), propondo uma atividade ao alcance dos pequenos produtores.

## 2. A água do açude

**A qualidade da água para a piscicultura é tão importante como a qualidade do solo para a agricultura** : se o solo não tem boa fertilidade e boas características físicas, haverá escassa colheita; se a água do açude não contém elementos nutritivos para os peixes nem apresenta adequadas propriedades físicas, haverá pouco pescado.

### □ Temperatura:

A temperatura é o primeiro fator de grande importância para a piscicultura. Dela depende a quantidade de oxigênio dissolvido na água e, de maneira geral, todas as atividades fisiológicas dos peixes (respiração, digestão, alimentação, etc...).

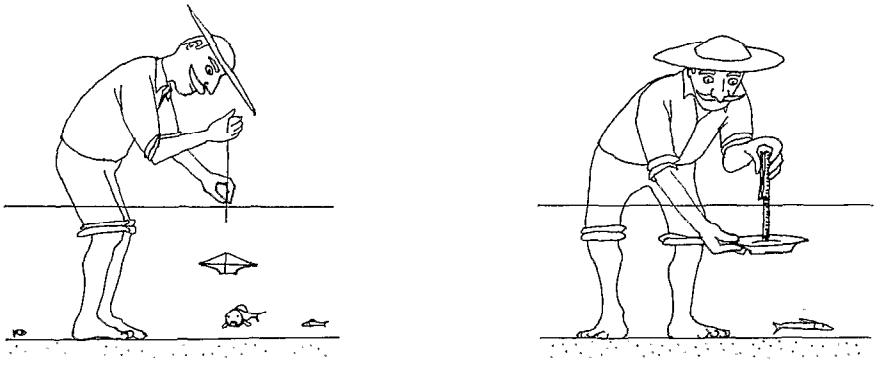
Os peixes tropicais precisam de **temperatura entre 22 e 30°C,** faixa que abrange as temperaturas mais freqüentes encontradas nos açudes: 27 - 28 graus (a 20 cm de profundidade). Cuidados deverão ser tomados em açudes **muito rasos** (1 - 2 m) em que a temperatura pode alcançar 32 - 34°. Acima de 30°C, o estado geral piora com rapidez; a carpa, a curimatã e a tilápia são mais tolerantes às mudanças de temperatura.
Em açudes mais profundos, a temperatura será geralmente um pouco mais baixa no fundo da represa (2 a 3° a menos), oferecendo assim um refúgio nas horas mais quentes do dia. Açudes com água turva também, porque impedem a penetração da luz, dificilmente ultrapassarão 30°C a 0.80 - 1.00 m de profundidade.

### □ Transparência:

A água não deve ser muito transparente, nem muito turva. **Para medir a transparência da água,** utiliza-se um prato branco mergulhado na água (amarrado a um cordão ou segurado na mão) até que deixe de ser visível. A profundidade correspondente mede a transparência da água e deve ficar **entre 20 e 40 cm** para se ter condições ótimas.

114

*Medir a transparência da água*



**Uma água muito transparente** (em que o prato fica visível até 50 cm de profundidade) **é uma água pobre** em nutrientes e, particularmente, em algas; a luz é muito forte nos primeiros centímetros e pode até inibir a fotossíntese e o desenvolvimento das algas na superfície. Esse caso é raro nos açudes do Nordeste.
Ao contrário, uma água **muito turva ou barrenta** (com 10 centímetros o prato deixa de ser visível) não deixa penetrar a luz necessária à fotossíntese o que, também, impede o desenvolvimento das algas.

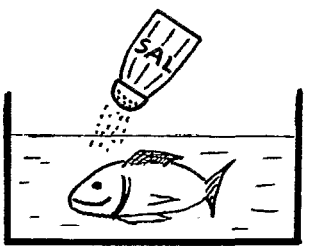
A turvação é geralmente causada por materiais em suspensão trazidos pelas águas escoadas (água barrenta de cores carregadas, com amarelo, vermelho ou cinza) e tende a diminuir à medida que estes se depositam.

A turvação pode também ser proveniente de uma grande quantidade de algas e microorganismos (cor esverdeada ou verde azulada) e, neste caso, trata-se de um **fator positivo,** a menos que haja excesso, o que prejudicaria os peixes.

### □ Salinidade:

*Para medir a salinidade da água, ver pág. 239*

**115** *O peixe é tolerante ao sal*



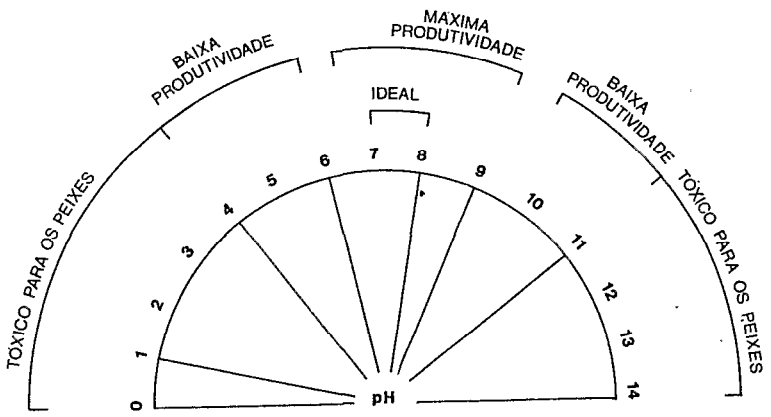

A salinidade da água, que pode tornar a água imprópria para o abastecimento ou para irrigação, **não afeta os peixes** (e até, dentro de certos limites, pode favorecê-los). Embora uma condutividade de 100 a 500 micromhos seja a mais desejável, só aparecem problemas com valores superiores a 7000 - 8000 micromhos. Acima de 1000, porém, alguns organismos do açude são afetados, prejudicando a alimentação dos peixes. A tilápia do Nilo é a espécie mais tolerante, resistindo a condutividades de 15.000 a 20.000 micromhos.

*A carpa comum e a curimatã, são também, bastante resistentes.*

### □ pH:

O pH ótimo situa-se entre 6 e 8.5 (com tolerância de 5 a 9). Águas ácidas (com um pH inferior a 6.5) devem ser equilibradas com cal. O pH pode ser medido com pequenos aparelhos (pHmetros) ou com fitas de papel indicador mergulhadas na água, cuja cor indica o pH da mesma.

**116** *pH favorável aos peixes* FONTE: SUDEPE




### □ Outros fatores:

Outros elementos químicos (potássio, fosfatos, nitratos, etc...) bem como o dióxido de carbono são necessários ao desenvolvimento das algas na água. **Adubos** são colocados no açude para enriquecê-lo com tais elementos (ver mais adiante).

## 3. Os seres vivos aquáticos

Quando a água enche o açude, ela fica rapidamente povoada de inúmeros seres vivos aquáticos. O equilíbrio entre os diversos tipos destes seres vivos e seu papel na alimentação

e na vida dos peixes são fundamentais; por isso é importante conhecer as principais categorias de vegetais e animais presentes no açude.

□ **Bactérias :**

são seres microscópicos que transformam a matéria orgânica (em particular, os animais e as plantas mortas) em elementos minerais, produzindo gás carbônico ($CO_2$) a partir do oxigênio dissolvido na água.

□ **Microalgas :**

são plantas microscópicas que, geralmente, agregam-se em colônias mas são raramente visíveis a olho nu. Elas sintetizam (a partir da luz, do gás carbônico e de alguns sais dissolvidos) materias orgânicas como proteínas, óleos, vitaminas, que direta ou indiretamente chegam aos peixes, constituindo a base da sua alimentação e, portanto, são os elementos mais importantes da água (chamam-se esses vegetais de **fitoplâncton**).

□ **Plâncton animal:**

(ou zooplâncton), constituído de **minúsculos animais aquáticos** (rotíferos) indispensáveis à alimentação dos alevinos, de **pequenos crustáceos** (da ordem de 1 mm), que formam a base da alimentação dos peixes que não comem algas.

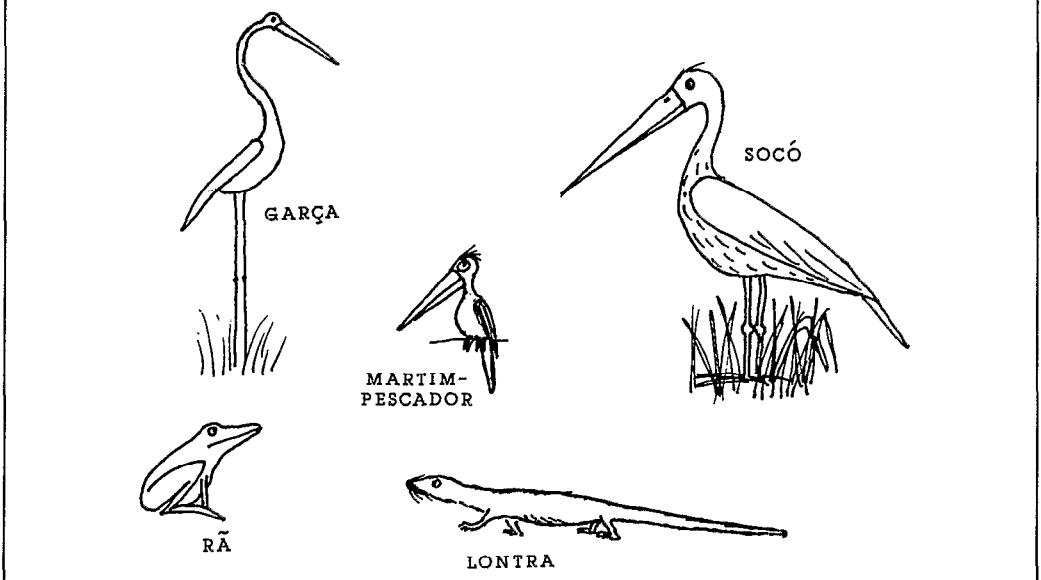
□ **Pequenos animais do lodo:**

chamados de animais bentônicos (**zoobento**) que vivem no fundo dos açudes, principalmente larvas de insetos, minhocas, moluscos. Algumas larvas são até nocivas, porque conseguem alimentar-se de peixes pequenos.

□ **Animais:**

Rãs adultas são grandes predadoras de alevinos, bem como certos tipos de aves (garças, martim-pescador, mergulhão, bem-te-vi, socó), lontras etc...

117 *Amimais Predadores*



### ☐ Plantas aquáticas:

Distinguem-se 3 tipos de plantas aquáticas:

*Controlar as plantas aquáticas.* *Ver pág. 108*

- **Plantas flutuantes** que, às vezes, chegam a cobrir o espelho d'água do açude, entre as quais a baronesa (aguapé) e a alface d'água (pistia) são as mais conhecidas. Essas plantas são **prejudiciais** à piscicultura, impedindo a penetração da luz, retirando nutrientes básicos da água e consumindo, durante a noite, o oxigênio da água. Em pequenas quantidades, porém, elas podem ser benéficas (abrigos para desova, áreas mais frescas quando a água esquenta...) desde que controladas.
- **Plantas submersas**, que se desenvolvem no fundo dos açudes de água muito clara, são (embora sirvam para alimentação de alguns tipos de peixe), em geral, prejudiciais. Algumas, apesar de tudo, são reputadas por serem boas oxigenadoras da água e protetoras de larvas: Sagitária, Valisnéria, Elodéia, esta última alastrando-se com grande facilidade. A turbidez da água dos açudes raramente permite o seu desenvolvimento.
- **Plantas emergentes**, que crescem no talude da barragem e podem formar parte da alimentação da carpa-capim.

## 4. Os peixes e sua alimentação

Os seres vivos da água são elos de uma cadeia alimentar, ou seja, se alimentam de substâncias e seres menores e, por sua vez, servem geralmente de alimentação para outros animais. Na morte desses organismos, a matéria orgânica se decompõe e volta ao ciclo alimentar, como indicado na figura 118.

As diversas espécies de peixe alimentam-se de maneira diferente: alguns, no início da cadeia alimentar, comem microalgas e outros, no fim, se alimentam de alevinos (peixes carnívoros). Existe, por outra parte, peixes **onívoros**, como o tambaqui, e outros que têm uma alimentação específica, como a carpa-capim (**herbívora**) ou a curimatã, que procura sua alimentação na lama do fundo das represas.

*Os onívoros comem de tudo. Os herbívoros comem apenas vegetais*

O fato de os peixes aproveitarem fontes diversificadas possibilita a criação de várias espécies que não entram em competição por não ter a mesma fonte de alimentação. Essa criação é chamada de **policultivo**. A figura 118 apresenta as fontes de alimentos naturais e seus respectivos consumidores entre os principais peixes apropriados ao cultivo. (**Nota:** dadas para peixes adultos; a alimentação do peixe varia segundo a sua idade).

O alimento dos peixes necessita conter proteínas, hidratos de carbono, gorduras, além de vitaminas, minerais, etc...**As proteínas são indispensáveis** ao crescimento dos peixes, mas a proporção de proteínas requerida na alimentação para cada espécie é muito variável: 22% para a tilápia do Nilo e o tambaqui; de 25-40 % para a carpa-capim, a curimatã, a carpa prateada; até 60-70 % para os peixes carnívoros (tucunaré, pescada do Piaui, traíra, etc...)

Nas condições da piscicultura semi-intensiva, distinguem-se três fontes de produção de alimentos:

- A **alimentação natural** do açude (figura 118), ou seja, a produção biológica do meio aquático assimilável pelos peixes.
- A **alimentação artificial**, ou seja, fornecida diretamente aos peixes, na forma de ração, farinhas, farelos, restos de alimentos, legumes avariados, etc...

# A ALIMENTAÇÃO DOS PEIXES E A CADEIA ALIMENTAR




| IDENTIFICAÇÃO (Nº | ALIMENTO | TILÁPIA (NILO) | CARPA COMUM | CARPA CAPIM | CARPA PRATEADA | CARPA CABEÇA G. | TAMBAQUI | CURIMATÃ | TUCUNARÉ | APAIARÍ | TRAÍRA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | FRUTAS, SEMENTES | | ● | | | | ● | | | | |
| 2 | PLANTAS AQUÁTICAS | ● | | ● | | | | | | | |
| 3 | INSETOS QUE VIVEM NAS PLANTAS | ● | ● | | | | | | | | ● |
| 4 | FITOPLANCTON MICROÁLGAS | ● | | | ● | ● | ● | | | | |
| 5 | ZOOPLANCTON | ● | ● | | | ● | ● | | | | ● |
| 6 | INSETOS NADADORES E ANIMAIS INVERTEBRADOS | ● | ● | | | | ● | | ● | ● | ● |
| 7 | ALEVINOS PEIXES PEQUENOS | | | | | | | | ● | ● | ● |
| 8 | LARVAS E ANIMAIS DO FUNDO (ZOOBENTO) | | ● | | | | | | | | |
| 9 | LODO SUBSTANCIAS ORGÂNICAS DO FUNDO | | ● | | | | | ● | | | |

- **A adubação do açude**; o esterco e os adubos químicos não são assimilados diretamente pelos peixes, porém, permitem incrementar a produção de alimentos naturais, em particular das proteínas elaboradas pelas algas que desenvolvem um papel fundamental.

Somente a alimentação natural já se encontra no açude. O adubo e os alimentos artificiais devem ser **acrescentados pelo criador.**

Uma adubação bem conduzida é de grande importância pois assegura boa disponibilidade de proteínas e estimula toda a cadeia alimentar.

Vários exemplos de alimentos artificiais são fornecidos mais adiante; deve-se utilizar de preferência subprodutos da agricultura obtidos na propriedade para assegurar o retorno econômico do empreendimento.

## 5. Principais espécies adaptadas ao cultivo intensivo

### ☐ Carpa comum:

*A carpa é criada na China há mais de 3000 anos.*

A carpa comum ("escama" e "espelho") é cultivada em quase todo o mundo, apresenta um crescimento rápido, podendo chegar a 1 kg e até mais num ano (esse valor corresponde a uma densidade de peixamento ótima, já que em densidade muito fraca a carpa pode atingir 3 kg em um ano!). Sua comida natural é zooplâncton, quando jovem, e animais do fundo (minhocas, larvas...,) quando adulta. Consome e utiliza bem quase todos materiais comestíveis, como alimento complementar da comida natural.
Ela atinge maturidade sexual com 1 ano e se propaga com bom êxito em águas paradas onde não há outros peixes, especialmente carnívoros. No caso contrário, a predação dos ovos diminui bastante a sua reprodução. **A carpa-espelho** distingue-se por três linhas de escamas de grande tamanho. A carpa comum produz ainda mais quando consorciada. É um peixe bastante resistente à falta de oxigênio.

### ☐ Carpa prateada:

Esse tipo de carpa alimenta-se de algas, podendo filtrar até as menores delas. Não come alimentos artificiais inteiros, a menos que sejam moídos em pó. Sua produção pode ser incrementada com adubo orgânico. Sua reprodução é de **"piracema"**, ou seja, efetua-se na correnteza dos rios, não podendo ocorrer em águas paradas. Sua carne é seca, sem gordura. Sua criação junto à carpa comum é muito benéfica.
A carpa **cabeça-grande** é parecida com a carpa prateada, porém come também zooplâncton.

*Adote sempre a carpa-capim, quando disponível.*

### ☐ Carpa-capim :

É também um peixe de piracema e seu maior interesse reside na sua fonte alimentar constituída de plantas aquáticas e terrestres (capim). Pode consumir 30 a 100 % do seu peso por dia, **produzindo muito adubo orgânico** que fertiliza o açude. Ela não come vegetais secos. Infelizmente, essa carpa ainda não está sendo produzida em todas as estações.

### ☐ Tilápia:

Esse tipo de peixe, através de duas espécies principais (tilápia do Nilo e tilápia do Congo), é bem conhecido por seu espetacular crescimento e, sobretudo, sua propagação (com 4 - 6 meses de idade começa a propagar-se (com desovas de até 2 em 2 meses !) e as fêmeas

passam a crescer mais lentamente). A tilápia alimenta-se de vegetais, frutas, hortaliças, farelos, tortas, etc... e tem geralmente carne saborosa.

*Carpa Comum*

*Tambaqui*

*Curimatã*

*Tilápia*

O maior entrave a sua criação é sua proliferação que tende a criar uma população excessiva de peixes pequenos.

A **tilápia do Nilo** atinge 300 a 500 g em um ano, cresce mais que a tilápia do Congo e é menos prolífica. Por isso essa espécie é mais vantajosa; após alguns anos de difusão, a produção de alevinos de tilápia do Congo foi quase abandonada. O macho é mais claro, maior e mais alto que a fêmea. Por isto, e para evitar a sua proliferação, recomenda-se, quando possível, povoar o açude exclusivamente com indivíduos machos. A tilápia é muito resistente ao déficit de oxigênio.

### □ Curimatã :

Peixe de piracema comum em vários rios da América do Sul (em particular no rio São Francisco), a curimatã (chamada também curimbatá, grumatã, papa-terra) alimenta-se de material orgânico vivo e morto depositado no lodo do fundo. Quando dispõe de alimentos suficientes, ela pode alcançar 400-600 g em 6-8 meses de cultivo. Sua carne contém bastante espinhas e às vezes tem gosto de lama, mas é um dos peixes de maior aceitação nos mercados do interior do Nordeste. A **curimatã-pacu** tem características alimentares semelhantes, porém apresenta um crescimento muito mais importante e deve ser sempre **preferida** quando disponível nas estações.

### □ Tambaqui:

É um peixe de piracema originário da Amazonas, de difícil reprodução porém de maior interesse para a piscicultura. Quando bem alimentado, seu crescimento é muito rápido, podendo alcançar 1 kg em 6 meses. É totalmente onívoro, comendo insetos, grãos, sementes, plâncton, moluscos, subprodutos de agroindústria, tortas, frutos diversos e até

pequenos peixes, etc... Apresenta carne saborosa (ótima aceitação no mercado) além de ser rústico, de fácil manuseio e de poder ser criado em policultivo com outros peixes (carpas, curimatãs, tilápias...)

□ **Apaiari:**

Peixe da bacia amazônica, de crescimento precoce, carne boa e desprovida de espinhas. O apaiari reproduz-se em açudes e é onívoro embora precise comer pequenos peixes para crescer. É um peixe bastante sensível às diferenças de temperatura e deve ser reservado a médios (e grandes) açudes.

As principais características desses peixes encontram-se reunidas na tabela 120.

# 6. Condições para piscicultura em pequenos açudes

Na maioria dos casos, o aproveitamento dos peixes dos pequenos açudes limita-se à pesca artesanal das espécies nativas (traíra, piabas, etc...) ou aclimatados (tilápias...). Não se pode falar em piscicultura mas em colheita. O único trabalho é a pesca. Neste caso, a produção média por hectare é da ordem de 50 -150 kg, 100 kg sendo considerado bom e 150 kg ótimo.

Dois tipos de **intensificação da piscicultura** são possíveis em pequenos e médios açudes.

## 6.1 Tipos de piscicultura

■ **Piscicultura extensiva**

**A piscicultura extensiva** consiste em efetuar o peixamento do açude, que tem geralmente outra finalidade principal, sem fertilizar água nem alimentar os peixes. A única fonte de alimentação são os alimentos naturais da água do açude. É o caso da **piscicultura em grandes açudes públicos** cuja grande extensão, por razões práticas e econômicas, não permite a distribuição de alimentos e adubos. Ademais, nos açudes utilizados para abastecimento, não se pode realizar uma adubação conveniente, o que tornaria a água não potável. A produção dos peixes nesta modalidade depende principalmente de dois fatores:

- capacidade de suporte alimentar da água ou, em outras palavras, **produtividade natural da água**, que depende da quantidade de nutrientes (fosfatos, nitratos e matéria orgânica) da água, do solo e do oxigênio dissolvido.
- escolha de espécies adequadas, densidade de povoamento e sobrevivência dos peixes.

Deste modo, alcança-se médias de produtividade de 100 a 150 kg/ha/ano e, em boas condições (açudes de 1 a 5 ha), até mais que isso. A produção média dos grandes açudes do DNOCS é da ordem de 120 kg/ha. Este valor bastante baixo (embora relativamente bom comparando com outras regiões do mundo) é devido principalmente ao fato de que os espelhos d'água são tão grandes que um peixamento e uma exploração da totalidade do açude não são possíveis. Além do mais, a pesca livre e o grande número de pescadores impedem qualquer tipo de intensificação.

■ **A piscicultura semi-intensiva**

A piscicultura constitui-se atividade importante ou até principal. Há fertilização orgânica da água, fornecimento de alimentos artificiais, controle do crescimento dos peixes,

## PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS PEIXES UTILIZADOS

| NOME DO PEIXE | REPRODUÇÃO | CRESCIMENTO | ALIMENTAÇÃO | OBSERVAÇÕES |
|---|---|---|---|---|
| 1) TILÁPIA DO NILO | N/P | RÁPIDO | O | - PEIXE DE DIFUSÃO MUNDIAL; CRESCIMENTO RÁPIDO, POREM COM TENDENCIA A PROLIFERAÇÃO. |
| 2) TILÁPIA DO CONGO | N/P | ACEITAVEL | H | - ONIVORO COM TENDENCIA HERBIVORA. CRESCE MENOS QUE A TILÁPIA DO NILO E PROLIFERA MAIS. |
| 3) TILÁPIA HIBRIDA | A | RÁPIDO | O | - PRODUZIDO NAS ESTAÇÕES OBTEM-SE SOMENTE MACHOS, DE CRESCIMENTO MAIS RÁPIDO, EVITANDO-SE PROLIFERAÇÃO. |
| 4) CARPA COMUM | N/P | RÁPIDO | O | - PEIXE DE CULTIVO CLASSICO; RÚSTICO E BOM PARA POLICULTIVO EM PARTICULAR COM TAMBAQUI E TILÁPIAS. |
| 5) CARPA CAPIM | A/T | RÁPIDO | H | - PEIXE DE GRANDE INTERESSE; NÃO COMPETE COM OS OUTROS E FERTILIZA A ÁGUA. |
| 6) CARPA CABECA-GRANDE | A/T | RÁPIDO | P | - APROVEITA DIRETAMENTE O FITOPLANCTOR. A SER CRIADA COM A CARPA COMUM. |
| 7) CARPA PRATEADA | A/T | RÁPIDO | P/O | - PARECIDA COM A CARPA CABECA GRANDE, POREM DE ALIMENTAÇÃO MAIS DIVERSIFICADA. |
| 8) TAMBAQUI | A/T | RÁPIDO | O | - PEIXE RÚSTICO COM OTIMAS QUALIDADES; NÃO SE REPRODUZ NO AÇUDE. |
| 9) PIRAPITINGA | A/T | RÁPIDO | O | - DA FAMILIA DO TAMBAQUI E DE CARACTERISTICAS SEMELHANTES. |
| 10) CURIMATA | A/T | ACEITAVEL | L | - PEIXE IDEAL EM POLICULTIVO POR TER HABITO ALIMENTAR PARTICULAR. BEM ACEITO NO MERCADO. |
| 11) CURIMATA PACU | A/T | RÁPIDO | L | - SEMELHANTE A CURIMATA, POREM ALCANÇA PESO MUITO MAIS CONSIDERAVEL. |
| 12) PESCADA DO PIAUI | N | LENTO | C | - PEIXE DE CARNE SABOROSA; PARA GRANDES AÇUDES. |
| 13) APAIARI | N/T | LENTO | C | - CARNIVORO MODERADO, NÃO ULTRAPASSA 600g; REPRODUÇAO NOS AÇUDES MÉDIOS. |
| 14) TUCUNARE | N | LENTO | C | - PEIXE CARNIVORO COM EXCELENTE MERCADO, POREM MAIS ADAPTADO A GRANDES AÇUDES. |

N : REPRODUCAO NATURAL EM VIVEIROS E ACUDES.
P : DESOVA PARCELADA (VARIAS POR ANO).
A : REPRODUCAO ARTIFICIAL.
T : DESOVA TOTAL EM RIOS (PEIXE DE PIRACEMA)

C : CARNIVORO
H : HERBIVORO
O : ONIVORO
P : PLANCTIFAGO
L : LODOFAGO

despescas periódicas e proteção contra as espécies carnívoras. Esse controle torna-se cada vez mais difícil à medida que o açude torna-se maior, sendo o tamanho ideal entre um e cinco hectares de superfície.

*A produtividade por ha é calculada com relação à superfície na hora do peixamento.*

O pequeno açude, por permitir, mesmo de forma precária, o contrôle requerido pela piscicultura semi-intensiva, aparece como muito mais favorável que os grandes açudes, para os quais apenas a piscicultura extensiva é possível. Pode-se esperar uma produtividade de 1000 a 5000 kg/ha/ano.

### ■ Outros tipos de piscicultura

A **piscicultura intensiva** é desenvolvida em viveiros, segue regras técnicas rigorosas, não sendo adaptada, salvo condições muito particulares, a pequenos açudes e alcança produções de 4 a 12 t/hectare. Existe, ainda, a **piscicultura superintensiva**, voltada para criação de peixe de alta renda (bagre, truta...), com alimentação artificial, oxigenação contínua da água e densidade de até 20-200 peixes por metro cúbico!

## 6.2 Particularidades da piscicultura semi-intensiva em açudes

A piscicultura semi-intensiva em açudes apresenta as seguintes vantagens com relação à piscicultura intensiva:

- é muito mais adaptada às condições sócio-econômicas da pequena propriedade sertaneja (menos investimento, menos tecnicidade);
- limita os custos de infra-estrutura (viveiros), na medida em que se desenvolve em açudes *já existentes* e *construídos para outros fins*;
- aproveita a fertilização natural da água do açude, reduzindo assim as necessidades de alimentação artificial dos peixes.

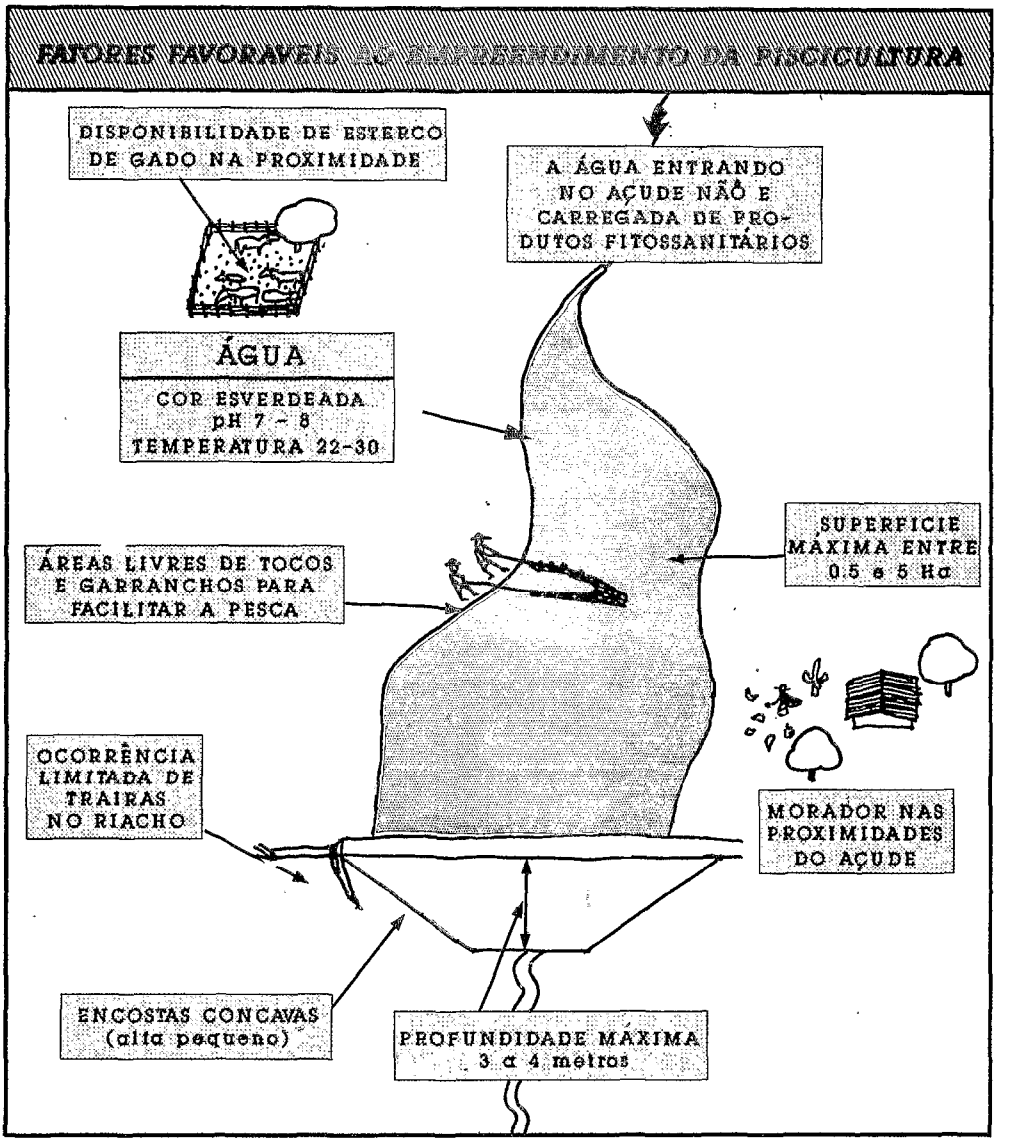
No entanto, **um açude é diferente de um viveiro e não permite um controle total**, destacando-se as dificuldades seguintes:

- O nível da água, e sobretudo a superfície do espelho d'água, variam muito. Em conseqüência, o espaço, o oxigênio e a alimentação natural disponíveis também variam.
- Podem ocorrer sangrias, com **entrada** de peixes (como a traíra) e saída de peixe do açude, dificultando o controle das espécies.
- A despesca no açude é mais difícil porque este é mais profundo, a não ser que o nível da água baixe muito.
- O ritmo das estações (e do movimento do nível da água no açude), em particular para pequenos açudes, condiciona as datas do peixamento e da despesca. Nos anos em que o açude não enche, não há piscicultura.
- O açude fica, às vezes, distante de habitações ou isolado. Açudes sem possibilidade de serem vigiados e reconhecidamente peixados correm um grande risco de serem despojados do seus peixes por **vizinhos ou ladrões.**
- Não se controla sempre a qualidade da água entrando no açude. Os peixes estão entre os animais mais sensíveis aos produtos fitossanitários.

**Essas particularidades do açude implicam que se adote um manejo especial.**

Para se assegurar que um determinado açude se presta para piscicultura, observa-se os parâmetros físicos da água (ver p.154) e confere-se se as suas características gerais são favoráveis, como indicado na figura 121.

121




## 6.3 Condições para o peixamento do açude

Quando se trata do aproveitamento de um açude novo, possivelmente ainda sem água, é recomendado cortar as árvores e destocar a bacia hidráulica. Isso é necessário para que

não se **enganchem** as redes ou as tarrafas. Além do mais, evita-se **desperdiçar lenha** que pode ser vendida, compensando assim a mão-de-obra do desmatamento. Para esse fim, é interessante aproveitar, na hora da construção, dos tratores, que são muito eficazes para remoção completa das árvores.

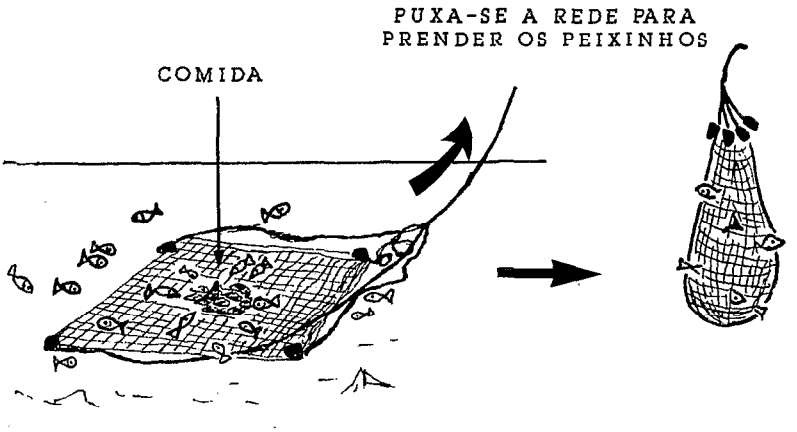
Um **açude novo** apresenta, também, a vantagem de possibilitar a escolha de um povoamento perfeitamente adequado, logo depois do seu enchimento.
No caso contrário, a fim de conhecer as espécies de peixes já existentes no açude, deve-se conversar com o proprietário a respeito dos tipos de peixe que ele costuma pescar na represa. No caso de um **açude já existente**, temos em geral a presença de muitas espécies que podem ser prejudiciais à piscicultura:

- **os pequenos peixes sem valor comercial**, tipo piabas, carás, que consomem alimentos sem nenhum proveito para o criador. Esses peixinhos são muito rápidos e espertos e chegam primeiro ao alimento;
- **os peixes carnívoros**, em particular a traíra, a piranha ou a pirambeba, que se alimentam de peixes pequenos, reduzindo a população dos peixes de cultivo. A traíra adulta, na realidade, é pouco voraz. Por isso, sua presença apenas torna-se problemática quando sua densidade é elevada. Uma população restrita de traíras não prejudica a criação no açude.

## ■ 1. Lutar contra a proliferação de pequenos peixes:

- Aproveitar-se da hora da distribuição da comida para, com o auxílio de uma tarrafa de malha fina, retirar o maior número possível de pequenos peixes. Pode-se, também, usar uma rede especial ("rede içada") armada dentro de um quadro leve de madeira e colocada na bacia do açude com comida no meio (figura 122). Quando os pequenos peixes se acumulam, levanta-se a rede. A armação permite colocar a rede com mais facilidade mas pode ser dispensada e a rede estendida diretamente no fundo do açude (colocar chumbo ou pedras nos cantos).

122 *Uso da "rede-içada"*




- Utiliza-se, também, garrafas mergulhadas na água, com alguma comida dentro que, rapidamente, enchem-se de pequenos peixes que ficam presos.

123 *Prender peixinhos com garrafas*

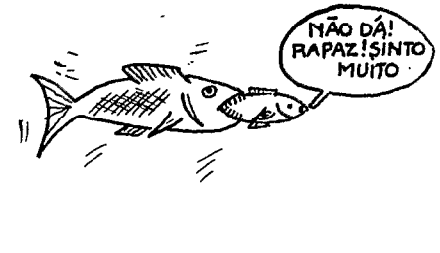
- **Introduzir uma espécie de peixe carnívoro** mais valioso, seja para aproveitamento dos pequenos peixes sem valor comercial, seja para lutar contra a "infestação" de traíras. O tucunaré é uma das melhores soluções.
  O tucunaré dispensa proteção a seus ovos e sua prole e tende a ficar dominante, como acontece em alguns açudes públicos. Sua carne é considerada ótima. No entanto, reserva-se essa opção para **açudes médios** de certo porte, porque o tucunaré não se dá muito bem em pequenos açudes e porque seu manejo é mais difícil.

## ■ 2. Lutar contra a presença de peixes carnívoros:

*O alevino do tambaqui é o mais sensível aos predadores.*

- Aumentar bastante o número de alevinos em previsão das perdas nos primeiros dias após o peixamento. **Feixes de garranchos** podem ser colocados na margem do açude (em água rasa), para proporcionar proteção aos pequenos alevinos.
  Alevinos de algumas espécies, como o tambaqui, nadam em cardume (em grupo), facilitando a sua predação por peixes carnívoros. Por isso, pode ser interessante soltar os peixes em vários pontos do espelho d'água, sobretudo se este for extenso.
- Povoar utilizando-se grandes alevinos (acima de 8 cm). A traíra só engole os peixes pequenos; a piranha pode atacar peixes e animais maiores mas, felizmente, não se encontra freqüentemente. Essa solução é a mais indicada. Infelizmente, no que concerne às estações administradas pelo DNOCS, orientações recentes têm priorizado a produção de alevinos de até 5 cm de comprimento somente.
  Caso só se consiga alevinos muito pequenos (3-4 cm), a melhor solução consiste em acondicioná-los num reservatório separado até que estes cheguem a um tamanho de 8 a 10 cm. Pode-se usar um pequeno barreiro ou instalar uma tela para isolar uma parte do açude (adubar a água (75g/m$^2$/semana) e distribuir tortas e um pouco de farinha de carne). Os alevinos criados num barreiro podem ser recolhidos com jererês (cabos longos de madeira com sacos de tela armada, tipo mosquiteiro), puçás, rede varredoura ou redes particulares e transferidos para o açude num tambor ou qualquer outro recipiente.

124 *Peixar com alevinos grandes*




*Ver como confeccionar puçás e redes no Anexo 5.*

## ■ 3. Controlar a população global:

Duas medidas drásticas permitem conseguir um controle global da população, tanto dos peixes carnívoros quanto dos peixinhos prolíficos.

- Recolher todos os peixes do açude, aproveitando-se de um período de estiagem, em que o açude seca ou quase seca (ou, eventualmente, esvaziando o açude com um sifão). Essa solução nem sempre permite o controle de todos os peixes já que há espécies (como a traíra), que costumam enterrar-se na lama à espera de novos escoamentos que encham o açude (porém morrem quando a lama seca e racha). Para remediar isso, pode-se espalhar cal

hidratada (pó fino, vendido no comércio) na superfície da lama, ou retirá-la (com trator ou tração animal). A cal deve ser espalhada na base de 100 gr/m$^2$. Pequenos açudes, sobretudo aqueles explorados com irrigação, pelo fato de quase secar a cada ano, favorecem o controle das espécies.

*Ver uso do timbó, pág. 182*

- Para açudes médios (e grandes) que raramente secam, mas também para os pequenos, é possível recorrer ao **timbó**, produto que permite extinguir os peixes do açude para reiniciar um povoamento adequado e controlado. Seu uso é descrito com detalhes no capítulo seguinte.

Essas medidas podem passar a ser necessárias periodicamente, segundo os casos.

# 7. O Peixamento do açude

## 7.1 Quando se deve peixar o açude?

A piscicultura nos **pequenos açudes** é possível desde que os alevinos sejam colocados depois da estação chuvosa, de modo que não haja risco de perdê-los em eventuais sangrias.

Como se trata de aproveitar o açude enquanto o nível está alto, devendo os peixes atingir um tamanho comercial antes do açude secar ou ficar com pouca água, é importante **peixar o açude o mais cedo possível**, desde que a probabilidade de sangria se torne nula.

Entretanto, em alguns casos em que o açude apresenta uma extensa bacia coberta por uma vegetação bastante densa (em particular, no primeiro ano após a sua construção) não se deve colocar alevinos logo depois do enchimento do açude, porque as plantas recobertas pela água apodrecem. Isto é **muito benéfico** para o enriquecimento da água e a alimentação dos peixes, porém as bactérias, consumindo muito oxigênio, provocam um déficit provisório do oxigênio dissolvido na água. Embora a velocidade de decomposição varie segundo as plantas (em primeiro lugar as leguminosas e por último as gramíneas), o que contribui para diminuir o risco, é aconselhado esperar no mínimo uma semana depois do enchimento do açude.

O povoamento será efetuado com espécies de crescimento rápido (tambaqui, carpa comum, se for possível com alevinos já médios ou grandes (6 a 15 cm)). Quatro a cinco meses depois, conforme o peso alcançado pelos peixes, a despesca poderá começar, aproveitando-se da diminuição do volume armazenado no açude.

**A despesca tem que ser a mais completa possível. Torna-se necessário realizar um povoamento a cada ano** em que o açude encher, já que a população eventualmente remanescente **não é suficiente para assegurar uma produção ótima no ano seguinte.** Em certos casos e apesar de haver 35 estações de piscicultura no Nordeste, isto pode não ser possível.

Caso o açude esteja sendo aproveitado para irigação de um cultivo de ciclo curto no período seco, poderá ocorrer uma diminuição bastante rápida da superfície do espelho d'água, o que levará a aumentar a alimentação artificial, a diminuir o número de alevinos ou, até, a impossibilitar a piscicultura.

Nos **açudes médios**, o repovoamento é necessário para espécies de "piracema", que não se reproduzem nas águas paradas do açude, e quando o nível baixa até o ponto de prejudicar a sobrevivência do povoamento inicial. Não havendo despesca total do açude, alguns peixes podem continuar crescendo durante vários anos.

## 7.2 Que espécies pode-se colocar no açude?

Os peixes apropriados ao cultivo intensivo ou semi-intensivo devem, de maneira geral, apresentar as seguintes qualidades:

- ter boa aceitação por parte dos consumidores;
- ter crescimento rápido;
- consumir, de preferência, os alimentos naturais do açude;
- aceitar e apresentar boa conversão para os alimentos artificiais (ração, capim, etc...);
- propagar-se naturalmente ou ser disponíveis nas estações de piscicultura;

Os peixes propostos pelos centros de piscicultura apresentam boas qualidades para o cultivo, destacando-se o tambaqui, as carpas, a tilápia do Nilo e a curimatã, pelo conjunto de suas qualidades.

**No caso de um policultivo** (cultivo de várias espécies ao mesmo tempo) deve haver compatibilidade entre as espécies bem como diversificação das suas respectivas fontes de alimentação. Tal prática é **sempre aconselhada** já que permite um incremento da população de peixes no açude. Sugere-se as associações seguintes:

- tambaqui + curimatã + tilápia do Nilo
- carpa + curimatã + tilápia do Nilo
- tambaqui + carpa + curimatã + tilápia do Nilo

A curimatã deve entrar no policultivo **em proporção menor** (10%). Quando há dificuldades em se conseguir esterco, adota-se a carpa-capim, também em número reduzido mas, se possível, já de certo tamanho (100 g).

Caso não haja possibilidade de fornecer alimentação artificial, a carpa prateada associa-se vantajosamente à carpa comum porque aproveita melhor o fitoplâncton graças a um aparelho que filtra as algas menores do açude; a carpa prateada pode ser associada com o tambaqui e a curimatã (oü a carpa-capim). O tambaqui e a tilápia do Nilo, também, são menos exigentes com relação à quantidade de alimentos artificiais.

- carpa comum + carpa prateada + carpa-capim
- carpa prateada + tambaqui + curimatã
- carpa prateada + tambaqui + carpa-capim.

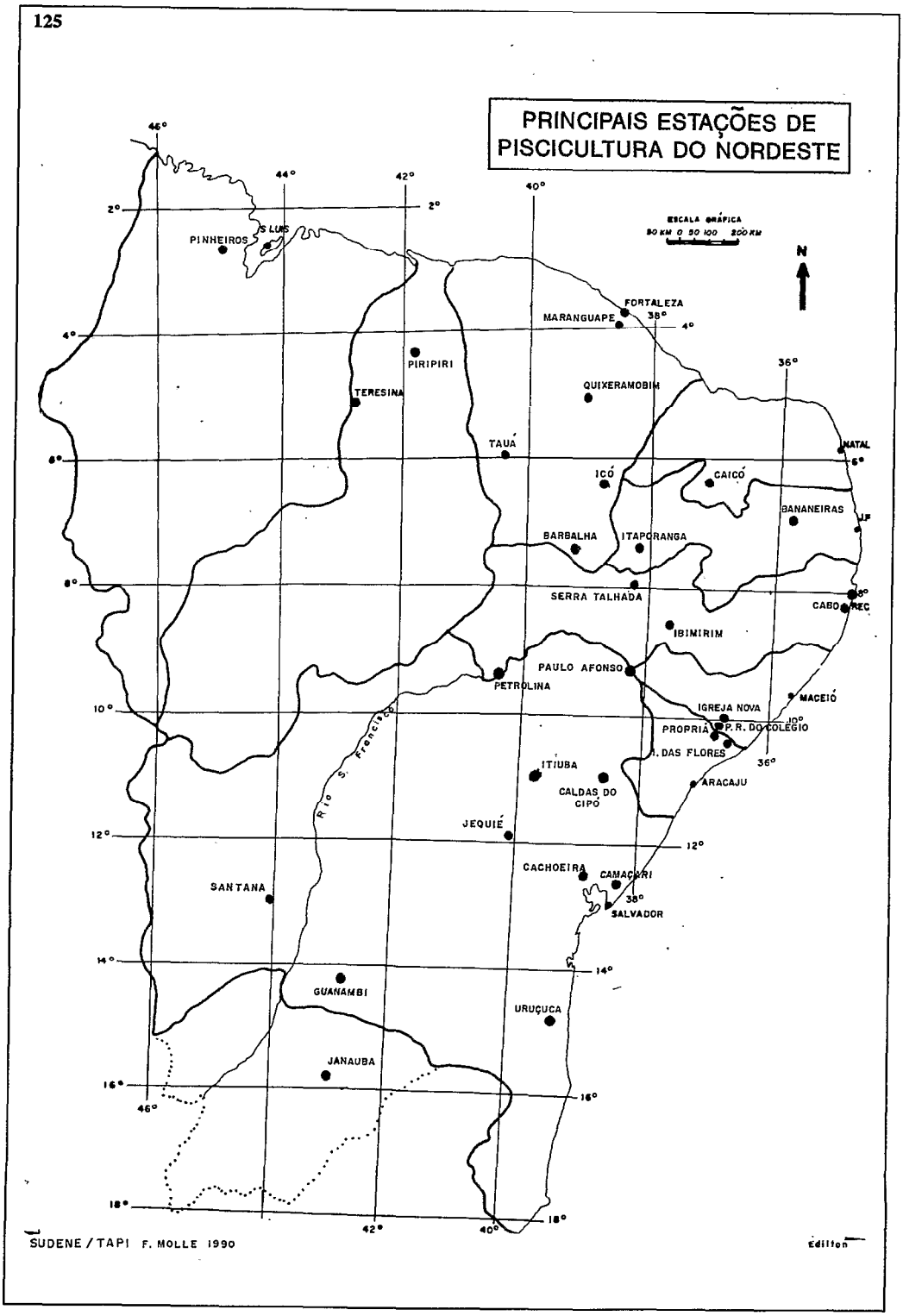
## 7.3 Onde conseguir alevinos?

Existem cerca de 35 estações de piscicultura no Nordeste, como mostrado no mapa da figura 125. As suas coordenadas exatas encontram-se no Anexo 5.

É aconselhado entrar em contato com as estações mais próximas **com antecedência**, a fim de verificar quais tipos de alevinos **serão** disponíveis no momento desejado e se há **necessidade de encomendá-los.** Algumas espécies de alevinos são produzidas o ano todo e outras somente em algumas épocas do ano. Além do mais, o plano de produção varia de uma estação para outra e de ano para ano.

Informar-se, também, se a estação fornece algum recipiente para transporte e/ou sacos oxigenados.

125


PRINCIPAIS ESTAÇÕES DE PISCICULTURA DO NORDESTE
ESCALA GRÁFICA
50 KM 0 50 100 200 KM
N
PINHEIROS
S. LUIS
MARANGUAPE
FORTALEZA
PIRIPIRI
TERESINA
QUIXERAMOBIM
TAUÁ
NATAL
ICÓ
CAICÓ
BANANEIRAS
BARBALHA
ITAPORANGA
SERRA TALHADA
CABO REC
IBIMIRIM
PAULO AFONSO
PETROLINA
MACEIÓ
IGREJA NOVA
PROPRIÁ
P. R. DO COLÉGIO
I. DAS FLORES
ARACAJU
ITIUBA
CALDAS DO CIPÓ
JEQUIÉ
Rio S. Francisco
CACHOEIRA
CAMAÇARI
SALVADOR
SANTANA
GUANAMBI
URUÇUCA
JANAUBA
SUDENE / TAPI F. MOLLE 1990
Edilton

## 7.4 Quantos alevinos se deve colocar no açude?

A quantidade de alevinos a ser colocada no açude depende do **tamanho** e do tipo de alevino, da **superfície** do espelho d'água, da qualidade da água e da **alimentação** que será dada.

Os alevinos podem ser adquiridos em estações de piscicultura em três diferentes tamanhos:

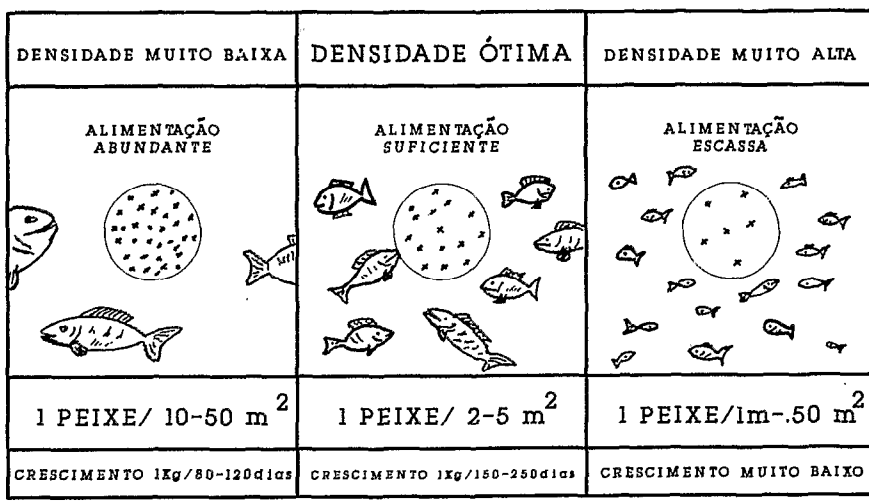
- pós-larva (cerca de 3 dias de idade)
- pequeno alevino (2 a 5 cm)
- grande alevino (6 a 15 cm)

A vantagem da pós-larva é que pode ser adquirida em grande quantidade, baixíssimo custo, e ser transportada a grande distância, ocupando pouquíssimo espaço (uma embalagem convencional com 6 litros d'água permite transportar cerca de 20.000 a 30.000 pós-larvas), porém não é adequada para açudes.

**Grandes alevinos, com mais de 8 cm, são especialmente aconselhados em açudes onde há grande ocorrência de peixes carnívoros,** como a traíra, e particularmente em pequenos açudes, de maneira a **reduzir o tempo do cultivo.**

Como ocorre na agricultura, em que se procura um espaçamento ideal para plantar os cultivos (em função da sua exploração do solo), existe uma **taxa de povoamento ótima** que corresponde a um equilíbrio entre dois extremos não rentáveis (muitos peixes pequenos ou poucos grandes) (figura 126).

126




FONTE: Woynarovitch

Como a vida no açude é muito dependente da luz recebida pelo espelho d'água, calcula-se a densidade de peixe com relação à **superfície do açude** e não a seu volume.

A tabela 127 fornece a quantidade de alevinos a ser colocada por hectare de espelho d'água. **Para pequenos açudes não se deve considerar, para o cálculo, o espelho d'água**

**na hora do povoamento, mas a sua média com o valor da futura superfície, na época em que haverá início da pesca.** Uma pesca regular permitirá diminuir a população de peixe ao mesmo tempo em que haverá redução da área do açude.

Isto é muito importante no caso particular de um açude também utilizado para irrigação em que o rebaixamento do nível d'água, pode revelar-se brutal, acarretando uma redução da superfície que pode ser fatal para os peixes (falta de oxigênio e alimentação).

O espelho d'água a ser levado em conta para o cálculo pode ser calculado pela fórmula:

*Veja como estimar o rebaixamento EVINF. pág. 226*

$$S_m = (S_o + S_1)/2 \qquad \text{com} \qquad S_1 = S_o[(H_o - EVINF)/H_o]^{(\alpha-1)}$$

*Coeficiente de forma, ver pág. 205.*

onde $H_o$ e $S_o$ são a profundidade e a superfície na hora do peixamento e (EVINF) o rebaixamento previsto do açude até o início da despesca. Caso não se conheça o valor do coeficiente de forma do açude ($\alpha$), pode-se adotar $\alpha = 2.70$. **$S_m$ pode ser calculado com o ábaco apresentado no Anexo 8.**

**Tabela 127: Quantidade de alevinos a ser colocada por Ha de espelho d'água**

| | TAMANHO DO ALEVINO | | |
|---|---|---|---|
| | **Pequeno (2 cm)** | **Médio (5 cm)** | **Grande (8 cm)** |
| *TRATAMENTO* | | | |
| *Sem Adubo* | *5.000* | *2.500* | *1.500* |
| *Com Adubo* | *10.000* | *5.000* | *3.500* |
| *Com Adubo + alimentação* | *12.000* | *6.000* | *4.000* |

Em função das condições de transporte, esses números podem ser incrementados para levar em conta uma perda de 10 a 30%.

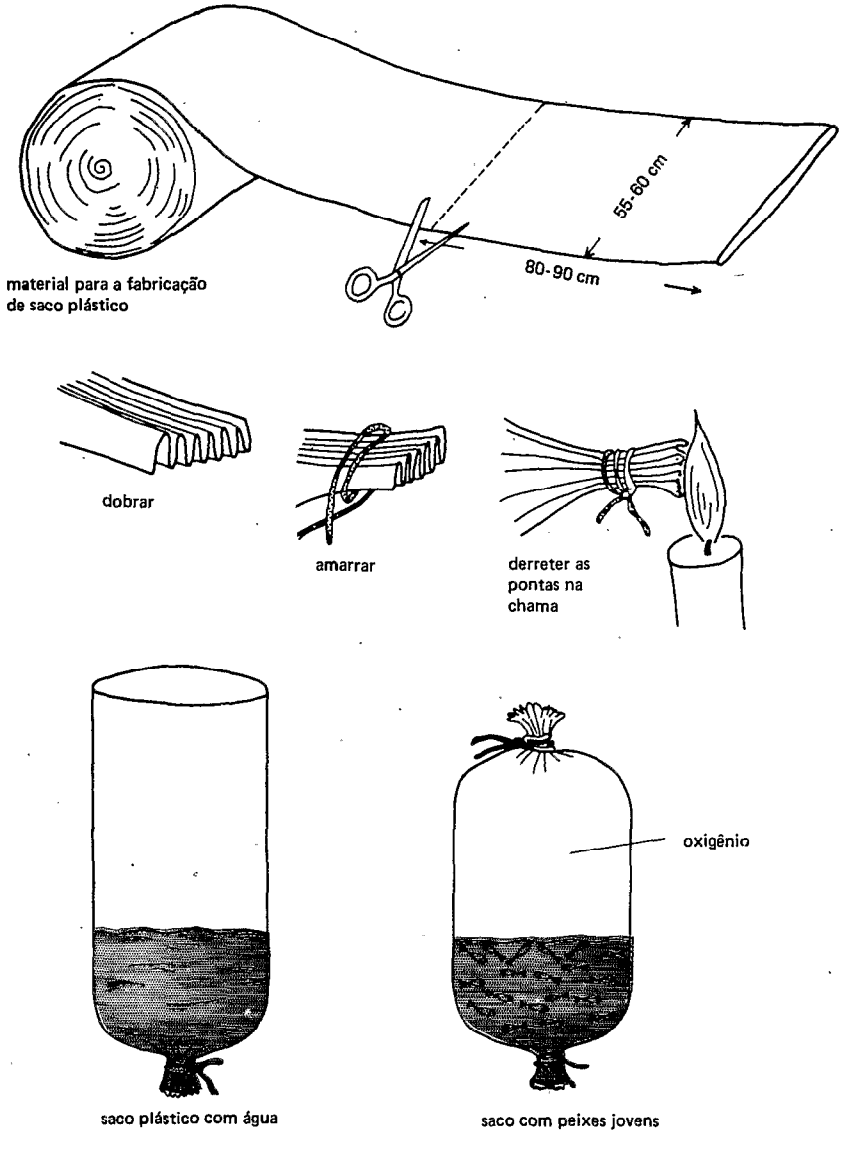
Indicações mais precisas, segundo o tipo de alevino e espécie, poderão ser obtidas na hora da compra dos alevinos.

## 7.5 Como transportar os alevinos?

**O transporte** é feito, de preferência, em sacos de plástico fechados com oxigênio sob pressão, evitando-se as horas mais quentes do dia. Os sacos de plástico adequados têm tamanho de 0.60 m x 0.90 m e **espessura** de 0.3 mm, podendo conter cerca de **500 alevinos de 5 cm** ou 1.000 alevinos menores (2-3 cm). Nem sempre esses sacos são fornecidos pela estação de piscicultura (informar-se antes) e, por serem de grande espessura, são difíceis de encontrar no mercado. Pode-se substituí-los por vários sacos de lixo (de 50 l) colocados um dentro do outro. Sacos podem também ser feitos diretamente com rolos de lona plástica como indicado na figura 128.

O oxigênio, em geral, é vendido na própria estação. **Os sacos oxigenados permitem 10 horas de transporte**, ou seja, aproximadamente 600 km. Ver ca-se que nenhum ponto do Nordeste cristalino encontra-se a uma distância superior a este limite de uma estação de piscicultura. Nessas condições perde-se, em média, apenas 1% dos alevinos.

**128** *Como fazer sacos de plástico para transporte dos peixes*




Fonte: Woynarovitch

Caso não haja sacos disponíveis, pode-se utilizar:

- barris (tambores de 200 l)
- caixa de isopor (500 l) ou de fibra de vidro
- tanques de lona plástica (tipo usado para cobrir carga de caminhão), armados com barrotes de madeira na carroceria de uma camioneta
- potes de barro (quando o açude não tem acesso fácil e os alevinos devem ser transportados por jumentos).

Recipientes sem oxigênio só servem para transporte **de menos de** duas horas e, de preferência, menos de uma hora. Para evitar o aquecimento da água, é aconselhado colocar o saco em um isopor (500 ou 1.000 l).

A quantidade de alevinos que se pode transportar varia segundo o acondicionamento e o tamanho do peixe, como indicada na tabela abaixo.

**Quantidade de alevinos que podem ser acondionados**

| Tamanho do alevino | 2-3 cm | 4-5 cm | 8 cm |
|---|---|---|---|
| *Caixa aberta* | *30/l* | *10/l* | *5/l* |
| *Saco oxigenado* | *200/l* | *100/l* | *30/l* |

Para transportes de longa duração, é preferível que a estação realize o "esfomeamento" (jejum) prévio dos alevinos para que água do recipiente não se torne saturada de fezes durante a viagem. Isto porque, multiplicando-se as bactérias, estas rapidamente consomem o oxigênio dissolvido na água.

## 7.6 Como soltar os alevinos no açude?

Antes de soltar os alevinos na água, o que será feito delicadamente, **os sacos plásticos terão que ficar na água do açude pelo menos por 10 minutos, para que as temperaturas se igualem, evitando-se, assim, um choque térmico.** É aconselhável também misturar progressivamente água do açude com a água do saco.

Deve-se evitar agitar a água para não provocar sua turvação. O material argiloso em suspensão pode colmatar as brânquias dos alevinos e provocar a sua morte. Os peixes devem sair do saco livremente e não devem ser afugentados se, no início, permanecem na beira d'água.

*De 8 às 10h: é a melhor hora para soltar os alevinos.*

Quando o transporte é feito em recipientes que não podem ser levados até o açude, utiliza-se baldes para transferência dos alevinos (ou puçás para distâncias de alguns metros) tendo-se os mesmos cuidados que com os sacos oxigenados.

Quando os alevinos são transportados sem oxigênio, eles chegam geralmente bastante estressados e sem capacidade de se defender dos predadores. Para evitar perdas importantes, é aconselhado transferir os alevinos para uma jaula de malha adequada já mergulhada no açude. Os peixes assim protegidos têm a possibilidade (em um ou dois dias) de se recuperar.

# 8. Manejo da piscicultura

## 8.1 Algumas recomendações gerais

□ **Manuseio:**

A manipulação dos peixes sempre deve ser "carinhosa", em particular quando se retira peixes apenas para acompanhar o crescimento da criação. A mão pode retirar o muco que protege o peixe e deixá-lo vulnerável ao ataque de micróbios.

**Mais cuidado, Presidente...**

*Getúlio Vargas visitou o Perímetro São Gonçalo e fazia parte do programa do dia o peixamento de um lago com filhotes de Pirarucu, da Amazônia, que o Serviço de Piscicultura introduzia no Nordeste. Na margem do lago um "cassaco" entrega os filhotes de 20 cm em uma pequena cesta de malha, com cabo, usada para captação de peixes em tanques.*

*Dr. Getúlio e outros do séquito (..), alacremente, iam recebendo os cestos que entornavam, despejando os peixes na água. O presidente, ao fazer isso, a um metro de altura, foi advertido pelo cassaco:*

*- É bom baixar a mão, senão prejudica os peixes...*

*(Paulo Guerra "Flashes das secas")*

☐ **Roubo:**

O roubo de peixes é, infelizmente, uma prática muito comum. O ideal é existir uma casa na beira do açude. Pode-se, também, instalar armadilhas para redes e tarrafas, colocando arame farpado nos lugares de acesso mais fácil. O arame é estendido no fundo do açude e amarrado a um pedaço de pau mergulhado próximo à superfície, em local conhecido do proprietário, de maneira a poder removê-lo na hora da pesca.

☐ **Espelho d'água:**

*Plantas aquáticas, ver A4*

É importante controlar as plantas flutuantes que invadem a superfície da água e são muito prejudiciais. Este trabalho só pode ser manual e não se deve esperar que tais plantas se alastrem muito antes de tomar providências. O capim navalha e a baronesa (aguapé), por exemplo, podem colonizar vastas extensões em 1 ou 2 anos.

☐ **Transparência:**

Pode-se acompanhar a transparência com um prato branco como indicado no item 2. O ideal é uma água limpa que, após adubação, se tornará esverdeada ou verde azulada. Neste caso, se o prato deixar de ser visível a menos de 20 cm, suspende-se a adubação.

☐ **Calagem:**

A calagem é necessária para corrigir águas muito ácidas e serve de **estabilizadora do pH.** Além do mais, ajuda a precipitar eventuais excessos de matéria orgânica e fornece o cálcio necessário ao crescimento do esqueleto dos peixes. O cal pode ser espalhado na bacia do açude antes do inverno, em quantidade de até 1 t/ha. A calagem é indispensável para açudes com pH baixo (<6).

☐ **Mortandade:**

A aparição de peixes mortos na superfície pode ter várias causas, principalmente, o **envenenamento** (por produtos fitossanitários ou outros) e a **falta de oxigênio.** Esta pode originar-se num **rebaixamento** do nível da água rápido demais, em um excesso de materia orgânica em **decomposição** (por exemplo, algas mortas) em um forte **aumento** da temperatura ou numa **superpopulação** de peixes.

A presença de **muitos peixes procurando ar à superfície da água** é o primeiro sinal de **falta de oxigênio.** Isto ocorre geralmente de madrugada (o oxigênio foi consumido durante a noite e a fotossíntese ainda não iniciou, por falta de luz). Outro sinal é dado ao aparecerem **peixes parados,** insensíveis ao barulho e ao movimento. Neste caso, pode-se:

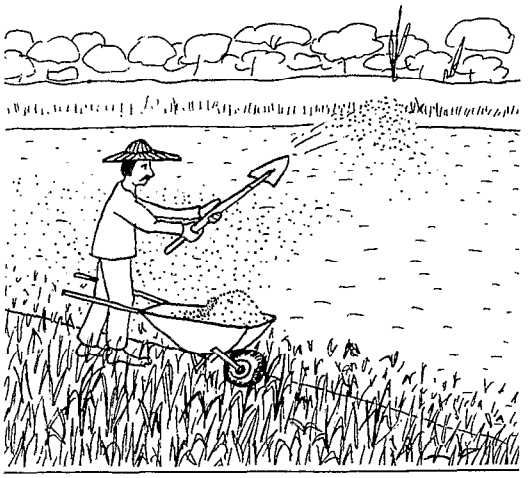
- suspender a adubação orgânica do açude;
- injetar ar na água; em pequenos açudes, nadando, salpicando e remexendo a água ou se houver, utilizando aspersores ou canhões de irrigação.

Com relação aos produtos poluentes, os peixes são muito sensíveis; a toxicidade aumenta com a temperatura.

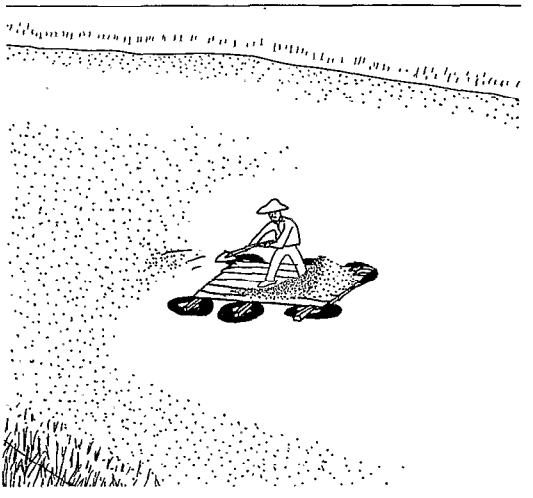
## 8.2 A alimentação dos peixes

Como vimos no item 4, deve-se, em primeiro lugar, assegurar o desenvolvimento do fitoplâncton (microalgas) pela adubação da água que estimula a vida no açude. **Para conseguir um rendimento ótimo,** embora certas espécies como o tambaqui e a tilápia do Nilo possam se satisfazer de plâncton, é necessário, também, acrescentar uma **alimentação artificial complementar,** se isto não acarretar custos suplementares muito elevados.

129a *Espalhar o adubo no açude*



129b



### ■ A adubação do açude

Os adubos podem ser **orgânicos** (estercos de frangos, suínos, patos, bovinos e feixes de grama seca) ou **químicos** (fosfatos e nitratos). Entre os estercos, destacam-se por sua qualidade os estercos de **galinha** e de **suínos,** muito superiores ao de bovinos.

O esterco deve ser colocado o **mais fresco possível e espalhado** da maneira a mais **uniforme** possível na **totalidade do espelho** d'água a fim de que sua eficácia seja ótima em todas as partes. Por isso, na maioria dos casos, as margens do açude sendo extensas ou de difícil acesso, um pequeno barco ou uma balsa artesanal serão necessários.

Quando há dificuldade em providenciar esterco, pode-se cortar feixes de gramíneas ou de qualquer vegetação não utilizada e mergulhá-los na água (amarrados a estacas ou pedras). A decomposição dos vegetais trará matéria orgânica ao açude.

Entretanto, o peixamento do açude sendo geralmente efetuado depois do inverno -época em que a subida do nível d'água provoca um alagamento da bacia e o consecutivo aprodrecimento da vegetação que ali cresceu - a necessidade de adubação, sobretudo nos primeiros dois meses, pode ser menor ou nula, dependendo da quantidade de vegetação recoberta. **Em todos os casos, ao aparecerem sinais de falta de oxigênio, a adubação deve ser suspensa logo.**

A adubação mínima deve ser feita com uma freqüência de 15 dias. Entretanto, se se dispuser de mão-de-obra, é preferível proceder a uma adubação mais freqüente (a cada dois dias ou até todo dia) podendo-se aplicar **até** 100 kg/ha/dia. Se não houver

*Atenção: um açude utilizado para o abastecimento não poderá ser adubado.*

disponibilidade suficiente de esterco, colocar o que for possível, mesmo que as quantidades sejam bem inferiores às recomendadas.

Adubos **químicos** devem ser usados com cuidado (em particular os fosfatos que podem provocar um crescimento descontrolado das algas) mas são muito benéficos para o fitoplâncton. Pode-se utilizar adubos agrícolas (NPK) (nas proporções 4/8/2) ou superfosfatos (20 a 30 kg/ha de $P_2O_5$ triplo ou 60 a 90 kg/ha de $P_2O_5$ simples). O adubo químico é de aplicação mais fácil; pode-se fazer recipientes flutuantes (balde com furos e bóia de mulungu) que ficam derivando na superfície do açude, dissolvendo e espalhando e material. As quantidades (em kg/ha) a serem aplicadas, de acordo com o adubo disponível, são as seguintes:

**Quantidade de adubo a ser distribuído no açude (kg/ha)**

| PERÍODO | ESTERCO DE AVE E PORCO | ESTERCO DE GADO | ADUBO QUÍMICO |
|---|---|---|---|
| *A cada 15 dias* | *1000* | *1500* | *75 uréia 50 superfosfato* |

## ■ A alimentação artificial complementar

Numerosos produtos podem ser dados aos peixes : grãos de trigo, sorgo e milho, tortas de algodão ou amendoim, farelos de trigo, arroz, etc... (resíduos de sementes após beneficiamento), resíduos industriais....(frutas e legumes podres, resíduos da fabricação da cerveja, etc...) e farinhas de carne, sangue, peixe, osso, etc... além de rações para frangos, suínos, pouco adotadas por serem muito caras.

A escolha do alimento depende, em geral e em primeiro lugar, dos produtos de fácil disponibilidade para o proprietário: preço baixo (ou nulo, se produzir algum desses alimentos), transporte mínimo, são os principais critérios. De modo geral, deve-se **evitar comprar alimentos**, os quais podem tornar o empreendimento não rentável em condições de piscicultura semi-intensiva. É mais vantajoso dar rações para suínos, patos ou marrecos e aproveitar o seu esterco para adubar o açude.

*Neste quadro você dispõe de uma série de produtos que podem ser empregados como alimentos artificiais e seus respectivos teores de proteínas e gorduras.*

| *ALIMENTO* | *Proteína* | *Gordura* |
|---|---|---|
| *FARINHAS* | | |
| *Carne de boi* | *58* | *16* |
| *Osso* | *52* | *7* |
| *Sangue* | *69* | *1* |
| *Soja* | *50* | *2* |
| *Peixe* | *57* | *7* |
| *Torta de algodão* | *30* | *2* |
| *Farelo de mamona (desintoxicado)* | *40* | *2* |
| *Torta de mamona* | *36* | *2* |
| *Torta de babaçu* | *35* | *2* |
| *Torta de amendoim* | *52* | *2* |
| *Resíduos de cervejaria* | *25* | |
| *Oiticica triturada* | *5* | *22* |
| *Folhas de macaxeira* | *13* | *10* |

**A quantidade diária a ser distribuida é de 1 a 3 % do peso dos peixes** alimentados no açude. Por exemplo: se o açude for povoado com 2000 carpas comuns de peso médio 120 g (ver item seguinte para estimativa do peso), a alimentação pode chegar até 3 % x 2000 x 0.12 = 7.2 kg/dia. **Na prática**, é possível regular a alimentação baseando-se

na observação dos peixes, procurando ver se comem a ração, aumentando-a ou diminuindo-a segundo o caso.

- Para peixes pequenos é preciso moer as sementes
- Os alimentos sob a forma de particulas finas devem ser umedecidas antes da distribuição, de maneira a evitar perdas.
- É aconselhado alimentar os peixes em hora e **local fixos.** Espalhar o alimento é desnecessário e acarreta perdas.

130 *Alimentar em hora e local fixos*

## 8.3 Controle do crescimento

De mês em mês, convém verificar se os peixes apresentam crescimento satisfatório. Com auxílio de tarrafa, captura-se alguns peixes (na hora e no local da distribuição da comida, por exemplo) e determina-se o peso médio, dividindo-se o peso total pelo número de peixes. Comparando este peso com aquele calculado um mês antes, pode-se estimar o **crescimento diário médio:**

- uma taxa de 3% é considerada boa,
- uma taxa de 1.5 - 2% é razoável
- uma taxa de menos de 1% é ruim

**Exemplo:**
os pesos médios encontrados, com um intervalo de 30 dias, foram de 80 e 155 g. O crescimento médio é 75 g ou seja 2.5 g/dia ou seja 3.1% de 80 g. O controle do crescimento é importante pois permite:

- detectar uma alimentação insuficiente em proteínas ou evidenciar uma superpopulação.
- acompanhar o peso médio do peixe de maneira a escolher o tempo de pesca quando o tamanho atingido for considerado ótimo.

## 8.4 Controle das espécies

Como já aludimos no item 6.3, os períodos de escoamento e sangrias podem acarretar mudanças importantes na população do açude. Alguns peixes podem vir de açudes e

barreiros situados a montante, descendo com a cheia, e outros, principalmente a traíra e a curimatã, podem subir na correnteza e entrar pelos sangradouros.

**A ocorrência da traíra é muito variável segundo os riachos;** o agricultor sabe geralmente qual é a situação do seu riacho nesse respeito. Deve-se controlar a população de traíras, esta **podendo ficar baixa sem muito prejudicar a piscicultura.** A característica do pequeno açude que quase seca todo ano, favorece este controle.

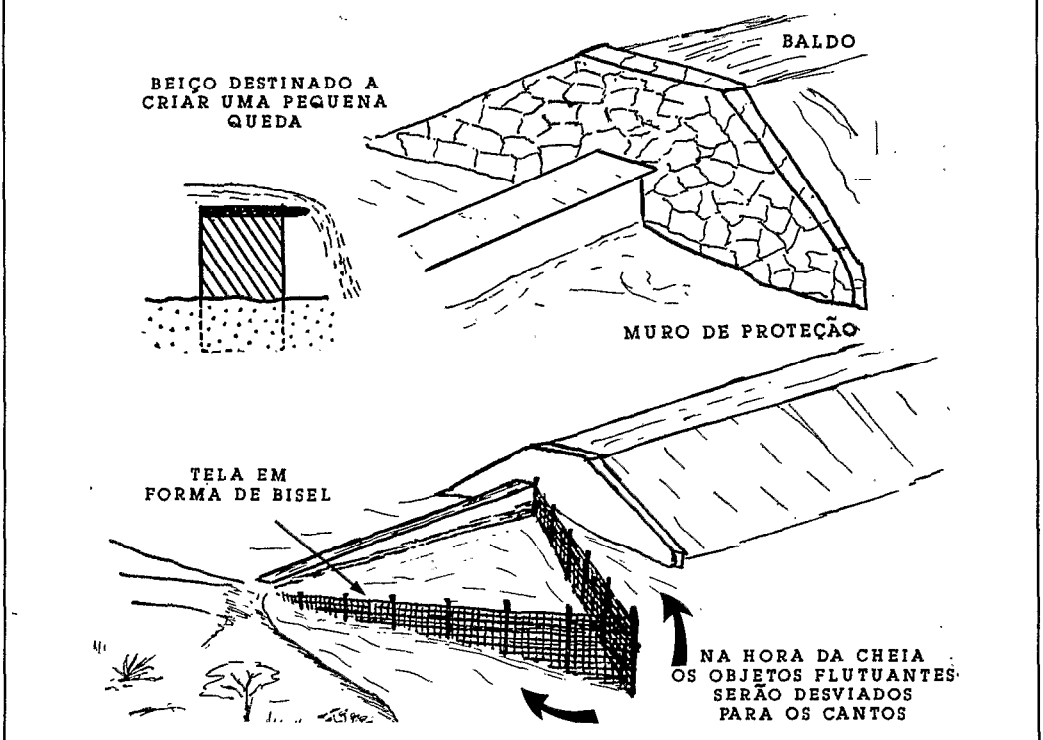
Um aparelho de pesca regional utilizado para a pesca da traíra é a bóia ou poita, constituído de um flutuador (cabeça de talo da carnaubeira ou mulungu) amarrado a uma linha de 1 a 2 metros, com anzol número 7 ou 8. Dezenas de boias podem ser espalhadas, de tarde, no açude e retiradas de manhã. Uma pesca regular com anzol permite reduzir o número de traíras.

*Uso do timbó, ver item 8.7.*

Se houver barreiros ou outras pequenas represas a montante do açude, pode ser mais fácil controlar a sua população. Em caso de superpopulação crônica de traíras, pode-se empregar o timbó.

A traíra adulta é relativamente sedentária e nem sempre migra na correnteza, podendo vencer obstáculos de apenas 30 cm de altura. Em contrapartida a capacidade migratória dos alevinos da traíra é muito grande; os peixinhos, no início ou no fim das sangrias, quando a correnteza é fraca, conseguem avançar arrastando-se no solo e penetram no açude. **Uma tela** colocada no sangradouro deveria ser muito fina (2 mm) para impedir a entrada dos alevinos e tal proteção seria evidentemente perigosa na hora das cheias, existindo sempre o risco de se entupir e provocar a submersão do dique.

131 *Colocação de queda ou telas no sangradouro*



*No caso da soleira perfilada (ver pág.78) pode haver variação da vazão no sangradouro.*

Um dispositivo suscetível de impedir a entrada dos alevinos da traíra consiste em criar uma queda d'água, acrescentando à soleira do sangradouro uma parte avançada (prancha, beiço de cimento...)(figura 131).

No entanto, uma tela de malha grossa (2 - 3 cm) pode ser colocada no sangradouro para evitar a entrada de **traíras adultas** (e a saída de peixes de cultivo).

Para diminuir o risco de entupimento deve-se colocar uma tela em forma de bisel, com vértice voltado para o lado de dentro do açude, a fim que os objetos flutuantes e carreados sejam desviados para os cantos (figura 131). Isto somente será possível se as proximidades do sangradouro não forem muito profundas a fim de limitar a altura das estacas e da tela.

*Alguns peixes são, ao contrário, levados pela sangria: tambaqui, curimatã, carpa-prateada. A tilápia e a traíra ficam.*

No entanto, devido aos riscos decorrentes de tal dispositivo, recomenda-se reservar essa solução para açudes **vizinhos a algumas habitações** para que se possa acompanhar a cheia e intervir com rapidez em caso de problemas.

Se no percurso da sangria logo depois do sangradouro, houver uma queda d'água importante, não haverá subida de traíras adultas e a tela será inútil, a não ser para evitar a saída de peixes criados de certo tamanho; como o peixamento, **em pequenos açudes**, é efetuado depois das cheias e a despesca antes do inverno seguinte, isto só acontecerá em açudes médios com população remanescente de um ano para outro.

A proliferação dos peixinhos, por outra parte, pode ser parcialmente controlada como descrito no item 6.3.

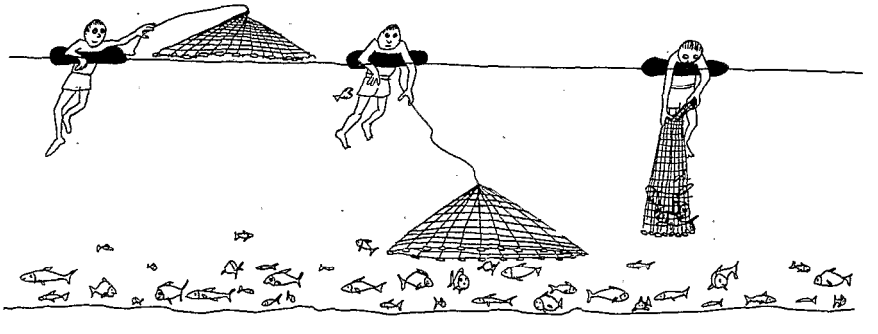
## 8.5 Pesca

A despesca será evidentemente facilitada pelo rebaixamento do nível da água no açude e pela redução do espelho d'água. Quando o açude é pequeno e unicamente utilizado para a criação de peixe e quando não se tem problema de abastecimento (beira de rio perenizado por exemplo), pode-se esvaziar parcial ou totalmente o reservatório com o auxílio de um sifão (ou até de uma motobomba), como se fosse um viveiro.

Nos grandes açudes, 90% da pesca é feita com **redes de espera.** Em pequenos açudes, utiliza-se também a **tarrafa** e o **anzol** para pesca destinada ao consumo familiar. Um meio simples de aumentar sensivelmente a eficiência da tarrafa consiste em utilizar uma grande **câmara de ar de trator**, para que o pescador possa operar no meio do açude e alcançar assim os lugares mais profundos.

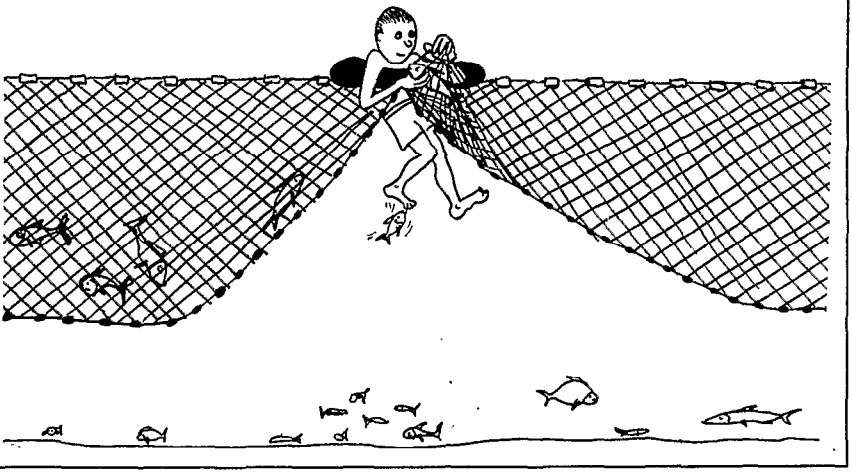
Em piscicultura intensiva ou até extensiva, deve-se prever a comercialização dos peixes (feiras, peixarias, restaurantes, atacadistas de cidades maiores, etc...) havendo necessidade

132 *Uso da tarrafa e câmara de ar*



de recolher muitos peixes em pouco tempo. Para isto, redes de espera, estendidas no açude com o auxílio de pequenas embarcações, ou até valendo-se de câmaras de ar (ver figura 133), constituem o meio mais adequado. Elas podem ser deixadas no açude durante a noite e recolhidas de madrugada.

133 *Uso de redes de espera*



**Redes de arrasto** demonstram também bom desempenho e, por terem malha menor, permitem selecionar os peixes, mas engancham-se com facilidade nas árvores mortas e outros garranchos da bacia dos açudes. Elas devem ser usadas de preferência de manhã. Essas redes são adaptadas a açudes pouco profundos.

Sendo costumeiro distribuir-se alimentos em lugares determinados, pode-se aproveitar o afluxo de peixe assim criado para cercá-los com redes bem colocadas.

O tamanho da malha da rede deve ser adequado ao peso aproximado dos peixes que se deseja capturar; os peixes comercializam-se, em geral, quando alcançam, ou ultrapassam o peso de 0.6 - 1 kg.

Quanto menor a malha, menores os peixes apanhados. Em contrapartida, a rede deteriora-se mais rapidamente.

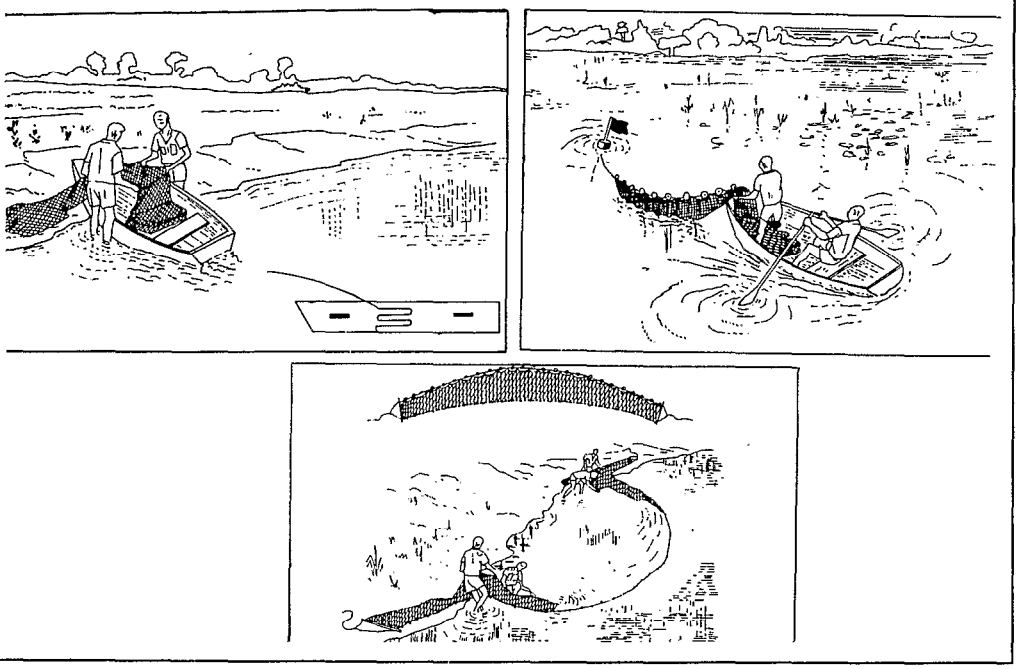
**Escolher a malha da rede: distância entre 2 nós (linha 0.20)**

| Malha | 3 - 3.5 cm | 4 - 4.5 cm | 5 - 6 cm |
|---|---|---|---|
| *Peso do peixe (aproximado)* | *até 500 gr* | *0.5-1 kg* | *1-5 kg* |

Os peixes devem ser manipulados com **grande** cuidado para evitar feridas que prejudicariam o processo de conservação eventual.

Quanto à hora mais favorável à pesca, é preferível a noite, o início ou o fim do dia e os dias de chuva.

134 *Uso de redes de arrasto*



Fonte: Manuel de Pisciculture Tropicale

## 8.6 Salga do pescado

A despesca sendo em geral realizada em épocas limitadas, é de grande importância quando não há possibilidade de congelamento, o processo de **salga do pescado** que permite conservá-lo até sua comercialização. Existem dois procedimentos comuns, a salga a seco e a salga em salmoura, sendo o primeiro muito mais difundido.

■ **Salga a seco**

1) Abrir o peixe pelo ventre e remover vísceras, guelras, gônadas e coágulos de sangue.

2) Lavar os peixes com água potável de preferência à água do açude, a fim de remover restos de vísceras e gorduras, sangue e substâncias viscosas.

3) Usar sal de boa qualidade, numa proporção correspondente a 25-30% do peso do peixe limpo e colocá-lo dentro do peixe de maneira uniforme. Para grandes peixes pode-se entalhar a carne por dentro, a fim de facilitar a penetração do sal.

4) Expor os peixes para secagem ao sol durante 2 a 6 horas, evitando as horas mais quentes do dia. O pescado pode ser secado na sombra ou na ausência de sol, precisando apenas aumentar o tempo de exposição (6 a 12 horas). Obtém-se assim uma melhor uniformidade de secagem e melhor cor para comercialização.

Quando a cura é suficiente, a carne deve permanecer firme, o que pode ser evidenciado por uma compressão entre os dedos polegar e indicador, mas não excessivamente dura, devendo a depressão desaparecer vagarosamente. Uma umidade de 40 - 45 % é bem aceita pelo consumidor e permite o armazenamento e a estocagem.

Em ambos os métodos, os peixes devem ser colocados em varais horizontais elevados acima do solo 1 metro, a fim de permitir a livre circulação do ar.

É aconselhado, também, cobrir os peixes com uma tela (tipo mosquiteiro) para evitar o contacto de moscas e outros insetos.

■ **Salga em salmoura**

1) O peixe é preparado da mesma maneira que na salga a seco (etapas 1 e 2);

2) Prepara-se a salmoura, misturando um volume d'água de peso igual ao do pescado, acrescentando uma quantidade de sal igual a 5% do peso do pescado.

3) A salmoura é derramada num recipiente (caixa de plástico ou amianto), os peixes são colocados dentro dela e cobertos com uma quantidade de sal cinco vezes maior do que a já empregada (Ao todo, utiliza-se, como no primeiro método, uma quantidade de sal igual a 5 + 25 = 30% do peso do pescado).

A salmoura permite uma melhor distribuição do sal nos tecidos dos peixes, melhor proteção contra as moscas e conserva a carne mais firme.

**Aproveitamento dos resíduos**

*Em média, 60 - 65 % do peso do peixe é comestível (podendo variar de 55 a 80%) - As vísceras constituem aproximadamente 11% do peso total e podem ser aproveitadas como comida para os porcos ou para* **produção de sabão.**

*1) Cozinhar as vísceras durante uma hora e retirar o óleo que aparece à superfície.*

*2) Adicionar 2 litros de água para cada litro de óleo e deixar ferver.*

*3)Dissolver, cuidadosamente,1.5 kg de soda cáustica em água para cada 10 kg de óleo, e adicioná-la pouco a pouco ao óleo.*

*4) Mexer constantemente durante a fervura.*

*5) Adicionar essências de plantas aromáticas.*

*6) Deixar ferver até completa saponificação.*

*7) Retirar do fogo, deixar esfriar, colocar em formas.*

Fonte: DNOCS

## 8.7 Limpeza do açude : uso do timbó

Em alguns casos de superpopulação de espécies carnívoras ou de pouco valor comercial, pode ser necessário proceder à limpeza do açude, como aludido acima.

O pó de raiz de **timbó** é usado na pesca desde a primeira década da colonização e até, anteriormente, pelos índios (timbó, significa, em tupi, **sumo de cobra**).

Este piscicida (produto que mata peixe) contém um produto chamado **rotenona** que é o verdadeiro agente tóxico, o qual foi encontrado em diversos tipos de plantas (principalmente leguminosas). Por isso, o nome **timbó** ou **tingui** é dado a diferentes tipos de vegetais, variando segundo a região, e particularmente a diversos cipós. A operação que consiste em erradicar peixes com o pó de timbó chama-se **tinguijamento.**

O timbó apresenta três vantagens principais:

- mata o peixe mas não o prejudica como alimento;
- não torna a água imprópria para beber (não afeta animais de sangue quente). Embora tenha reputação de ser abortivo para fêmeas, isto não foi verificado na prática, pelo menos na dosagem usual;
- conserva a toxicidade por apenas 72 horas.

Além do mais, ele pode permitir a **erradicação seletiva** de alguns peixes mais sensíveis ao produto, entre os quais as espécies carnívoras (piranha, pirambeba, tucunaré...). Por isso, ele foi utilizado pelo DNOCS para a erradicação da piranha.

Em contrapartida, o timbó é grande **irritante de mucosas**, devendo-se, ao manipulá-lo, untar-se as virilhas e as axílias com óleo, bem como proteger-se os olhos.

135 *Tingui*

O timbó é produzido, principalmente, no Pará e no Maranhão e **comercializado** com uma percentagem de rotenona geralmente de 5%. O pó do timbó pode ser encomendado no endereço fornecido no anexo 5.

Não sendo sempre fácil encontrá-lo no comércio e tendo preço bastante elevado, recorre-se diretamente às plantas conhecidas por fornecer o timbó.

### Preparação

No caso do pó comercial, o timbó deve ser, em primeiro lugar, transformado em pasta. Misturá-lo com água (com pá e enxada) em um grande recipiente (caixa de cimento-amianto) e guardá-lo em sacos. A preparação deve ser feita na sombra já que, uma vez em solução, o produto é muito sensível à luz solar. A pasta deve ser usada o mais rapidamente possível.

No caso de se utilizar diretamente o cipó, deve-se recolher as folhas, as raízes ou os caules, secar e triturá-los.

A rotenona ocorre em concentração **elevada** nas raízes, **média** nas folhas e **baixa** no caule. Outros tinguis são arbustos de porte médio e emprega-se geralmente a casca do tronco, raspando-a com um facão.

### Aplicação

É importante que a pasta obtida seja distribuída em toda a superfície do açude. Para diminuir o trabalho e facilitar a operação, é obviamente preferível escolher uma época em que o açude esteja com pouca água.

Para espelhos d'água extensos, é aconselhado dividir a superfície em vários setores, usando-se boias (de mulungu por exemplo). Os sacos contendo a pasta serão lentamente esvaziados nas partes de pouca profundidade, devendo-se formar uma linha de operadores que os sacudam ao mesmo tempo. Na medida do possível, evita-se agitar a água, já que a lama revolvida neutraliza a ação do timbó.

Em locais profundos (mais de 1.50 m), deve-se utilizar um barco munido de um mangote flexível e de um funil no qual o produto será despejado - o barco deve avançar com baixa velocidade (um motor e vários barcos são necessários para grandes açudes).

**No emprego do pó** de timbó, pode-se aplicar cerca de 3 kg (com 5% de rotenona) por cada 1.000 $m^3$ de água, para erradicação seletiva dos peixes carnívoros, e o dobro para limpeza do açude.

No emprego de raízes ou casca, não se pode, entretanto, estabelecer um critério de quantidade a ser aplicada já que o teor de rotenona pode variar entre 1 e 25%, conforme a idade do arbusto e a predominância de caule, folha ou raiz na mistura (para uso de cipós).

O efeito do timbó é bastante rápido, aparecendo peixes mortos na superfície apenas alguns minutos após sua aplicação. **Seu efeito perdura** poucos dias. Atenção: nem todos os peixes, após morrerem, vêm à superfície. Os peixes menores são os mais sensíveis.

# 9. Piscicultura consorciada

A importância da adubação do açude tem sido sublinhada em trechos anteriores. Uma maneira de abastecer continuamente o açude com esterco consiste em associar aos peixes uma criação de patos, frangos ou suínos.

## 9.1 Consorciamento com patos

Cerca de 400 a 500 patos podem ser criados, ao mesmo tempo, em 1 ha de espelho d'água. Os patos são muito vorazes, mas necessitam de um alimento com apenas 15% de proteínas, retirando a complementação do próprio açude. A sua alimentação é parecida com a dos frangos.

Existem raças rústicas e outras de crescimento rápido como o marreco de Pequim que atinge 2.5 kg em apenas 2 meses. Deve-se evitar misturar as espécies porque as aves cruzam com facilidade e corre-se o risco de produzir um paturi estéril.

Os comedouros podem ser colocados em ilhas tipo palafitas de tal forma que os peixes se aproveitem dos estercos e dos restos de alimentos. Essas ilhas constituem também a melhor maneira de isolar e proteger os marrecos das raposas (figura 136).

Os marrecos devem ser criados em áreas cercadas (40-50 cm de altura), sendo aconselhado, além do mais, cortar as penas de guia de uma das asas, para que não levantem vôo.

As patas e marrecos se reproduzem a partir de oito meses de idade e dão duas a três posturas por ano. A marreca não choca os ovos, deixando a tarefa para patas ou galinhas.

Um macho é necessário para cada seis fêmeas.

Esses animais podem ser criados para a produção de ovos ou de carne. O ideal consiste em realizar uma criação intensiva, vendendo os patos aos dois meses de idade (antes da muda das penas que torna o trabalho de preparação da carne muito mais árduo).

*Xistosoma: ver item B2.*

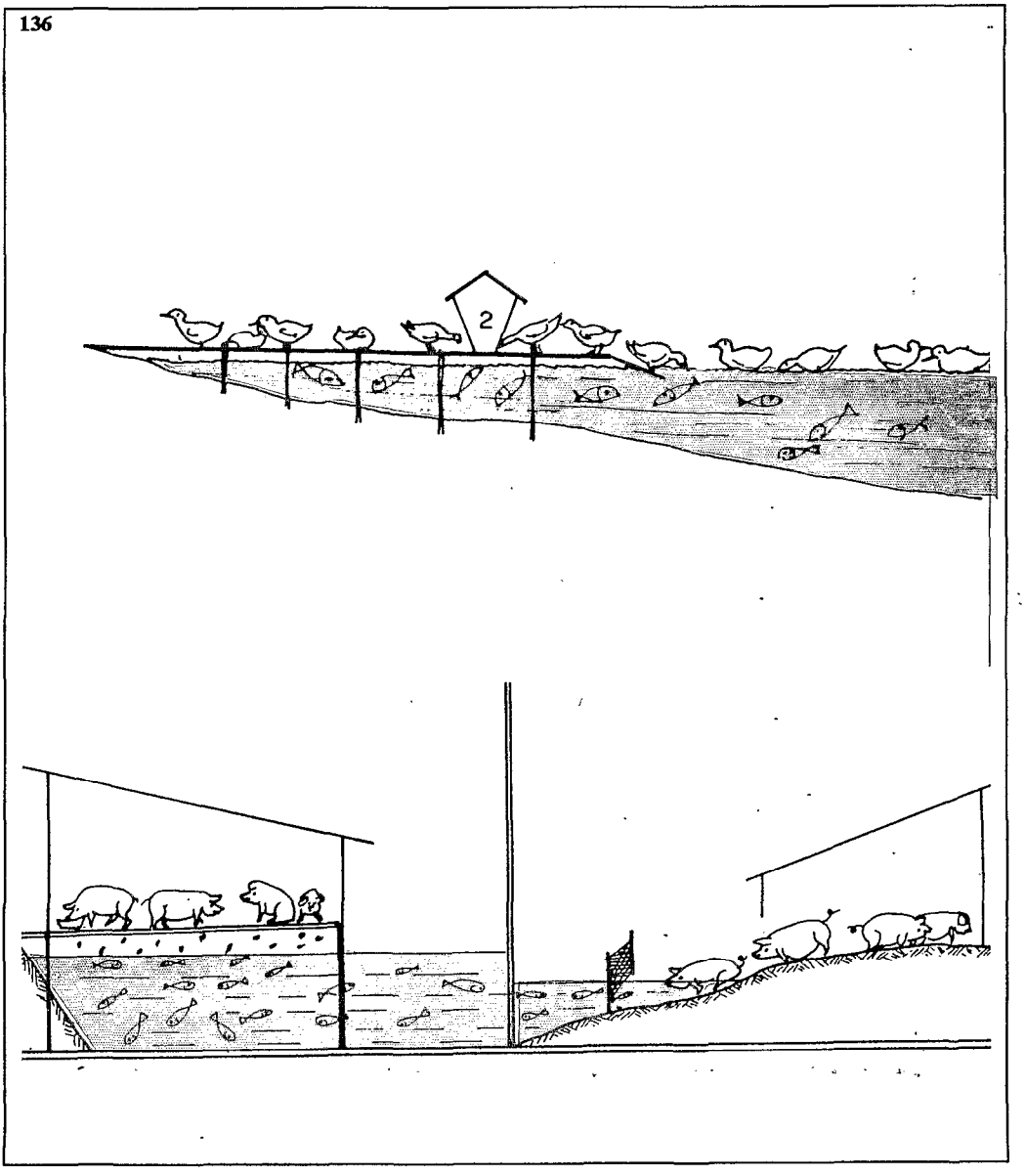
A criação de patos constitui, além do mais, um eficaz **contrôle dos caramujos**, os quais transmitem a esquistossomose.

## 9.2 Consorciamento com suínos

O esterco de suínos deve ser recolhido fresco e distribuído em toda a superfície do açude; concentrações em determinados lugares podem ser prejudiciais.

Um hectare de espelho d'água pode ser abastecido com o esterco de 50 a 60 suínos.

136




*Fonte: Woynarovitch*

# Irrigação

B5

# B5

**B5 - 1**
Definição da Irrigação a ser realizada

**B5 - 2**
Estudos Básicos

**B5 - 3**
A Qualidade da Água e a Salinização

**B5 - 4**
Dimensionamento do Perímetro

**B5 - 5**
Retirar a Água do Açude

**B5 - 6**
Distribuição da Água na Parcela

**B5 - 7**
Manejo

**B5 - 8**
Implementação do Perímetro

# B5-1
# Definição da irrigação a ser realizada

**1. O Local da irrigação**

**2. Plano cultural**

**3. Escolha do sistema de irrigação**

**4. Determinação da superfície a ser irrigada**

**5. Características fundamentais do pequeno e médio açude**

A irrigação constitui, sem dúvida, um meio de **intensificação** da produção na propriedade, bem como de **regularização**, a medida em que permite uma produção na contra-estação e de se prevenir, em parte, contra os prejuízos provocados pela grande **irregularidade** das chuvas.

Como já foi aludido acima, o ponto fundamental que deve ser levado em consideração ao determinar a oportunidade de tal empreendimento, é a sua repercussão e **interação com o sistema de abastecimento** da propriedade. Eventuais restrições relativas à **qualidade da água** também foram assinaladas (ver item B5-3, para mais detalhes).

Deve-se lembrar, também, que a prática mostra ser, via de regra, mais difícil a introdução da irrigação em propriedades cujo proprietário já tem certa idade (mais de 50 anos, por exemplo), porque opõe mais resistência à mudança.

A definição da irrigação contemplada abrange os seguintes itens:

- Local da irrigação.
- Plano cultural (escolha dos cultivos e da data de plantio).
- Sistema de irrigação empregado.
- Superfície a ser plantada e irrigada.

Esses diversos aspectos não são independentes entre si (por exemplo, a superfície a ser plantada depende do cultivo e do sistema de irrigação), mas pode-se abordar o problema adotando o seguinte procedimento.

## 1. O Local da irrigação

Define-se, em primeiro lugar, as terras que apresentam **condições favoráveis à irrigação.**

**Distingue-se,** as áreas **de montante** (geralmente as encostas da bacia hidráulica do açude) e as áreas **de jusante** (geralmente o baixio situado logo a jusante da parede da represa).

Em regra geral, haverá **preferência pela área de jusante,** na medida em que seja possível uma irrigação gravitária por sifão (sem custo de energia e com manutenção muito reduzida). Porém, existem casos em que a área de jusante é pedregosa, não apresentando aptidão agronômica, e outros em que a parte do baixio apta à irrigação encontra-se muito distante da represa, determinando, assim, a escolha da área de montante. Entretanto, essa área, por sua vez, nem sempre oferecerá condições favoráveis (área íngreme demais ou solos litólicos), etc.

Em outros casos, ainda, o açude terá um potencial suficiente para permitir o **aproveitamento de ambas as áreas** ou, pelo menos, de parte delas.

O tipo de cultivo que se deseja plantar também pode orientar a escolha, já que, **em regra geral**, os solos dos baixios são **diferentes** dos solos de montante (os primeiros, por exemplo, mais profundos, mais propícios ao plantio de banana ou de cana, e os segundos mais rasos e aptos ao cultivo de algodão, tomate, etc...).

*Drenagem*
*Ver item B5-3*

Enfim, é preciso verificar se as áreas escolhidas **apresentam boa capacidade de drenagem** e/ou possibilidade de se realizar um sistema de drenos adequados. Este requisito é de suma importância e não pode ser esquecido, devendo haver estudo cuidadoso.

Para se orientar na definição da área irrigável, é bom, além do mais, **guardar em mente as características gerais** seguintes:

■ **Área de jusante:**

□ **vantagens:**

— Possibilita, em geral, uma irrigação gravitária mediante um sifão de custo muito baixo.

— Aproveita os solos dos baixios que têm, em geral, boa fertilidade.

— Permite, às vezes, uma associação com um poço amazonas, o qual pode constituir uma reserva d'água anexa e complementar que reforça a segurança do sistema (sobretudo no caso de cultivos perenes como a bananeira).

□ **desvantagens:**

— A topografia do baixio pode ser muito acidentada;

— A calha do riacho pode ser bastante marcada e seu percurso sinuoso retalhar a área em parcelas irregulares e separadas. Isso dificulta o estabelecimento de uma rede de distribuição (em particular, por meio de canais) bem como a definição da rede de sulcos.

### Um pouco de História

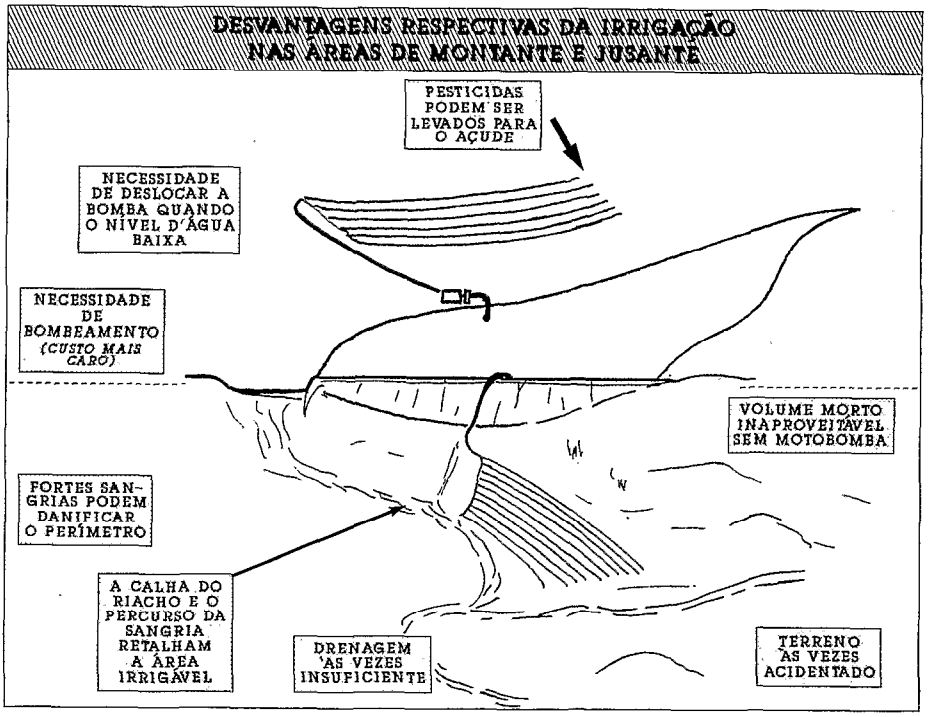
*A irrigação, desenvolvida há séculos em algumas partes do mundo, não é tradicional no Nordeste. O índio brasileiro não a praticava e apenas alguns casos de rega primitiva foram registrados, desde o fim do século XVIII, na Chapada Diamantina ou no sopé da Chapada do Araripe. Foi por ocasião da seca de 1877 que encontramos uma das primeiras referências dos poderes públicos ao "estabelecimento de um sistema de irrigação que tornasse sempre possível a cultura". No entanto, foi necessário esperar o ano de 1906 para a conclusão do primeiro perímetro irrigado, a jusante do açude Cedro, exemplo que devia permanecer único durante cerca de 20 anos.*

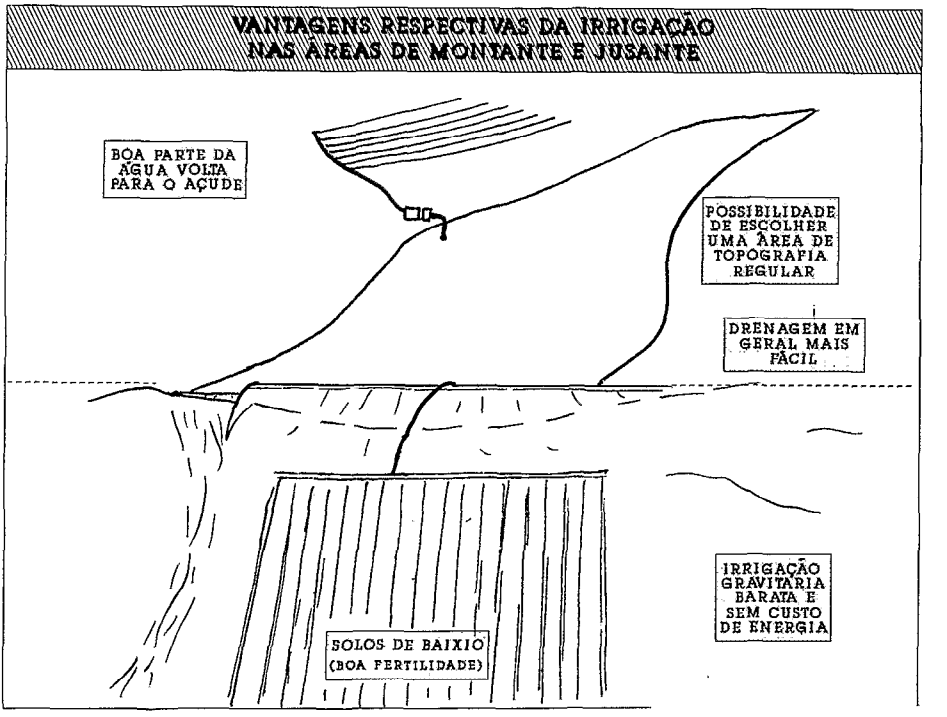
*Embora, a partir do início deste século a irrigação tenha conhecido grande desenvolvimento em regiões semi-áridas de vários países, como a Argentina, o México ou os Estados Unidos, isto não ocorreu no Nordeste onde a irrigação foi emperrada por circunstâncias, principalmente de ordem fundiária, política e cultural.*

*A partir dos meados do presente século, desenvolveu-se a irrigação nas margens do rio São Francisco, porém pode-se considerar que o surto da pequena irrigação é muito mais recente, concentrando-se nos 15 últimos anos. Programas especiais, como o Projeto Sertanejo, bem como o impacto psicológico provocado pela seca de 1979-1983, contribuíram para que esta atividade passasse a se difundir de maneira mais ampla.*

*Vista por alguns como uma solução para o Nordeste, a irrigação não pode, no entanto, ser iniciada sem os* **devidos cuidados**. *Ela pode constituir um desastre para o pequeno agricultor se for* **mal projetada** *(em termos de rentabilidade econômica, possibilidade de comercialização, controle técnico) ou* **mal conduzida** *(controle dos volumes aplicados, da qualidade da água e da* **drenagem***) podendo levar, em particular, à* **salinização das terras**.

137


DESVANTAGENS RESPECTIVAS DA IRRIGAÇÃO NAS ÁREAS DE MONTANTE E JUSANTE
PESTICIDAS PODEM SER LEVADOS PARA O AÇUDE
NECESSIDADE DE DESLOCAR A BOMBA QUANDO O NÍVEL D'ÁGUA BAIXA
NECESSIDADE DE BOMBEAMENTO (CUSTO MAIS CARO)
VOLUME MORTO INAPROVEITÁVEL SEM MOTOBOMBA
FORTES SANGRIAS PODEM DANIFICAR O PERÍMETRO
A CALHA DO RIACHO E O PERCURSO DA SANGRIA RETALHAM A ÁREA IRRIGÁVEL
DRENAGEM ÀS VEZES INSUFICIENTE
TERRENO ÀS VEZES ACIDENTADO


VANTAGENS RESPECTIVAS DA IRRIGAÇÃO NAS ÁREAS DE MONTANTE E JUSANTE
BOA PARTE DA ÁGUA VOLTA PARA O AÇUDE
POSSIBILIDADE DE ESCOLHER UMA ÁREA DE TOPOGRAFIA REGULAR
DRENAGEM EM GERAL MAIS FÁCIL
IRRIGAÇÃO GRAVITÁRIA BARATA E SEM CUSTO DE ENERGIA
SOLOS DE BAIXIO (BOA FERTILIDADE)

— Ocorrem freqüentes problemas de drenagem do baixio, no caso de vales apresentando remansos, declives quase nulos e/ou terras pesadas.

— O perímetro pode ser atingido por sangrias muito fortes que destroem os canais e os sulcos e podem provocar erosão (no caso em que o canal extravasor do sangradouro, margeia o perímetro).

138 *Baixio fértil à jusante de um açude*

▩ **Área de montante:**

□ **vantagens:**

— A irrigação nas encostas do açude tem a vantagem de permitir uma **eficiência maior** na medida em que, parte da água perdida, por escoamento e infiltração profunda volta à represa.

— Drenagem natural em geral boa.

— Possibilidade de escolher áreas de topografia **mais regular.**

139 *Irrigação a montante do açude*

□ **desvantagens:**

— O escoamento das águas para o açude pode se tornar prejudicial caso haja uso descontrolado de pesticidas, os quais podem tornar a água imprópria para o consumo e, sobretudo, **impossibilitar a piscicultura.**

— Esse tipo de irrigação requer o uso de uma motobomba para elevação da água, acarretando **custos e riscos suplementares,** bem como dependência da fonte de energia.

— Em alguns casos em que a represa tem grande extensão e forma muito aberta, o rebaixamento do nível da água pode provocar importante afastamento do ponto de bombeamento, implicando no uso de um adutor (prejudicando às vezes até o funcionamento do sistema pelo incremento do recalque e das perdas de carga).

— Declive, em geral, mais acentuado, que dificulta a irrigação (por gravidade ou por aspersão).

## 2. Plano cultural

A definição do plano cultural consiste, em primeiro lugar, em **escolher entre cultivos perenes e cultivos de ciclo curto**. Essa escolha depende, diretamente, do potencial do açude, além, é claro, da vontade do proprietário com relação ao tipo de cultivo que ele quer desenvolver.

Distinguem-se os planos culturais seguintes:

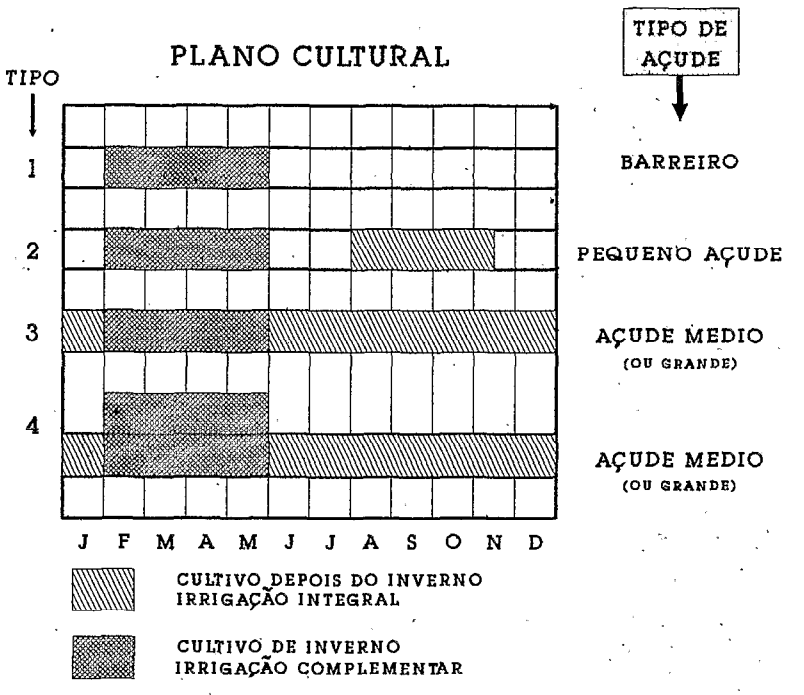
1) Irrigação de complemento dos cultivos de sequeiro (salvação).

2) Irrigação de complemento + irrigação de um cultivo de ciclo curto (60 - 120 dias), logo depois do inverno.

3) Cultivo perene.

4) Cultivo perene + irrigação de um cultivo de ciclo curto.

140




Em regra geral, **os cultivos perenes são reservados aos açudes médios** de certo porte, capazes de resistir, no mínimo, a dois anos de seca.
Portanto, pode-se ressaltar os casos particulares seguintes:

- O caso em que se dispõe de um **poço amazonas**, com água de boa qualidade, **próximo** ou dentro da área irrigada; que proporciona maior garantia em caso de deficiência do açude.

- O caso de **cultivos perenes** (cajueiros, coqueiros, mangueiras...) que, rapidamente, criam um sistema radicular que aproveita as reservas subterrâneas do baixio (quando existem) de tal forma **que podem sobreviver a períodos de estiagem sem irrigação.**
- O caso de **forragens** (principalmente cana e capim-elefante) **que podem agüentar estiagens** sem morrer (parando apenas o seu crescimento vegetativo), sobretudo quando existe no baixio uma umidade natural resultante, geralmente, das infiltrações do açude.

O item B5-4 fornece critérios mais detalhados para determinar a oportunidade de se plantar cultivos perenes. Para o plantio de bananeiras, é possível, no entanto, orientar-se pelas normas seguintes para uma primeira definição: profundidade superior a 5 metros, volume superior a 150.000 $m^3$.

- A escolha dos cultivos deve, evidentemente, levar em conta:
- A **mão-de-obra** disponível (necessidade variável segundo as culturas; por exemplo, o alho é muito exigente ao contrário do milho).
  O anexo 2 fornece os tempos de trabalho para alguns cultivos irrigados.
- As possibilidades de **comercialização.**
- **A época do ano,** no que diz respeito à adequação às condições climáticas do local (temperatura, umidade..) e à ocorrência de pragas, bem como à programação das outras atividades.
- **A prática e o conhecimento do agricultor** (ou **o devido acompanhamento técnico** quando se trata da **introdução de uma nova prática cultural,** em particular no caso do cultivo de hortaliças). Deve-se, assim, **considerar o conjunto de atividades** da propriedade, evidenciando a sua **orientação** agrícola, pecuarista ou mista, e adequar as culturas irrigadas às necessidades da propriedade.
- As **características agropedológicas** do perímetro e a qualidade da sua drenagem.
- A **qualidade da água** que, em alguns casos críticos, pode ser determinante na escolha do cultivo. Encontra-se uma classificação das culturas em função da sua sensibilidade à salinidade no item B5-3.

## 3. Escolha do sistema de irrigação

141 *Pequenas hortas podem, também, ser irrigadas manualmente na margem de um pequeno açude*

O sistema de irrigação deverá ser **compatível com:**

- os solos
- as culturas escolhidas
- a renda esperada
- a capacidade do agricultor de se adaptar a novas técnicas.

O **anexo agronômico** detalha, para alguns cultivos, os sistemas de irrigação mais adequados, distinguindo-se a irrigação:

- por gravidade (com ou sem motobomba)
- por aspersão
- por mangueiras
- por gotejamento.

**O anexo custos e preços permite fazer um cálculo de rentabilidade do empreendimento.**

### Na África também

*Em algumas regiões da África semi-árida, a irrigação está conhecendo um desenvolvimento recente e parecido ao que acontece no Nordeste, modificando as práticas agrícolas e até os costumes alimentares.*

*O plantio de* **hortaliças** *irrigadas na estação seca passou a constituir uma atividade muito bem dominada pelos agricultores, sendo o principal fator limitante a disponibilidade de água. Grande parte da irrigação é realizada por sulcos, a jusante dos açudes, ou* **manualmente**, *retirando-se a água de poços rasos (tipo poço amazonas) e distribuindo-a com regadores (foto 142).*

142 *Irrigação manual de hortaliças*

## 4. Determinação da superfície a ser irrigada

A esse nível de raciocínio, cabe apenas verificar se existe compatibilidade aproximativa entre a **área irrigável**, o **potencial do açude, a capacidade de trabalho** da propriedade e as **possibilidades de mercado.**

A valorização de um baixio de 1 ha por um açude de 200.000 $m^3$ poderá, por exemplo, ser considerada **muito fraca**, levando a contemplar outras áreas complementares. Reciprocamente, 10 ha irrigáveis para um açude de 100.000 $m^3$, utilizado para o abastecimento, constitui meta irreal, devendo-se definir posteriormente um perímetro menor.

O volume do açude (se já não for conhecido) poderá ser estimado por

$$V = H.S / 2.70$$

*Avaliar o volume do açude. Ver item B5-2*

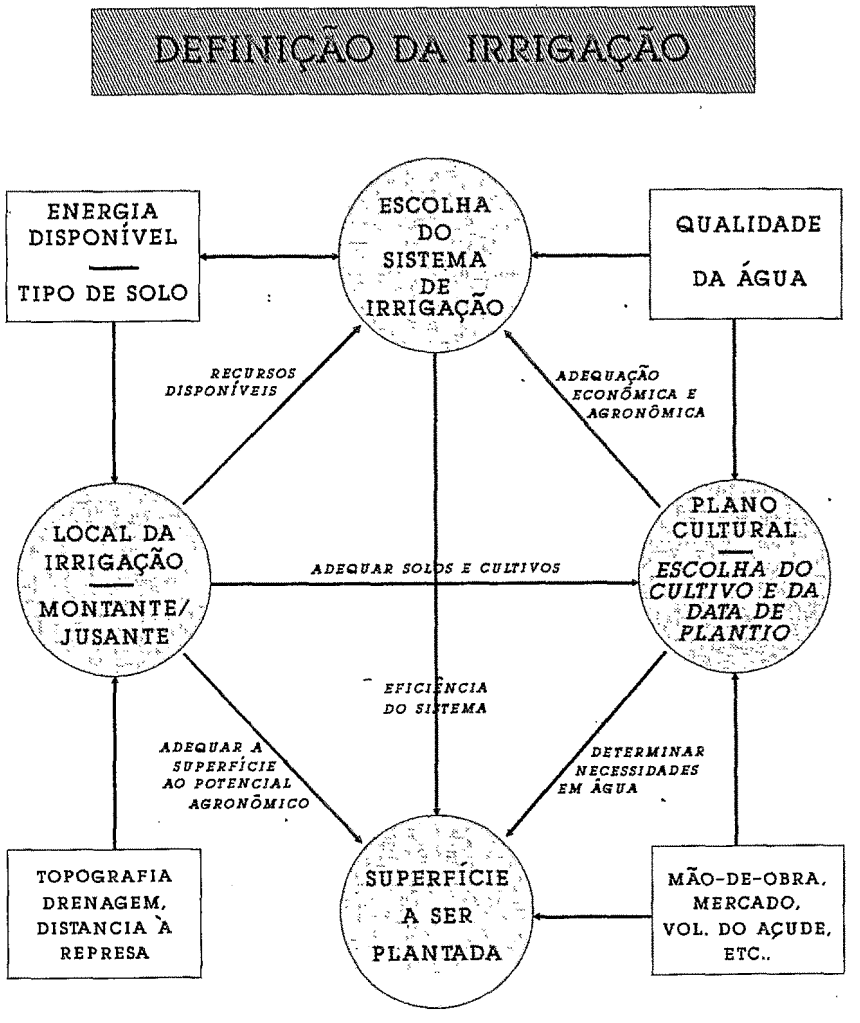
onde (H) é a profundidade máxima da água e (S) a superfície do espelho de água correspondente.

Pode-se considerar, numa primeira estimativa, que um hectare irrigado (por gravidade) requer 20.000 $m^3$ de água estocada, quando o açude está livre de outros usos.

O dimensionamento exato do perímetro é proposto mais adiante.

**Conclusão:**
as reflexões que antecedem evidenciam a grande interação entre os vários critérios, sendo difícil estabelecer um roteiro linear: ao contrário, pode-se considerar um raciocínio interativo, como resumido na figura 143.

143




144 *Até açudes muito pequenos podem ser utilizados para irrigar*

Após considerar estes elementos e **se chegar a uma prédefinição do projeto,** pode-se partir para um roteiro detalhado de projeto executivo. Os capítulos a seguir fornecem todos os elementos necessários ao cálculo e à realização de tal projeto.

Antes disso, algumas **colocações fundamentais** a respeito das particularidades dos pequenos açudes devem ser apresentadas.

## 5. Caracteristicas fundamentais do pequeno e do médio açude

**O plano cultural** (irrigação de complementação no inverno + irrigação de um cultivo de ciclo curto no verão) corresponde geralmente ao **aproveitamento mais adequado ao pequeno açude** (permitindo melhor valorização da água armazenada) merecendo uma atenção especial e os seguintes comentários preliminares.

### ■ Um potencial variável.

A superfície que pode ser plantada com um cultivo de ciclo curto, depois do inverno, **varia a cada ano** e depende (além dos fatores físicos da evaporação, infiltração, eficiência de rega...):

— **do nível da água no açude,** o qual resulta da quantidade dos escoamentos do inverno anterior e do volume eventual retirado para a irrigação de complemento ou para outros usos.

— **da possibilidade de utilizar parcial ou totalmente o açude;** na medida do possível, devemos procurar **liberar o pequeno açude para irrigação,** providenciando uma **fonte alternativa** e mais segura para o abastecimento: **cisterna,** poço amazonas, cacimba, açude maior...

### ■ Não deixar perder a maior parte do volume estocado.

**É fundamental entender que,** num açude, a maior parte do volume armazenado está na parte alta (as camadas de água superiores). Para um reservatório de forma (ou geometria) média, **54% (± 6% segundo a forma da represa) do volume total armazenado no açude encontra-se concentrado no primeiro quarto superior,** isto é, exemplificando: para um açude de 4 metros de profundidade, **54% do volume total** está entre as cotas 3 m e 4 m. As "fatias" seguintes, também de 1 metro de espessura, correspondem apenas a 31%, 13% e 2% do volume total (figura 145). Esse fenômeno é devido à forma aberta dos reservatórios e tem **uma conseqüência de suma importância.**

Toda demora em aproveitar o açude implica na evaporação das camadas superiores, ou seja, num **grande desperdício de água em termos de volume.** O aproveitamento deve ser iniciado o **mais cedo possível depois do inverno:**

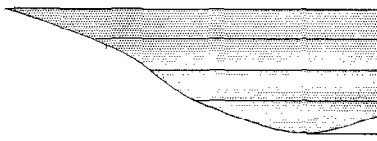
### ■ Irrigar sem rebaixar muito o nível da água.

Essa característica tem outra conseqüência fundamental no que concerne aos açudes utilizados **também** para o abastecimento e para os quais importa não rebaixar muito o nível da água.

Aproveitar o açude enquanto está cheio, ou quase cheio, acarreta um rebaixamento **menos importante.** Se esperarmos o nível baixar, a incidência da irrigação sobre o rebaixamento será cada vez maior.

145

## REPARTIÇÃO DO VOLUME PARA UM AÇUDE DE FORMA MÉDIA (DE 4m DE PROFUNDIDADE)

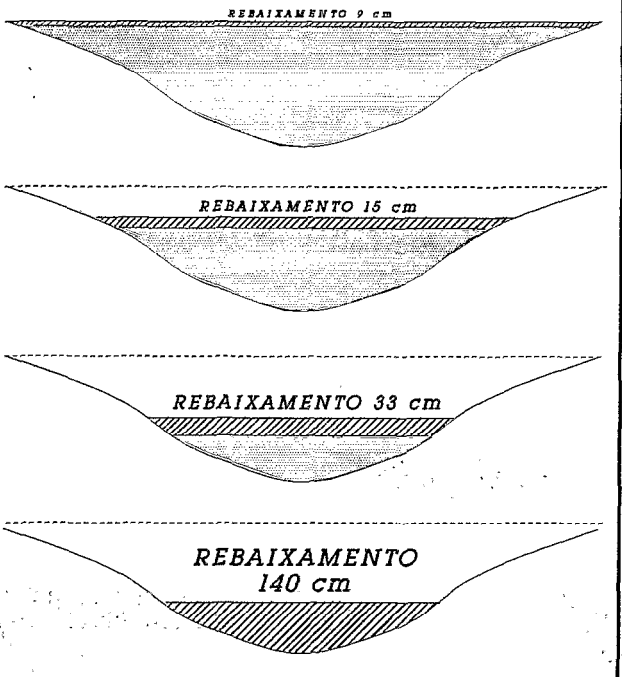


| PROFUNDIDADE (m) | VOLUMES PARCIAIS ($m^3$) | % |
|---|---|---|
| 4 | 45.610 | 54 |
| 3 | 25.842 | 31 |
| 2 | 10.996 | 13 |
| 1 | 2.000 | 2 |
| 0 | | |

Açude de 84.448 $m^3$ de capacidade máxima

$V = 2000.H^{2.70}$

*ESSA REPARTIÇÃO É VÁLIDA PARA QUALQUER AÇUDE DIVIDIDO EM 4 LÂMINAS DE IGUAL ESPESSURA*




***OBSERVAR A VARIAÇÃO DO REBAIXAMENTO*** *EM FUNÇÃO DA COTA INICIAL, PARA UMA MESMO VOLUME RETIRADO DE 5000 $m^3$*

A figura 145 ilustra esse fato, mostrando qual seria o rebaixamento (em cm) provocado pela **retirada de um volume de 5 000 $m^3$** para um nível da água no açude de 4 m, 3 m, 2 m, 1.40 m (Para simplificar o raciocínio, considere que este volume é retirado em uma vez).
Os rebaixamentos correspondentes são de 9, 15, 33 e 140 cm, para um açude de forma média e de 4 metros de profundidade (o volume é calculado por $V = 2000\ H^{2,7}$). Isso significa que a retirada deste mesmo volume de 5.000 $m^3$ provoca um rebaixamento **extremamente variável** segundo o nível inicial da água no açude.

Se considerarmos que o "rebaixamento natural" deste açude (evaporação + infiltração) é de 1cm por dia, concluímos que a retirada deste volume de água diminui o tempo que o açude levaria para secar em 9, 15, 33 e 140 dias, respectivamente! Quanto mais baixo o nível de água (ou seja, **quanto mais se espera) mais influência terá a irrigação sobre o rebaixamento da água no açude.**

### Conclusão fundamental:

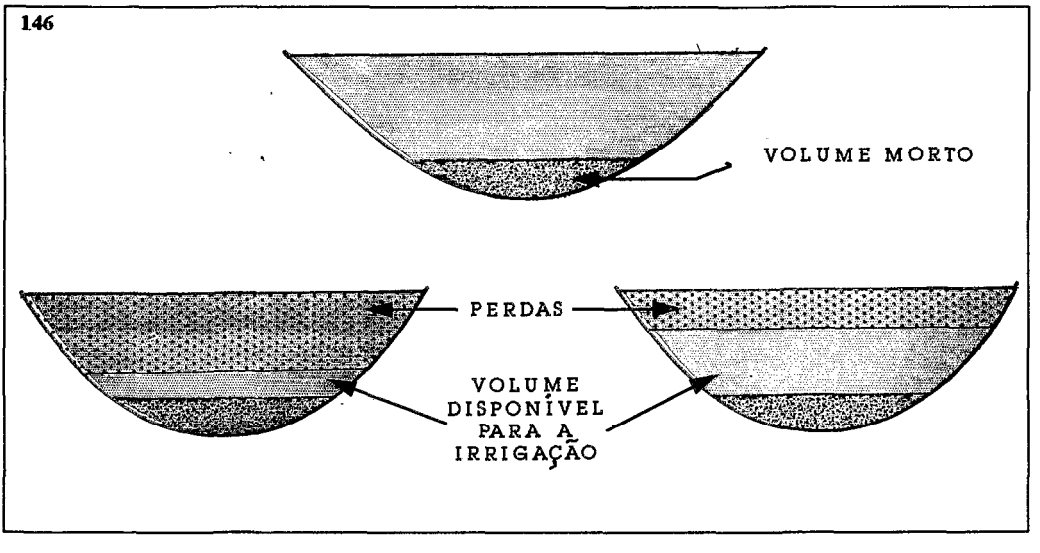
Mesmo para açudes utilizados para o abastecimento, é possível muitas vezes desenvolver uma irrigação de pouca duração depois do inverno, estando o açude cheio ou quase cheio, **sem prejudicar muito** o abastecimento.
*No exemplo dado na figura 145, 5.000 $m^3$ poderiam permitir irrigar um pouco mais de* meio hectare, limitando o abastecimento em somente 9 dias, o que pode ser considerado aceitável.
A incidência da irrigação sobre o rebaixamento do nível é de grande importância quando a irrigação **coexiste com o abastecimento**, o qual **continua depois** do período da irrigação. Neste caso, **o nível da água é preponderante.**

**Em resumo e em todos os casos de aproveitamento através da irrigação, deve-se aproveitar o açude logo depois do inverno, evitando qualquer demora.**

### ■ Importância da duração do ciclo vegetativo do cultivo irrigado.

Quanto maior a duração do ciclo da cultura irrigada, maior será a perda por evaporação. Daí o **interesse, sobretudo para açudes rasos, de se plantar culturas de ciclo curto,** como ilustrado a seguir:

146



Consideremos um açude com uma lâmina de 2.50 m de água e um volume morto (inaproveitável) correspondente a uma profundidade de 1 metro. Supõe-se que o total das perdas por evaporação e infiltração provoca uma perda de 1cm por dia. Se irrigarmos um cultivo com um ciclo de 120 dias de duração, teremos 1.20 m de lâmina de água perdida: em decorrência disso, só resta uma **lâmina de apenas 30 cm** para irrigar. Se, ao contrário, escolhermos um cultivo com ciclo de apenas 60 dias, haverá uma perda de 60 cm, **sobrando 90 cm de lâmina de água para irrigar.**

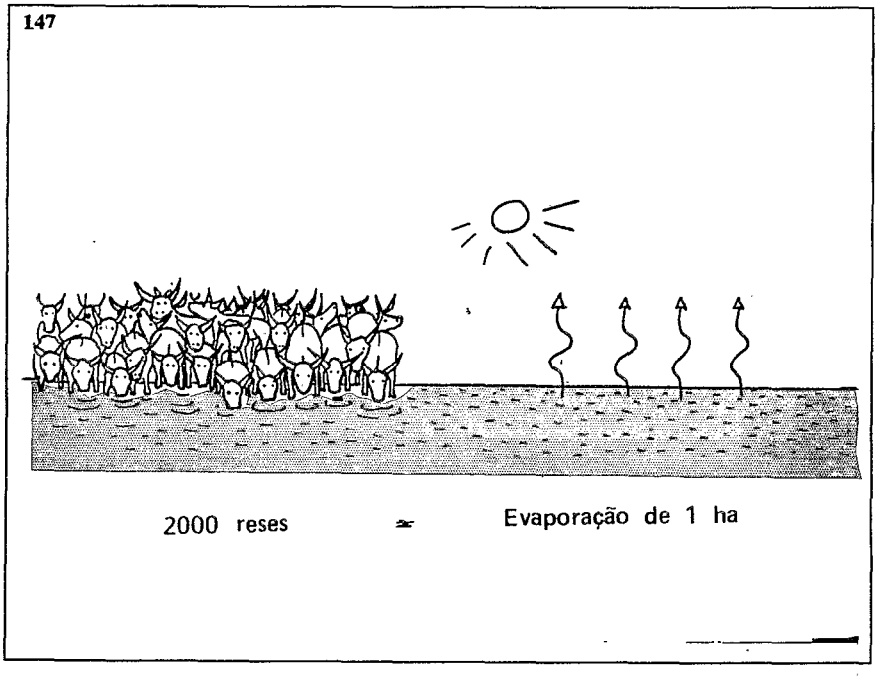
— Existem variedades de ciclo curto de diversos cultivos, geralmente desenvolvidas pelos órgãos de pesquisa: entre elas encontram-se: feijão **de 60 dias,** milho e algodão herbáceo de 100 dias, etc...

— Algumas hortaliças (tomate, pimentão, alface, cebola,...) necessitam que se faça uma sementeira, o que **reduz** o tempo de irrigação. Para a cebola, pode-se preparar a sementeira no inverno, **estocar os bulbos** quando atingem 1 a 1.5 cm de diâmetro e replantá-los no início da estação seca;

— A duração média do ciclo das diversas culturas é dada no anexo 3.

## ■ O abastecimento: um aproveitamento muito limitado.

Um cálculo rápido permite se conscientizar de que o abastecimento constitui um aproveitamento em geral **desprezível,** em termos de volume, e que, por isso, **não compete com a irrigação;** calculamos, em primeiro lugar, o volume evaporado em **um dia** em um açude de **1 hectare** de extensão: considerando uma perda, no verão, de 8 mm/dia, encontramos 0.008 x 10.000 = 80 $m^3$/dia = 80.000 l/dia. Sabendo-se que o consumo diário de uma rês é da ordem de 40 l, constata-se que o **volume perdido por evaporação equivale ao abastecimento de 2.000 reses.** Como o rebanho que se abastece num açude deste porte é em geral muito menos importante, conclui-se que o volume aproveitado é muito pequeno.



# B5-2
# Estudos Básicos

**1. Caracterização hidrológica**

**2. Geometria do açude e avaliação da sua capacidade**

2.1 Os coeficientes geométricos
2.2 Importância da geometria do açude com relação a seu uso
2.3 Precauções para avaliação da profundidade
2.4 Como avaliar o volume armazenado
- Estimativa sumária do volume armazenado
- Método dos dois espelhos d'água
- Método do levantamento topográfico

2.5 Modificação da geometria entre o projeto e a execução do açude

**3. Perdas no Açude**

3.1 As perdas no açude
3.2 Determinação das perdas a partir de uma observação do rebaixamento
3.3 Determinação das perdas a partir de informações colhidas no local
- Avaliação da evaporação
- Avaliação das infiltrações

3.4 Avaliação rápida das perdas

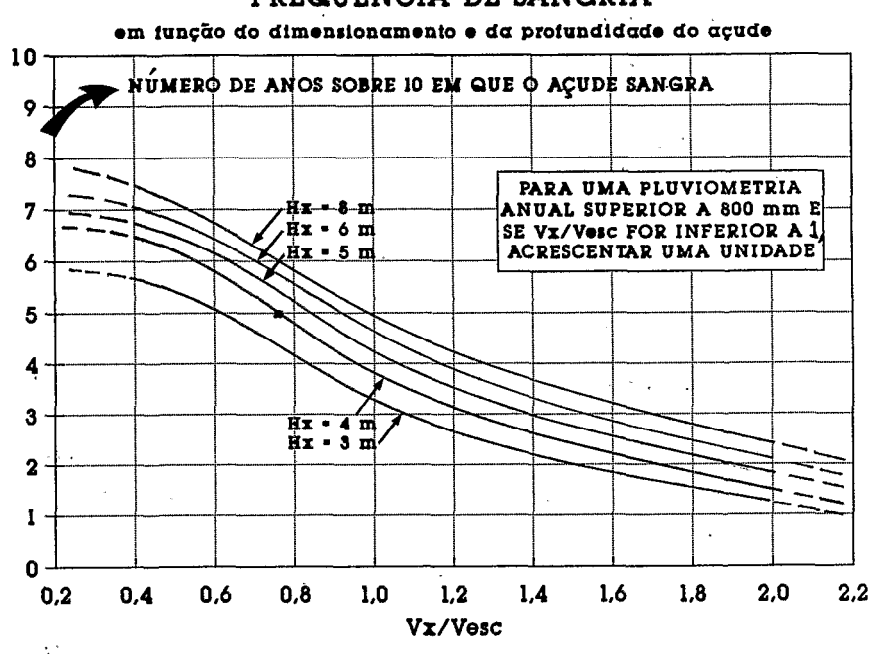
# 1. Caracterização hidrológica

Para realizar um projeto de irrigação a partir de um determinado açude, é fundamental, em primeiro lugar, ter uma idéia do seu **regime hidrológico**, ou seja, em particular, dar-se conta se o reservatório enche com facilidade ou se, ao contrário, raramente enche ou sangra. É fácil entender que haverá erro e prejuízo se calcularmos nosso projeto na base do volume total de um açude que raramente enche totalmente.
Basicamente, isto significa que é necessário informar-se sobre os anos em que o açude 1) secou; 2) sangrou. Evidentemente, em alguns casos de açudes de construção recente, essa informação ficará bastante limitada.

A partir da superfície da bacia de captação do açude, obtida seja através de fotos aéreas ou de satélite, seja através de uma estimativa, deve-se calcular **o volume escoado anual médio, $V_{esc}$, como indicado no método de dimensionamento do item A2.** Em seguida, o volume do açude $V_x$ deve ser estimado como explicitado no item 2 logo adiante.

Na impossibilidade de se estimar $V_{esc}$, pode-se recorrer à figura 148 que mostra a relação (estatística) entre a razão $V_x/V_{esc}$ e a probabilidade de sangria. A partir da estimativa, fornecida pelo proprietário, da **freqüência de sangria do açude** (quantos anos em 10 sangra o açude?), pode-se estimar a razão $V_x/V_{esc}$. Por exemplo, um açude de 4 m de profundidade que sangra uma vez em cada dois anos em média (ou seja 5 vezes em cada 10 anos), tem uma razão $V_x/V_{esc}$ próxima de 0.75, quer dizer, tem capacidade igual a 75% do volume escoado, em média, a cada ano. Ver também o anexo 8.5, na pag. 476.
A razão $V_x/V_{esc}$ "mede" a adequação do açude aos recursos hídricos gerados por sua bacia, ou seja, o seu bom ou mau "dimensionamento". Essa razão será utilizada mais adiante para dimensionar o perímetro e estimar o risco de salinização.

148



# 2. Geometria do açude e avaliação da sua capacidade

## 2.1 Os coeficientes geométricos

A forma muito variável dos pequenos açudes e, conseqüentemente, da capacidade de armazenamento, torna necessário métodos de avaliação dos volumes estocados.

Para uma determinada profundidade, o volume armazenado **varia muito** segundo o açude: para ilustrar a variabilidade das situações encontradas na prática, vale lembrar que, num estudo que foi realizado sobre uma amostragem de 416 açudes, o volume desses reservatórios, **para uma mesma profundidade de 4 metros**, variava numa faixa de menos de 25.000 $m^3$ a mais de 500.000 $m^3$, ou seja numa razão de 1 a 20. Isto se deve ao fato que alguns açudes são encaixados (e represam menos água), geralmente situados em zonas de relevo ondulado ou acidentado **(foto 149)**, enquanto outros são "abertos" e encontrados de preferência em áreas de relevo plano e suave.

149 *Relevo ondulado* *Relevo suave*

Adotaremos a seguir uma relação entre a profundidade (H) e o volume (V) do açude do tipo seguinte:

$$V = K.H^{\alpha}$$

Estudos aprofundados mostraram que esse tipo de fórmula adapta-se muito bem à realidade e que **a cada açude corresponde um par ($\alpha$, K) representativo da sua forma.**

- (K) é chamado **coeficiente de abertura** e representa o caráter mais ou menos "aberto" do vale barrado pelo açude.
- ( $\alpha$ ) é chamado **coeficiente de forma** e depende da forma mais ou menos curva das encostas do açude.

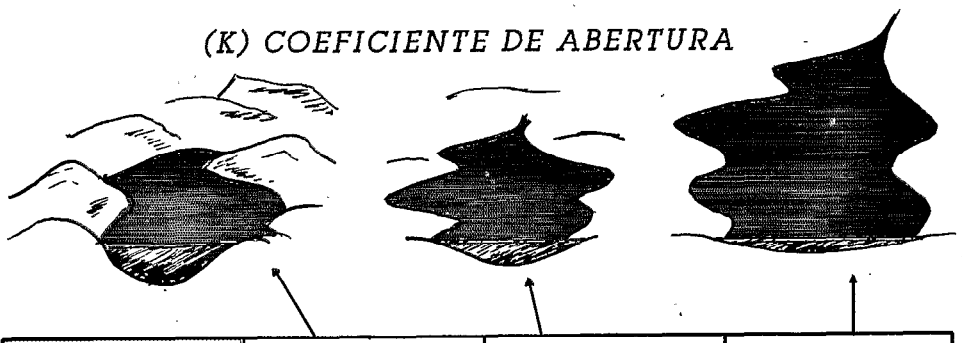
Esses dois coeficientes geométricos variam bastante:

O valor de (K), para pequenos e médios açudes, varia comumente entre 200 e 8.000 (em 90% dos casos), mas pode alcançar, em particular para grandes represas, valores extremos de várias dezenas de milhares. ( $\alpha$ ) tem média regional de 2.70 e somente em 20% dos

150

## SIGNIFICADO DOS COEFICIENTES GEOMÉTRICOS

### (K) COEFICIENTE DE ABERTURA



| CARACTERIZAÇÃO | VALES ENCAIXADOS RELEVO MUITO ACIDENTADO | VALES REGULARES RELEVO ONDULADO MÉDIO | VALES ABERTOS E PLANOS. RELEVO POUCO MARCADO. (GRANDES AÇUDES) |
|---|---|---|---|
| VALOR DE (K) | 200 -1.000 | 800 - 3.000 | 2.000 - 10.000 |

### (∝) COEFICIENTE DE FORMA

| CARACTERIZAÇÃO (PERFÍL DO VALE) | ENCOSTAS CÔNCAVAS | VALE EM V | ENCOSTAS CONVEXAS |
|---|---|---|---|
| VALOR DE (∝) | 2.20 - 2.80 | 2.70 - 3.20 | 3.00 - 3.40 |

## UTILIDADE DOS COEFICIENTES GEOMÉTRICOS

- PERMITEM CARACTERIZAR A FORMA (GEOMETRIA) DO AÇUDE
- PERMITEM CALCULAR FACILMENTE O VOLUME E A SUPERFÍCIE DO AÇUDE PARA QUALQUER PROFUNDIDADE
- INTERVÊM EM VÁRIOS ÁBACOS E TABELAS QUE SOLUCIONAM PROBLEMAS RELATIVOS AOS AÇUDES (DIMENSIONAMENTO, SAL...)

***PONTOS IMPORTANTES***

- A observacao nao é, em geral, suficiente para estimar (∝)
- Açudes com coeficiente de abertura elevado (K grande), tem geralmente valores de (∝) baixos, e vice-versa
- (∝) tem valor média de 2.70 e (K) em volta de 1500

casos foge da faixa 2.20 - 3.20, podendo atingir valores baixos inferiores a 2.00 e valores altos da ordem de 3.60 somente em casos excepcionais (figura 150).

Algumas **geometrias particulares ou anormais** podem corresponder a valores de ($\alpha$) extremos (geralmente altos), como no caso de:

- Açudes com várias paredes barrando mais de um vale.
- Açudes em cuja bacia hidráulica existe o dique (arrombado) de uma **antiga represa.**
- Açudes com **ilhas** ou **depressões** marcadas na bacia hidráulica.
- Açudes com caixa marcada.

Uma vez determinado o par ($\alpha$, K), **pode-se calcular facilmente o volume (V)** do açude para qualquer profundidade, bem como **a superfície (S) do espelho d'água**, aplicando a fórmula:

$$S = \alpha \ .K.H^{(\alpha - 1)}$$

A título de **exemplo**, um açude para o qual ( $\alpha$ ,K) = (3.00,1000) terá os seus volumes e superfícies calculados por: $V = 1000\ H^3$ e $S = 3000\ H^2$.

Vale notar que, juntando a fórmula do volume com a da superfície, obtém-se uma relação simples muito importante:

$$V = \frac{H.S}{\alpha}$$

Além de caracterizar a geometria do reservatório e de permitir o cálculo da superfície e do volume, os coeficientes geométricos ($\alpha$, K) são necessários para solucionar problemas ligados aos açudes (dimensionamento, salinização, etc...) e são, por isso, de grande utilidade.

*O índice x indica um valor máximo.*

Por convenção, nota-se $H_x$, $S_x$, $V_x$, os valores máximos da profundidade H, da superfície e do volume V do açude, correspondentes **à cota de sangria.** Chamaremos **Tabela PSV** (Profundidade, Superfície, Volume), a tabela que fornece, para profundidades sucessivas do açude, as superfícies e os volumes correspondentes.

O cálculo do volume e da superfície pelas fórmulas apresentadas acima necessitam de uma calculadora com uma função potência, ou seja, uma tecla [$x^y$]. Para os técnicos que não dispõem de tal recurso, previu-se ábacos de uso simples que permitem o cálculo gráfico das fórmulas (ver anexo 1).

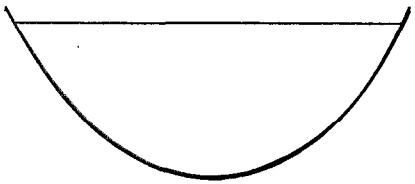
## 2.2 Importância da geometria do açude com relação a seu uso

A observação dos açudes evidencia o fato de que, segundo a sua forma, eles apresentam uma aptidão mais ou menos boa para cada tipo de utilização (figura 151).

- Para o **abastecimento**, o que importa é a **profundidade** do açude, ou seja, o tempo que este leva para secar. Vimos, além do mais, que o volume consumido é, em geral, irrisório.
- Para o cultivo de vazantes, é indicado um açude raso, aberto, com **grande área** descoberta à medida que o nível da água baixa. Isto corresponde a valores de (K) e ( $\alpha$ ) elevados.

- Para a **piscicultura**, é vantajosa uma situação em que a superfície do açude **varia pouco** quando o nível baixa, o que corresponde a coeficientes de forma pequenos ($\alpha = 1$ para um açude tipo viveiro, em forma de "piscina").
- Para **a irrigação**, o mais importante é o **volume** armazenado, sendo preferível um ($\alpha$) pequeno e uma profundidade importante, a fim de limitar a importância relativa das perdas por evaporação.

151 *Adequação da geometria do açude a seu uso*



**IRRIGAÇÃO**

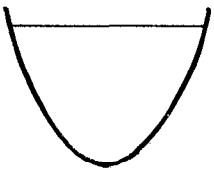
GRANDE VOLUME E
GRANDE PROFUNDIDADE
$\alpha$ PEQUENO, (K GRANDE)

**PISCICULTURA**

AÇUDE POUCO PROFUNDO
ESPELHO D'ÁGUA QUE
VARIA POUCO QUANDO O
NÍVEL DA ÁGUA BAIXA
$\alpha$ PEQUENO, (K GRANDE)

**VAZANTE**

ESPELHO D'ÁGUA EXTENSO
GRANDE ÁREA DESCOBERTA
QUANDO O NÍVEL DA ÁGUA BAIXA
$\alpha$ GRANDE, K GRANDE



**ABASTECIMENTO**

AÇUDE PROFUNDO

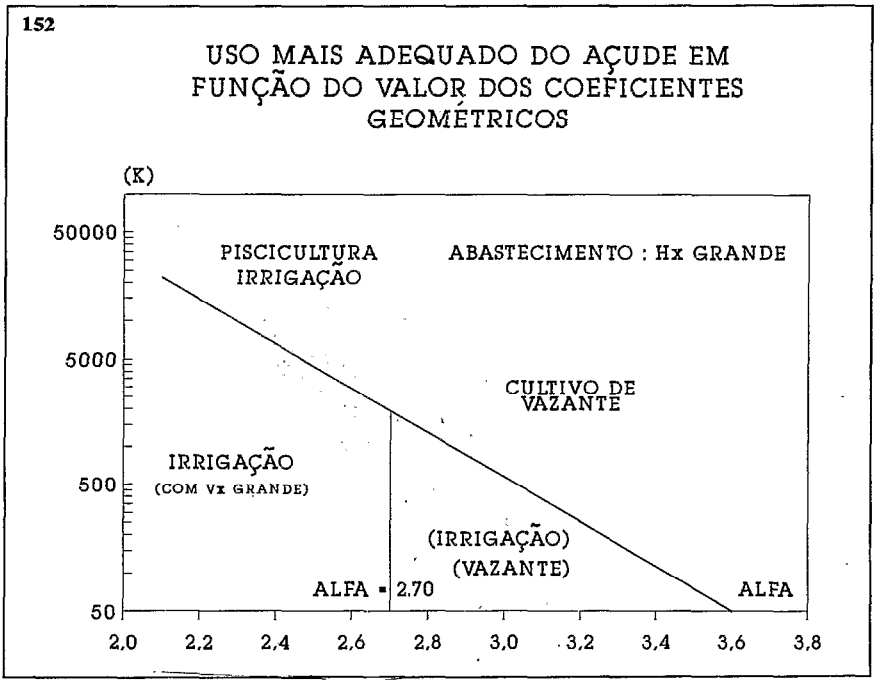
A figura 152 mostra quais são as melhores combinações de ($\alpha$) e (K) segundo o tipo de uso. Evidentemente, o fato de não haver uma geometria apropriada ao uso previsto não impede a valorização do açude. Essas considerações apenas procuram chamar a atenção para a variação da forma dos açudes e sua conseqüência com relação ao tipo de valorização.

## 2.3 Precauções para avaliação da profundidade

Por profundidade do açude, entende-se geralmente a **profundidade** da água **no ponto mais baixo da bacia hidráulica do reservatório**

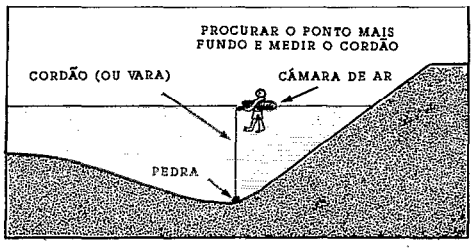
Esse ponto encontra-se, normalmente, próximo à parede da represa. Quando o açude está cheio, a informação do proprietário permite a sua localização aproximativa.

**152**




Essa profundidade pode ser medida com um cordão (amarrado a uma pedra na sua extremidade (figura 153) ou com uma vara comprida (bambu), para açudes mais rasos). Há necessidade de se deslocar, nadando com uma câmara de ar ou num pequeno barco, até acertar o ponto mais fundo da bacia.

**153** *Determinar o ponto mais fundo do açude*




Por causa da **caixa do açude**, essa profundidade será, **em geral, superior à profundidade natural** do vale, ou seja, à profundidade existente antes da construção do açude, essa caixa (ou porão) é a cavidade devida à retirada de material da bacia hidráulica para construção da parede do açude. A sua profundidade é muito variável. Em alguns casos, a caixa pode ter grande profundidade, atingindo até 2 metros **(ver foto 154)**. Isto **modifica bastante a forma inicial do vale e da bacia hidráulica do açude.** Açudes planejados para terem 2.50 m de profundidade (de acordo com o levantamento topográfico) podem, após a construção, apresentar 4.00 m de lâmina de água.

O volume correspondente a essa caixa **não representa um acréscimo muito sensível da capacidade de armazenamento** (quase sempre da ordem de 10% do volume total $V_x$), salvo no caso de barreiros ou açudes muito pequenos. Entretanto, essa caixa pode constituir um **ganho importante em termos de profundidade total** do reservatório e deve ser levada em conta quando se calcular o tempo que o açude leva para secar.

Para avaliar esse ganho, mede-se a diferença de nível entre a cota do sangradouro e o pé da parede, **a jusante da barragem.** Isto pode ser feito com um teodolito ou um nível de

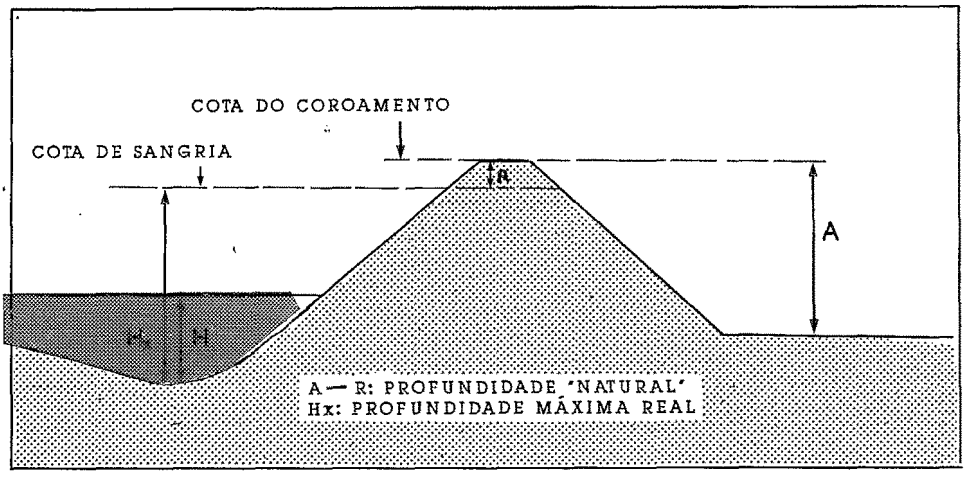
*Assoreamento, ver p. 110.*

mangueira. Essa altura corresponde à **profundidade natural** do açude, ou seja, aproximadamente à profundidade do açude **se não tivesse a caixa.**

- Caso se faça o projeto **a partir da planta topográfica** de um açude a ser construído, considera-se o **fundo natural** do vale **(fora da calha eventual do riacho)** mesmo que a bacia venha a ser escavada na hora da execução. Esse fundo natural, aliás, é aquele que aparece no mapa do levantamento topográfico.
- **Para um açude já existente,** a profundidade da água do reservatório é calculada a partir do fundo da caixa. Apenas no caso da avaliação rápida do volume (ver primeira estimativa, a seguir), deverão ser tomadas algumas precauções e considerar a profundidade natural.
- O assoreamento do açude (aterro da bacia) pode modificar, com o tempo, a capacidade e a profundidade do açude. Raros são os casos em que este fenômeno chega a ser excessivo.

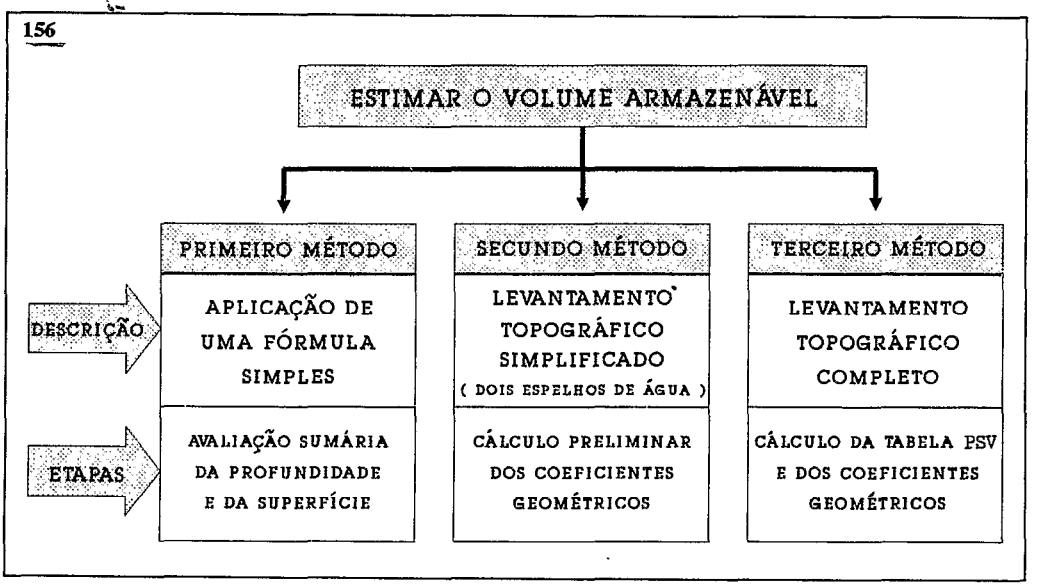
154 *A caixa do açude*

155 *Profundidade "natural" do açude*




## 2.4 Como estimar o volume armazenado

Apresenta-se, a seguir, três abordagens que visam **estimar o volume armazenado e determinar os coeficientes geométricos** ( $\alpha$ ) e (K). Os resultados obtidos variam em **função da qualidade e da quantidade** das informações disponíveis.




Antes de mais nada, deve-se procurar saber se já existe uma planta topográfica do açude, o que adiantaria o projeto e permitiria uma melhor precisão dos cálculos. Açudes financiados pelo banco (diretamente ou através de projetos especiais (Projeto Sertanejo ou outros) algumas vezes já têm levantamento.

## ■ Estimativa sumária do volume armazenável (1° método)

### □ Volume armazenado

Antes de qualquer levantamento topográfico, pode-se avaliar o volume armazenado pela seguinte fórmula:

$$V_a = \frac{H_a . S_a}{2.70}$$

$V_a$ = Volume atual do açude($m^3$)
$H_a$ = Profundidade atual da água no açude
$S_a$ = Superfície atual do espelho d'água ($m^2$)
(1 ha vale 10.000 $m^2$ = 100 m x 100 m)
2.70 = coeficiente de forma médio dos açudes

A precisão desta fórmula (intervalo de confiança) é de ± 30%.

### □ Volume máximo armazenável

Se o açude não estiver cheio, o volume de armazenamento máximo $V_x$ poderá ser deduzido do volume atual $V_a$; se $H_x$ é a profundidade máxima (cota do sangradouro) **e se $H_a$ não for inferior a $H_x/2$,** avalia-se o **volume máximo armazenável** $V_x$ por:

$$V_x = V_a . (H_x / H_a)^{2.70}$$

**Exemplo:** um açude de cota máxima $H_x = 5$ m encontra-se com 3 metros de água ($H_a = 3$m). A superfície do espelho d'água é ($S_a$), estimada em 1.5 hectare.

**Calcula-se:**
$V_a$ = Volume atual = 3 x 15000/2.70 = 16.667 $m^3$
$V_x$ = Volume máximo= $16667(5/3)^{2.70}$ = 66.200 $m^3$

*Marcas na vegetação. Ver pág. 216*

Se $H_a$ for pequeno (inferior a $H_x/2$), será preferível **estimar** a superfície ($S_x$) do espelho máximo d'água, baseando-se nas indicações do proprietário quanto aos limites do açude quando cheio, bem como nas marcas deixadas pela água na vegetação.

Deduz-se o valor de $V_x$ por :

$$V_x = \frac{H_x \cdot S_x}{2.70}$$

**Notas Importantes:**

- Para qualquer profundidade H, estima-se o volume correspondente por $V = V_a(H/H_a)^{2.70}$, desde que $H_a$ não seja inferior a $H_x/2$.
- **Avaliação da profundidade: para açudes em que a escavação da caixa aumentou** significativamente a profundidade (porém aumentou pouco o volume armazenado), deve-se considerar a **profundidade natural do açude** (mais ou menos com relação ao pé do talude de jusante), ou seja, calcular o volume como se não existisse a caixa (ver figura 155).

  **Exemplo:** Se um açude de 2.50 m de profundidade natural passa a ter 5.00 m de profundidade após escavação da caixa, a fórmula fornecerá um **volume dobrado** enquanto o **volume real** apenas foi aumentado com o volume da caixa, ou seja, em média, 10%, para açudes não muito pequenos.

- **Avaliação da superfície:** não é fácil a avaliação da superfície de um açude de grande tamanho a olho nu (muitas vezes, o espelho d'água não será inteiramente visível a partir da parede, havendo braços laterais atrás dos movimentos do terreno). Tenta-se estimar, em primeiro lugar, o **comprimento** do espelho d'água bem como a largura média.

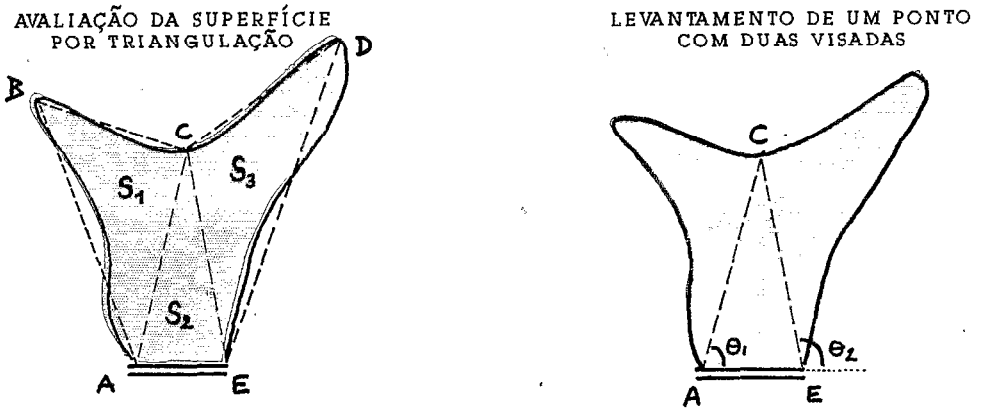
  Se se dispõe de um teodolito, determina-se a **distância** e o ângulo de alguns pontos extremos do espelho d'água, como indicado na figura 157, efetuando-se uma triangulação para calcular a superfície. A locação de um ponto é obtida efetuando-se duas visadas a partir de dois pontos distintos da parede.

## ■ Método dos dois espelhos d'água (2° método)

Para usar a fórmula dada acima, precisava-se apenas de uma estimativa da profundidade e da superfície do espelho d'água. Para se conseguir uma melhor precisão pode-se, agora, executar um **levantamento topográfico simplificado**, levantando-se apenas dois espelhos d'água ($S_1$), ($S_2$), bem como as profundidades ($H_1$) e ($H_2$) correspondentes a esses dois espelhos.
Para que a precisão do resultado seja boa, **deve-se satisfazer duas condições:**

- A diferença entre as cotas $H_1$ e $H_2$ deve ser, no mínimo, um metro, para açudes de menos de 7 metros de profundidade, e 1.50 m para açudes com mais de 7 metros.
- A menor cota, $H_2$, deve ser superior a um terço da profundidade máxima $H_x$ do açude ($H_2 > 1/3\ H_x$).

157 *Levantamento sumário da superfície do espelho d'água*

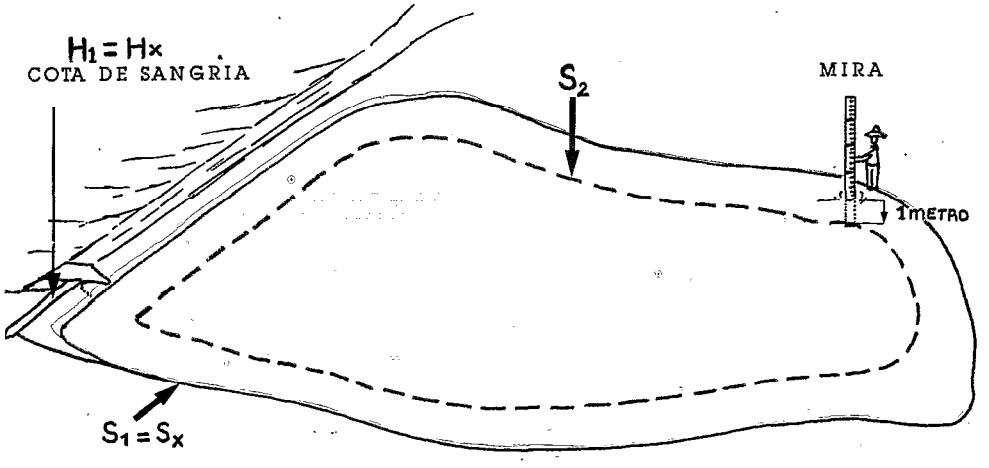



## □ Casos encontrados na prática

### 1) O açude está cheio (ou quase cheio)

Faz-se o levantamento topográfico do espelho d'água ($S_1$), deslocando-se a mira na beira do açude e mede-se a profundidade da água ($H_1$) com relação ao fundo do açude (profundidade real). Para levantar a superfície ($S_2$), o porta-mira deverá deslocar a mira dentro da água, de maneira a deixar o nível da água na graduação de 1 metro: obtém-se assim, um espelho d'água ($S_2$) correspondendo à cota $H_2 = H_1 - 1$. Um procedimento desse tipo pode ser bastante trabalhoso se o açude for grande; por isso efetua-se, de preferência, o levantamento quando o açude está com pouca água.

158 *Batimetria simplificada: levanta-se a superfície correspondendo a uma profundidade de 1 metro*



**2) O açude está com um nível médio**

Levanta-se o espelho d'água máximo ($S_1 = S_x$) correspondente à cota de sangria ($H_1 = H_x$).
O segundo espelho d'água será o espelho d'água atual do açude ($S_2$), e ($H_2$) a profundidade correspondente.

**3) O açude está com o nível baixo (ou seco)**

Levanta-se o espelho d'água máximo ($S_1$) e um espelho d'água intermediário qualquer ($S_2$), tal que ($H_1$ - $H_2$) seja superior a um metro.

Em resumo, trata-se de determinar dois pares ($H_1$, $S_1$), ($H_2$, $S_2$) com as restrições:

- A diferença entre as duas cotas $H_1$ e $H_2$ deve ser superior a 1 metro.
- A cota mais baixa, $H_2$, não deve ser inferior a um terço da cota máxima $H_x$.

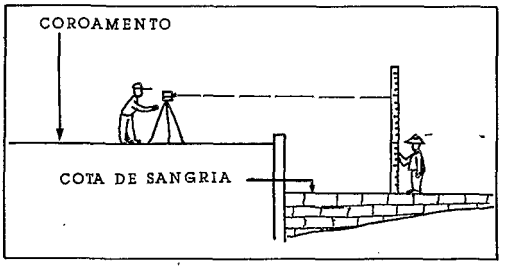
159 *Levantamento topográfico*

**Procedimento prático:**

**1) Levantamento:**

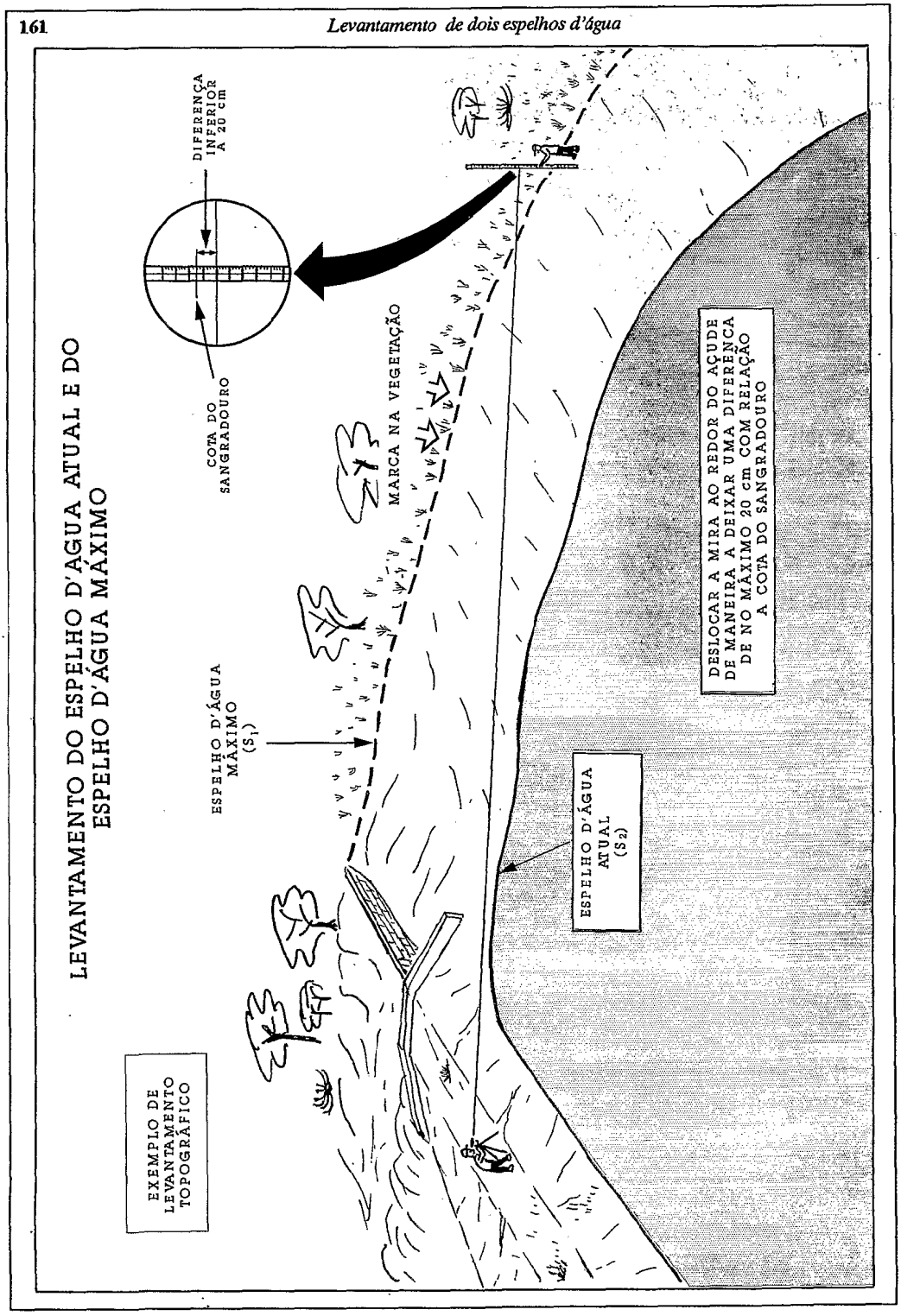
O levantamento do **espelho d'água atual** é geralmente fácil, bastando deslocar a mira na beira da água (foto 159). No que diz respeito ao **espelho d'água máximo**, determina-se em primeiro lugar a graduação da régua correspondente à cota de sangria (GradSang) (figura 160).
Para levantar o espelho d'agua correspondente, é preciso deslocar a mira em posições tais que a leitura do teodolito indique a graduação (GradSang). Sendo muito trabalhoso ajustar a posição da mira até chegar exatamente a essa graduação, o topógrafo poderá anotar as coordenadas de um ponto **desde que a sua cota não difira de (GradSang) em mais de ± 20 cm.**

160 *Determinar a cota do sangradouro*



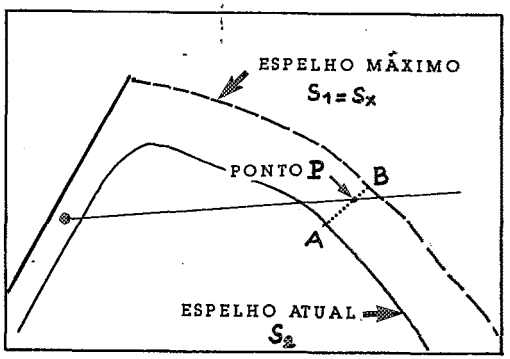

O ponto da cota exata correspondente será restituído por interpolação ou extrapolação na hora do desenho. Ao se deslocar ao redor do açude, **prestar atenção à vegetação** na qual, muitas vezes, pode-se observar marcas do nível máximo atingido pela água.

161 *Levantamento de dois espelhos d'água*



162 *Marcas na vegetação*

163 *Exemplo de interpolação*




**Exemplo de interpolação:**

O espelho d'água já sendo desenhado, plota-se o ponto (P) e determina-se o ponto (A) mais próximo de (P) e situado nesse espelho (figura 163). Supondo que **a cota de (P) foi inferior, em 15 cm, à cota (GradSang)** e que a diferença de cota entre o espelho d'água atual e o espelho máximo é de 1.20 m, deduz-se o ponto (B) calculando a distância AB por:

AB = AP x 1.20/(1.20 - 0.15) = 1.14AP

Se a cota de (P) fosse superior a GradSang em 15 cm, obteríamos a distância AB apenas mudando o signo da fórmula

AB = AP (1.20/(1.20+0.15) = 0.89 AP

2) Calcular a superfície dos dois espelhos d'água.

Isso pode ser feito com um **planímetro** ou quadriculando-se a planta e contando os **quadradinhos** que se encontram dentro da superfície a ser determinada; para um quadradinho que somente tem uma parte dele dentro da área a medir, conta-se um meio (no final, há compensação entre os que têm **mais** da metade da sua superfície incluída na área a ser medida e os que têm menos).

Conhecendo-se a superfície do quadradinho (atenção à escala), calcula-se a superfície total (figura 164).

3) Calcula-se as razões $S_1/S_2$ e $H_1/H_2$, sendo $S_1$ e $S_2$ as superfícies correspondentes às profundidades $H_1$ e $H_2$ ($H_1 > H_2$);

4) Calcula-se ($\alpha$) por:

$$\alpha = 1 + \frac{\log(S_1/S_2)}{\log(H_1/H_2)}$$

e (K) por:

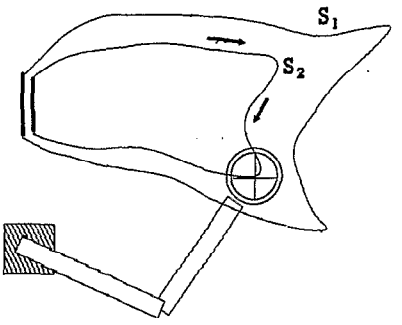
$$K = S_1 / \alpha \ . H_1^{(\alpha - 1)}$$

*O logaritmo pode ser decimal ou neperiano (teclas [ln] ou [log])*

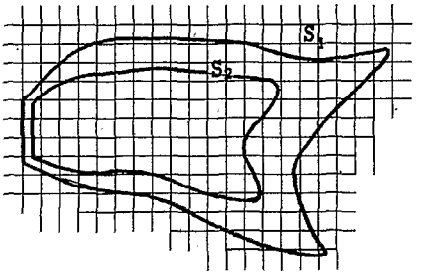
Caso não se disponha de uma calculadora que tenha as funções [log] (ou [ln]) e [$x^y$], utilizar os ábacos 1 e 2 do anexo 1 que substituem essas fórmulas e permitem calcular ($\alpha$) e (K).

164 *Calcular a superfície do espelho d'água (2 métodos)*

***Calcular as superfícies com um planímetro***




***calcular as superfícies com quadrículos***




**5)** Preenche-se a Tabela PSV da seguinte maneira:

*Tabela PSV, ver p. 205*

Preencher a primeira coluna com os valores da profundidade, desde 1 m até chegar a um valor superior à cota de sangria, com um incremento de 0.5 m. Para um açude de 5.20 metros de profundidade, escreve-se nessa coluna 1.00, 1.50, 2.00, 2.50, 3.00, 3.50, 4.00, 4.50, 5.00, **5.20**, 5.50.

Para cada cota, calcula-se as superfícies e os volumes correspondentes pelas fórmulas:

$$S = \alpha \,.K.H^{(\alpha -1)}$$

$$V = K.H^{\alpha}$$

Os ábacos 3 e 4 do anexo 1 permitem calcular os termos $H^{\alpha}$ e $H^{(\alpha -1)}$, caso não se disponha de calculadora ou de tecla $[x^y]$.

A precisão sobre o volume máximo do açude calculado por este método é de $\pm$ 17%.

**Atenção:**
Este método só tem validade se $S_1$ e $S_2$ são **determinados com um nível ou um teodolito.** Se isto não for possível, utilizar o primeiro método e se contentar com uma estimativa.

☐ **Exemplo de determinação do volume pelo método dos dois espelhos:**

Considera-se um açude de profundidade máxima 3.80 m. O açude estando cheio, determina-se as superfícies S(3.80) e S(2.80), correspondentes às cotas 3.80 m e 2.80 m, como indicado acima.

Supõe-se que as medições por teodolito deram, após restituição na planta e planimetragem:

$H_1 = 3.80$ m $\quad S_1 = 43100$ m$^2$

$H_2 = 2.80$ m $\quad S_2 = 25600$ m$^2$

calcula-se o valor de ($\alpha$) e (K):

$H_1 = 1.36$ $S_1 = 1{,}68$

$H_2$ $S_2$ *dão* $(\alpha) = 2.70$ *e* $(K) = 1650$

preenche-se a tabela PSV para as profundidades H = 1.00, 1.50, 2.00, 2.50, 3.00, 3.50, **3.80** e 4.00 metros.

| **Profundidade (m)** | **Superfície ($m^2$)** | **Volume ($m^3$)** |
|---|---|---|
| *1.00* | *4450* | |
| *1.50* | *8910* | *4950* |
| *2.00* | *14479* | *10750* |
| *2.50* | *20938* | *19635* |
| *3.00* | *28957* | *32010* |
| *3.50* | *37422* | *48510* |
| **3.80 (cota de sangria)** | **43100** | **60660** |
| *4.00* | *46777* | *69630* |

## ■ Método do levantamento topográfico (3° método)

Esse método, muito mais preciso, requer um levantamento topográfico completo da bacia hidráulica do açude.

Por conveniência, deve-se efetuar tal levantamento de preferência quando o açude está com pouca água. No caso contrário, precisa-se recorrer a uma batimetria, ou seja, determinar a cota dos pontos com uma vara ou uma régua mergulhada na água, usando-se um pequeno barco para os açudes maiores. Uma vez desenhada a planta do açude (ver um exemplo na figura 165), calcula-se, para cada cota, a superfície delimitada pela curva de nível correspondente, conforme indicado no caso anterior.

A partir destes dados, pode-se obter a curva cota/volume de duas maneiras:

1) a primeira consiste em planimetrar a área delimitada pela curva S(H) e o eixo x como indicado na figura 167: **essa área** corresponde ao volume do açude para a profundidade H. **Atenção às escalas:** o volume correspondente a um quadrado de 1 $cm^2$ deve ser calculado em função do valor de 1 cm sobre cada eixo (uma profundidade versus uma superfície fornece um volume);

2) a segunda maneira consiste em preencher o quadro 165:

— preenchem-se as três primeiras colunas com **as cotas, as superfícies correspondentes e a distância entre duas curvas** de nível sucessivas (geralmente 1 metro);

— na coluna (4), calcula-se a **superfície média entre duas cotas**; por exemplo: entre as linhas das cotas H = 4 m e H = 3 m, coloca-se o valor da superfície média entre as cotas H = 3 m e H = 4 m, ou seja, $(S_3+S_4)/2$;

— na coluna (5), coloca-se o valor da distância interlinha (coluna (3)) multiplicado pelo valor da coluna (4) obtendo-se, assim, o **volume parcial.** Este volume parcial representa o volume da fatia de água entre duas cotas sucessivas (ver figura 167). **Atenção: na primeira linha, o volume parcial é calculado por $H_1 S_1/2.70$;**

— na coluna (6), calcula-se a soma dos volumes parciais, conseguindo-se, assim, o volume total $V_i$ correspondente a cada profundidade $H_i$.

165

| cota (m) (1) | superfície ($m^2$) (2) | desnível (m) (3) | semi-soma das superfícies (4) | volume parcial (5) | volume total (6) |
|---|---|---|---|---|---|
| $H_0$ | 0 | | | | |
| | | $H_1$ | $(S_1)$ | $V_1 = H_1 - S_1/2.70$ | $V_1$ |
| $H_1$ | $S_1$ | | | | |
| | | $H_2-H_1$ | $(S_1+S_2)/2$ | $V_1=(S_1+S_2)(H_2-H_1)/2$ | $V_1$ |
| $H_2$ | $S_2$ | | | | |
| | | $H_3-H_2$ | $(S_2+S_3)/$ | $V_2=(S_2+S_3)(H_3-H_2)/2$ | $V_1+V_2$ |
| $H_3$ | $S_3$ | | | | |
| ...etc... | | | | | |

*(3) Desnível: diferença de cota entre as duas curvas de nível sucessivas.*

**Exemplo:**
o levantamento completo do açude estudado no parágrafo anterior (3.80 m de profundidade máxima) deu, após planimetragem de cada curva de nível da planta correspondente, a tabela seguinte:

| COTA (m) | PROFUNDIDADE (m) | SUPERFÍCIE ($m^2$) |
|---|---|---|
| *96.20* | *0* | *0* |
| *97* | *0.80* | *3.000* |
| *98* | *1.80* | *12.100* |
| *99* | *2.80* | *25.640* |
| **100 (sangria)** | **3.80** | **43.100** |
| *101* | *4.80* | *64.000* |

Deduz-se a tabela PSV completa correspondente, com cálculo dos volumes:

| cota (m) | superfície ($m^2$) | desnível (m) | semi-soma das superfícies | volume parcial ($m^3$) | volume total ($m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|
| *0* | *0* | *.80* | | *888* | |
| *0.80* | *3000* | | | | *888* |
| | | *1.00* | *7550* | *7550* | |
| *1.80* | *12100* | | | | *8438* |
| | | *1.00* | *18870* | *18870* | |
| *2.80* | *25640* | | | | *27308* |
| | | *1.00* | *34370* | *34370* | |
| *3.80* | *43100* | | | | **61678** |
| | | *1.00* | *53550* | *53550* | |
| *4.80* | *64000* | | | | *115228* |

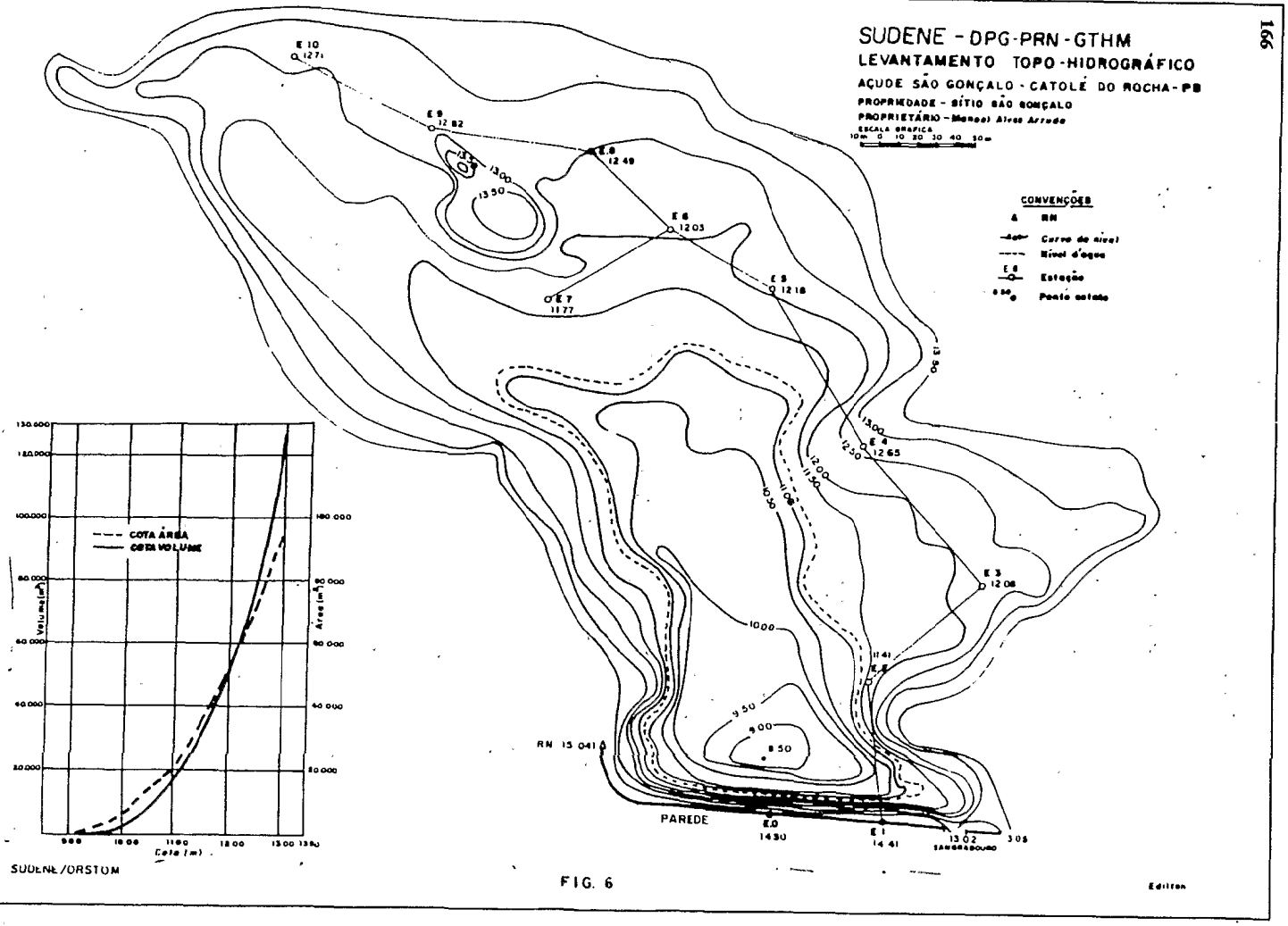
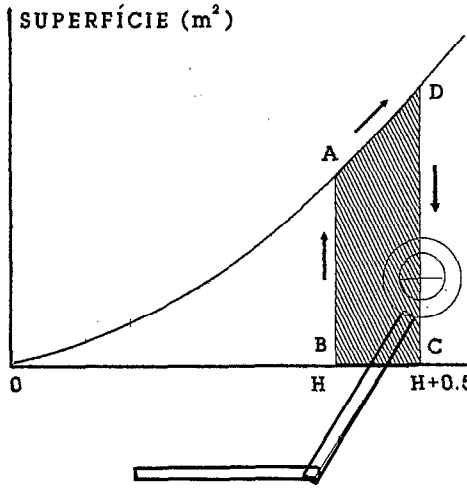

SUDENE - DPG-PRN-GTHM
LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO
AÇUDE SÃO GONÇALO - CATOLÉ DO ROCHA - PB
PROPRIEDADE - SÍTIO SÃO GONÇALO
PROPRIETÁRIO - Manoel Alves Arruda
ESCALA GRÁFICA
CONVENÇÕES
RN
Curva de nível
Nível d'agua
Estação
Ponto cotado
E 10
12 71
E 9
12 82
E 8
12 49
E 6
12 03
E 5
12 18
E 7
11 77
E 4
12 65
E 3
12 08
E 2
11 41
E 1
14 41
E 0
14 30
RN 15 041 A
PARADE
SANGRADOURO
COTA ÁREA
COTA VOLUME
Volume (m³)
Area (m²)
Cota (m)
SUDENE/ORSTOM
Editon

FIG. 6

167

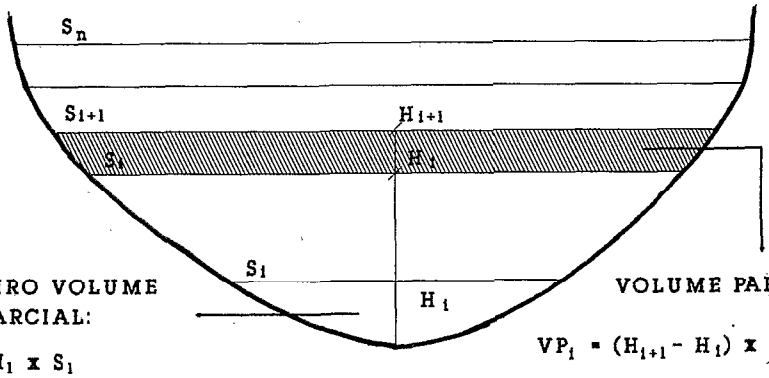
# CALCULO DO VOLUME POR PLANIMETRAGEM DA CURVA COTA/SUPERFICIE




O VOLUME ARMAZENADO PARA O VALOR H CORRESPONDE A ÁREA $\overline{OAB}$.
PARA OBTER O VOLUME CORRESPONDENTE A UM NÍVEL DE MAIS 50cm, ACRESCENTA-SE A SUPERFÍCIE $\overline{ABCD}$.

$$V(H+0.5) = V(H) + \overline{ABCD}$$

# CALCULO DOS VOLUMES A PARTIR DAS PROFUNDIDADES E DAS SUPERFICIES




PRIMEIRO VOLUME PARCIAL:

$$V_1 = \frac{H_1 \times S_1}{2.70}$$

VOLUME PARCIAL (i)

$$VP_i = (H_{i+1} - H_i) \times \frac{(S_{i+1} + S_i)}{2}$$

Lembrar-se que o primeiro volume parcial ($V_1$ = 888 $m^3$) é calculado por $H_1.S_1/2.70$.

*uma folha virgem de papel logarítmico encontra-se no Anexo 1.*

Para determinar, a partir desta tabela, o valor de (K) e ($\alpha$), deve-se:

- plotar os valores ($H_i$, $V_i$) da tabela em um papel com escala logarítmica;

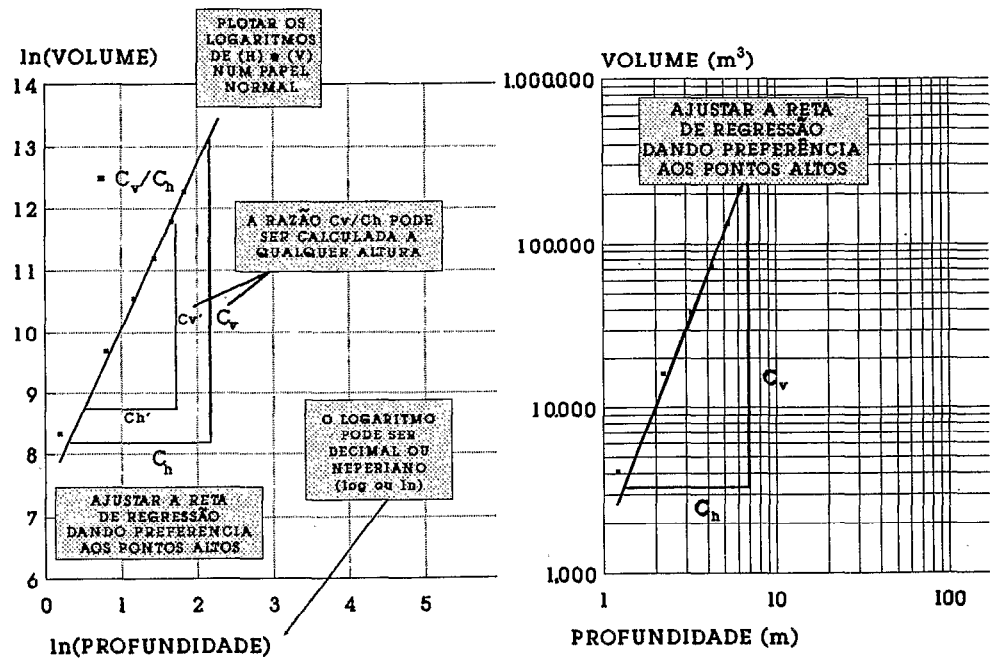
ou, de maneira equivalente,

- plotar os valores ($\log(H_i)$, $\log(V_i)$) numa folha normal (o logaritmo pode ser indiferentemente decimal (log) ou neperiano (ln)).

**Atenção:**
Os topógrafos costumam "amarrar" o levantamento a uma cota tomada arbitrariamente igual a 100 (ou 50), atribuída à soleira do sangradouro ou a qualquer outro **ponto de referência** fixo (toco de árvore, pedra, etc...) chamado RN. Os valores de (H) são **profundidades** reais, calculadas a partir do fundo real do açude, ou seja valores obtidos subtraindo a **cota** do fundo do açude de todas as **cotas relativas.**

Cada uma dessas duas soluções está ilustrada na figura 168. Evidencia-se, dessa maneira, um alinhamento de pontos sobre o qual ajusta-se uma reta: esse ajustamento pode ser feito "de olho", **cuidando-se de dar mais importância aos pontos altos,** isto é, admitindo-se pouco afastamento para os pontos altos e maior afastamento para os pontos baixos.

**168** *Determinação de alfa*




Uma vez determinada a reta do ajustamento, calcula-se ($\alpha$) como indicado na figura 168: traça-se, em baixo do ajustamento, um segmento vertical e outro horizontal (a qualquer

altura da reta de regressão) cujos comprimentos $C_v$ e $C_h$ fornecem o valor de ( $\alpha$ ) por $\alpha = C_v/C_h$.

Considera-se, enfim, **um dos pontos altos** que esteja **situado na reta** (ou o mais próximo a esta) e calcula-se (K) por:

$$K = V_i/H_i^{\alpha}$$

sendo ($H_i$, $V_i$) os valores correspondendo ao ponto escolhido.

No caso do exemplo apresentado na figura 169, são obtidos $C_V = 10.15$ cm, $C_h = 3.75$ cm e $\alpha = C_v/C_h = 2.71$. O valor de (K) é calculado com o par (H = 3.80 m, V = 61.234 $m^3$): $K = V/H^{2.71} = 1644$.

Pode-se, agora que temos determinado o valor de ( $\alpha$ ) e (K), calcular o volume pela fórmula $V = KH^{\alpha}$ e **comparar o resultado com os valores da tabela PSV**, o que permite verificar a validade da fórmula.

## 2.5 Modificação da geometria entre o projeto e a execução do açude

Se o cálculo de ( $\alpha$ ) e (K) apresentado acima for realizado a partir de um levantamento topográfico executado **antes** da construção do açude e se, durante a execução da obra, o trator vier a formar uma **caixa** de profundidade relevante, haverá uma diferença entre a forma real do açude e a sua forma na planta, representada pelos valores calculados de ( $\alpha$ ) e (K).
Por isso, **será necessário ajustar ( $\alpha$ ) e (K)** para levar em conta essa modificação e ter dois coeficientes geométricos representativos da **forma real** do açude. Isto poderá ser feito de forma muito simples, modificando os valores da profundidade $H_i$ pelo acréscimo devido à caixa.

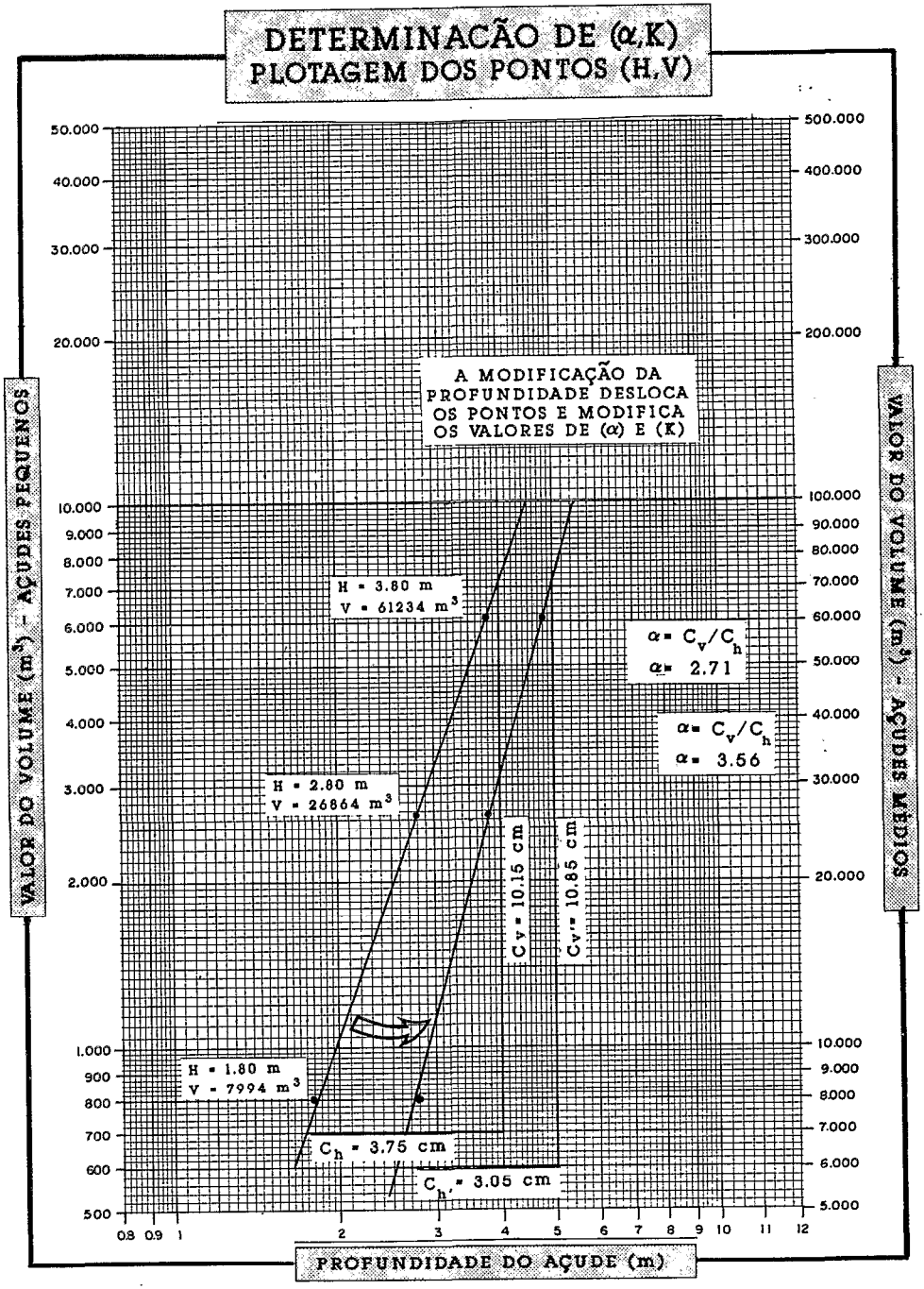
Supõe-se, por exemplo, que o levantamento do exemplo acima tenha sido realizado antes da construção e que se deva considerar um aprofundamento de **um metro** resultante da escavação da caixa pelo trator.

Acrescenta-se um metro aos valores de $H_i$ e calcula-se novamente a tabela PSV:

| **H** (m) | **superfície** ($m^2$) | **desnível** (m) | **semi-soma das superfícies** | **volume parcial** ($m^3$) | **volume total** ($m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|
| *0* | | | | | |
| | | *2.80* | | *6274* | |
| *2.80* | *12100* | | | | *6274* |
| | | *1.00* | *18870* | *18870* | |
| *3.80* | *25640* | | | | *25144* |
| | | *1.00* | *34370* | *34370* | |
| *4.80* | *43100* | | | | *59514* |

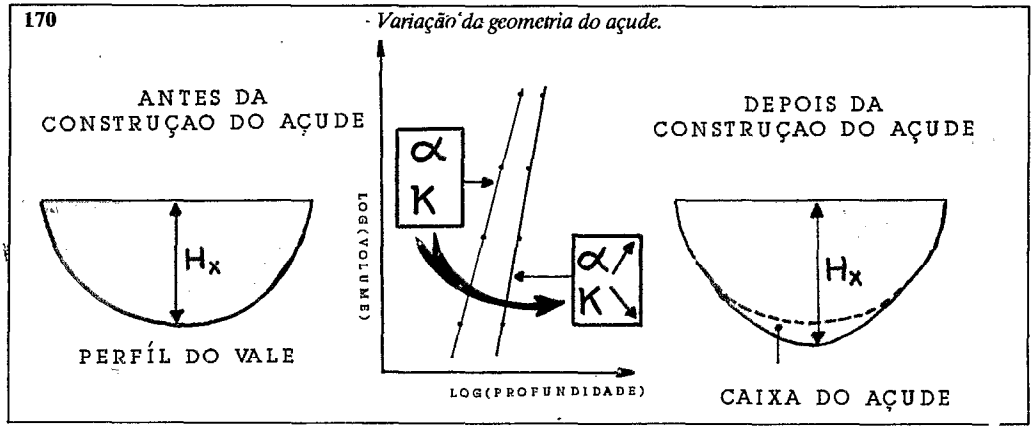
Plotando os pontos ($H_i$, $V_i$) em um papel com escala logarítmica, obtém-se uma **reta mais inclinada** e **um valor de ( $\alpha$ )** maior que o do levantamento **inicial (figura 169).** O valor (K) calculado em seguida, ao contrário, **é menor.** Numericamente, obtém-se $C_v = 10.85$; $C_h = 3.05$, $\alpha = C_v/C_h = 3.56$ e $(K) = V/H^{3.56} = 528$.

169


DETERMINACÃO DE (α,K)
PLOTAGEM DOS PONTOS (H,V)
A MODIFICAÇÃO DA PROFUNDIDADE DESLOCA OS PONTOS E MODIFICA OS VALORES DE (α) E (K)
VALOR DO VOLUME (m³) - AÇUDES PEQUENOS
VALOR DO VOLUME (m³) - AÇUDES MEDIOS
PROFUNDIDADE DO AÇUDE (m)
H = 3.80 m
V = 61234 m³
H = 2.80 m
V = 26864 m³
H = 1.80 m
V = 7994 m³
α = Cv/Ch
α = 2.71
α = Cv/Ch
α = 3.56
Cv = 10.15 cm
Cv = 10.85 cm
Ch = 3.75 cm
Ch = 3.05 cm
50.000
40.000
30.000
20.000
10.000
9.000
8.000
7.000
6.000
5.000
4.000
3.000
2.000
1.000
900
800
700
600
500
500.000
400.000
300.000
200.000
100.000
90.000
80.000
70.000
60.000
50.000
40.000
30.000
20.000
10.000
9.000
8.000
7.000
6.000
5.000
0.8 0.9 1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12

**Observa-se:**

- Na tabela PSV, foi omitida a profundidade $H_1 = 1.80$ m e sua superfície $S_1 = 3.000$ $m^2$ porque observou-se que a **área afetada pela caixa abrangia** a área correspondente a $S_1$ e que este último valor ($S_1 = 3.000$ $m^2$) não correspondia mais à realidade. No caso contrário, $H_1$ e $S_1$ teriam sido conservadas na tabela (o ideal seria fazer novo levantamento da parte baixa para corrigir o valor de $S_1$).
- O valor final de $V_x$ é quase igual ao calculado anteriormente. A diferença (pode ser para mais ou para menos, segundo os casos) é devida à variação da profundidade e ao fato de termos perdido a informação sobre $S_1 = 3000$ $m^2$
- Os novos valores de ($\alpha$) e (K) serão sempre **bastante diferentes** dos antigos porém o cálculo do volume por $V = KH^{\alpha}$ será pouco afetado. **($\alpha$) sempre aumenta e (K) sempre diminui.** A precisão da fórmula só será ruim para valores pequenos de H, ou seja **valores pequenos do volume**, o que não tem muita importância.
- A modificação da geometria natural faz com que ($\alpha$) passe a atingir valores superiores ao normal, freqüentemente próximos a 3.50.




**Não se pode,** em nenhum caso, utilizar os coeficientes ( $\alpha$ ) e (K) **calculados a partir da planta** com valores de profundidade calculados a partir do fundo da caixa (se houver). Ou se conserva as profundidades calculadas na planta ou se recalcula ( $\alpha$ ) e (K).

## 3. Avaliação das perdas por evaporação e infiltração

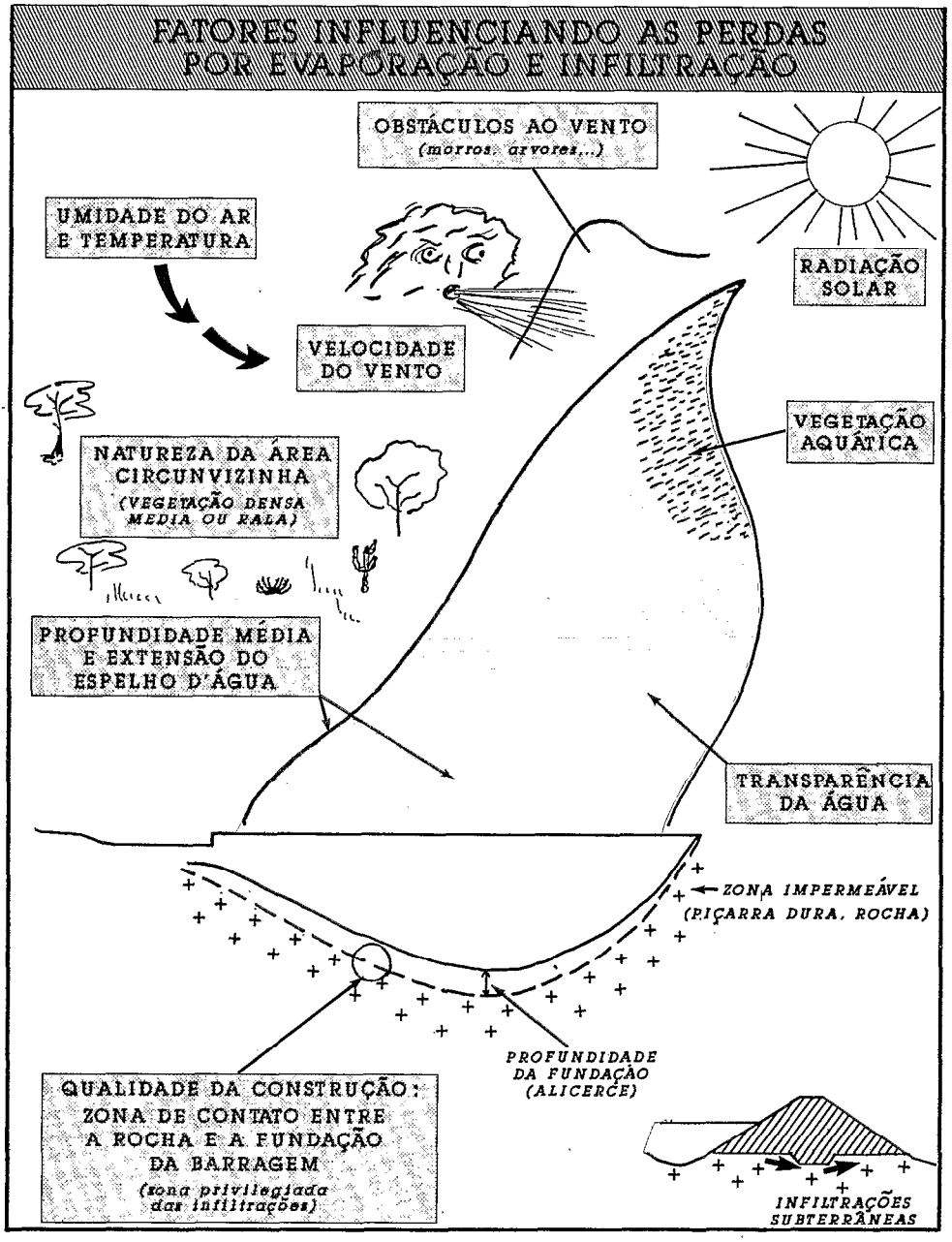
### 3.1 As perdas no açude

Querendo-se irrigar uma parcela depois do inverno, bem como determinar o tamanho desta parcela, **é importante avaliar as perdas que ocorrerão por evaporação e por infiltração, de maneira a poder determinar o volume realmente disponível.** Esse rebaixamento também tem importância e deve ser levado em consideração para projetos de piscicultura e para o cultivo de vazante.

*Outros tipos de infiltração: ver item A3.*

A **evaporação** depende principalmente da **época do ano**, do **local e da extensão do espelho d'água, mas, também, de outros fatores**, como indicado na figura 171. A perda correspondente é expressa na forma de um rebaixamento, chamada (EVA), em mm.

171


FATORES INFLUENCIANDO AS PERDAS POR EVAPORAÇÃO E INFILTRAÇÃO
OBSTÁCULOS AO VENTO
(morros, árvores,...)
UMIDADE DO AR E TEMPERATURA
RADIAÇÃO SOLAR
VELOCIDADE DO VENTO
VEGETAÇÃO AQUÁTICA
NATUREZA DA ÁREA CIRCUNVIZINHA
(VEGETAÇÃO DENSA MÉDIA OU RALA)
PROFUNDIDADE MÉDIA E EXTENSÃO DO ESPELHO D'ÁGUA
TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA
ZONA IMPERMEÁVEL
(PIÇARRA DURA, ROCHA)
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO (ALICERCE)
QUALIDADE DA CONSTRUÇÃO: ZONA DE CONTATO ENTRE A ROCHA E A FUNDAÇÃO DA BARRAGEM
(zona privilegiada das infiltrações)
INFILTRAÇÕES SUBTERRÂNEAS

*As infiltrações em pequenos açudes representam, em média, cerca de 20% do rebaixamento total*

As **infiltrações** acontecem geralmente através da parede e, sobretudo, por baixo dela, a **nível da junção entre a rocha e o alicerce.** Em alguns casos, pode haver uma fissura no embasamento cristalino e perdas muito importantes como no caso de leitos de rios situados em fraturas geológicas. Para pequenos açudes este caso é raríssimo.
O rebaixamento resultante das infiltrações (**INF**) é levado em conta multiplicando-se o rebaixamento (**EVA**) devido à evaporação por um coeficiente. Esse coeficiente pode variar de 1 (caso não haja infiltrações) até mais de 2 (quando o volume perdido por infiltração é tão grande quanto o volume perdido por evaporação).

**Atenção:** A evaporação calcula-se na forma de uma lâmina porque isto corresponde à realidade de uma fatia d'água retirada a cada dia. A infiltração corresponde a um volume, porém, por conveniência, divide-se este volume pela superfície do espelho d'água afim de convertê-lo, também, em uma lâmina, o que permite considerar as duas perdas juntas. Isto já mostra que a influência de um determinado volume infiltrado sobre o rebaixamento depende da extensão do açude, como ilustrado mais adiante na figura 175.

A **foto 172** mostra uma infiltração localizada, restrita a um ponto da saia do açude que pode provocar o encharcamento do baixio.

172 *Infiltração localizada*

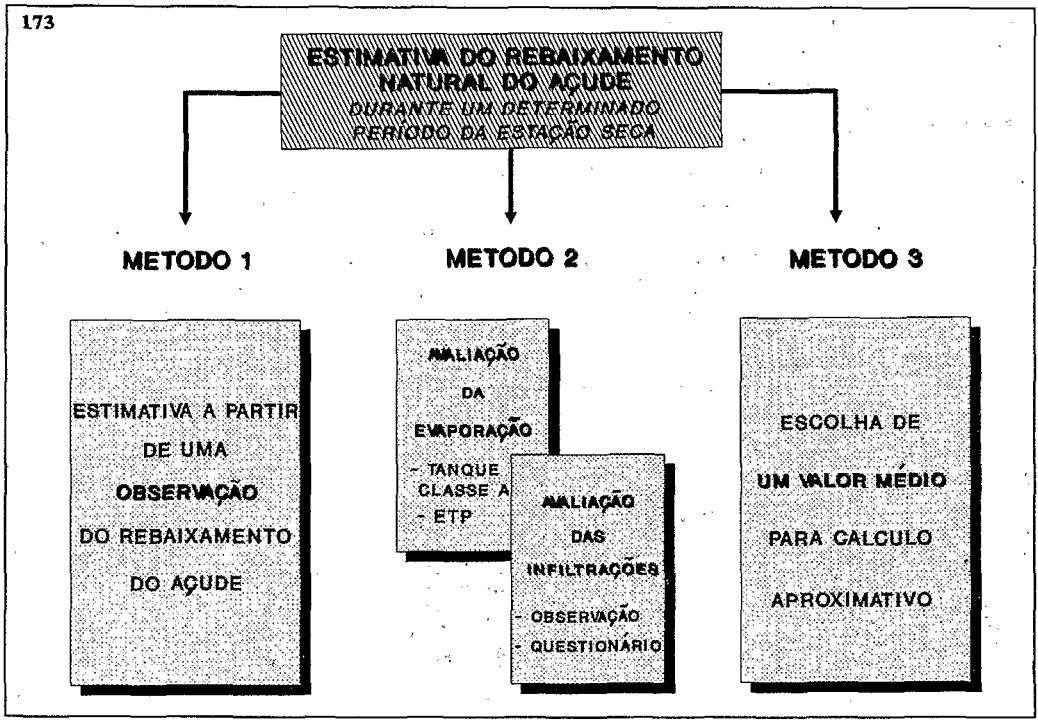
Apresentam-se, em seguida, três métodos para determinação das perdas por evaporação e infiltração durante o período de utilização do açude. **Esse rebaixamento "natural" é chamado (EVINF) (EVaporação + INFiltração):**

1) o **primeiro método** permite avaliar (**EVINF**) a partir da observação do rebaixamento do nível do açude durante alguns dias em que não há precipitação;
2) o **segundo método** propõe uma estimativa da evaporação baseada em dados de tanque classe A ou valores da ETP. As infiltrações são avaliadas a partir da observação do local e das informações fornecidas pelo proprietário;
3) o **terceiro método** permite apenas escolher valores médios de maneira a poder fazer cálculos rápidos e aproximativos.

## 3.2 Determinação das perdas a partir da observação do rebaixamento (primeiro método)

A observação do rebaixamento do nível da água do açude permite avaliar a **perda total** (EVINF), sem dissociar a perda por evaporação (EVA) da perda por infiltração (INF),

diminuindo, assim, os erros que resultariam se quiséssemos avaliar as duas separadamente.

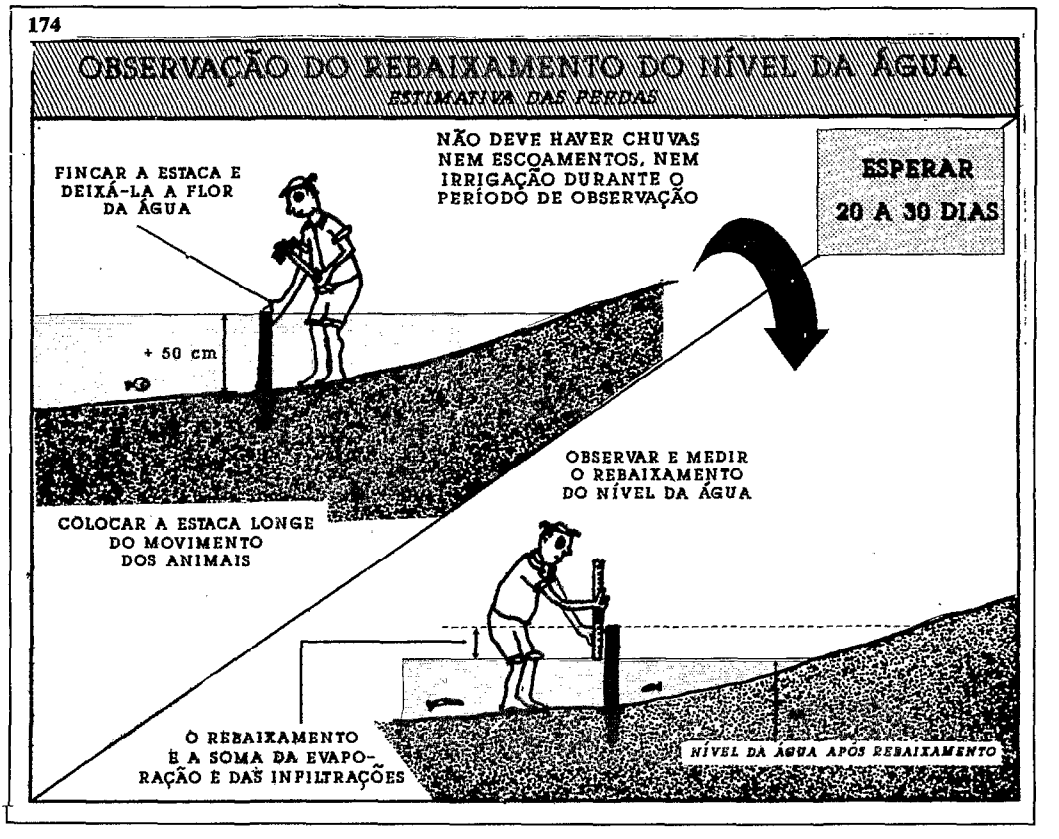



## ■ Metodologia da observação

Para observar o rebaixamento natural do açude, deve- se colocar no açude uma estaca **de aproximadamente 70 cm de comprimento,** deixando a sua parte superior aflorar. Alguns dias depois, avalia-se o rebaixamento, medindo-se o comprimento da parte que fica fora d'água com uma régua simples.

Deve-se respeitar as seguintes condições:

- realizar a observação fora do período chuvoso, pois não se deve ter escoamento nem fortes chuvas;
- registrar ou estimar pequenas chuvas eventuais;
- o intervalo entre a primeira visita (colocação da estaca) e a segunda (medição do rebaixamento) deverá ser preferivelmente de **20 a 30 dias;**
- colocar a estaca **longe do alcance dos animais** que podem derrubá-la; em particular longe do ponto de abastecimento do gado;
- dar as devidas explicações às pessoas da vizinhança para evitar remoção da estaca ou **estragos por parte das crianças;**
- o açude deve estar com **dois metros d'água no mínimo;**
- o açude ***não deve ser utilizado*** *para irrigação durante o período de observação,* devendo-se suspender qualquer tipo de bombeamento;
- a estaca deve ser bem fincada, podendo-se colocar uma segunda **estaca "testemunha"** para maior segurança.




## ■ Estimativa do rebaixamento diário

Acrescenta-se o valor das pequenas chuvas (em mm) ao rebaixamento observado para ter o rebaixamento real total (EVINF). Para chuvas pequenas e serenos não registrados, contar um total de 10-15 mm.

Em seguida, divide-se o total obtido pelo número de dias que durou a observação: obtém-se (EVINF) em mm/dia.

## ■ Estimativa do rebaixamento sobre um determinado período

A partir do cálculo de (EVINF) diário, estima-se o rebaixamento devido às perdas durante o período de utilização, da maneira indicada no exemplo a seguir.

Supõe-se que a observação tenha sido realizada durante o mês de julho em um açude do município de Caicó (RN) e deu $EVINF_{julho}$ = 10 mm/dia; os dados de ETP do local são (ver tabela anexo 4):

| MÊS | julho | agosto | setembro | outubro | novembro |
|---|---|---|---|---|---|
| ETP*(mm/dia)* | *4.4* | *5.2* | *5.6* | *6.2* | *6.2* |

Calcula-se (EVINF) referente ao mês de agosto (em mm/dia) por:

$$EVINF_{agosto} = \frac{ETP_{agosto}}{ETP_{julho}} \cdot EVINF_{julho} = \frac{5.2}{4.4} \cdot EVINF_{julho}$$

$$\text{EVINF de setembro por } EVINF_{set} = \frac{5.6}{4.4} \cdot EVINF_{julho,}$$

etc...

Multiplicando o valor de cada mês pelo **número de dias do mês**, obtém-se, por exemplo, para o período agosto-setembro-outubro:

$$EVINF_{total} = EVINF_{julho} \cdot \left( 31 \cdot \frac{5.2}{4.4} + 30 \cdot \frac{5.6}{4.4} + 31 \cdot \frac{6.2}{4.4} \right)$$

$$EVINF_{total} = 118.5\ EVINF_{julho}$$

$$EVINF_{total} = 1.185 \text{ mm}$$

## 3.3 Determinação das perdas a partir de informações colhidas no local (segundo método)

Na impossibilidade de realizar uma observação do rebaixamento "natural" do nível da água, pode-se estimar a evaporação a partir dos valores de referência da evaporação do Tanque classe A ou da ETP, ambos fornecidos em tabelas anexas. As infiltrações são estimadas a partir de observações feitas no local do açude e das informações fornecidas pelo agricultor, como explicitado a seguir.

### ■ Avaliação da evaporação do açude (EVA)

Seguem-se as seguintes etapas:

**a)** Escolhe-se uma estação próxima ao local estudado (a tabela 2 do anexo 4 fornece as médias mensais da evaporação do tanque classe A). Se todas as estações apresentadas encontram-se distantes, escolhe-se entre elas uma em que as condições climáticas sejam semelhantes.
Se esta aproximação for julgada precária, recorrer à tabela da ETP calculada por Hargreaves (uma seleção de alguns postos encontra-se no anexo 4).

**b)** Calcula-se a soma (EVT) dos valores de evaporação correspondentes ao período para o qual se deseja avaliar o rebaixamento do açude.
Se, por exemplo, o período considerado é o período 15 de outubro/31 de dezembro, soma-se a metade do valor correspondente a outubro aos valores de novembro e dezembro.
Caso se prefira utilizar os dados de ETP de Hargreaves, procede-se da mesma maneira, **multiplicando o resultado obtido por 1.65**

*A ETP é bem inferior à evaporação do tanque classe A.*

**c)** Para conseguir a evaporação total do açude, (EVA), multiplica-se o valor da (EVT) pelo coeficiente $C_1$, dado pela tabela seguinte em função do **tamanho do espelho d'água** e da **situação do açude**; açudes bem protegidos são açudes geralmente encaixados, situados em vales fechados e estreitos, com exposição ao vento particularmente reduzida.

| Situação | Coeficiente $C_1$ Superfície do espelho d'agua (hectares) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 - 5 | 5 - 10 | 10 - 20 | 20 - 50 | >50 |
| *Normal* | *.9* | *.85* | *.8* | *.75* | *.7* |
| *Bem protegida* | *.81* | *.77* | *.72* | *.68* | *.63* |

d) Outros fatores influentes

- A vegetação aquática tem certa influência sobre a evaporação do açude. A variação induzida pela vegetação pode atingir até ± 15% da evaporação normal.
  As plantas que têm **folhas planas** e deitadas na superfície da água (nínfea,...) tendem a reduzir um pouco a evaporação porque não apresentam resistência ao vento.
  Ao contrário, plantas altas e desenvolvidas, como a baronesa, **aumentam a evaporação.**
  Em todos os casos, **não se deve deixar plantas aquáticas invadirem a superfície do açude** porque os efeitos negativos serão maiores do que o eventual pequeno ganho sobre a evaporação.
- A quantidade de material em suspensão (barro) na água também modifica a evaporação; uma água muito barrenta poderá ter uma evaporação reduzida em até 10 %.
- **A quantidade de sal** influi igualmente: água salobre evapora menos.

*Controle das plantas aquáticas, ver item A4.*

Para todos esses fatores, não se fará correção, salvo em casos em que se julgue que o efeito é particularmente relevante.

## ■ Avaliação das infiltrações

*As infiltrações podem ser muito importantes: o coeficiente (C2) as leva em conta.*

A partir das **observações** de campo e, sobretudo, das **informações** do agricultor, pode-se **classificar o açude** em uma das três categorias definidas a seguir. A cada categoria corresponde um coeficiente de correção ($C_2$) que, após multiplicado pelo valor (EVA) (estimativa da EVaporação do Açude), fornece uma estimativa do rebaixamento total (EVINF) decorrente de ambas as perdas.

Para poder classificar o açude, deve-se observar os pontos seguintes:

1) A primeira informação a ser recolhida é a opinião do proprietário (e/ou dos moradores) **sobre a velocidade com a qual baixa o nível da água.**

2) O proprietário, além de geralmente saber se o seu açude vaza muito ou não, pode informar sobre a construção, como foi feita a fundação e se houve dificuldades para executá-la. **É fundamental integrar a experiência do agricultor.**

3) Observar, no pé da barragem, se há presença de **áreas úmidas ou encharcadas.** Perguntar se essas infiltrações duram o ano todo.

4) Se há presença de áreas encharcadas, ver se a vazão das infiltrações chega a formar um fluxo de água corrente;
   A área encharcada no pé da parede pode eventualmente ser devida à chuva

(retenção em um solo argiloso) ou ao afloramento do lençol freático, depois das chuvas (baixio com fraca drenagem natural).

5) Se existir um **aluvião a jusante do açude**, informar-se sobre as variações do lençol freático. A presença de um poço amazonas permite obter essa informação.

**Atenção:**
O açude pode ter sido construído na entrada de uma zona de aluviões, o que significa que pode haver um lençol freático sem que este seja necessariamente abastecido pelo açude.

*Revência ou infiltração*

Ao contrário, pode não haver marca alguma de **revência** mas ocorrer **perdas profundas** a nível do lençol freático do baixio. Daí **a importância de se verificar a presença e o comportamento desse lençol.**

6) O vazamento pode ser bem localizado, em particular nas "pontas" da parede ou num sangradouro de alvenaria, e pode desaparecer quando o nível desce abaixo do local onde ocorre essa perda.
Existe, também, o caso de um forte rebaixamento devido a um formigueiro ou a galerias cavadas por tatus ou outros animais.

7) **A influência dos vazamentos** têm sobre o rebaixamento dos açudes varia muito segundo os casos: se o espelho d'água é muito grande, deve-se minimizar a importância relativa das perdas (não se devendo colocar o açude na classe 3). A figura 175 mostra dois açudes de extensões totalmente diferentes: o primeiro tem um espelho d'água ($S_1$) reduzido ao contrário do segundo, cujo espelho d'água ($S_2$) é muito grande. Para um mesmo volume (V) perdido por infiltração, os rebaixamentos correspondentes são evidentemente muito desiguais: $Re_1 = V/S_1$ $Re_2 = V/S_2$; o rebaixamento é inversamento proporcional à superfície do açude. Daí a necessidade de se relativizar as observações quantitativas em função da extensão do espelho d'água.

8) Se o açude tem apenas um ano de idade, deve-se lembrar que, depois de encher pela primeira vez, o açude apresenta **geralmente um rebaixamento superior**, já que ocorre umedecimento das encostas e a bacia hidráulica tende a se "colmatar" pelo depósito de partículas finas;
Isto acontecerá, também, em açudes cuja bacia apresenta solos profundos e/ou aluviões extensos. O rebaixamento do nível da água logo depois da enchente é mais alto porque ocorrem infiltrações no solo até este ficar saturado.

9) Se o açude foi construído a partir de um barreiro preexistente, muitas vezes pode haver um vazamento ao longo da parede antiga (ver item A4).

10) **Em regiões sedimentares** (várzea de Souza, bacia de Potiguar, etc...) as infiltrações são **geralmente mais altas** (classe 2 ou 3).

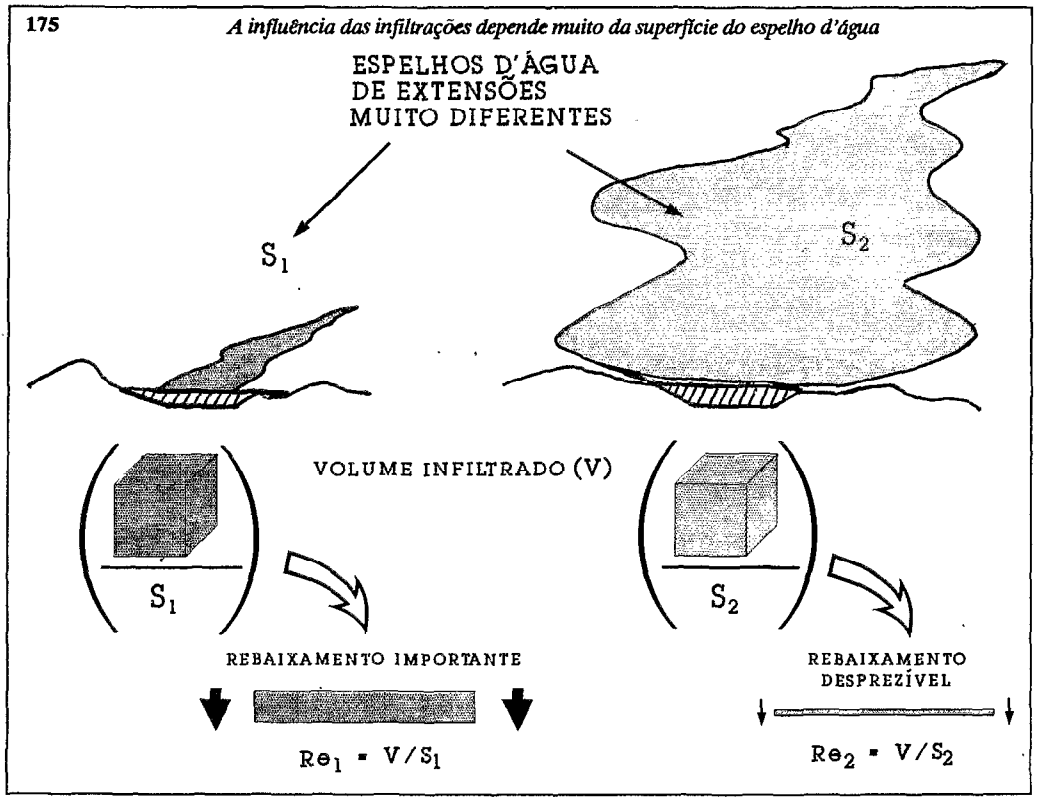
Essas observações **aliadas ao bom senso do técnico** permitem classificar o açude em uma das três classes seguintes:

### □ Açudes pequenos (com profundidade inferior a 5 metros)

#### Classe 1

O açude não apresenta nenhuma revência no pé da parede. Não existe aluvião a jusante da parede com lençol freático importante e reconhecidamente abastecido pelo açude

175 *A influência das infiltrações depende muito da superfície do espelho d'água*




(examinar o baixio, entrevistar o agricultor; poços e cacimbas são a marca da existência de reservas subterrâneas. A existência de uma área sempre verde no baixio pode ser a marca de perdas profundas a nível da fundação). O agricultor informa que o açude "sustenta" água muito tempo, "nunca seca" ou é o " último a secar".

*Lembrar de relativizar essa classificação em função da extensão do espelho d'água.*

### Classe 2

Existe uma área encharcada no pé da parede, mas esta tende a diminuir e a desaparecer quando o açude baixa depois do inverno, embora possa perdurar o ano todo. O proprietário não acha que o açude seca logo nem que sustenta mais a água que os açudes da redondeza. É um tipo médio que se define por oposição aos dois tipos extremos e mais caracterizados.

### Classe 3

O proprietário informa que o açude seca muito depressa. Existe geralmente um vazamento no pé da parede e uma área encharcada o ano todo e/ou perdas profundas a serem evidenciadas no baixio (lençol). Juntando os vazamentos numa mesma vala, observa-se água correndo. Se tiver um poço amazonas no baixio a jusante da parede, ele terá geralmente água o ano todo com pouca profundidade.

### □ Açudes maiores com profundidade superior a 5 metros

Devido à maior extensão do espelho d'água, as infiltrações dos açudes de maior porte, mesmo sendo importantes em termos de volume, terão conseqüências menos visíveis sobre o rebaixamento, como explicitado acima (figura 175).

Deve-se examinar, antes de tudo, o baixio a jusante e determinar se existe um lençol freático importante, o qual, geralmente, é abastecido pelo açude. **O comprimento da parede** pode ter certa importância pois a possibilidade de infiltração aumenta com esse comprimento.

Um açude com pouca revência observável (vazamentos localizados que diminuem com o nível da água) e sem notável transferência d'água para jusante (os poços amazonas e cacimbas informam sobre este lençol) será classificado na categoria 1.

Um açude com vazamentos visíveis e duradouros (encharcamento) e fluxo d'água importante para o baixio será considerado de classe 2. A classe 3 **será apenas reservada** a açudes cujo rebaixamento é reconhecidamente alto em decorrência de uma falha no embasamento, muitas vezes já identificada pelo proprietário.

De acordo com a classificação obtida, adota-se um coeficiente de correção $C_2$ que vale, para cada classe:

**Classe 1** - açudes de pouca infiltração: $C_2 = 1.10$

**Classe 2** - açudes de infiltração média: $C_2 = 1.25$

**Classe 3** - açudes de infiltração alta : $C_2 = 1.63$

Em resumo, calcula-se o rebaixamento natural (EVINF) previsto para o período em apreço por uma das fórmulas seguintes:

$$\boxed{EVINF = C_1 . C_2 . EV_{tanque}}$$

ou

$$\boxed{EVINF = C_1 . C_2 . 1.65\ ETP}$$

*$C_1$ : Correção pelo tamanho do açude*
*$C_2$ : Correção para levar em conta as infiltrações*

**Exemplo:**
retomando os valores da (ETP) de Caicó (RN) (do exemplo anterior), calcula-se a evaporação sobre o período agosto - setembro - outubro para um açude de superfície inferior a 5 ha.

$$ETP = ETP_{agosto} + ETP_{setembro} + ETP_{outubro}$$

$$= 161 + 168 + 192 = 521 \text{ mm}$$

Obtém-se a evaporação, multiplicando-se este valor por

- 1.65 (relação tanque/ETP): 521 x 1.65 = 860 mm
- $C_1$ = .9 (espelho d'água < 5ha) x 860 = 774 mm

A estimativa da evaporação do açude (EVA), neste período de 3 meses, é de 774 mm.

Supondo, agora, que o açude tenha sido classificado na classe 2 (açude de infiltração média), obtém-se a **estimativa do rebaixamento total: EVINF** = 774 x 1.25 = 967.5 mm.

**Nota 1:**
**Determinar a classe do açude.**

*Se EVINF foi determinado através da observação do rebaixamento EVINF (1° método), pode ser interessante classificar o açude, em particular para futura determinação do risco de salinização (ver item B5-3).*

*Calcula-se a evaporação do açude (EVA) durante o período de observação e, em seguida, a razão EVINF/EVA: se o resultado for inferior a 1.17, a classe será 1; se for superior a 1.17 e inferior a 1.40, a classe será 2; enfim, um valor superior a 1.40 indica um açude da classe 3.*

**Nota 2:**
**Acrescentar uma margem de segurança.**

*EVINF é estimado a partir de valores médios da evaporação (ou da ETP). Para obter um valor que inclua uma margem de segurança (ou seja, que tenha probabilidade de ocorrer ou ser ultrapassada apenas um ano em cada quatro), multiplicar EVINF por 1.1 (para um período inferior ou igual a três meses) ou por 1.05 (no caso contrário).*

## 3.4 Avaliação rápida das perdas (terceiro método)

Na impossibilidade de medir o rebaixamento do açude ou de se obter informações no local, pode-se adotar valores médios de maneira a realizar cálculos aproximativos.

Para açudes de porte menor (profundidade inferior a 5 metros), pode-se considerar um **rebaixamento médio, no período seco,** de 10 mm/dia ou um rebaixamento de 12 mm/dia, valor que inclui uma margem de segurança.

Para açudes de maior porte ($H_x$ > 5m, espelho superior a 10 hectares) considera-se um rebaixamento **médio** de 7 mm/dia ou um valor de **segurança** do rebaixamento igual a 9 mm/dia.

Esses valores **correspondem às condições do Sertão Norte.** Para o Agreste, considerar 20% de redução.

# B5-3
# Qualidade da Água e Salinização

**1. Indicadores e classificações**

**2. Causas da salinidade nos açudes**

2.1. Qualidade da água escoada
2.2. O balanço dos sais no açude
2.3. Evolução da salinidade no período seco
2.4. Evolução da salinidade no inverno
2.5. Influência do uso do açude e das infiltrações

**3. Definição do risco de salinização do açude**

**4. A salinidade no perímetro e a drenagem**

4.1. Por que se deve drenar?
4.2. É sempre possível drenar?
4.3. A drenagem nos baixios
4.4. A drenagem fora dos baixios
4.5. Escavar e conservar os drenos
4.6. Necessidade de lixiviação e escolha dos cultivos

**5. Recapitulação sobre o problema da salinização**

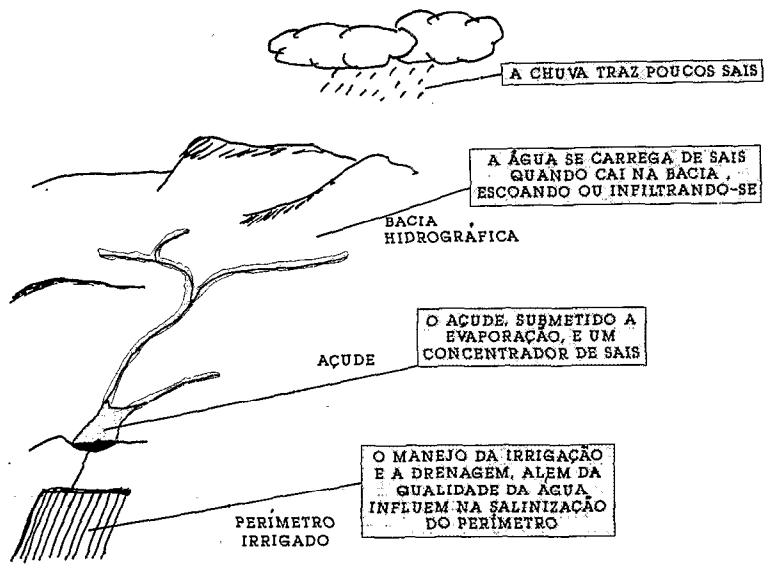
A qualidade da água é de extrema importância para um projeto de irrigação. No caso particular de se usar água de açudes, o problema torna-se mais delicado na medida em que essa qualidade **varia** bastante no tempo e que essa variação depende de vários fatores, como veremos a seguir. Antes de mais nada é importante distinguir três níveis diferentes no problema da salinização:

- a qualidade da **água escoada;**
- a qualidade da **água do açude** (e de irrigação), que vai depender das características do açude e de seu manejo;
- a salinização das terras, que está ligada principalmente à capacidade natural de drenagem do solo, à rede de drenagem (ou sua ausência) e ao manejo da irrigação.

Esses três níveis sucessivos têm uma relação entre eles (já que se a água escoada é ruim, ela também será ruim no açude e no perímetro) mas apresentam, independentemente disso, **um comportamento próprio, conforme suas características** (figura 176).

Para poder avaliar o risco de salinização, é necessário, então, ter uma melhor compreensão dos fatores que modificam a qualidade da água no seu percurso da nuvem até a planta.

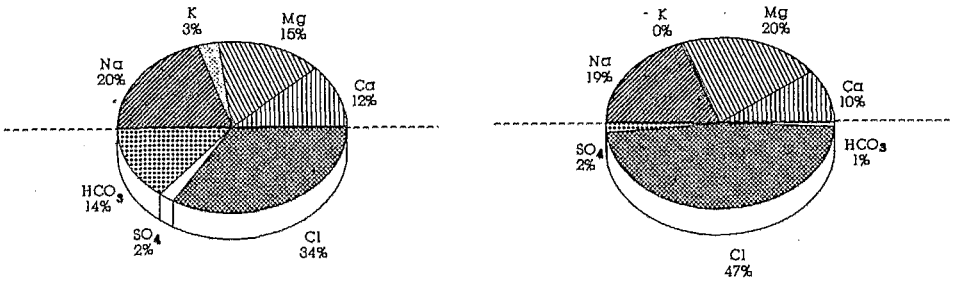
176 *Variação da qualidade da água*



# 1. Indicadores e classificações

Quando se fala de qualidade (química) da água, está-se referindo principalmente à **concentração total de sais** dessa água e à proporção respectiva dos diferentes "sais", ou seja, dos íons químicos. A figura 177 mostra a repartição média desses íons nas águas dos açudes (para açudes excessivamente salinizados, a proporção do cloreto $Cl^-$ alcança 90 % do total dos íons negativos).

177 *Repartição média dos íons em águas de*




Fonte: LARAQUE

## ▩ A condutividade elétrica

A **condutividade elétrica** da água, ou seja, a sua capacidade em conduzir a eletricidade, depende da quantidade de íons nela contidos e, portanto, constitui um **bom indicador da concentração total dos sais na água**. Sendo de determinação fácil, a condutividade elétrica, chamada (CE), foi escolhida como medidor e está utilizada em várias classificações, sendo expressa em micromhos/cm (à temperatura de 25°C), unidade idêntica ao microsiemens/cm.

## □ O condutivímetro

É um aparelho muito simples (foto 178) que mede a corrente entre dois pequenos eletrodos contidos num tubo. Mergulhado na água, indica a condutividade elétrica da mesma.

Existem condutivímetros portáteis relativamente baratos (US$ 200).

Alguns escritórios da EMATER possuem esse tipo de aparelho (em particular os antigos núcleos do Projeto Sertanejo).

178 *Condutivímetro portátil*

**Dois extremos**

**A água da chuva**, *no sertão, tem condutividade em volta de 10 micromhos/cm, ou seja, contém 0.64 mg de sais por litro.*

**A água do mar** *tem condutividade da ordem de 48.000 micromhos/cm e contém* **36 gramas** *de sais por litro!*

## ■ Resíduo seco

É a massa de matéria sólida dissoluta em um litro de água, expressa em mg/l. **O resíduo seco** vale aproximadamente 0.64 CE. Isto significa que uma água de condutivididade (CE) = 1.000 micromhos/cm contém cerca de 640 mg = 0.64 gramas de sal por litro.

## ■ Razão de adsorção do sódio: R.A.S.

Embora de nome complicado, a RAS mede a importância do sódio $Na^+$ na água, em quantidade e relativamente aos outros cations principais, ou seja, $Mg^{++}$ e $Ca^{++}$. A RAS, calcula-se com a fórmula seguinte:

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{++} + Mg^{++})/2}}$$

As concentrações de $Na^+$, $Ca^{++}$, $Mg^{++}$ são dadas pelas análises de água, em miliequivalente por litro (ver quadro).

A importância desse parâmetro, RAS, vem do fato de que águas muito sódicas, ou seja, ricas em sódio $Na^+$, têm tendência a reduzir muito a permeabilidade do solo, o que dificulta a alimentação da planta, as práticas culturais e favorece o encharcamento superficial, em certos casos.

A queda da permeabilidade do solo dificulta e **piora a drenagem**, provocando problemas de salinização, mesmo com águas que, a princípio, não eram perigosas. Essa situação é dificilmente reversível, senão com intervenções onerosas.

No Nordeste, o perigo de sodificação, medido pela RAS, é reconhecidamente menos importante do que o de salinização.

**Para fins de irrigação**, utiliza-se a classificação de Riverside, a qual tem larga aceitação e combina a condutividade elétrica (CE) e a RAS. A figura 179 reproduz o diagrama clássico que estabelece um perigo de salinização assim definido:

**Classificação de qualidade da água de Riverside**

| PERIGO | Baixo | Médio | Alto | Muito Alto | Extremo |
|---|---|---|---|---|---|
| *CE(micromhos)* | *0-250* | *250-750* | *750-2250* | *2250-5000* | *>5000* |

## Interpretar uma análise de água

*As amostras de água devem ser recolhidas em garrafas de um litro (vidro ou plástico) previamente limpas com grande cuidado. As determinações usuais fornecidas pelo laboratório para uma amostra de água são as seguintes:*

### Condutividade elétrica

*A condutividade elétrica (CE) é expressa em micromhos/cm, ou em milimhos/cm, unidade que vale 1.000 micromhos/cm.*

**Atenção:** *A experiência mostra que a condutividade determinada em laboratório é em geral* **inferior** *à condutividade medida no local. Por isso aconselha-se* **aumentar em 20 %** *o valor do laboratório para ter uma condutividade mais próxima do valor real.*

### Quantidade de íons

*A massa total de cada um dos principais íons, Cálcio ($Ca^{++}$), Magnésio ($Mg^{++}$), Sódio ($Na^{+}$), Carbonatos ($CO_3^{-}$), Sulfatos ($SO_4^{-}$), Bicarbonatos ($HCO_3^{-}$) e Cloro ($Cl^{-}$), pode ser expressa em* **miligramas por litro d'água**. *Como, porém, o que nos interessa é mais a quantidade de cargas elétricas do que a massa, expressa-se a quantidade de cada íon com uma unidade que permite melhor compará-los: para obter a quantidade iônica em* **miliequivalente/litro** *(m.e.q/l), divide-se a massa presente na água pela massa molar do íon e multiplica-se o resultado pelo número de cargas do íon.*

**Exemplo:**
*2 mg/l de $Na^{+}$ (sódio) vale 2 x 1 (uma carga$^{+}$)/23 g (massa de uma mol de sódio) = 0.087 m.e.q/l.*

*A tabela seguinte fornece diretamente a* **correspondência** *entre o miligrama/litro e o meq/litro para cada íon e uma ordem de grandeza de valores encontrados comumente em açudes.*

| | Faixa de variação comum (mg/l) | Valor mediana em açudes mg/l | conversão | meq.l |
|---|---|---|---|---|
| *Cálcio* | *10 - 70* | *30* | *1 meq.l = 20 mg/l* | *1.5* |
| *Magnésio* | *5 - 60* | *15* | *1 meq.l = 12 mg/l* | *1.25* |
| *Sódio* | *10 -300* | *40* | *1 meq.l= 23.3 mg/l* | *1.72* |
| *Bicarbonatos* | *50 -180* | *130* | *1 meq.l = 58.7 mg/l* | *2.21* |
| *Sulfatos* | *0.3 - 30* | *5.5* | *1 meq.l = 48.5 mg/l* | *0.117* |
| *Cloro* | *18 -400* | *75* | *1 meq.l = 36.4 mg/l* | *2.06* |

Fonte: LARAQUE (1991)

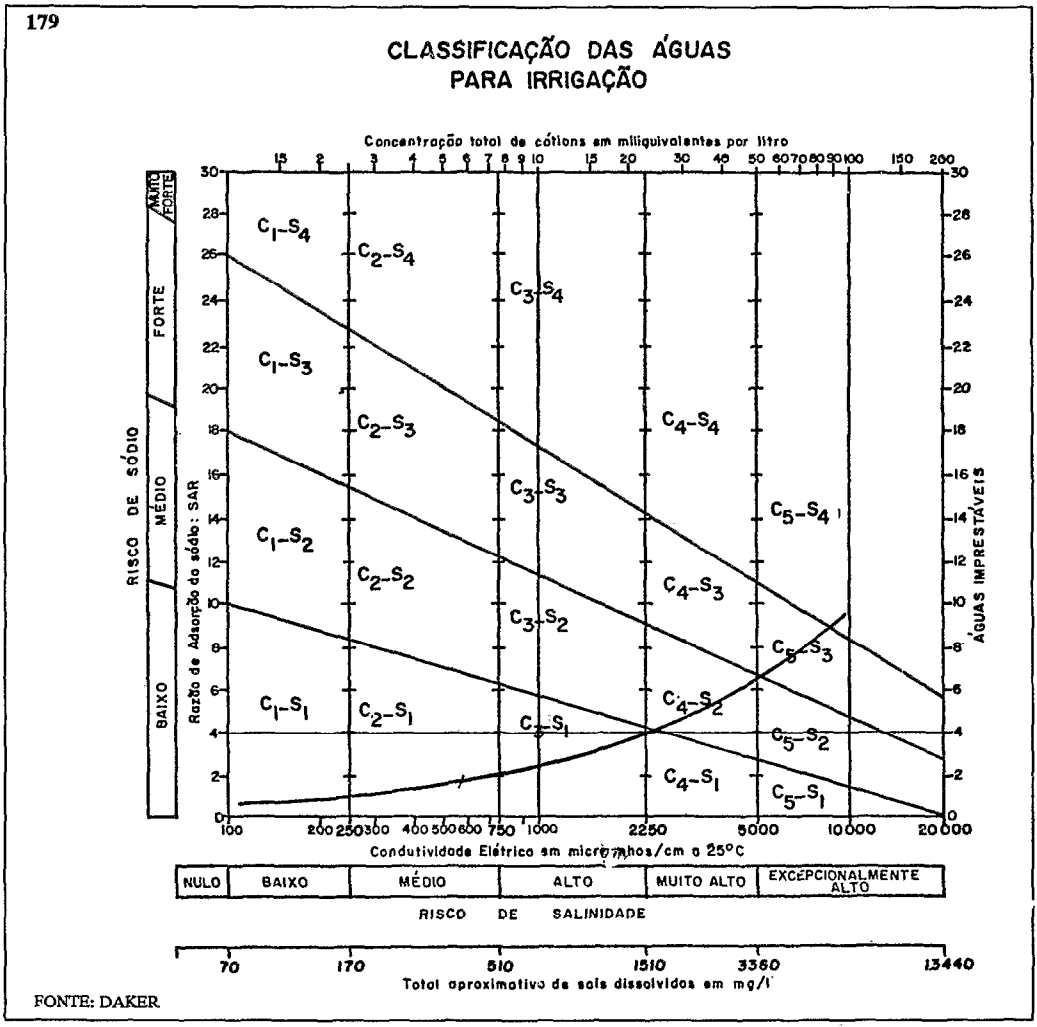
*Com os valores da concentração de cada íon, pode-se calcular o RAS e conferir, em particular, que as concentrações de sódio e cloro estão dentro dos limites aceitáveis:*

*o cloro pode ser tóxico entre 4 e 10 meq/l e constitui um perigo para valores superiores a 10 meq/l;*
*o sódio é perigoso entre 3 e 9 meq/l e problemático acima de 9 meq/l. O feijão e os citros são sensíveis ao excesso de sódio.*

### Outras conversões de unidades

- *1.0 ppm (parte por milhão) = mg/l*
- *1.0 meq/l = $10^4$ micromhos/cm*

179




FONTE: DAKER

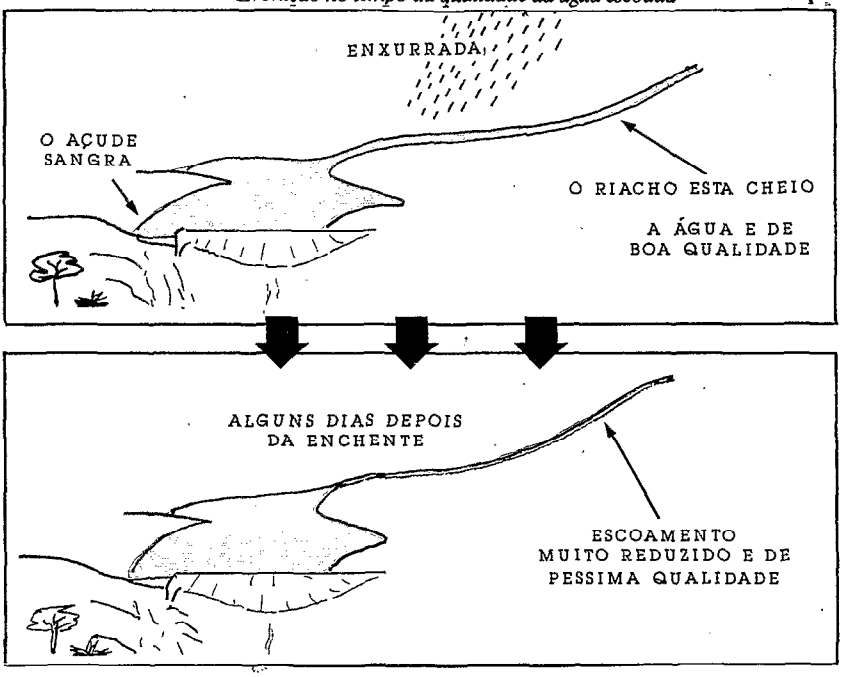
## 2. Causas da salinidade nos açudes

### 2.1 Qualidade da água escoada

A qualidade da água escoada (ou sua condutividade elétrica) é extremamente variável.

**1) No tempo:**
os **primeiros escoamentos superficiais** que chegam ao açude no momento das cheias são, salvo raras exceções, de **boa qualidade**. Ao contrário, os escoamentos que chegam posteriormente, depois das cheias, incorporam águas **infiltradas** que voltam para o riacho por escoamento subterrâneo. Essas águas, tendo estado em contato mais ou menos demorado com o solo e o subsolo, tiveram tempo de **carregar-se de sais** (figura 180).

180 *Evolução no tempo da qualidade da água escoada*




**2) No espaço:**

Riachos vizinhos podem apresentar condutividades elétricas variando numa relação de 1 para 50, ou até mais (fig.181). Este fenômeno deve-se à grande variabilidade do escoamento interno de um solo para outro. A importância deste escoamento interno depende:

- quantitativamente, da **permeabilidade do solo,**
- qualitativamente, dos **sais disponíveis** no solo,

Fatores que variam bastante segundo o caso:

- **O Latossolo**, por exemplo, apresenta uma permeabilidade muito boa, porém, já tendo sido amplamente "lavado", libera pouquíssimos sais.
- **O Planossolo** permite uma boa infiltração através de sua camada arenosa superior, porém as argilas da camada seguinte liberam grande quantidade de sais.
- Quando o subsolo é impermeável, o solo pouco espesso e não muito permeável, como é comum na zona cristalina do sertão, o escoamento subterrâneo é desprezível, o que significa que os riachos secam com pouco tempo e apresentam água pouco salinizada.

181 *Variação no espaço da qualidade da água dos riachos*

**O solo e o subsolo** destacam-se, então, como os principais fatores que explicam as variações de qualidade das águas dos riachos. A tabela "abaixo" mostra como varia a condutividade média da água escoada no riacho em função dos principais tipos de solos. Essa condutividade média não deve ser considerada como um dado preciso, mas como um indicador de perigo que permite **ordenar e comparar** os solos. Destacam-se os Solonetz e os Planossolos como solos de maior perigo quanto à salinização da água.

**CE (média) no riacho em função do solo da bacia**

| Tipo de Solo | Condutividade Média (micromhos) |
|---|---|
| *Areia Quartzosa* | *98* |
| *Latossolos* | *188* |
| *Podzólicos* | *226* |
| *Regossolos* | - |
| *Podzólicos Eutróficos* | - |
| *Bruno não Cálcicos* | *329* |
| *Vertissolos* | *484* |
| *Litólicos Eutróficos* | *621* |
| *Solonetz* | *2817* |
| *Planossolos* | *4596* |

Fonte: LEPRUN (1983)

## 2.2 O Balanço dos sais no açude

Como explicitado na fig. 182, o açude **recebe** os sais carregados pelos escoamentos que o alimentam (a chuva traz poucos sais). A água sai do açude sob duas formas bem **distintas**, no que se refere ao balanço salino:

- **por evaporação:** a água se evapora, porém **não leva** os sais consigo;
- **por saída direta de água líquida:** sangria, infiltrações, usos (irrigação); a água sai, com uma concentração igual à do açude, **levando os sais consigo.**

A perda por evaporação é responsável pela concentração **progressiva e contínua** dos sais no açude. Quanto maiores as saídas diretas de água (e de sal), mais **atenuado** será este fenômeno. **Somente uma cheia, e a sangria que ela provoca, revertem, provisoriamente, o processo de salinização.**

Para melhor entender o papel da evaporação, pode-se considerar um balde de 15 litros, cheio e com água de concentração $C_o$ (fig. 183). Este balde contém uma massa de sal (M), simbolizada por estrelas e relacionada ao volume (V) por $M = C_oV$.

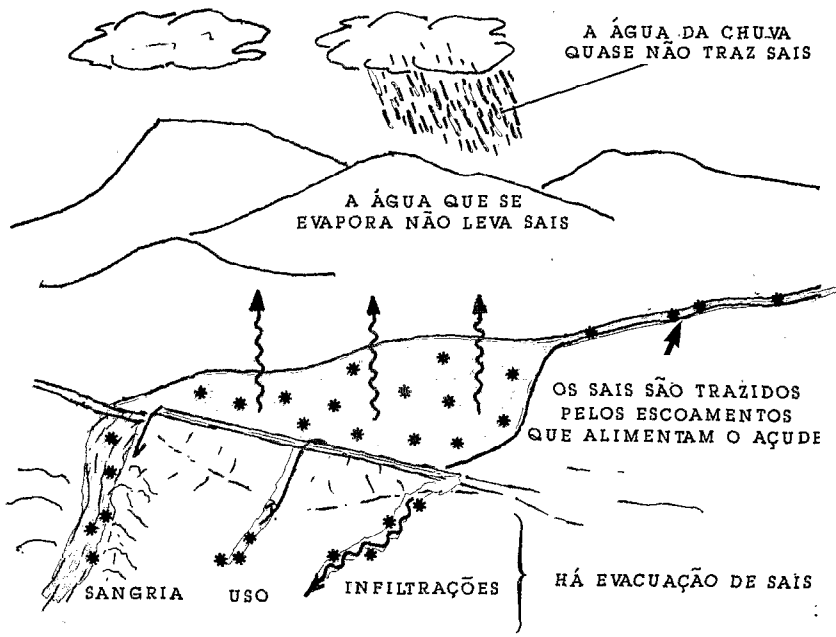
À medida que a água do balde se evapora, o volume diminui **porém a massa de sal fica constante:** para volumes de 10 e 5 litros, a concentração passa a valer $1.5C_o$ e $3C_o$, conforme a relação $C = M/V$, onde M é constante.

Essa relação simples expressa que **se o volume for reduzido à metade pela ação da evaporação** (a água se evapora mas os sais ficam na água) **a concentração duplicará.**

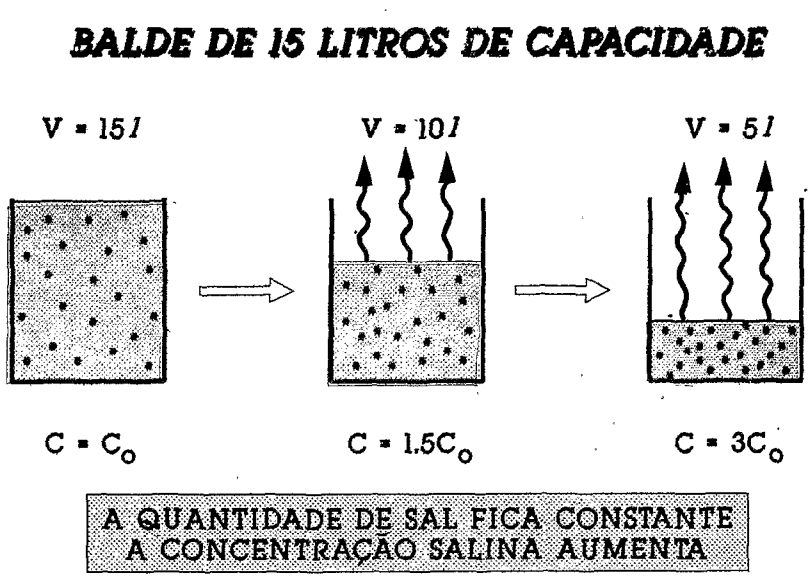
*O fenômeno de precipitação dos sais no açude é muito complexo e depende de diversos fatores, pH, $pCO_2$, etc...*

Na realidade, quando a concentração ultrapassa certo nível (correspondendo a uma condutividade de cerca de 2000 micromhos) há **início de precipitação** de alguns dos sais. Este patamar corresponde aproximadamente ao limite entre as classes $C_3$ e $C_4$, ou seja, **ao limite das águas normalmente aproveitáveis pela irrigação.** Por isso, no que concerne aos açudes aproveitáveis para irrigação, não levaremos em conta este fenômeno (a precipitação ocorre sempre quando o açude está perto de secar, porém os sais precipitados serão redissolvidos na enchente seguinte).

182 *Balanço salino do açude*




183 *Exemplo de concentração salina*

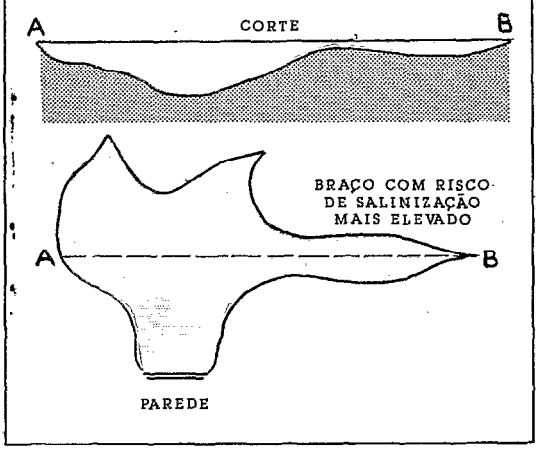


Para **compensar** esse fenômeno de concentração, há **evacuação de sais** através da sangria, das infiltrações e dos volumes retirados. Isto faz com que a massa de sal não seja constante. Esses efeitos são quantificados mais adiante.

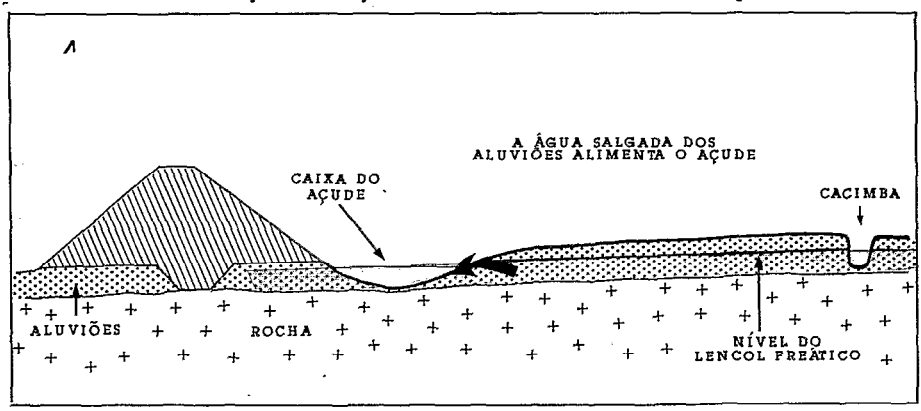
**ATENÇÃO:** deve-se notar, ainda, os casos particulares e as observações seguintes:

- Os sais precipitados dissolvem-se novamente quando o açude volta a encher, **salvo** uma parte que fica retida nas argilas e nos sedimentos depositados no fundo do açude.
- Normalmente, a concentração salina no açude é bastante **homogênea.** Apenas para açudes com água muito salinizada, a concentração nas partes mais fundas pode chegar a ser até duas vezes mais elevadas que na superfície.
- Em alguns casos, o açude apresenta "braços" compridos que podem comportar-se quase como se fossem **independentes** do resto do açude e, por serem de profundidade mais fraca, apresentar água muito mais salinizada do que no resto da represa (figura 184). Em alguns casos, este braço pode até se isolar do resto da represa (Este fenômeno acontece freqüentemente nos grandes rios (Jaguaribe, Piranhas..., depois do inverno).
- Quando o açude está situado numa zona de aluviões e que nestes existe algum lençol fréatico, haverá **fluxos** (intercâmbios) entre o açude e o lençol. A água subterrânea sendo geralmente mais carregada de sal, estes fluxos poderão aumentar a massa de sal na represa: trata-se **de um caso delicado** porque é **impossível** prever a importância deste fenômeno, o qual, entretanto, **é sempre um fator agravante** (figura 185).

**184** *Maior concentração nos "braços" do açude*




**185** *Influência dos fluxos subterrâneos sobre a salinidade do açude*



Neste caso, pelo menos no início da estação seca, a salinidade da água na beira do açude **será maior às vezes, muito maior** do lado da montante, de onde provêm em geral essas infiltrações.

## 2.3 Evolução da salinidade no período seco

No período seco, não havendo utilização mas **apenas perdas por evaporação,** a concentração no açude, como foi dito acima, aumenta. Supondo que não há fluxos subterrâneos nem precipitação de sais, pode-se calcular a importância do aumento da concentração em função das características do açude.

*Geometria do açude.* *Ver pág. 205*

O volume do açude, para uma profundidade H qualquer, é dado por $V = K.H^{\alpha}$, onde ($\alpha$) e (K) são os dois coeficientes geométricos característicos do açude.

Se, depois do inverno, o açude está com a cota $H_o$ (e um volume $V_o$) e fica submetido à evaporação de uma lâmina d'água (EVA), ele baixará até um nível ($H_o$-EVA) e, então, um volume $V_1 = K(H_o - EVA)^{\alpha}$. A concentração do açude passa de $C_o = M/V_o$ para $C_1 = M/V_1$ e o aumento relativo da concentração pode ser calculado por

$$C_1/C_o = V_o/V_1 = [H_o/(H_o\text{-}EVA)]^{\alpha}$$

A fórmula mostra que **o aumento da concentração,** como é intuitivo e como fica ilustrado na figura 186, depende principalmente de três fatores:

- A profundidade do açude ($H_o$)
- A forma do açude ($\alpha$)
- A importância da evaporação (EVA)

Quanto mais raso for o açude e convexas as encostas ($\alpha$ grande, ver figura 186), **maior será a proporção da água levada pela evaporação** e, por conseqüência, a concentração dos sais.

A tabela abaixo mostra, tomando o exemplo de uma evaporação EVA = 1 m, como varia o fator de concentração $C_1/C_o$ em função de $H_o$ e ($\alpha$), conforme explicitado pela fórmula acima, **evidenciando uma grande variabilidade** segundo o valor desses parâmetros.

**Fator de concentração $C_1/C_o$ depois de uma evaporação de 1 m.**

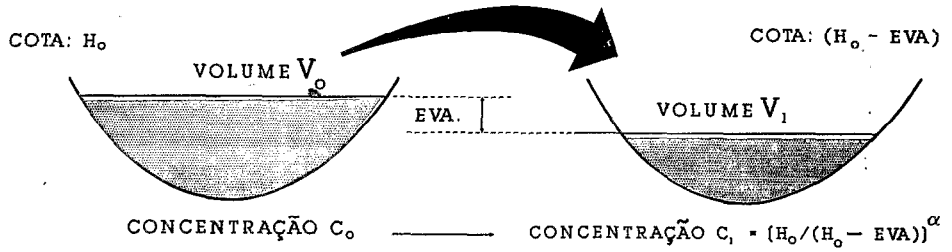
| | Profundidade inicial $H_o$(m) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ($\alpha$) | 1.50 | 2.00 | 2.50 | 3.00 | 5.00 | 10.00 |
| *2.20* | *11.2* | *4.6* | *3.1* | *2.4* | *1.9* | *1.2* |
| *2.70* | *19.4* | *6.5* | *4.0* | *3.0* | *2.2* | *1.3* |
| *3.20* | *33.6* | *9.2* | *5.1* | *3.7* | *2.5* | *1.4* |

## 2.4 Evolução da salinidade no inverno

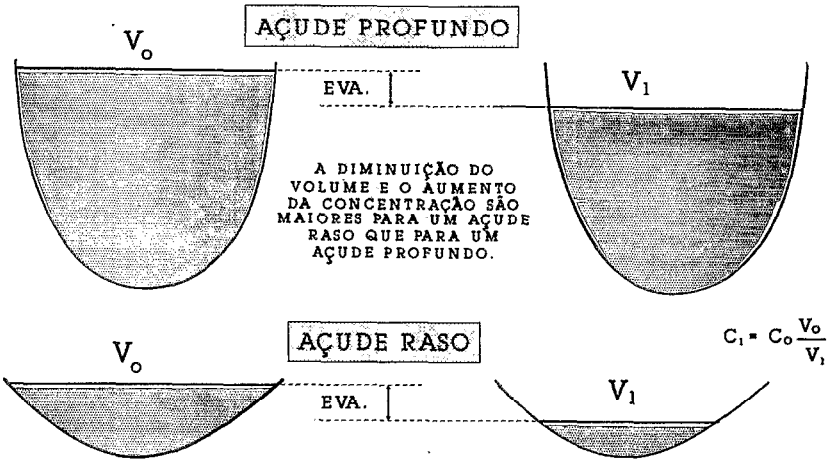
As observações feitas acima referem-se à variação da concentração (ou da salinidade) no **período seco,** a partir de uma concentração $C_o$ existente no açude depois do inverno. Essa concentração $C_o$, vai ser muito variável, segundo os anos, pois dependerá das **sangrias** ocorridas anteriormente: **a sangria do açude é o fenômeno indispensável para "lavar" o açude e eliminar os sais concentrados,** da mesma maneira que, num solo irrigado, há necessidade de percolação profunda para evacuar os sais acumulados no solo (figura 187).

186

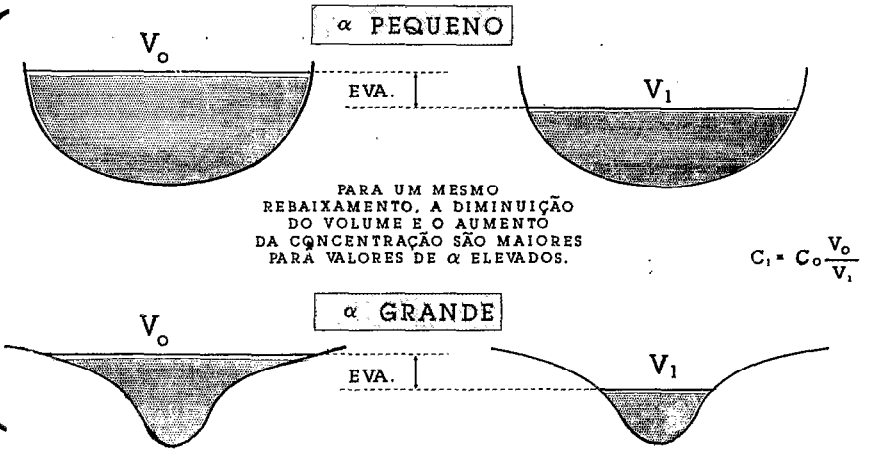
# FATORES GEOMÉTRICOS QUE INFLUENCIAM O FENÔMENO DE CONCENTRAÇÃO SALINA



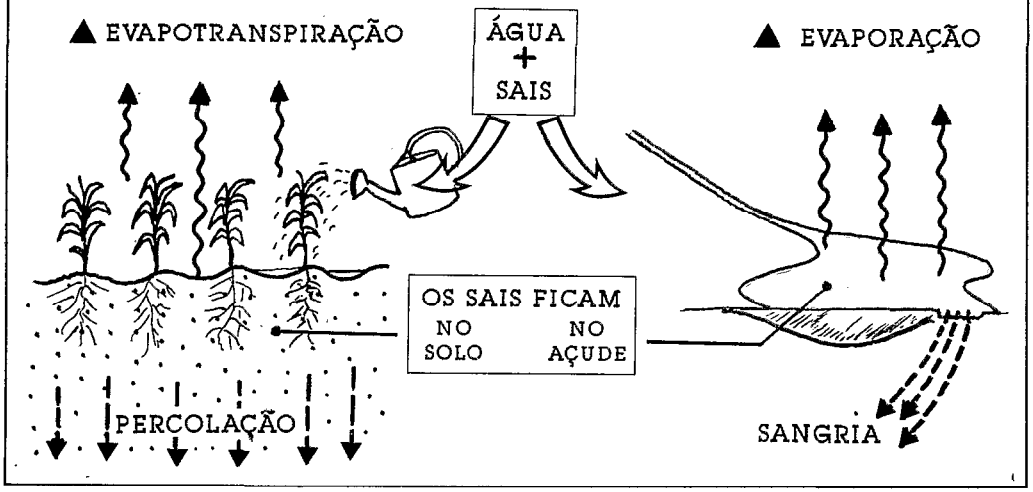

INFLUÊNCIA DA PROFUNDIDADE DO AÇUDE




INFLUÊNCIA DA FORMA DO AÇUDE

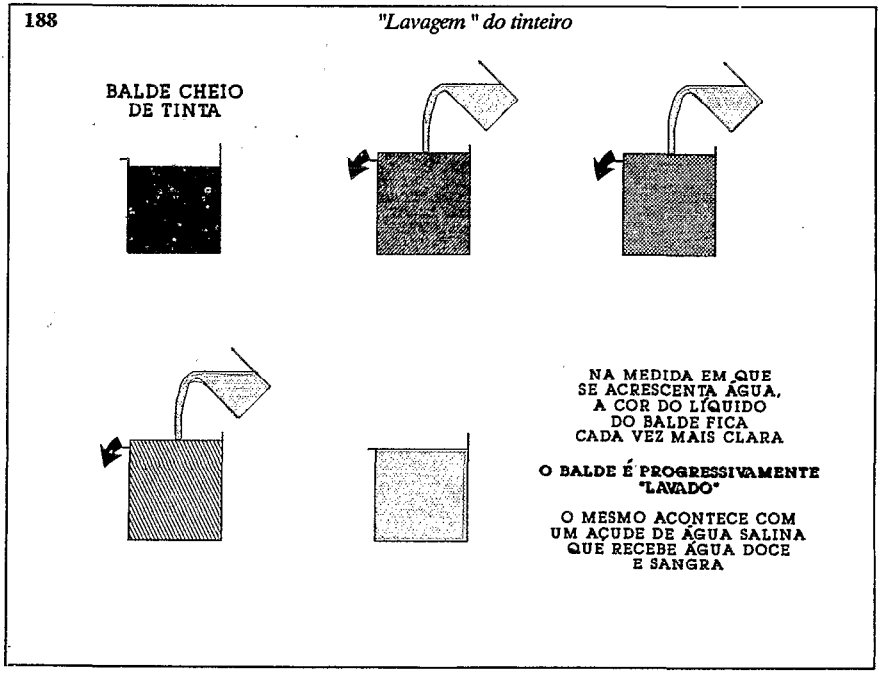


187 *O açude e o solo precisam ser lavados*




Podemos melhor entender este fenômeno através da analogia seguinte: a figura 188 mostra como varia a cor de um tinteiro (inicialmente cheio de tinta preta) ao qual se adiciona progressivamente água clara. Como é intuitivo, a cor do líquido **torna-se cada vez mais clara** (mais próxima à cor da água colocada) à medida que se verte água no tinteiro. **De maneira similar,** quanto maiores a **enchente do rio e a sangria** de um açude, maiores serão a **diluição e a evacuação** dos sais. Quanto maior a sangria, mais próxima da concentração da água escoada fica a água do açude.

188 *"Lavagem" do tinteiro*



Para **ilustrar e medir** este fenômeno, a tabela seguinte mostra como varia a concentração do açude de acordo com a sua **concentração inicial** ($C_x$) e a **importância da sangria** ($V_{sang}$).

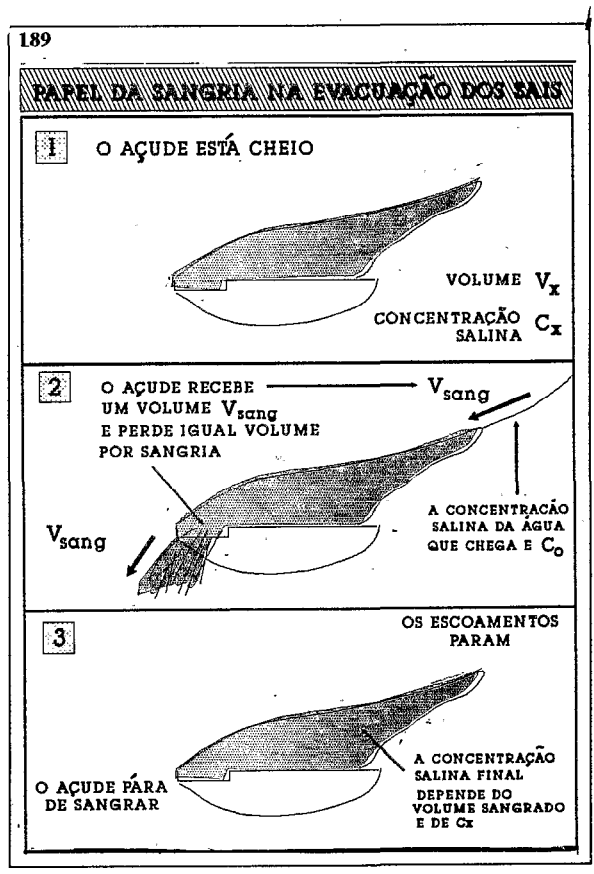
**Evolução da concentração C do açude, após sangria de um volume $V_{sang}$ em um açude de concentração inicial $C_x$ e volume $V_x$**
**(A tabela fornece a concentração relativa $C/C_o$,**
**onde $C_o$ e a concentração do escoamento que entra no açude)**

| | $V_{sang}/V_x$ | 0.2 | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 1.82 | 1.61 | 1.137 | 1.13 | 1.05 | 1.018 | 1.006 |
| $\frac{C_x}{C_o}$ | 3 | 2.64 | 2.21 | 1.736 | 1.27 | 1.10 | 1.037 | 1.013 |
| | 5 | 4.27 | 3.43 | 2.472 | 1.54 | 1.20 | 1.083 | 1.024 |
| | 10 | 8.37 | 6.46 | 4.310 | 2.21 | 1.50 | 1.160 | 1.054 |

**Exemplo**: Um açude cheio de concentração inicial três vezes superior à concentração dos escoamentos ($C_x/C_o = 3$) e recebendo um volume d'água $V_{sang}$ igual à metade da sua capacidade ($V_{sang} = V_x/2$) passará da concentração $C_x = 3\ C_o$ para $C = 2.21\ C_o$

**A freqüência e a importância das cheias** dependem do tamanho do açude ou, mais precisamente, do seu **dimensionamento**. Um açude superdimensionado sangra raramente e por isso apresenta tendência à salinização. Veremos, a seguir, como a razão $V_x/V_{esc}$, onde $V_x$ é o volume armazenável no açude e $V_{esc}$ o volume anual escoado médio, permite medir o risco de salinização.

*$V_x/V_{esc}$ pode ser estimado. ver pág. 204*

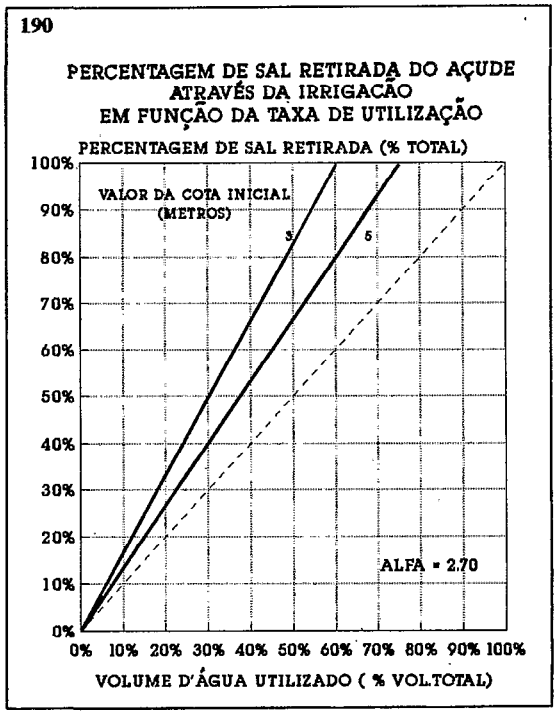



No entanto, até um açude bem dimensionado pode passar vários anos sem sangrar e apresentar momentaneamente concentrações importantes.

## 2.5 Influência do uso do açude e das infiltrações

Além das sangrias, existem dois fatores que, por resultarem na evacuação dos sais, também diminuem a salinidade: **o uso da água do açude** (abastecimento, irrigação...) e as **infiltrações.**

- Se utilizarmos, por exemplo, o açude **para irrigar** um cultivo de ciclo curto depois do inverno, a percentagem de sal retirada será aproximadamente proporcional ao volume d'água utilizado (expresso em % do volume total), como indicado na figura 190 (o valor varia em função da cota inicial da água).




- A tabela seguinte retoma os dados apresentados na tabela a respeito da concentracão no período seco e mostra como o fenômeno é modificado quando o açude apresenta **20% de infiltração** (em % do rebaixamento total), destacando a grande importância deste fator: constata-se que 20 % de infiltrações pode diminuir a salinidade em até 100% !

**Fator de concentração $C_1/C_o$ depois de uma evaporação de 1 m com e sem infiltração**

*Negrito = com 20% de infiltração*

| | Profundidade inicial $H_o$(m) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha$ | **1.50** | **2.00** | **2.50** | **3.00** | **5.00** | **10.00** |
| *2.20* | *11.2* | *4.6* | *3.1* | *2.4* | *1.9* | *1.2* |
| | **6.9** | **3.4** | **2.5** | **2.0** | **1.5** | **1.2** |
| *2.70* | *19.4* | *6.5* | *4.0* | *3.0* | *2.2* | *1.3* |
| | **10.7** | **4.5** | **3.0** | **2.4** | **1.6** | **1.3** |
| *3.20* | *33.6* | *9.2* | *5.1* | *3.7* | *2.5* | *1.4* |
| | **16.7** | **5.9** | **3.7** | **2.8** | **1.8** | **1.3** |

## 3. Definição do risco de salinização do açude

Conforme explicitado anteriormente, o risco de salinização depende de vários fatores, sendo os principais:

- Qualidade da água escoada
- Profundidade do açude ($H_x$)
- Forma do açude, representada pelo coeficiente ($\alpha$)
- Dimensionamento do açude ($V_x/V_{esc}$), ou seja, freqüência e importância das sangrias
- Utilização do açude
- Infiltrações no açude

**Vimos acima que um açude utilizado, e/ou com infiltrações importantes, e/ou com sangrias freqüentes, terá sempre um nível médio de salinidade menor.**

Ao contrário, um açude superdimensionado (com poucas sangrias) e aproveitado somente para o abastecimento, terá um nível médio de salinidade elevada.

A **irregularidade** das chuvas, dos escoamentos e das sangrias repercute na evolução da quantidade e da qualidade da água do açude que, no decorrer dos anos, apresentam variações permanentes. A figura 191 ilustra este fenômeno, mostrando a evolução de um açude durante um período de dois anos consecutivos com sangria no final. **Essas variações, bem como o grande número de fatores influentes, dificultam a determinação da qualidade da água do açude!** Em primeiro lugar, **é preciso informar-se.**

■ **Observar e perguntar :**

A coisa mais importante é obter **informações do proprietário** quanto à qualidade geral da água do açude. Na quase totalidade dos casos, este **sabe informar** a esse respeito, escolhendo geralmente uma das respostas seguintes:

— A água é muito boa.
— A água é boa, mas fica um pouco salobra quando o nível do açude está baixo.
— A água não é muito boa, mas dá para beber.
— A água é ruim, só o gado bebe.
— A água é péssima, nem o gado bebe.

Esta classificação empírica **corresponde aproximadamente** às classes $C_1$, $C_2$, $C_3$, $C_4$ e $C_5$ do diagrama de Riverside apresentado antes e fornece uma primeira idéia da qualidade da água do açude.

Quando se trata de um projeto (o açude ainda não existe), o agricultor pode fornecer informação sobre a água do riacho.

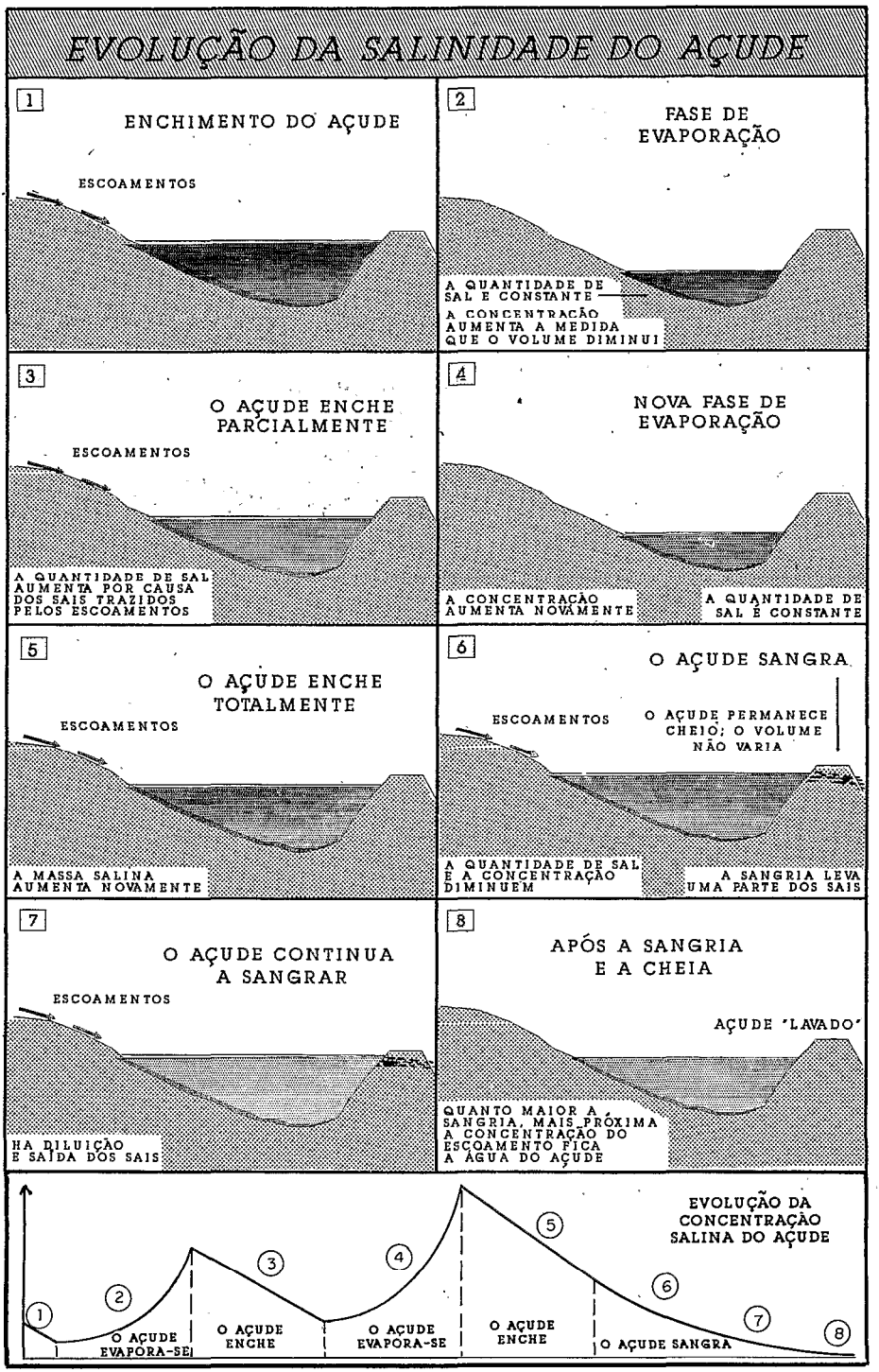
Essa informação deve ser confrontada a outras perguntas e observações importantes (figura 193):

*Solos perigosos.* *ver pág. 244*

*Levantamento pedológico: ver Anexo 7*

— **Observar os solos da bacia hidrográfica** ou obter informações do agricultor a esse respeito . Detectar a presença de solos eventualmente perigosos.
— Informar-se sobre **a duração média dos escoamentos** no riacho após as enxurradas. De maneira geral, as bacias com escoamentos de alguns dias a algumas semanas são menos perigosas que bacias com escoamentos de algumas semanas a vários meses. Isso vale sobretudo para pequenas bacias (inferiores a 5-10 $km^2$).

191


EVOLUÇÃO DA SALINIDADE DO AÇUDE
1
ENCHIMENTO DO AÇUDE
ESCOAMENTOS
2
FASE DE EVAPORAÇÃO
A QUANTIDADE DE SAL É CONSTANTE
A CONCENTRAÇÃO AUMENTA A MEDIDA QUE O VOLUME DIMINUI
3
O AÇUDE ENCHE PARCIALMENTE
ESCOAMENTOS
A QUANTIDADE DE SAL AUMENTA POR CAUSA DOS SAIS TRAZIDOS PELOS ESCOAMENTOS
4
NOVA FASE DE EVAPORAÇÃO
A CONCENTRAÇÃO AUMENTA NOVAMENTE
A QUANTIDADE DE SAL É CONSTANTE
5
O AÇUDE ENCHE TOTALMENTE
ESCOAMENTOS
A MASSA SALINA AUMENTA NOVAMENTE
6
O AÇUDE SANGRA
ESCOAMENTOS
O AÇUDE PERMANECE CHEIO; O VOLUME NÃO VARIA
A QUANTIDADE DE SAL E A CONCENTRAÇÃO DIMINUEM
A SANGRIA LEVA UMA PARTE DOS SAIS
7
O AÇUDE CONTINUA A SANGRAR
ESCOAMENTOS
HA DILUIÇÃO E SAÍDA DOS SAIS
8
APÓS A SANGRIA E A CHEIA
AÇUDE 'LAVADO'
QUANTO MAIOR A SANGRIA, MAIS PRÓXIMA A CONCENTRAÇÃO DO ESCOAMENTO FICA A ÁGUA DO AÇUDE
EVOLUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO SALINA DO AÇUDE
1
2
3
4
5
6
7
8
O AÇUDE EVAPORA-SE
O AÇUDE ENCHE
O AÇUDE EVAPORA-SE
O AÇUDE ENCHE
O AÇUDE SANGRA

**Atenção:** conferir que não há outros açudes logo a montante que alterar essa informação.

— Informar-se sobre a **freqüência das sangrias** e calcular (ou estimar) a razão $V_x/V_{esc}$ para identificar casos claros de sub ou superdimensionamento.

— Observar a **profundidade** do açude.

— Observar a **presença eventual de depósitos de sais** nas margens da represa.

192 *Marcas de Sal*

— Observar a presença de **vegetação** indicadora da existência de sal (em particular, a jusante do açude) (ver foto 200).

— Observar se existe um **lençol freático** "debaixo" do açude, ou seja, se este foi construído num aluvião ou num solo que permita a presença de um lençol. Muitas vezes existe a montante ou a jusante do açude ou até na bacia hidráulica, uma cacimba ou um poço que, além de comprovar a existência do lençol, permitem conhecer a sua qualidade.

Essa informação deve ser considerada com grande **cautela**: existem muitos açudes com água de boa qualidade porém situados em riachos de água subterrânea muito salobre. É o caso, por exemplo, do rio Salitre no Ceará. Uma cacimba de água salobre não inviabiliza necessariamente o riacho para construção de um açude. No entanto, **havendo riscos de futuros intercâmbios de água entre o açude e o lençol,** essa situação é, **a princípio, perigosa.** É recomendado observar os açudes vizinhos para estabelecer comparações entre situações parecidas.

— Pode-se **provar a água** (do riacho ou do açude). O paladar fica sensível aos sais a partir de cerca de 800-1000 micromhos.

### Medir a condutividade da água no riacho

O ideal é poder medir diretamente a condutividade da água do riacho ($CE_{riacho}$) num período de escoamento.

Essa informação, junto à observação da profundidade máxima $H_x$ e do cálculo da vazão $V_x/V_{esc}$ (ver itemB5-2) permite calcular o **nível de salinização do açude** mediante os gráficos da figura 194.

Cada gráfico corresponde a uma determinada intensidade de **uso do açude**: vimos que a salinidade média no açude diminui à medida que a proporção da água aproveitada cresce.

O primeiro gráfico corresponde a um aproveitamento e um **perímetro máximos**, ou seja, à irrigação da superfície $S_{pot}$, determinada como indicado no item B5-4. (Considera-se que não há aproveitamento do açude no inverno, o que, aliás tem pouca influência).

Os três gráficos seguintes referem-se a **aproveitamentos limitados**, correspondendo respectivamente a 2/3 $S_{pot}$, 1/3 $S_{pot}$ e 1/100 $S_{pot}$.

*As infiltrações, a profundidade, o dimensionamento e o uso do açude influenciam a salinidade no açude.*

Este último valor é muito pequeno e permite, na realidade, ter uma idéia da qualidade média da água nos quatro primeiros meses do verão na ausência de aproveitamento.

Cada gráfico apresenta as curvas referentes a açudes de 3 e 6 metros de profundidade, a fim de espelhar a influência desta variável.

Para cada um desses dois valores de $H_x$, encontramos três curvas, correspondendo às **três classes de infiltração** definidas no item B5-2, em decorrência, também, da influência deste parâmetro.

O coeficiente **(CC)** (coeficiente de concentração) fornecido pelos gráficos, permite calcular a condutividade média da água de irrigação $CE_{ir}$ por

$$\mathbf{CE_{ir} = CC.\ CE_{riacho}}$$

**Exemplo:**
*um açude de volume igual ao volume escoado anual médio* ($V_x/V_{esc} = 1$) de infiltrações de classe 2 *e de* **3 metros** *de profundidade, alimentado por um riacho com água de condutividade* $CE_{riacho} = 500$ *micromhos, permitirá a irrigação de um cultivo de ciclo curto (2/3 do perímetro completo, ver o gráfico b, que proporciona CC = 2,1) com água de condutividade média inferior, três anos em cada quatro, a* $CE_{ir} = 2.1 \times 500 = 1050$ *micromhos.*
*Informações complementares sobre o solo e a drenagem da área irrigada permitirão assegurar-se da compatibilidade entre o cultivo considerado e a qualidade da água de irrigação.*

**Notas importantes:**

- Este valor é o **valor médio da condutividade elétrica** durante o período de irrigação de um **cultivo de ciclo curto** (120 dias), plantado depois do inverno.
- O valor $CE_{ir}$ assim calculado é, na realidade, o valor que apenas será ultrapassado um ano em cada quatro, em probabilidade. **Três anos em cada quatro, a condutividade será inferior a este valor.**
- A superfície $S_{pot}$ do perímetro foi calculada na base de uma cota final $H_{final}$ (ver item B5-4) igual a $H_x/4$.
- **Atenção:**
  A figura 194 foi elaborada admitindo a hipótese que a condutividade elétrica $CE_{riacho}$ da água escoada era **constante.** Isto, conforme explicitado anteriormente, **não é verdade.** Por isso, a informação fornecida por esta figura **somente tem relevância** no caso em que o escoamento restituído pelas infiltrações é desprezível ou de qualidade não muito superior à do escoamento superficial.
  De uma maneira geral, $CE_{riacho}$ pode ser considerado como uma **condutividade média do escoamento**, porém este valor é de difícil determinação: a figura 194, no entanto, fornece **ordens de grandeza muito importantes e quantifica a influência** da profundidade ($H_x$), da taxa de infiltração (3 classes), da intensidade do uso (superfície do perímetro) e do dimensionamento do açude ($V_x/V_{esc}$).
  Deve-se notar a influência relevante de cada uma dessas variáveis. As figuras a) e d), em particular, mostram mais uma vez como o uso do açude para irrigação reduz o nível de salinidade da sua água.
- **Correção:**
  A figura 194 **foi determinada para um açude de coeficiente de forma** $\alpha = 2.70$. Para um valor diferente, deve-se corrigir o resultado da seguinte maneira: para $\alpha = 3.20$, aumentar (CC) em 10% e diminuí-lo do mesmo valor para $\alpha = 2.20$. Para outros valores, extrapolar ou interpolar essa correção.

## ■ Medir a condutividade da água no açude

A amostragem da água do açude ou uma medição direta da condutividade só tem algum valor **se se registra também a data e a cota da água no açude.**

Como explicitamos anteriormente, a condutividade da água numa determinada época do ano pode apresentar valores excessivamente diferentes e não constitui uma informação suficiente, **a menos que tenhamos conhecimento da evolução da reserva do açude durante os dois ou três anos anteriores.**

Para posicionar o valor medido com relação a um valor médio, deve-se informar sobre a **freqüência normal** de sangria do açude e sobre as sangrias ocorridas nos três últimos anos:

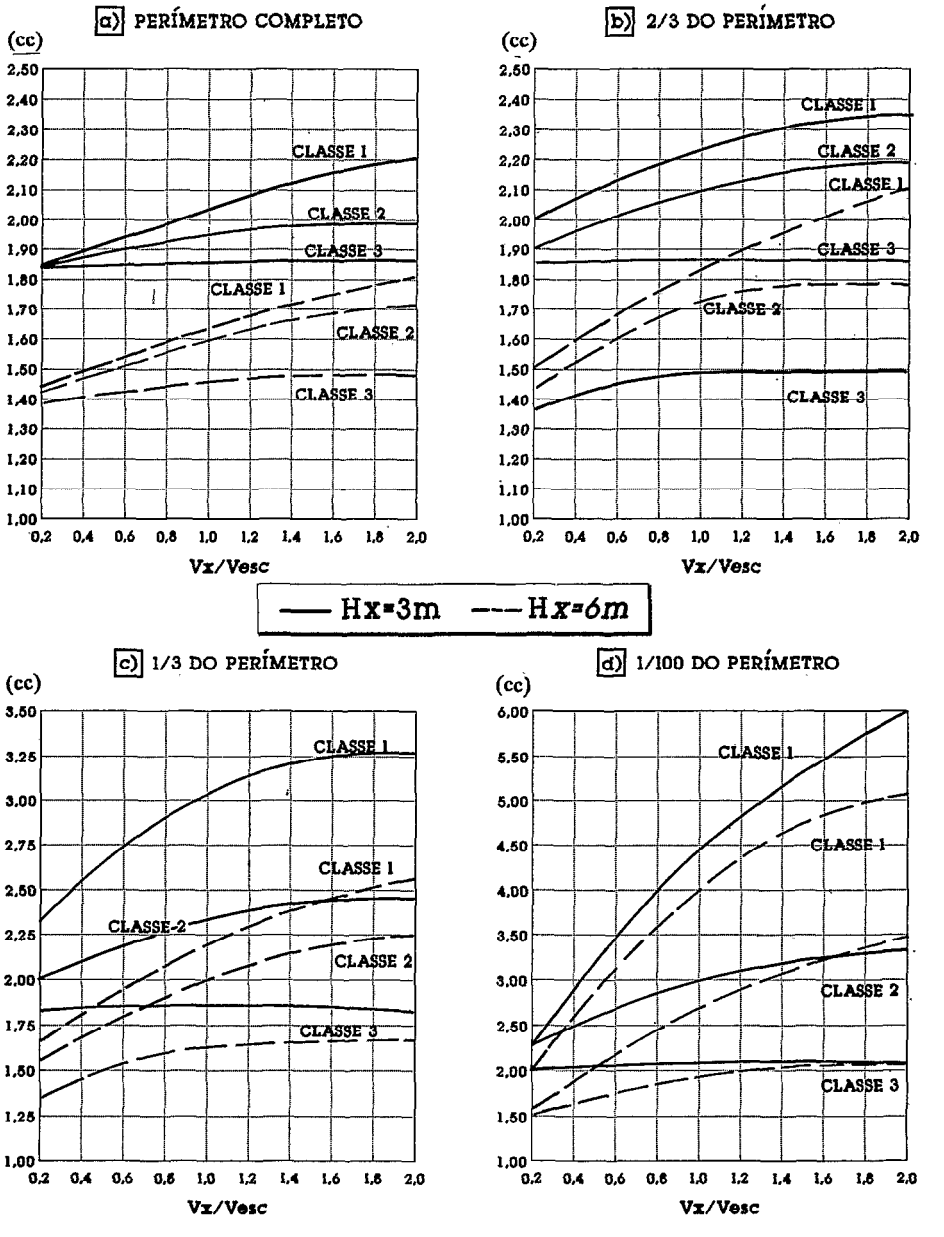
194

# CONCENTRAÇÃO MÉDIA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

## EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE DO AÇUDE, DE SUAS INFILTRAÇÕES E DO TAMANHO DO PERÍMETRO.

*( Plantio no início do verão )*

***Valores ultrapassados 1 ano sobre 4.***



se, por exemplo, o açude costuma sangrar aproximadamente dois anos em cada três e se não houve sangria nos dois últimos anos, **o valor medido será superior** ao valor médio da condutividade do açude correspondente à época da medição; ao contrário, uma medição efetuada depois de um inverno de enchentes excepcionais será inferior ao valor médio correspondente à este mesmo período.

## 4. A Salinidade no perímetro e a drenagem

O item anterior nos permitiu determinar a qualidade média da água do açude e o **nível de salinidade da água de irrigação** que teríamos, se utilizássemos o açude para tal fim. O problema da **salinização no perímetro**, porém, não depende somente da qualidade da água utilizada para irrigar, da mesma forma que a qualidade da água do açude não depende somente da qualidade da água escoada.

O controle da salinidade no perímetro vai depender da **drenagem**, natural (características do solo) e manejada (drenos, lixiviação), como explicitado no que segue.

### 4.1 Por que se deve drenar ?

*A nossa água de irrigação é bem diferente da água de chuva.*

A irrigação consiste em **trazer água** para os cultivos de uma determinada área que recebe pouca ou nenhuma chuva: **o ponto mais fundamental** de que se deve conscientizar é que a **água utilizada para irrigar é sempre muito diferente da água de chuva.** De fato, a água de irrigação, por ter entrado em contato com o solo (e/ou com o subsolo), sempre contém uma **grande quantidade de sais**, com relação à água da chuva. No caso de essa água ser proveniente de um açude, vimos como a evaporação aumenta ainda mais a sua concentração.

Para fixar as idéias, pode-se considerar a condutividade aproximada da água da chuva (10 micromhos) e uma faixa de variação comum da condutividade da água de irrigação: 500-1.000 micromhos. Como a quantidade de sal é proporcional à condutividade elétrica, percebe-se que as ordens de grandeza das quantidades de sal trazidas, em cada caso e para um mesmo volume d'água (figura 195), estão numa **relação de 50 para 100!**

Para se ter uma idéia concreta do peso de sal realmente trazido no perímetro por meio da irrigação, pode-se considerar o exemplo seguinte: uma água de qualidade média, ou seja, de condutividade elétrica de 1.000 micromhos/cm, contém 0.64 g de sal por litro, ou seja, 640 g/m$^3$, conforme as equivalências dadas anteriormente.

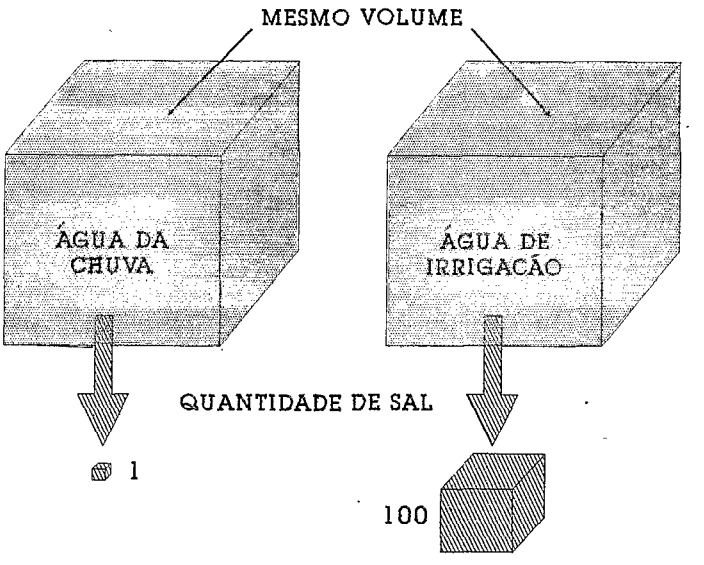
Consideremos a irrigação de **um hectare** de culturas de ciclo curto (tomate de 120 dias, por exemplo) com um volume total, incluindo a eficiência da rega, de 8.000 m$^3$. Uma simples multiplicação indica que a **quantidade de sal trazida, num período de apenas 4 meses, para essa área irrigada de 1 hectare, é superior a 5 toneladas, ou seja aproximadamente o peso de 5 fuscas!** (ver ilustração na figura 196).

**Concluindo, entende-se que:**

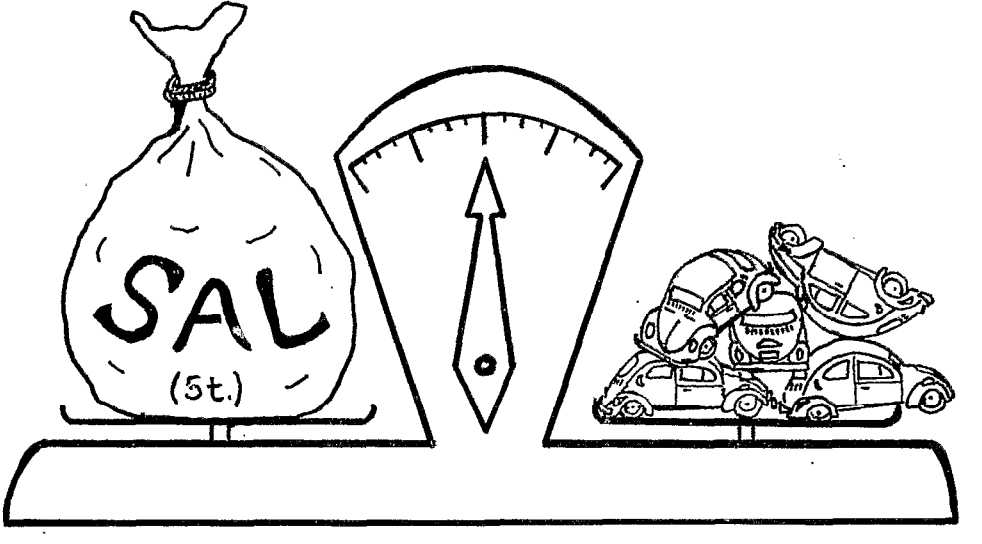
**Irrigar é trazer sais**

195

***A ÁGUA DE IRRIGAÇÃO É DIFERENTE DA ÁGUA DA CHUVA***




196




IRRIGAR UM CULTIVO DE CICLO CURTO (8.000 $m^3$/ha) COM ÁGUA DE CONDUTIVIDADE 1.000 micromhos *TRAZ 5 TONELADAS DE SAIS* POR HECTARE IRRIGADO

*A percolação no solo desempenha o mesmo papel que a sangria do açude.* *Ver pág. 249 e 250*

Fica evidente, através deste exemplo, que **se não houver alguma maneira de retirar os sais**, ou parte deles, teremos rapidamente uma área irrigada esbranquiçada de sal!

Na prática, a remoção dos sais se faz através da **percolação** ou seja da **infiltração até camadas profundas do solo ou do subsolo de uma parte da água de irrigação.** Essa água leva consigo os sais acumulados no solo e os evacua. Quanto maior a proporção de água percolada, maior a quantidade de sais eliminados. Por isso, pode-se dizer que **irrigar não consiste somente em trazer água para as culturas mas também em trazer água para percolação.** Para evacuar bastante sais, haverá, às vezes, necessidade de aplicar periodicamente um volume suplementar para completar a lavagem do solo.

**Drenar é retirar os sais**

De forma mais abrangente, a drenagem do perímetro irrigado tem **três objetivos fundamentais:**

*A drenagem: três objetivos.*

- Rebaixar o nível do lençol freático para **que não alcance a zona já enraizada** e/ou a zona a ser explorada pelas raízes.
- Rebaixar o nível d'água o bastante para que **não haja subida de água capilar** até a superfície e conseqüente salga dos solos.
- Permitir a remoção do excesso de sais por **lixiviação**, ou seja, a aplicação de um volume excedente, para eliminar os sais por percolação (infiltração) profunda.

## 4.2 É sempre possível drenar?

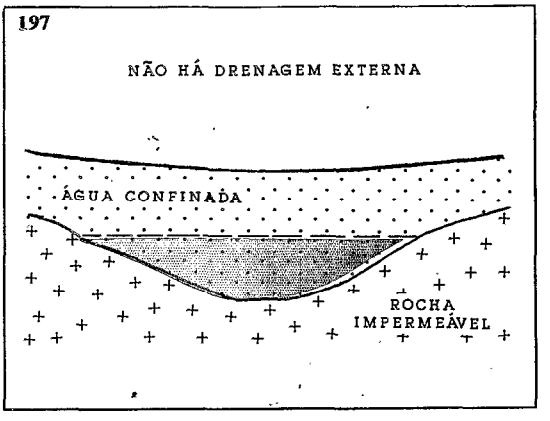
Para que a drenagem seja possível, **a área irrigada deve apresentar duas características:**

*Nem todo solo permite a drenagem.*

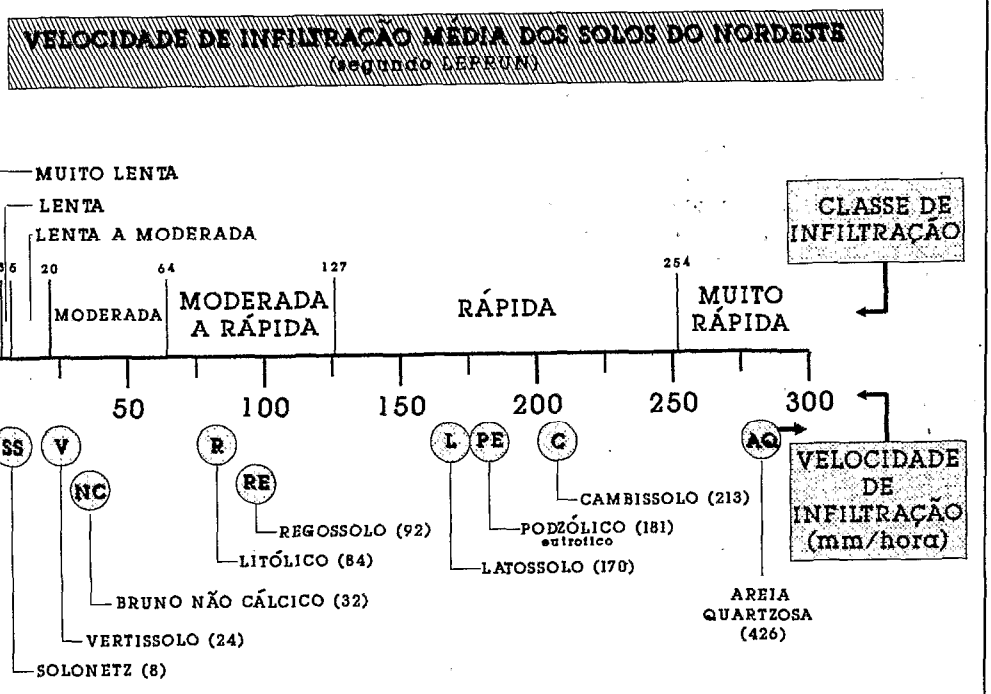
- A textura e a estrutura do solo devem ser tais que a água **possa se infiltrar em profundidade** (ou percolar) com certa facilidade. Em solos arenosos, a velocidade de infiltração é muito rápida, ao contrário de argilas pesadas em que esta pode ser quase nula. Pode-se falar da qualidade da **drenagem interna do solo** para se referir a essa capacidade de infiltração.

  A figura 198 dá uma idéia das diferenças entre as velocidades de infiltração nos principais solos do Nordeste. Observa-se que os solonetz, os vertissolos, por exemplo, têm drenagem interna ruim por terem **baixa velocidade de infiltração.**

- Além de ter facilidade para se infiltrar, a água tem que ser **evacuada.** Fala-se de **drenagem externa,** ou seja, de capacidade da área em evacuar a água infiltrada. A drenagem externa depende do declive e da topografia da área, da presença de fissuras no embasamento rochoso, etc...



198

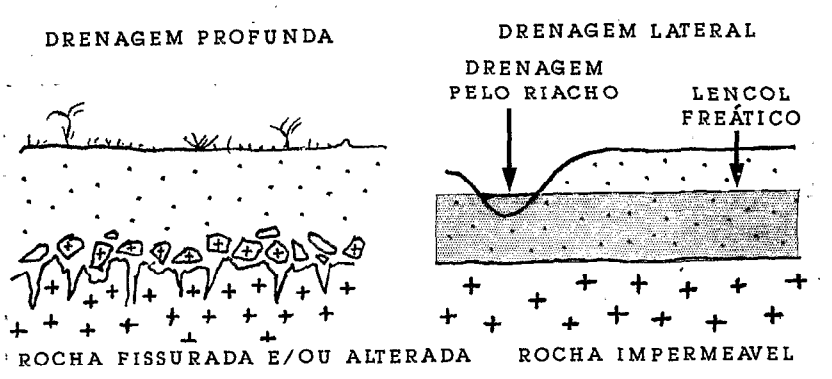



Essas duas qualidades nem sempre coexistem. Pode existir, por exemplo, um solo muito arenoso situado acima de uma camada impermeável em forma de bacia, não oferecendo saída para a água do subsolo (figura 197).

Em alguns casos, a drenagem interna e a drenagem externa são boas, como exemplificado na figura 199.

No caso de drenagem insuficiente, temos que prever **drenos artificiais**, ou seja *trincheiras*, valas, escavadas no perímetro ou na sua periferia, a fim de fornecer uma saída à água infiltrada.

199 *Exemplos de boa drenagem*



Analisaremos, a seguir, as características de drenagem dos principais solos do Nordeste, distinguindo em particular os solos de baixio.

## 4.3 A drenagem nos baixios

*Os baixios apresentam solos férteis, mas nem sempre aptidão à drenagem.*

Os solos aluviais dos baixios apresentam solos de textura muito variável (às vezes arenosos, outras vezes argilosos, ou camadas alternadas de argila e areia) porém, em geral, são solos de tendência argilosa e de drenagem interna média ou deficiente.

**O problema mais comum**, no entanto, é uma **drenagem externa** lenta. O lençol d'água aflora no inverno e apresenta um rebaixamento lento, ocasionando encharcamentos às vezes duradouros. Além do mais, pode ocorrer reabastecimento do lençol freático pelas infiltrações no açude, o que contribui ainda mais para alongar o tempo de rebaixamento deste lençol.

A identificação de um baixio com problemas de drenagem é em geral bastante fácil porque alguns sinais característicos se destacam nitidamente. Deve-se observar os aspectos seguintes:

- **Declividade** do baixio; quanto maior ela for, menos problemas de retenção d'água.
- **Textura** e profundidade do solo (baixio argiloso ou arenoso).
- Questionar o proprietário sobre os aspectos seguintes, a respeito dos quais ele tem em geral **idéias bastante precisas:**
  - — Tem áreas baixas que ficam alagadas durante o inverno? Quanto tempo perdura esse alagamento?
  - — A presença e o movimento de um lençol freático. O lençol é criado pelo açude? É confinado ou submetido a um rebaixamento rápido depois do inverno? Indicações sobre a evolução do nível da água numa cacimba ou num poço amazonas informam sobre a evolução do lençol freático.
- A existência de uma calha bem marcada, cavada pela correnteza do riacho que indica: (1) um solo bastante profundo; (2) que já existe um dreno natural constituído pelo rio.
  - — Ao invés, marcas de sal no solo evidenciam áreas mal drenadas.
  - — A vegetação, pode, também, indicar a presença de água salobre (foto 200).

200

### Em caso de deficiência de drenagem, quais são os remédios?

- **Aprofundar o leito do rio** na sua parte mais baixa permite aumentar sua capacidade de drenagem desde que isto seja feito em todo o comprimento para permitir o escoamento da água e não criar apenas empoçamentos. Isso é interessante quando o perímetro irrigado está beirando o riacho.
- **Aproveitar eixos de drenagem naturais,** como depressões transversais que foram criadas por escoamentos laterais em período de fortes chuvas (pequenos riachos que cortam o baixio) e que também podem ser aprofundados.

- **Escavar drenos** nas partes mais sujeitas a alagamentos, assegurando-se que há o declive necessário ao escoamento das águas. Esses drenos geralmente desembocam no riacho e sua profundidade variam com as necessidades, tendo geralmente no mínimo 60 cm.

Se a topografia do baixio **não permitir melhorar a drenagem externa e se já existirem marcas de sal** no chão, a irrigação deverá ser **descartada.**

## 4.4 A Drenagem fora dos baixios

**Fora das áreas de baixio,** encontramos os solos habituais do Nordeste, alguns dos quais apresentam condições de ser irrigados. A correspondência entre os nomes científicos e os nomes locais ou comuns é dada no anexo 7.

### ■ Bruno não cálcicos

Embora nunca considerado como irrigável nas classificações gerais relativas à aptidão dos solos, o Bruno não cálcico é um solo que está sendo irrigado com sucesso desde que se escolha os cultivos adequados. Os cultivos do tomate ou do aldogão são algumas das soluções. O Bruno não cálcico é um solo rico embora pouco profundo e de **drenagem interna média a baixa.** A sua **drenagem externa** depende principalmente do grau de alteração da rocha e da topografia; distingue-se três casos comuns (figura 201):

□ **Bruno não cálcico não vértico**

**a.** Não há argila expansiva no perfil do solo (o solo é dito não vértico); a textura é relativamente arenosa, a estrutura é bem desenvolvida e há poucos problemas de drenagem, desde que o solo apresente certa declividade. A camada de alteração da rocha permite o fluxo da água.

□ **Bruno não cálcico vértico**

**b.** Existe, seja desde a superfície do solo, seja no máximo a partir de 30 ou 40 cm, um **horizonte rico em argila expansiva** que provém da alteração da rocha (o solo é chamado de vértico). Este conjunto é quase impermeável. Haverá drenagem interna e externa deficientes e acumulação de sais;

**c.** É o caso anterior, com a diferença de que a alteração da rocha não é homogênea e apresenta intercalações de volumes arenosos grosseiros que recuperam a água que atravessa a camada de argila, formando um horizonte saturado. Essa camada evacuará a água e drenará o solo, se a declividade o permitir.

Pode-se determinar em que caso se encontra um determinado solo com um trado ou abrindo uma vala para observar o perfil do solo. É mais comum encontrar uma rocha alterada. **No caso "b" a irrigação é desaconselhada.**

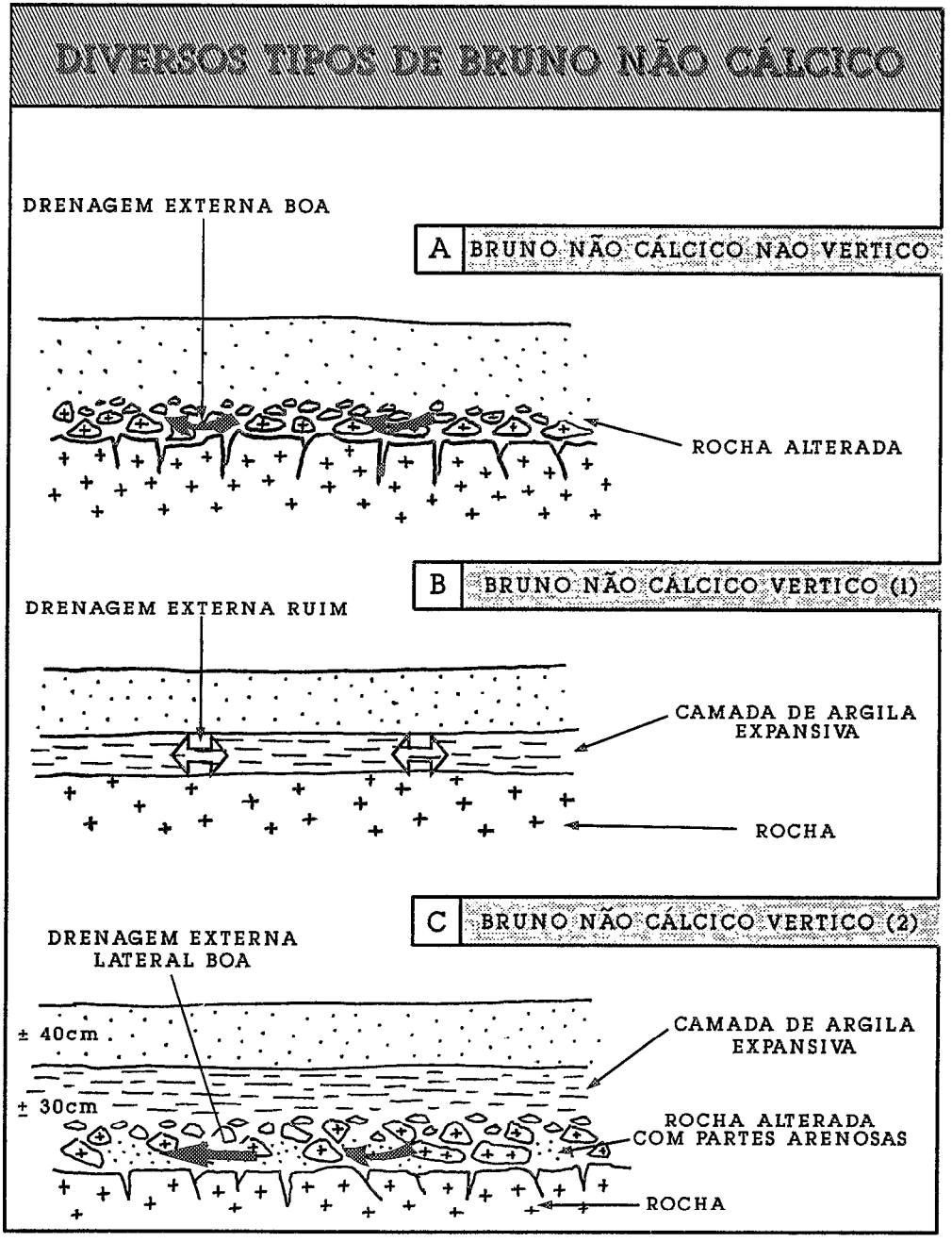
### ■ Podzólicos e Latossolos

Esses solos espessos e de excelente drenagem não apresentam perigo para a irrigação. No sertão, os podzólicos são em geral "eutróficos", ou seja, de boa fertilidade. Os latossolos, principalmente no vale do São Francisco e na Bahia, apresentam também fertilidade muito superior aos encontrados na zona da Mata.

### ■ Cambissolos

Terras de reconhecida aptidão para irrigação e, em particular, de excelente drenagem.

201


DIVERSOS TIPOS DE BRUNO NÃO CÁLCICO
DRENAGEM EXTERNA BOA
A BRUNO NÃO CÁLCICO NAO VERTICO
ROCHA ALTERADA
B BRUNO NÃO CÁLCICO VERTICO (1)
DRENAGEM EXTERNA RUIM
CAMADA DE ARGILA EXPANSIVA
ROCHA
C BRUNO NÃO CÁLCICO VERTICO (2)
DRENAGEM EXTERNA LATERAL BOA
± 40cm
CAMADA DE ARGILA EXPANSIVA
± 30cm
ROCHA ALTERADA COM PARTES ARENOSAS
ROCHA

■ **Vertissolos**

São solos muito argilosos que apresentam fendas ao ressecar. A sua drenagem interna é muito ruim. Muitas vezes, esses solos encontram-se em zonas baixas e têm também má drenagem externa. A irrigação é aconselhada somente se há condições de se realizar drenos a cada 15 metros, ou para cultivos adequados, tais como arroz, capim e cana.

■ **Solos litólicos**

Em alguns casos, litossolos com terra fina suficiente têm sido irrigados com êxito, não havendo problemas particulares de drenagem.

■ **Planossolos**

Os Planossolos são constituídos de uma camada superior arenosa situada acima de um horizonte argiloso; em geral, estes solos ocorrem **nas partes baixas** e a sua irrigação só é possível quando há possibilidade de fazer drenos mais profundos que a camada de argila, de maneira a evitar a formação de um lençol.
Essa possibilidade é rara e o planossolo é geralmente aproveitado com capim, como é comum no Agreste. Além do mais, açudes com planossolos nas proximidades serão geralmente **impróprios para irrigação**, por apresentarem água salobre.

■ **Regossolo**

O regossolo apresenta uma camada de solo arenoso (60 cm a 2 metros) acima de uma camada impermeável (fragipan - material silicoso), porém é geralmente localizado nas encostas de tal maneira que, ao contrário do planossolo, sua **drenagem externa é boa.** Por isso, os regossolos são geralmente aproveitados com mandioca e feijão. A sua irrigação não apresenta problema, mas os sistemas gravitários são pouco adequados.

## 4.5 Escavar e conservar os drenos

Em perímetros de forma regular e de grande extensão, planeja-se uma rede de drenos respeitando-se os espaçamentos dados pela tabela seguinte em função do tipo de solo.

**Dados práticos de espaçamento e profundidade de drenos, de acordo com vários tipos de solos.**

| Tipo de solo | Percent. de partículas do solo | | | Espaçamento (m) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Areia | Limo | Argila | 1 | 2 |
| *Areia* | *80-100* | *0- 20* | *0- 20* | *30-45* | *45-90* |
| *Barro arenoso* | *50- 80* | *0- 50* | *0- 20* | *25-30* | *30-45* |
| *Barro* | *30- 50* | *30- 50* | *0- 20* | *22-20* | *25-30* |
| *Barro limoso* | *0- 50* | *50-100* | *0- 20* | *20-22* | *22-25* |
| *Barro argilo-arenoso* | *50- 80* | *0- 30* | *20 - 30* | *17-20* | *20-22* |
| *Barro argiloso* | *20- 50* | *20- 50* | *20- 30* | *14-17* | *17-20* |
| *Barro argilo-limoso* | *0- 30* | *50- 80* | *20- 30* | *12-14* | *14-17* |
| *Argila arenosa* | *50- 70* | *0- 20* | *30- 50* | *11-12* | *12-14* |
| *Argila limosa* | *0- 20* | *50- 70* | *30- 50* | *9-11* | *11-12* |
| *Argila* | *0- 50* | *0- 50* | *30-100* | *7- 9* | *9-11* |

*Fonte: DAKER*

Espaçamento 1 - para uma profundidade de 0.6 a 0.9 m
Espaçamento 2 - para uma profundidade de 0.9 a 1.2 m

No entanto, a drenagem de pequenas glebas irrigadas na região Nordeste, esbarra em três empecilhos:

- A impossibilidade de encontrar máquinas valetadeiras ou "abre-vala" para realização da rede de drenos.
- A dificuldade em **conscientizar o agricultor** da importância dos drenos: essa consciência é necessária para justificar o investimento (em dinheiro e/ou trabalho braçal) **bem como** o trabalho futuro de **manutenção.**
- A profundidade dos solos, salvo nos baixios, é **em geral insuficiente** para se aplicar as normas dadas acima.

  Em baixios planos (0.5 % de declividade, por exemplo), seria preciso cavar um dreno extremamente comprido para poder evacuar a água drenada numa altura de 1 metro.

Em decorrência da escassez ou da falta de maquinaria adequada no Nordeste, a escavação deverá ser manual (fotos 202). Se o açude ainda não foi construído, será possível utilizar as máquinas para, por exemplo, aprofundar o leito do rio na hora da construção.

202 *Escavação manual de drenos*

Os drenos devem ser executados na **hora da implementação do projeto,** na qual é mais fácil obter o acordo e a colaboração do agricultor. O trabalho exigido depende muito da dificuldade em se cavar a terra, a qual é extremamente variável segundo o solo e sua umidade.

O problema da **conservação dos drenos** é, talvez, até mais complicado que o da sua escavação: uma vez cavadas, as trincheiras

a) tendem a desmoronar e aterrar-se (sobretudo em solos arenosos),

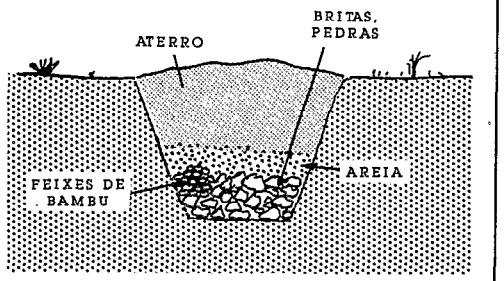
b) são invadidas pela vegetação.

Por isso, há necessidade de assegurar a manutenção dos drenos e **limpá-los duas vezes ao ano,** antes e depois do inverno.

Às vezes, o agricultor é incentivado a executar esse trabalho porque **observa** a repercussão do alagamento sobre os cultivos e percebe muito bem a **necessidade do dreno** como meio de rebaixar o nível d água.

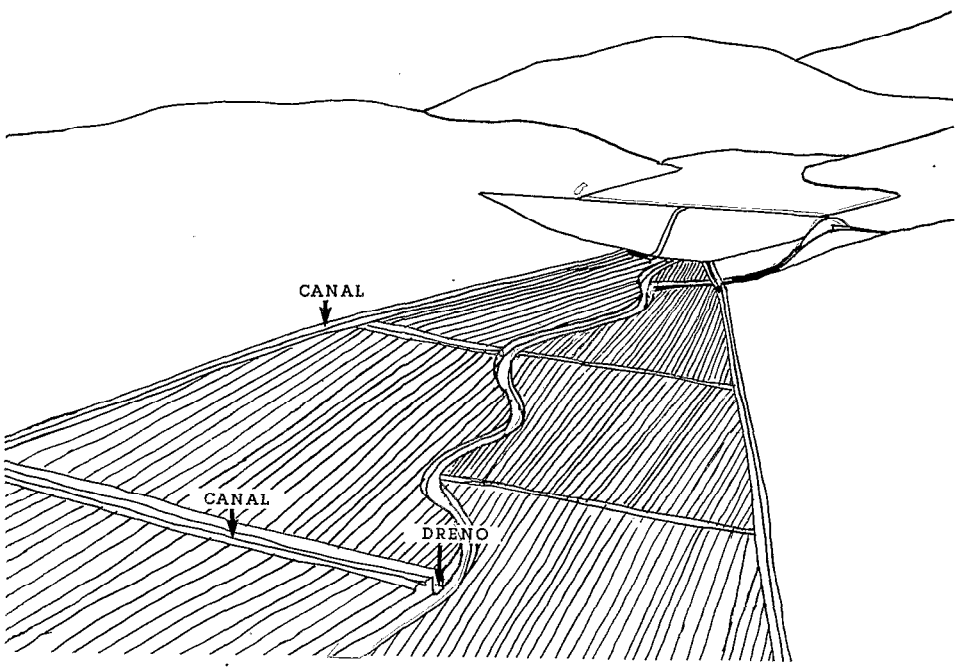
Para solos arenosos que tendem a se aterrar com facilidade, pode ser interessante **encher os drenos** com brita, cascalho, pedras, feixes de bambu (verde e desbrotado), etc... desde que estes materiais sejam disponíveis a um custo aceitável (figura 203). O dreno assim constituído poderá até ser aterrado superficialmente e continuará a drenar água sem precisar de manutenção. Por isso, o custo inicial mais alto deste dreno **é sempre compensado** nos anos seguintes; essa prática é fortemente aconselhada. Outra solução consiste em colocar uma linha enterrada de manilhas furadas (tipo saída de fossa séptica).

**203** *Dreno coberto*




A figura 204 mostra um exemplo de perímetro com seus drenos.

**204** *Baixio irrigado com drenos*



## 4.6 Necessidades de lixiviação e escolha dos cultivos

**A eliminação dos sais** trazidos pela água de irrigação depende, como já notamos, da **fração de lixiviação (FL)**, ou seja, da proporção (ou fração) da água trazida que se infiltra (ou percola) nas camadas profundas.

Isto significa que a **salinidade média da água** na camada do solo ocupada pelas raízes das plantas depende:

- da qualidade (ou condutividade elétrica $CE_{ir}$) da água de irrigação;
- da fração de lixiviação (FL);

a qual, por sua vez, depende

— da drenagem interna e externa do solo;
— da quantidade de água trazida **além** das necessidades hídricas das culturas, ou seja, estas já satisfeitas.

Cada tipo de cultura apresenta uma reação própria à salinidade e para cada uma delas existe **um valor limite da condutividade elétrica da água do solo a partir da qual o seu rendimento é afetado.**

Por isso, deve-se escolher cultivos cuja resistência seja **compatível** com o nível de salinidade no solo, o qual decorre dos fatores enumerados acima.

Para se ter uma idéia da condutividade elétrica média da água no solo do perímetro irrigado, mede-se a condutividade do extrato saturado, $CE_{extrato}$, deste solo (ver quadro)

A figura 205 mostra a **perda de rendimento** média dos principais cultivos à medida que **aumenta** a condutividade $CE_{extrato}$. Observa-se, por exemplo, que o rendimento do feijão

### O extrato saturado do solo

*Para medir a salinidade da água no solo, deve-se* **extrair** *essa água. Se a umidade do solo for reduzida, isto será* **muito difícil** *de realizar. Além do mais, a concentração (ou a condutividade) dessa solução salina* **vai depender do estado da reserva hídrica do solo** *(se o solo estiver, por exemplo, com uma reserva d'água de apenas 50%, a concentração será o dobro do valor que se observaria para um solo na capacidade de campo).*

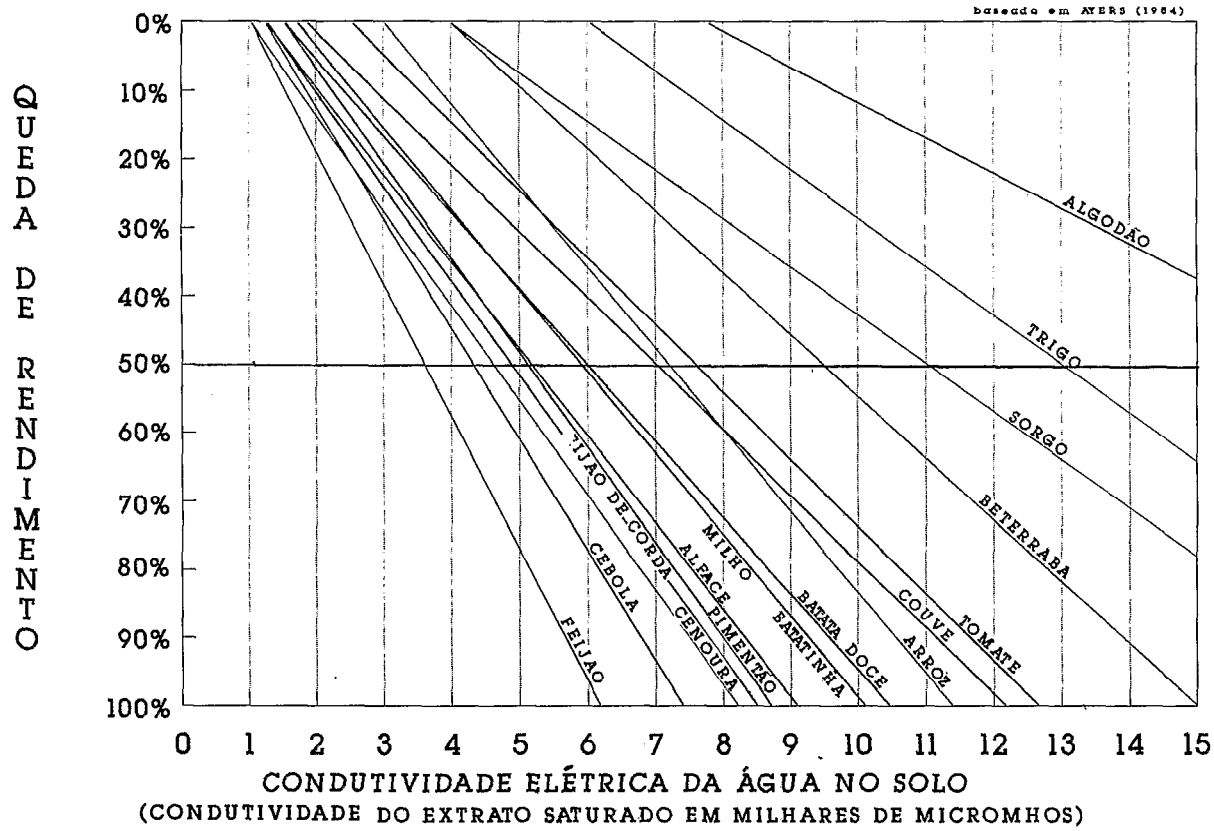
*Para resolver esse problema prático e livrar-se dessas variações, refere-se, por convenção, à* **condutividade do extrato saturado**, *ou seja, de uma mistura de solo e água que corresponde à saturação completa do solo. A experiência mostra que a* **condutividade do extrato saturado** *(determinada pelo laboratório)* **é aproximadamente a metade da condutividade da solução no solo quando este encontra-se na capacidade de campo.**

$$CE_{campo} = 2 \cdot CE_{extrato}$$

*Quando a reserva hídrica do solo diminui, a concentração no solo aumenta a partir do valor* $CE_{campo}$. *Os valores limites aceitos pelas plantas* **são sempre dados na forma de** $CE_{extrato}$.

*Vale notar, então, que a concentração* **salina real** *no solo será sempre mais de duas vezes superior à do extrato saturado.*

# VARIAÇÃO DO RENDIMENTO EM FUNÇÃO DA SALINIDADE DO SOLO



começa a ser afetado para valores superiores a 1.000 micromhos. O algodão, ao contrário, é particularmente resistente.

### O caso da bananeira

*Não existe dados que indiquem a perda de* **rendimento da bananeira,** *porém experiências mostraram que o fruto fica afetado para um valor de* $CE_{extrato}$ *entre 750 e 1.000 micromhos e que, acima deste último valor, a planta morre.*

*Isto significa que a banana é uma das culturas mais sensíveis, sendo preferível irrigar com água de condutividade* **inferior a 1.000 micromhos** *para evitar problemas.*

Para definir a aptidão dos cultivos a serem irrigados, basta definir **a relação entre a condutividade da água de irrigação e a do extrato saturado do solo.**

Essa relação é dada pela tabela seguinte. Essa tabela pode ser lida de duas maneiras:

**a.** A uma **determinada fração de lixiviação** (FL) corresponde um valor da razão $CE_{extrato}/CE_{ir}$.
Conhecendo a condutividade elétrica da água de irrigação, determina-se o valor de $CE_{extrato}$ do solo a ser irrigado ou já irrigado e verifica-se na figura 206 quais são os cultivos que suportam tal condutividade.

**Correspondência entre $CE_{extrato}/CE_{ir}$ e (FL)**

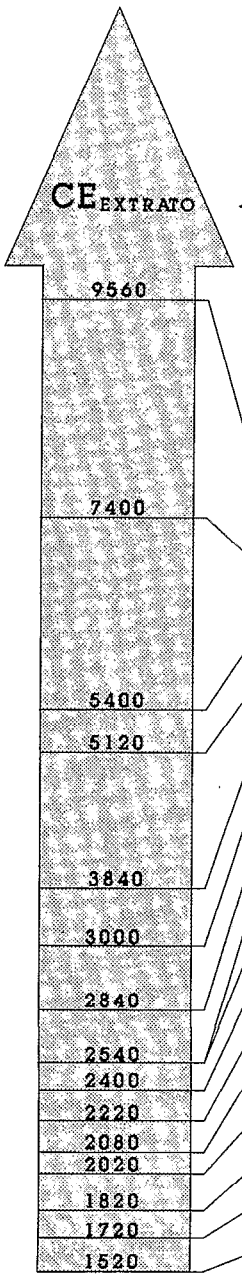
| FL(%) | $CE_{extrato}/CE_{ir}$ | FL(%) | $CE_{extrato}/CE_{ir}$ |
|---|---|---|---|
| *01* | *11,51* | *28* | *1,08* |
| *02* | *6,43* | *30* | *1,04* |
| *03* | *4,70* | *32* | *1,00* |
| *04* | *3,80* | *35* | *0,95* |
| *05* | *3,25* | *37* | *0,91* |
| *06* | *2,87* | *40* | *0,87* |
| *07* | *2,59* | *42* | *0,85* |
| *08* | *2,37* | *45* | *0,81* |
| *09* | *2,20* | *47* | *0,79* |
| *10* | *2,05* | *50* | *0,75* |
| *12* | *1,83* | *55* | *0,72* |
| *14* | *1,66* | *60* | *0,68* |
| *16* | *1,53* | *65* | *0,65* |
| *18* | *1,42* | *70* | *0,62* |
| *20* | *1,33* | *75* | *0,59* |
| *22* | *1,26* | *80* | *0,57* |
| *25* | *1,16* | *85* | *0,55* |
| *26* | *1,13* | *90* | *0,53* |

Fonte: Valles

**Exemplo:**

*Para (FL) = 20% (20% da água trazida percola), a tabela fornece* $CE_{extrato}/CE_{ir}$ = *1.33. Se a água de irrigação tem, por exemplo, uma condutividade* $CE_{ir}$ = *1.500*

206




## SENSIBILIDADE DAS PRINCIPAIS CULTURAS A SALINIDADE

VALOR DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO EXTRATO SATURADO DO SOLO QUE PROVOCA UMA DIMINUIÇÃO DO RENDIMENTO DE 10% (micromhos/cm)

### CONDUTIVIDADE ELÉTRICA MAXIMA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO
( micromhos/cm )

| | PERCENTAGEM DA ÁGUA PERCOLADA | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5% | 10% | 15% | 20% | 25% | 30% |
| ALGODÃO | 2940 | 4649 | 5985 | 7170 | 8240 | 9188 |
| TRIGO | 2276 | 3599 | 4632 | 5550 | 6378 | 7112 |
| SORGO | 1661 | 2626 | 3381 | 4050 | 4654 | 5190 |
| BETERRABA | 1574 | 2489 | 3205 | 3840 | 4413 | 4921 |
| ARROZ | 1180 | 1867 | 2403 | 2880 | 3310 | 3691 |
| TOMATE | 1069 | 1712 | 2204 | 2639 | 3034 | 3383 |
| COUVE | 873 | 1381 | 1777 | 2130 | 2448 | 2729 |
| MILHO | 781 | 1235 | 1590 | 1905 | 2189 | 2441 |
| BATATINHA | 781 | 1235 | 1590 | 1905 | 2189 | 2441 |
| BATATA DOCE | 737 | 1167 | 1502 | 1800 | 2068 | 2306 |
| PIMENTÃO | 683 | 1079 | 1390 | 1665 | 1913 | 2134 |
| ALFACE | 639 | 1011 | 1302 | 1559 | 1792 | 1999 |
| FEIJÃO DE CORDA | 621 | 982 | 1264 | 1514 | 1741 | 1941 |
| CEBOLA | 559 | 884 | 1139 | 1365 | 1568 | 1749 |
| CENOURA | 529 | 836 | 1077 | 1289 | 1482 | 1653 |
| FEIJÃO | 467 | 739 | 951 | 1140 | 1310 | 1461 |

*micromhos, os cultivos irrigados deverão ser escolhidos entre os que agüentam, no mínimo, uma condutividade no solo correspondente a* $CE_{extrato} = 1.33 \times 1500 = 1995$ *micromhos.*
*Na figura 206 verifica-se que todos os cultivos menos a cebola, a cenoura e o feijão podem ser irrigados (os valores considerados nesta figura são as condutividades para as quais o rendimento diminui 10%).*

**b.** Para uma água de irrigação de condutividade $CE_{ir}$ e um determinado cultivo (de valor $CE_{extrato}$ limite admissível dado pela figura 206), lê-se na tabela a fração de lixiviação (FL) **necessária.**

**Exemplo:**
*Considerando uma água com* $CE_{ir} = 2.880$ *micromhos utilizada para irrigar um plantio de tomate (*$CE_{extrato} = 3.000$ *micromhos), obtém-se* $CE_{extrato}/CE_{ir} = 1.04$ *correspondendo na tabela a uma fração (FL) necessária de 30%.*

207

**Influência da adubação**

*A adubação química tem uma influência em geral desprezível sobre a salinização do solo, a menos que sejam aplicados produtos cloretados, como o cloreto de potássio, ou sulfatos de amônia. Um excesso de produtos nitrogenados (uréia) pode poluir o lençol freático mas não salinizar o solo.*
**Adubos orgânicos** *têm uma ação benéfica na medida em que melhoram a estrutura do solo e sua drenagem interna.*

A dificuldade dessa abordagem está na **estimativa da fração de lixiviação (FL): não há maneira simples de calculá-la** em uma determinada situação real, porém orienta-se pelas noções seguintes:

*É difícil calcular o valor da fração de lixiviação (FL), mas pode-se avaliá-la e detectar casos extremos.*

— Na irrigação gravitária de solos de permeabilidade suficiente, **as perdas por percolação já asseguram boa parte da lixiviação do solo. Estima-se que pelo menos 30 % da água trazida percola: essa água não é "perdida por percolação" pois assegura a evacuação dos sais.** Outra parte da lixiviação é assegurada pela água de chuva no inverno, devendo-se favorecer a sua infiltração plantando **em sulcos** (se possível fechados) que poderão servir, além disso, para irrigação de salvação.

— Se temos a possibilidade de estimar o volume utilizado para irrigar (vazão de sifão ou da bomba, horas de trabalho), pode-se calcular a eficiência da rega comparando este volume com as necessidades reais do perímetro. Se a eficiência, por exemplo, for de 50 % e se o sistema de distribuição tiver poucas perdas (menos de 10%), deduzir-se-á que (FL) vale pelo menos 40 %.

— Solos de permeabilidade limitada, ou seja lenta, **nem sempre permitem a infiltração da lâmina de lixiviação teoricamente necessária,** devendo-se escolher cultivos mais tolerantes.

— O valor de (FL) dado pela tabela permite pelo menos detectar casos extremos, sejam favoráveis (FL é inferior a 30 % e o solo tem boa drenagem), sejam desfavoráveis ou perigosos (FL é superior a 30 % e o solo apresenta drenagem deficiente).

**Atenção: sobre-irrigar,** ou seja, trazer quantidades d'água bem superiores às necessidades (duas ou três vezes, por exemplo) **não é solução** (ver quadro adiante).

Deve-se manter uma perda por percolação controlada e aplicar periodicamente doses de lavagem suplementares, quando e se houver necessidade.

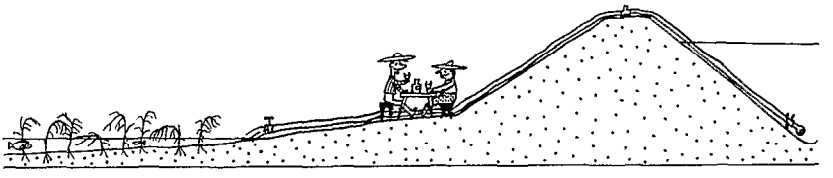
### Os perigos da sobre-irrigação

*Aplicar grandes quantidades de água pode parecer uma solução ao problema de salinização na medida em que proporciona uma maior lavagem do solo, porém* **não é assim:**

- **Se o solo apresenta uma permeabilidade média a fraca,** *ocorrerão encharcamentos e a asfixia das culturas, não havendo possibilidade de percolação de toda a água aplicada.*
- *Se o solo tem uma* **permeabilidade** *(ou drenagem interna)* **boa,** *dois casos podem ocorrer:*

  **A drenagem externa não é suficiente**
  *e observa-se a subida do lençol freático que, a prazo, pode provocar o apodrecimento das raízes e, sobretudo, subidas capilares da água que vem se evaporando na superfície, onde deixa os sais trazidos das camadas do subsolo.*
  **A drenagem externa é suficiente**
  *e a lavagem contínua e excessiva do perfil do sol provoca uma* **queda da fertilidade,** *todos os nutrientes sendo levados com a água.*

*Portanto,* **irrigar em excesso,** *além de* **desperdiçar** *um recurso precioso e de* **gastar energia** *sem necessidade (no caso do uso de uma motobomba)* **é sempre prejudicial.**



## Resumindo:

É fundamental sempre lembrar, mais uma vez, que **a possibilidade da irrigação não só depende da qualidade da água de irrigação mas também da drenagem e da quantidade de água trazida, que determinam, juntos, o nível de salinidade no solo.**

- Em boas condições gerais de drenagem, a chuva e a percolação durante a irrigação (sobretudo por gravidade) asseguram geralmente a lavagem dos sais. Não há restrição particular.
- Em casos de drenagem externa ruim cavam-se drenos de maneira a permitir a evacuação da água e o enxugamento do solo. Se isto não for possível (por razões topográficas por exemplo), a irrigação deverá ser descartada.
- Em casos de drenagem **externa boa** e drenagem **interna deficiente,** a irrigação é possível,
  (1) aplicando **lâminas de lixiviação** para lavar o solo, porém **controladas, dentro dos limites impostos** pela baixa permeabilidade do solo;
  (2) **escolhendo cultivos** com tolerância à salinidade conveniente.

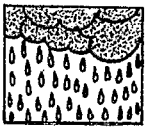
- **A lixiviação só tem sentido em boas condições de drenagem,** tanto **interna** (a água se infiltra com relativa facilidade) quanto **externa** (a água infiltrada pode ser

208

# DA NUVEM A PLANTA : COMO A ÁGUA MUDOU !

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA DE CHUVA

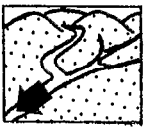
ÁGUA DE CHUVA



A ÁGUA DE CHUVA QUASE NÃO CONTEM SAIS

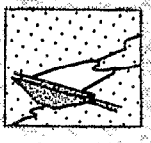
BACIA HIDROGRÁFICA

ÁGUA ESCOADA



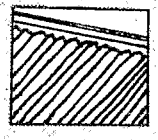
O SOLO E O SUBSOLO DETERMINAM A QUALIDADE DA ÁGUA ESCOADA

AÇUDE



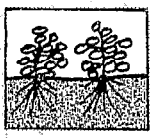
AS CARACTERÍSTICAS DO AÇUDE DETERMINAM A QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

ÁGUA DE IRRIGACAO



PERÍMETRO IRRIGADO

AS CARACTERÍSTICAS DO SOLO, DO MANEJO E DA DRENAGEM DETERMINAM A QUALIDADE DA ÁGUA NO SOLO



ÁGUA NO SOLO

*Aumento da condutividade elétrica da água*

evacuada); **se este não for o caso, o resultado será o oposto do desejado,** havendo risco de encharcamento e de subida do lençol freático.

**Na prática,** sobretudo quando se evidencia uma situação com problemas potenciais, deve-se observar de perto o perímetro para **detectar** a aparição de sinais indicadores de salinização. Isto encontra-se detalhado no item B5-7.

## 5. Recapitulação sobre o problema da salinização

Esse capítulo nos permitiu entender a origem dos sais na água e o fenômeno de concentração no açude e no solo da área irrigada. Depois desses esclarecimentos, podemos retomar o desenho da figura 176 porém com uma representação mais precisa dos fenômenos. A figura 208 recapitula o **caminho da água** desde a nuvem até a planta do perímetro irrigado e mostra como sua **qualidade** muda depois da sua passagem **na bacia hidrográfica, no açude** e **no perímetro irrigado,** sucessivamente. **A cada uma dessas etapas, diversos fatores intervêm para modificar a qualidade dessa água,** como detalhamos ao longo deste capítulo.

**O técnico pode influenciar** a evolução da qualidade da água em dois níveis:

- **no açude;**
  conferindo a natureza da bacia e se os escoamentos são salinizados; evitando um superdimensionamento; promovendo o uso mais intensivo possível da água do açude.
- **no perímetro irrigado;**
  escolhendo a área irrigável, conferindo a sua drenagem interna e externa e melhorando-as eventualmente; definindo um manejo adequado, evitando em particular a sobre-irrigação.

# B5-4
# Determinação da superfície do perímetro irrigado

**1. Dimensionamento para cultivos de ciclo curto**

*1.1 Algumas definições*
*1.2 Dados necessários para o dimensionamento do perímetro*
*1.3 Etapas do cálculo de* $S_{pot}$
*1.4 Cálculo final da superfície do perímetro* $S_{peri}$
*1.5 Exemplo de dimensionamento do perímetro irrigado* $S_{peri}$

**2. Dimensionamento de um perímetro com cultivos perenes**

*2.1 Hipóteses de dimensionamento para o cultivo de banana*
*2.2 Dimensionamento do perímetro*

Uma das dificuldades encontradas no uso dos açudes para irrigação é a **adequação da superfície do perímetro a ser instalado à potencialidade do reservatório.**

Implantar um perímetro pequeno demais corresponde a um desperdício, já que não se aproveita todo o potencial do reservatório.

Implantar um perímetro grande demais e plantar a totalidade da superfície, ao contrário, ocasiona a **falta d'água** antes dos cultivos completarem o seu ciclo vegetativo. Não são raros os casos de agricultores que, tendo iniciado a irrigação de uma parcela mal dimensionada, **esgotaram o açude** no meio do ciclo cultural.

*Dimensionamento de um açude utilizado para irrigação. Ver item A3*

A primeira parte deste Manual fornece diretrizes para o **dimensionamento conjunto** do açude e do perímetro irrigado.

Avalia-se, aqui, o dimensionamento do perímetro quando o **açude já existe, podendo ser este bem ou mal dimensionado.** A informação a esse respeito é dada pela razão $V_x/V_{esc}$ que "mede" a adequação do volume $V_x$ do açude aos escoamentos $V_{esc}$ gerados pela bacia hidrográfica.

Como foi assinalado anteriormente, a superfície do perímetro irrigado dependerá essencialmente do plano agrícola escolhido e, em particular, da alternativa **cultivo de ciclo curto/cultivo perene.** Os dois casos estão descritos a seguir.

## 1. Dimensionamento para cultivos de ciclo curto

*Plano cultural: ver item B5-1*

O plano cultural simples, que consiste em plantar um **cultivo de ciclo curto no período seco,** depois do tradicional cultivo de sequeiro do inverno, é o mais adequado aos pequenos açudes.

As estruturas de irrigação podem, também, ser utilizadas para complementação ou "salvação" dos cultivos de inverno plantados na área do perímetro irrigado.

### 1.1 Algumas definições

É muito importante **que se distinga,** desde já, **dois aspectos** do problema referente ao dimensionamento (figura 209):

*As características do pequeno açude implicam que a superfície irrigada variará a cada ano*

- a superfície $S_{peri}$ do perímetro irrigado a ser implementada (área coberta pela infra-estrutura de distribuição de água);
- a superfície $S_{plant}$ que se poderá plantar **dentro do perímetro,** a qual variará **a cada ano** em função da água disponível no açude, no momento do plantio.

A superfície $S_{peri}$ do perímetro é determinada a seguir, enquanto a superfície $S_{plant}$, a ser plantada a cada ano, é assunto ligado ao manejo do açude (ver item B5-7). $S_{plant}$ será, evidentemente, sempre inferior ou igual a $S_{peri}$.

A superfície do perímetro é determinada a seguir **a partir do cálculo de um valor máximo** $S_{pot}$:

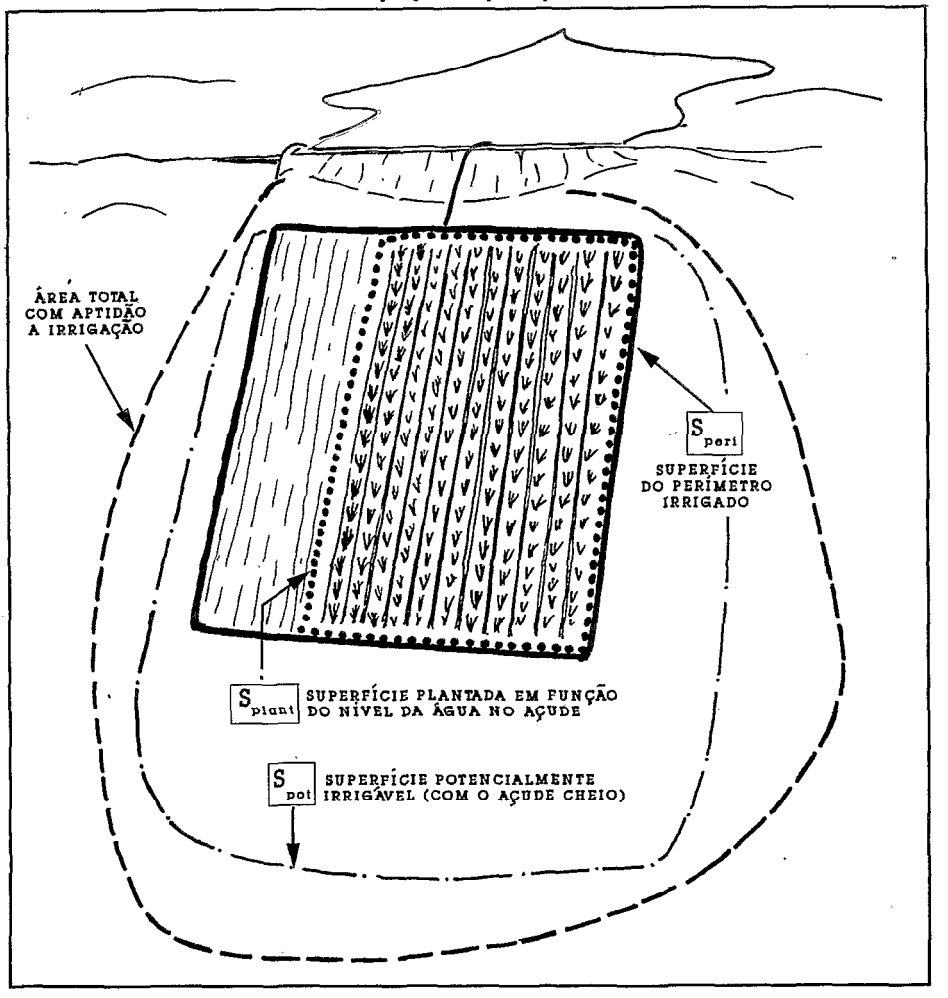
*Ver relação entre $V_x/V_{esc}$ e a freqüencia de sangria no item B5-2*

É fácil entender que não se pode determinar a superfície do perímetro tendo por base a capacidade armazenável do açude $V_x$ se este nunca enche. Por isso, deve-se considerar não apenas a sua capacidade $V_x$ mas, também, a quantidade de água $V_{esc}$ fornecida, em média, pela bacia hidrográfica. A razão $V_x/V_{esc}$ **constitui uma característica fundamental do açude** e informa, em particular, sobre a freqüência de enchimento (ou de sangria) do açude.

Na prática, determinar-se-á, **em primeiro lugar, a superfície potencial irrigável** $S_{pot}$ que corresponde à superfície **máxima** irrigável quando o açude está cheio. Como, porém, a irrigação após o inverno raramente será iniciada com o açude na sua cota máxima, a **superfície irrigável real será quase sempre inferior a este valor** $S_{pot}$.

Por este motivo, **o perímetro instalado deverá ter uma superfície** ($S_{peri}$) **inferior a** ($S_{pot}$). Em contrapartida, maior será sua probabilidade de ser inteiramente plantado e aproveitado; a redução assim operada **será basicamente determinada pela razão** $V_x/V_{esc}$. Essas definições são resumidas e explicitadas mais concretamente na figura 209. No caso

209 *Definição de $S_{peri}$ e $S_{plant}$*



considerado nesta figura, a superfície irrigável (com aptidão à irrigação) é maior do que o valor $S_{pot}$. Este não é necessariamente sempre o caso (podendo haver pouca área irrigável), como será explicitado no item seguinte (B5-5).

## 1.2 Dados necessários para o dimensionamento do perímetro

### ■ Características e volume do açude

*As características do açude são determinadas no item B5-2.*

A forma do açude e sua capacidade terão evidentemente uma grande influência no resultado. Deve-se calcular os **coeficientes geométricos** ($\alpha$) e (K) ou dispor da tabela PSV definidos no item B5-2.

As perdas por evaporação e infiltração são levadas em conta calculando-se o **rebaixamento natural** (EVINF) do açude **durante a duração do ciclo,** como indicado no item B5-2.

### ■ A razão $V_x/V_{esc}$

A razão $V_x/V_{esc}$ indica o dimensionamento do açude com relação a sua bacia hidrográfica. Esta pode ser estimada (ver item B5-2) ou calculada (ver A2 para o cálculo de $V_{esc}$).

### ■ Cotas inicial e final

Para determinar o valor da superfície $S_{pot}$, considera-se **o açude cheio,** ou seja, um valor $H_{inicial} = H_x$ (cota máxima).

O nível final é o nível da água com o qual se quer deixar o açude no fim do ciclo do cultivo, ou seja, no fim da irrigação. Esse nível **pode ser zero,** caso se disponha de outra fonte d'água para o abastecimento humano e animal (açude maior, açude público, cisterna, cacimba, poço amazonas...). Como já foi notada, essa separação das fontes e dos usos permite **liberar inteiramente** o pequeno açude para irrigação.

Às vezes, o reservatório não pode ser totalmente esvaziado, devido a vários fatores possíveis, **impondo assim uma cota $H_{final}$ maior:**

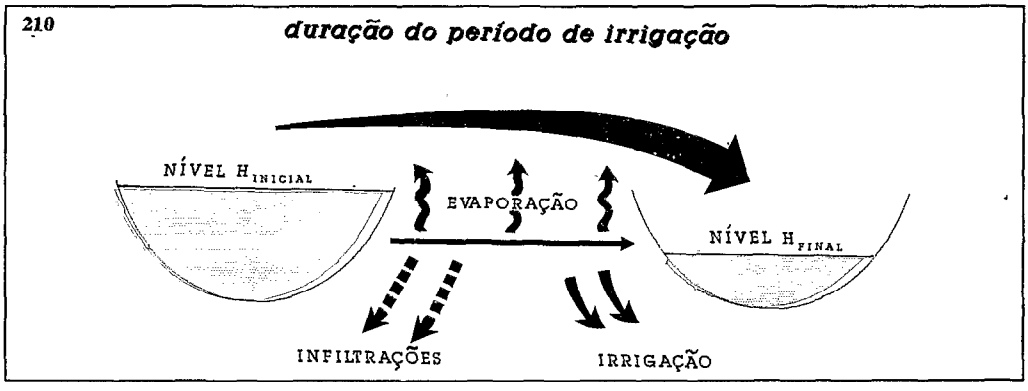
- precisa-se **conservar um determinado volume d'água** para atender necessidades futuras, muitas vezes até o início do próximo inverno (abastecimento, criação de peixe, etc.);
- a tomada de água da bomba ou do sifão não alcança o fundo do açude;
- abaixo de certo nível, a água torna-se excessivamente barrenta.

### ■ Características da irrigação

Deve-se escolher um cultivo e conhecer seus coeficientes culturais ($K_c$) bem como a ETP (ver Anexos 3 e 4 para essas variáveis), a fim de calcular as suas necessidades hídricas. Enfim, deve-se avaliar a **eficiência da irrigação.**

## 1.3 Etapas do cálculo de $S_{pot}$

Determinar a superfície $S_{pot}$ equivale a responder à pergunta seguinte (figura 210): sendo escolhidos os cultivos, considerando-se uma cota inicial $H_{inicial} = H_x$ (açude cheio) e uma cota final $H_{final}$, qual é a superfície irrigada que permite passar da primeira para a segunda no decorrer do ciclo vegetativo das culturas, computando-se todas as perdas por evaporação e infiltração?




## ■ Cálculo do volume disponível no açude

*Os valores do volume podem ser lidos diretamente na tabela PSV.*

Uma vez determinados $H_{inicial}$ ($H_{inicial} = H_x$, profundidade máxima, para o cálculo de $S_{pot}$) e $H_{final}$, calcula-se o volume disponível $V_{disp}$ por:

$$V_{disp} = V_{inicial} - V_{final} = K\,(H_{inicial}^{\alpha} - H_{final}^{\alpha})$$

## ■ Necessidades para o abastecimento: $V_{abas}$

Deve-se avaliar o volume de abastecimento $V_{abas}$ necessário para assegurar o abastecimento em toda a duração do ciclo cultural. Computa-se:

40 l /res/dia
200 l/família/dia

O total $V_{abas}$ deve ser expresso em $m^3$.

## ■ Volume perdido por evaporação e infiltração: $V_{perdas}$

O volume $V_{perdas}$ calcula-se a partir do valor EVINF, estimado como indicado anteriormente, e da **superfície média**. Essa superfície é igual a $(S_{inicial} + S_{final})/2$, onde $S_{inicial}$ e $S_{final}$ são as superfícies correspondentes a $H_{inicial}$ e $H_{final}$ na tabela PSV.

Calcula-se $V_{perdas}$ por:

$$V_{perdas} = 0.54 \,.\, 10^{-3} \,.\, EVINF.(S_{inicial} + S_{final})$$

(EVINF) é expresso em mm; o coeficiente 0.54 corresponde a uma correção da fórmula com relação ao valor real e o fator $10^{-3}$ ao fato de EVINF ser expresso em mm. Pode-se, também, recalcular diretamente os valores das superfícies pela fórmula:

$$V_{perdas} = 0.54 \,.\, \alpha \,.\, K \,.\, 10^{-3} \,.\, EVINF(H_{inicial}^{(\alpha\,-1)} + H_{final}^{(\alpha\,-1)})$$

## ■ Volume unitário: $V_{ha}$

**O volume unitário é o volume de água necessário para irrigação de 1 ha ($V_{ha}$).** O seu cálculo é clássico: se durante um determinado período, de ETP conhecida, o coeficiente

cultural do cultivo plantado é (Kc), o volume necessário à irrigação de uma superfície (S) com uma eficiência (EF) é:

$$V_{irrig}(m^3) = Kc \,.\, ETP(mm) \,.\, S(ha) \,.\, 10/EF$$

O volume unitário é o volume de água necessário para irrigação de um hectare, ou seja:

$$V_{ha} = Kc \,.\, ETP(mm) \,.\, 10/EF$$

O Anexo 3 fornece os coeficientes Kc das principais culturas irrigadas para **subperíodos** do ciclo de 15 ou 30 dias (para facilitar os cálculos, considerou-se durações de ciclo sempre iguais a um múltiplo de 15).
Basta confrontrar, numa mesma tabela, os valores dos coeficientes Kc e os da ETP da época e do local em que se fez a irrigação para determinar os volumes d'água necessários a cada subperíodo do ciclo.

□ **Exemplo de cálculo do volume unitário:**

**ETP Caicó (RN), cultivo de cebola**

| **MÊS** | **JULHO** | | **AGOSTO** | | **SETEMBRO** | | **OUTUBRO** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Quinzena** | **1** | **2** | **1** | **2** | **1** | **2** | **1** | |
| *ETP/dia* | *4.4* | *4.4* | *5.2* | *5.2* | *5.6* | *5.6* | *6.2* | |
| **ETP/***quinzena* | *66* | *66* | *78* | *78* | *84* | *84* | *93* | |
| $K_c$ | *.5* | *.75* | *.75* | *.90* | *.90* | *.85* | *.80* | |
| **VOLUME** *necessário por ha* | *330* | *495* | *585* | *702* | *756* | *714* | *744* | **Total** *4.326 m³* |
| **VOLUME UNITÁRIO** | | | *(com eficiência 0.5)* | | | | | *8.652 m³* |

A ETP é dada pela tabela do Anexo **4 por valor diário** e deve ser multiplicada por 15 para se obter a ETP total de cada quinzena. Para simplificar os cálculos e compatibilizá-los com os valores quinzenais dos coeficientes Kc, considera-se todos os meses como tendo 30 dias.
O volume unitário é obtido somando os volumes quinzenais e **dividindo o resultado pela eficiência**, a qual depende do tipo de irrigação empregado. Uma margem de segurança eventual pode ser incluída neste coeficiente, como é de praxe.

Caso não haja informações mais precisas, pode-se adotar os valores de eficiência seguintes, de acordo com o tipo de irrigação:

| | **Eficiência média** | **Variação** |
|---|---|---|
| *Sulco* | *.5* | *.3 até .65* |
| *Mangueiras* | *.65* | *de .5 até .75* |
| *Aspersão* | *.7* | *de .6 até .75* |
| *Gotejamento* | *.85* | *de .8 até .9* |

211

# DETERMINAÇÃO DA SUPERFÍCIE IRRIGÁVEL

**VOLUME DISPONÍVEL**

$V_{disp} = V_{inicial} - V_{final}$

$(m^3) \quad (m^3) \quad (m^3)$

$V = K.( H_{inic}^{\alpha} - H_{final}^{\alpha} )$

**VOLUME PERDIDO POR EVAPORAÇÃO E INFILTRAÇÃO**

$V_{perdas} = 1{,}08.\ 10^{3}\ EVINF\ \left( \frac{S_{inicial} + S_{final}}{2} \right)$

$V_{perdas} = 0{,}54.\ 10^{3} \alpha\ .K.\ EVINF( H_{inicial}^{(\alpha-1)} + H_{final}^{(\alpha-1)} )$

EVINF: REBAIXAMENTO NATURAL
*( EVAPORAÇÃO E INFILTRAÇÕES )*

$$S_{pot}\ (ha) = \frac{V_{disp} - V_{perdas} - V_{abast}}{V_{ha}}$$

SUPERFÍCIE POTENCIALMENTE IRRIGÁVEL

**VOLUME UNITÁRIO**
VOLUME DE IRRIGAÇÃO PARA UM HECTARE

$V_{ha} = 10\ (\ Kc\ .ETP_i\ )\ /\ EF$

- Kc: COEFICIENTE CULTURAL DO SUBPERÍODO i
- $ETP_i$ (mm): ETP DO SUBPERÍODO i
- EF: EFICIÊNCIA DA IRRIGAÇÃO

**VOLUME DE ABASTECIMENTO**

$V_{abast}\ (m^3)$

40 l/dia/res
200 l/dia/família

**Nota:** se houver dois ou vários cultivos diferentes irrigados, bastará efetuar o cálculo do volume unitário de cada cultivo e calcular o volume unitário médio da seguinte maneira: se o perímetro for plantado, por exemplo, com 40% de um cultivo A, de volume unitário $V_{ha}(A)$, e 60% de um cultivo B de volume unitário $V_{ha}(B)$, o volume unitário médio do perímetro será:

$$V_{ha} = 0.4\, V_{ha}(A) + 0.6\, V_{ha}(B)$$

■ **Cálculo da superfície irrigável potencial do açude: $S_{pot}$**

Obtém a superfície irrigável potencial $S_{pot}$, expressa em hectares, mediante a fórmula seguinte (figura 211).

$$S_{pot} = \frac{V_{disp} - V_{perdas} - V_{abas}}{V_{ha}}$$

O valor $S_{pot}$ calculado fixa, assim, o **potencial máximo do açude em termos de superfície irrigável**, para o tipo de plano cultural escolhido.

## 1.4 Cálculo final da superfície do perímetro $S_{peri}$

■ **Deduzir a superfície do perímetro a partir de $S_{pot}$**

Como explicitado no início deste capítulo, deve-se **reduzir** a superfície $S_{pot}$ para determinar a superfície $S_{peri}$ do perímetro. O coeficiente multiplicativo de redução é dado, em função da razão $V_x/V_{esc}$, pela figura 212 que apresenta curvas diferenciadas para os casos seguintes:

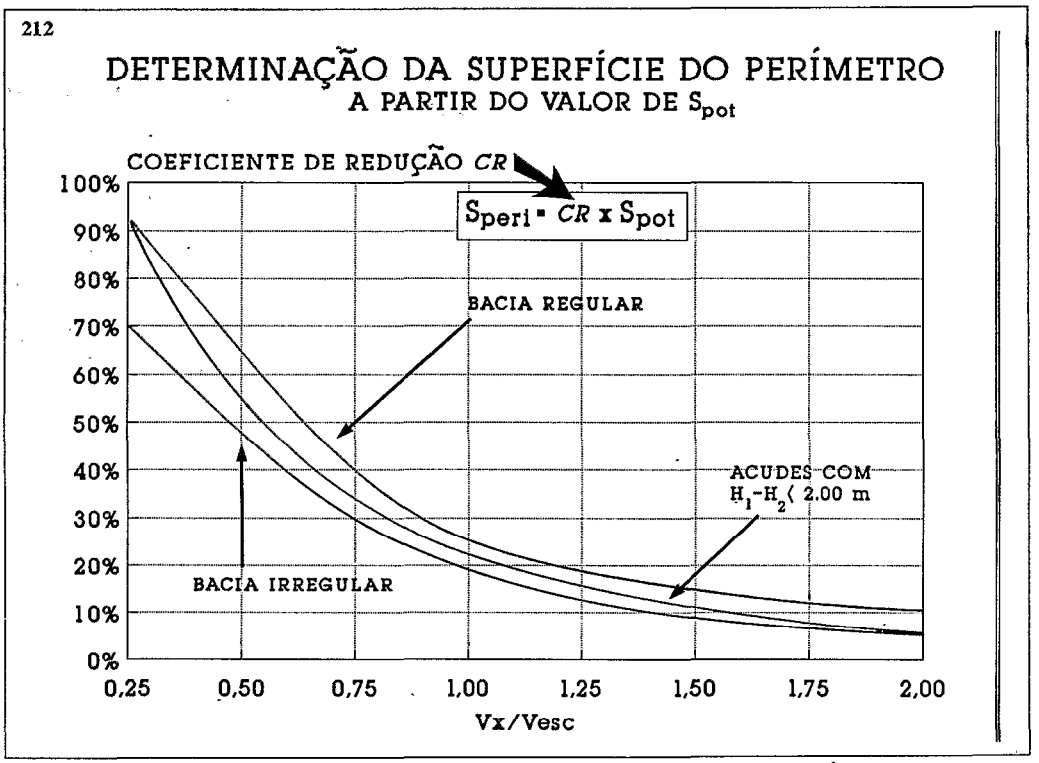
- Irrigação no verão (sem complementação dos cultivos de sequeiro no inverno).
- Açudes de menos de 3.00 m de profundidade ou, de modo geral, com $H_1 - H_2 < 2$ m; o valor da superfície deve ser inferior porque as perdas por evaporação são maiores, em relação ao volume total.
- Açudes com bacias de escoamento irregular (ver quadro e item A3 (fator de correção CL) para maiores explicações).

**Importante:** Observa-se que a superfície do perímetro não é determinada unicamente a partir do volume do açude, **mas a partir de um valor $S_{pot}$**, posteriormente reduzido para levar em consideração a especificidade hidrológica do açude. Isto tem a grande vantagem de **definir o perímetro com relação a um determinado uso**: uma regra mais simples, baseada no volume do açude, seria errônea na medida em que não se poderia, por

**O que é uma "bacia irregular"?**

*Algumas bacias, por comportarem outros açudes ou zonas de retenção (tais como aluviões arenosos) apresentam escoamentos mais irregulares. Isto significa que, para um determinado volume anual médio $V_{esc}$, um açude situado numa bacia irregular terá sangrias menos freqüentes mas, em compensação, um pouco mais fortes do que se fosse situado numa bacia regular. Isto não será favorável para perímetros com cultivos perenes que precisam de uma irrigação constante e regular.*

exemplo, dar uma resposta única para a irrigação de um plantio de feijão de 60 dias com um açude sem infiltrações ou para a irrigação de um cultivo de tomate de 120 dias a partir de um açude com muitas infiltrações.




■ **Considerações suplementares para determinação de $S_{peri}$**

O valor de $S_{peri}$ determinado acima corresponde, aproximadamente, à superfície que pode ser plantada inteiramente 6 a 7 anos em cada decênio. Na prática, ajustamentos podem ser necessários em certos casos, distinguindo-se, em particular, as situações seguintes:

- Se o custo de implantação do perímetro for muito barato (distribuição por sifão e canais de barro, por exemplo), poderá ser válido prever um sistema de irrigação que possibilite a rega de uma área maior (mas não superior a $S_{pot}$), a qual será inteiramente plantada somente nas áreas excedentes.
- Pode-se dar preferência à irrigação de complemento ou de salvação dos cultivos de sequeiro no inverno. Neste caso as necessidades hídricas são apenas de complementação, havendo, então, **possibilidade de cobrir uma área maior,** o valor de $S_{peri}$ podendo ser assim aumentado e, eventualmente, ser até maior que $S_{pot}$. Isto, no entanto, será rentável apenas quando a ampliação do perímetro **não acarretar um investimento suplementar muito grande.**
- **Ao contrário,** seremos, muitas vezes, levados a escolher um perímetro irrigado de **superfície** ($S_{peri}$) **inferior** ao valor calculado, **por falta de terra irrigável** (ver item B5-5 sobre dimensionamento do sifão), **de capacidade de investimento, de mão-de-obra,** etc...

## 1.5 Exemplo de dimensionamento do perímetro irrigado ($S_{peri}$)

Considera-se um açude com coeficientes geométricos:

$\alpha = 2.95 \quad K = 840$

A cota inicial é $H_{inicial} = 4.20$ m e a cota final desejada é $H_{final} = 2.00$ m.

O cultivo plantado é a cebola, com uma duração do ciclo considerada de 105 dias. A irrigação por gravidade tem eficiência de 0.5. A data do plantio é o 1° de junho.

213 *Determinar a superfície de um perímetro irrigado a ser plantado com cultivos de ciclo curto*

**1) Volume disponível**

O volume disponível é: $V_{disp} = V_{inicial} - V_{final} = K\,(4.20^{2.95} - 2^{2.95}) = 51434\ m^3$

**2) Volume de abastecimento:**

100 reses abastecem-se diariamente no açude. $V_{abas} = 100 \times 0.04 = 4\ m^3/dia$

Para um ciclo cultural de 105 dias de duração: $V_{abas} = 4 \times 105 = 420\ m^3$

**3) Volume perdido:**

Supõe-se que EVINF, calculado como indicado no capítulo B5-2, valha 820 mm.

$$V_{perdas} = .54 \,.\, \alpha \,.\, K \,.\, 10^{-3} \,.EVINF(H_{inicial}^{(\alpha\,-1)} + H_{final}^{(\alpha\,-1)})$$
$$= .54 \,.\, 2.95 \,.\, 840 \,..\, 82 \,.\, (4.20^{1.95} + 2^{1.95})$$
$$= 22255\ m^3$$

**4) Volume unitário:**

Considera-se o valor calculado no exemplo anterior, referente a um cultivo de cebola, à ETP de Caicó (RN) e a uma eficiência de 0.5: $V_{ha} = 8.652\ m^3$

**5) Cálculo de $S_{pot}$**

$S_{pot} = (51434 - 420 - 22255)/8652$
$S_{pot} = 3.3$ ha

**6) Cálculo da superfície do perímetro irrigado ($S_{peri}$)**

O açude tem capacidade de $57.925\ m^3$ e supõe-se que o volume escoado anual médio $V_{esc}$ foi calculado em $125.000\ m^3$. Para uma situação normal (bacia regular), calcula-se a razão $V_x/V_{esc} = 57.925/125.000 = .52$, a qual corresponde a um coeficiente de redução de .70, o que leva a um perímetro irrigado de superfície

$S_{peri} = 0.70\, S_{pot} = 2.35$ ha.

## 2. Dimensionamento de um perímetro com cultivos perenes

O dimensionamento de um perímetro plantado com cultivos perenes é muito diferente do dimensionamento para um plano cultural limitado ao plantio de um cultivo de ciclo curto no início do período seco, analisado no item anterior, porque:

— há necessidade de **garantir água o ano todo;**

— o **prejuízo econômico é maior** quando as culturas morrem.

Quanto maior o perímetro, maior será o risco de déficit prolongado e de morte das culturas do perímetro. A superfície do perímetro deverá ser menor que no caso anterior e dependerá muito do nível de risco aceito.

Este risco vai depender, em grande parte, da **capacidade de resistência das culturas** a um período de estresse hídrico, a qual varia muito de um cultivo para outro: algumas fruteiras, como a pinheira, são capazes de resistir a estiagens prolongadas; outras, como a bananeira, são muito sensíveis à falta d'água. Existe, ainda, o caso da cana ou do capim elefante, que podem parar de crescer durante o período de déficit e retomar o crescimento posteriormente.

Devido a essa diversidade de situações, consideraremos, a seguir, **apenas o caso da bananeira,** por se tratar de uma das culturas irrigadas (semi)perenes mais importantes e mais difundidas e por ser ela uma das mais sensíveis à falta d'água.

### 2.1 Hipóteses do dimensionamento para o cultivo de banana

Cabe, em primeiro lugar, definir os critérios escolhidos para determinar a superfície do perímetro. Os resultados apresentados a seguir correspondem à superfície máxima que pode ser plantada **com bananeiras,** de modo que:

- haja **rendimento máximo pelo menos dois anos em cada três.** O resto das vezes, a safra será inferior à máxima ou até nula;
- se perca o bananal, por falta d'água, **no máximo um ano em cada dez** em que se obteve um rendimento não nulo. Dito de outra maneira, para cada perda do bananal teremos, no mínimo, dez safras anuais não nulas asseguradas.

Sendo definidas essas duas condições, **duas variáveis fundamentais** condicionam o valor da superfície $S_{peri}$ :

- a profundidade máxima do açude ($H_x$);
- o dimensionamento do açude, representado pela razão $V_x/V_{esc}$.

Além dessas duas variáveis fundamentais, $H_x$ e $V_x/V_{esc}$, é necessário considerar, também, para um determinado volume $V_{esc}$, a irregularidade do escoamento de um ano para outro (como no caso anterior). Essa irregularidade tem uma incidência importante sobre a perenidade do bananal e sobre o risco de perdê-lo, devendo-se reduzir o tamanho do perímetro.

*Classes de infiltração: Ver item B5-2*

Os cálculos foram efetuados para um valor do **coeficiente de forma** $\alpha = 2.70$ e uma **infiltração** de 10%, ou seja, para um açude de classe 1 (açudes de várias centenas de milhares de $m^3$ são quase sempre de classe 1).

A **eficiência** da irrigação considerada é 0.5, a **ETP anual** vale 1805 mm (Caicó/RN) e o **coeficiente cultural** Kc = 1.10, considerado constante ao longo do ano. Correções serão efetuadas para um caso qualquer (ver mais adiante).

## 2.2 Dimensionamento do perímetro

A tabela 215-a fornece a superfície $S_{peri}$ do perímetro em função de $H_x$ e $V_x/V_{esc}$, para quatro valores do volume $V_x$: 150.000 $m^3$, 200.000 $m^3$, 300.000 $m^3$ e 500.000 $m^3$.
A tabela 215-b apresenta o mesmo resultado, porém para uma bacia com escoamentos irregulares.

☐ **Exemplo:**

Consideremos um açude de 250.000 $m^3$ de capacidade e 6 metros de profundidade com escoamento regular. A razão $V_x/V_{esc}$ foi estimada próxima a 1.00. A tabela 215-a fornece $S_{peri}$ = 1.00 e 1.30, para volumes respectivos de 200.000 e 300.000 $m^3$. Por interpolação, deduz-se o valor de $S_{peri}$ para o açude de 250.000 $m^3$, ou seja, 1.15 ha.

214 *Dimensionar um perímetro plantado com bananeiras*

☐ **Notas:**

- A tabela 215 comprova a enorme variação do resultado, para um volume $V_x$ fixado, com as variáveis $H_x$ e $V_x/V_{esc}$ e evidencia que o **volume do açude não é uma variável muito expressiva sem informações complementares** sobre a sua profundidade e os escoamentos da sua bacia.
- Observa-se que o tamanho do perímetro é **muito inferior** ao valor que se obteria para um plano cultural como aquele apresentado no item anterior. No exemplo acima, $S_{peri}$ é aproximadamente 3 vezes inferior ao valor que seria encontrado para um perímetro com cultivo de tomate depois do inverno.
- No caso de haver uma fonte de água alternativa (um poço amazonas com uma motobomba, por exemplo), pode-se ultrapassar um pouco os valores da tabela 215, em particular no caso de açudes pouco profundos (4-5 m).

☐ **Correções:**

O valor da tabela deverá ser corrigido quando os valores dos parâmetros de base forem diferentes dos adotados. Multiplica-se o valor $S_{peri}$ da tabela por:

- EF/.5 , para uma eficiência diferente de .5;
- 1805/ETP , para uma ETP anual diferente de 1.805 mm
- .8 , para um açude de classe de infiltração 2 (ver item B5-2).
- 1.1 , para um valor de ($\alpha$) de 2.20.
- .9 , para um valor de ($\alpha$) de 3.20.

Os valores propostos nas duas tabelas foram calculadas nas condições do Sertão Norte, podendo haver variações segundo alguns fatores, em particular a pluviometria (total anual e irregularidade das chuvas). Para o Agreste e/ou bacias com escoamentos duradouros (minações), será possível aumentar as superfícies indicadas.

# SUPERFÍCIE $S_{peri}$ DE UM PERIMETRO DE BANANEIRAS EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE DO AÇUDE, DO SEU VOLUME E DO SEU DIMENSIONAMENTO

| $V_x/V_{esc}$ / Hx(m) | .5 | .75 | 1 | 1.33 | 2 |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | .8 1.0<br>– – | .3 .5<br>– – | – –<br>– – | – –<br>– – | – –<br>– – |
| 5 | 1.4 1.7<br>2.6 4.4 | .8 1.1<br>1.6 2.4 | .3 .5<br>1.0 1.2 | – –<br>– – | – –<br>– – |
| 6 | 1.7 2.5<br>3.5 5.8 | 1 1.6<br>2 3.4 | .6 1.0<br>1.3 2.2 | – –<br>.3 – | – –<br>– – |
| 8 | 2.7 3.0<br>4.5 8.0 | 1.7 2.1<br>3.2 5.2 | 1.1 1.6<br>2.2 3.8 | .5 .7<br>1.1 1.9 | .4 .3<br>.5 1.0 |
| 10 | • 3.4<br>5.2 9.0 | • 2.4<br>3.7 6.3 | • 2.0<br>2.8 4.7 | • 1.2<br>1.8 2.8 | • .4<br>1.1 1.3 |
| 12 | • •<br>5.4 9.6 | • •<br>4.1 7.3 | • •<br>3.0 5.5 | • •<br>2.3 4.0 | • •<br>1.2 1.8 |

**bacia regular**

*(valor em ha)*

| $V_x/V_{esc}$ / Hx(m) | .5 | .75 | 1 | 1.33 | 2 |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | – –<br>– – | – –<br>– – | – –<br>– – | – –<br>– – | – –<br>– – |
| 5 | – .5<br>1 1.6 | – .2<br>.4 .8 | – –<br>– – | – –<br>– – | – –<br>– – |
| 6 | – 1.4<br>1.5 3 | – .7<br>.8 1.6 | – .2<br>– .6 | – –<br>– – | – –<br>– – |
| 8 | – 1.8<br>2.8 4.7 | – 1<br>1.7 2.5 | – .5<br>.6 1 | – .4<br>.5 .8 | – –<br>– – |
| 10 | • 2.2<br>3.5 6 | • 1.6<br>2.6 4.2 | • .8<br>1.3 1.8 | • .5<br>.8 1.6 | • .3<br>.5 .9 |
| 12 | • •<br>4 7 | • •<br>2.8 4.7 | • •<br>2.2 3 | • •<br>1 1.6 | • •<br>.5 1 |

**bacia irregular**

*(valor em ha)*

# B5-5
# Como Retirar a Água do Açude

**1. Escolha e dimensionamento de um sifão**

1.1 Escolha do sifão
1.2 Acessórios
1.3 Dimensionamento do sifão
- Tipos de situação
- Roteiro do dimensionamento
- Calcular o diâmetro do sifão

1.4 Outros tipos de sifão
- sifão simplificado
- sifão de PVC
- sifão de ferro fundido

**2. A Galeria**

21 Descrição
2.2 Dimensionamento da galeria

**3. Uso de Motobombas**

3.1 Escolha da moto-bomba
3.2 Bombeamento do volume morto do açude
3.3 Exemplo de cálculo técnico
3.4 A tomada d'água

Haja vista os numerosos sistemas de irrigação existentes e a diversidade das situações encontradas na prática, não há interesse em abordar, no quadro deste manual, a descrição e o cálculo dos diversos projetos de irrigação possíveis (para isso, ver os manuais de irrigação). Haverá casos (solos muito arenosos, topografia excessivamente acidentada, mão-de-obra limitada,...) em que a **irrigação por aspersão** (ou até por gotejamento) constituirá a solução mais adequada. No entanto, escolhemos dar ênfase à **irrigação gravitária** por ser esta:

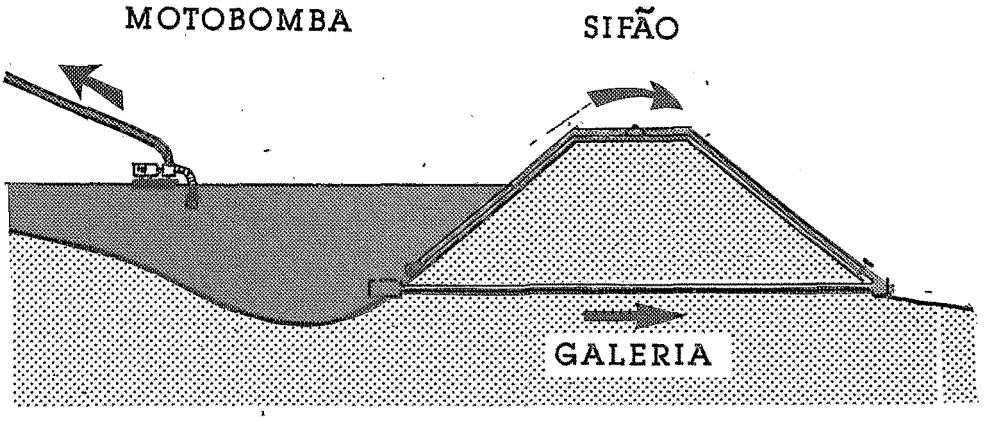
- A técnica mais barata em termos de investimento.
- A técnica mais simples em termos de material empregado (pouco sofisticada) e mais adaptada à realidade sócio-econômica dos pequenos produtores do sertão nordestino. Em particular, a mão-de-obra não é em geral um fator limitante.
- A técnica que mais necessita de reflexão e bom senso tanto na sua implantação quanto no seu manejo e, portanto, merece exame particular e dicas técnicas. Um projeto de aspersão, ao contrário, pode ser considerado mais "convencional" e menos problemático.

Por essas razões, nossa atenção se limitará a duas situações:

- Irrigação **gravitária a jusante** dos açudes; a água é retirada do açude através de um **sifão** ou de uma **galeria**, se esta foi prevista na construção do açude;
- Irrigação **gravitária a montante** dos açudes; a água é bombeada até o ponto mais alto da área irrigável e distribuída por uma rede de canais de alvenaria e/ou de terra.

Em primeiro lugar, nos voltaremos para os três principais métodos que permitem retirar a água do açude para irrigar: o sifão, a galeria e a motobomba (figura 216). No item seguinte, apresentaremos as principais soluções para distribuir a água em pequenas parcelas irrigadas por gravidade.

216 *Retirar a água do açude*




## 1. Escolha e dimensionamento de um sifão

Chama-se **sifão** uma tubulação que conduz água de um ponto alto até um ponto baixo mas cujo percurso, por razões práticas, apresenta uma parte mais alta que a entrada da tubulação.
Um sifão funciona se **quatro condições** são cumpridas:

1) A sua saída deve estar em um nível inferior ao da entrada.

2) A diferença de nível entre a entrada do sifão e o ponto mais alto do seu percurso não deve ultrapassar um certo limite. Esse limite é da ordem de 7.00 m mas varia em função do material (ver mais adiante).

3) O sifão, deve estar, inicialmente, cheio de água para que a água possa começar a fluir nele. Essa operação chama-se **escorvar** o sifão.

4) O sifão não deve apresentar entrada de ar: todos os seus componentes estarão acoplados apertadamente.

217 *Sifão de polietileno no açude*

Esse capítulo permite escolher e **dimensionar o sifão**, ou seja determinar seu diâmetro, o qual deverá ser **o menor possível** (para diminuir o seu custo), porém **suficiente** para permitir a passagem da vazão requerida no perímetro irrigado.

## 1.1 Escolha do sifão

O sifão é constituído, geralmente, de tubos de **polietileno** (mangueira preta), de **tubos de PVC** soldável (tubos convencionais **do tipo PN 80** (resistente a 80 metros de coluna d'água de pressão) ou porções de tubos acoplados) ou de **tubos de aço** ou ferro fundido, acoplados por rosca (ou flanges).

Em termos práticos, o tubo de ferro fundido (ou de aço) é mais resistente, evitando, assim, problemas que acontecem no coroamento do açude, quando o sifão fica desprotegido: amassamento (para o polietileno) e rachamento (para o **PVC**). Em todos os casos a sua vida útil é maior. Um sifão de ferro fundido é também **preferível** para paredes de grande altura (6-8 metros ou maior) porque agüentam subpressões importantes.

Em compensação, o **sifão de polietileno apresenta as seguintes vantagens:**

- é mais barato que o tubo metálico (porém mais caro que o PVC);
- proporciona uma perda de carga por atrito um pouco menor que a do tubo metálico;
- é mais fácil de ser instalado, sobretudo se o açude estiver com bastante água: o tubo de polietileno permite, também, um acesso fácil à válvula, caso ela venha a enguiçar, entupir ou sujar-se (ver item B5-8: Acoplamento e instalação);
- por ser o sifão constituído de dois trechos **sem emendas** e recortados em função do tamanho do açude, limita-se as junções (que ocorrem a cada 6 metros com os outros tubos) e, assim, também as possibilidades de entrada de ar;
- reage à sub-pressão achatando-se enquanto o PVC quebra, devendo ser substituído;
- facilita um eventual acoplamento com uma motobomba.

Na hora de comprar o tubo de polietileno, é importante verificar a **qualidade do material.** Encontra-se grande variação de preço do metro linear em função dessa qualidade e não é sempre judicioso comprar o mais barato. Distingue-se:

- Uma qualidade baixa de **polietileno dito de recuperação**, geralmente para pequenos diâmetros (eletroduto para construção).
- **Polietileno comum**, barato porém de vida útil limitada, sobretudo se exposto a sol.
- **Polietileno estabilizado**, de vida útil cinco vezes superior ao anterior, mas de preço superior em cerca de 70 a 80 %.
- **Polietileno de alta densidade**, de resistência superior e, por isso, de menor espessura. Este é ainda raro e pouco adaptado ao uso que nos interessa por ser duro e de difícil acoplamento com os niples.

O polietileno estabilizado, resistente à degradação pela luz, é o melhor material. No caso de optar por polietileno comum, verificar se a espessura é da ordem de 6 mm, para um diâmetro de 4", 5.5 para 3" e 5 mm para 2".

Tubos mais finos devem ser descartados por serem sujeitos a achatamento (por causa da pressão interna, na parte alta do sifão, ser inferior à pressão atmosférica).

A vida útil do polietileno é geralmente da ordem de 10 anos. A dos tubos de PVC enterrados alcança 15-40 anos; o tubo de aço enterrado 15-25 anos e 10 anos quando em superfície.

Sifões de comprimento inferior a 25 metros e diâmetro de no máximo 2", por permitirem um fácil manuseio, poderão ser móveis e escorvados a cada operação. Para um uso mais conveniente, recomenda-se, entretanto, muni-los de um **registro** na saída, o qual permite deixar o sifão com água e evitar assim escorvá-lo. **De maneira geral, para sifões maiores, aconselha-se fazer uma montagem completa com os acessórios descritos a seguir, de forma que o dispositivo fique enterrado e pronto para funcionar a cada momento.**

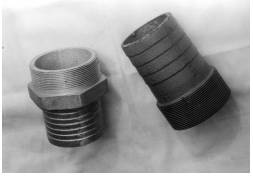
## 1.2 Acessórios

*Outros tipos de sifão.* *Ver pág. 314*

A figura 219 reproduz um sifão de polietileno com todos seus componentes. Distinguem-se:

### 1) A válvula de pé

A válvula de pé é uma peça constituída de um crivo e de uma válvula que se fecha (caso inverta-se o fluxo d'água) para evitar esvaziamento do sifão, em particular no momento do seu enchimento.
Existem válvulas de ferro fundido e outras de bronze, de custo bem superior mas imunes a problemas de enferrujamento.
Normalmente, a largura do vão (área livre do crivo) é igual à do "cheio". Deve-se cuidar que o vão não seja inferior ao cheio, o que causaria uma perda de carga grande demais. Recomenda-se também que a área livre seja superior a duas vezes a secção do sifão.



### 2) Niples

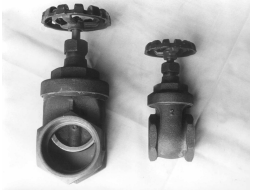
Os niples são peças que apresentam uma extremidade rosqueada (para acoplamento com a rosca do registro, da válvula, e do tê), e outra cônica, com ranhuras, destinada a ser embutida nos tubos flexíveis de polietileno.

### 3) O tê e o bujão

A peça tê faz a junção entre os 2 trechos do sifão e permite enchê-lo d'água pela abertura do bujão. O bujão pode ser de diâmetro inferior ao do sifão. Para facilitar a abertura do bujão, é **imprescindível** que se solde nela uma peça em forma de arco ou uma cruzeta de ferro.
A peça redonda será **preferida**, já que ela permite o uso de uma alavanca.

### 4) As abraçadeiras

As abraçadeiras permitem fixar os tubos flexíveis aos niples, evitando a entrada de ar no sifão, o que prejudicaria o seu funcionamento e o levaria rapidamente a esvaziar-se e parar.
Deve-se escolher **abraçadeiras reforçadas.**

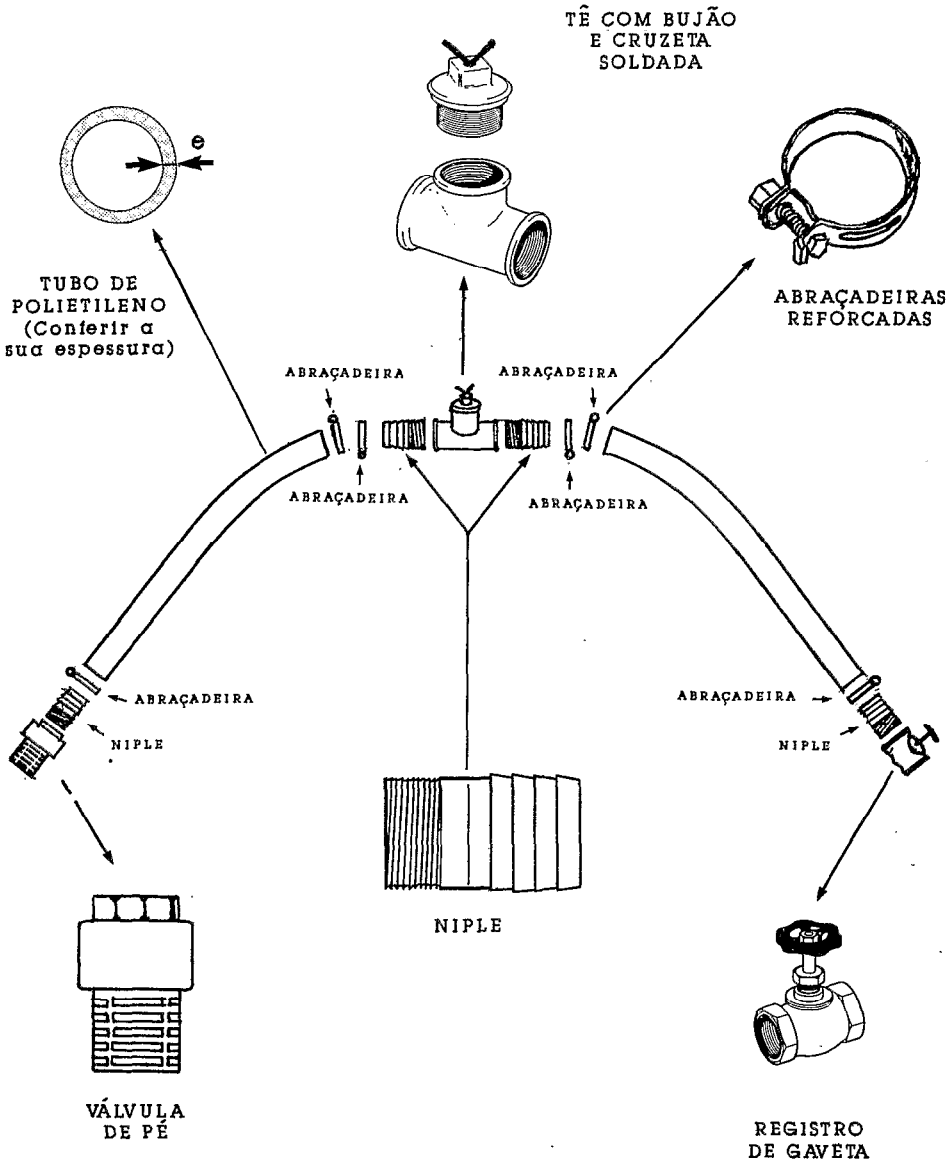


### 5) O registro de gaveta

Situado no ponto de saída, ele interrompe e controla o fluxo d'água, segurando-a dentro do sifão para posterior utilização.
Sendo de bronze, seu custo é geralmente elevado. Pode-se, por razões de economia, substituí-lo por um registro de **diâmetro inferior** ao do sifão, utilizando-se uma luva de redução adequada.

219 *Ilustração do Sifão e seus acessórios*

# O SIFÃO E SEUS ACESSÓRIOS

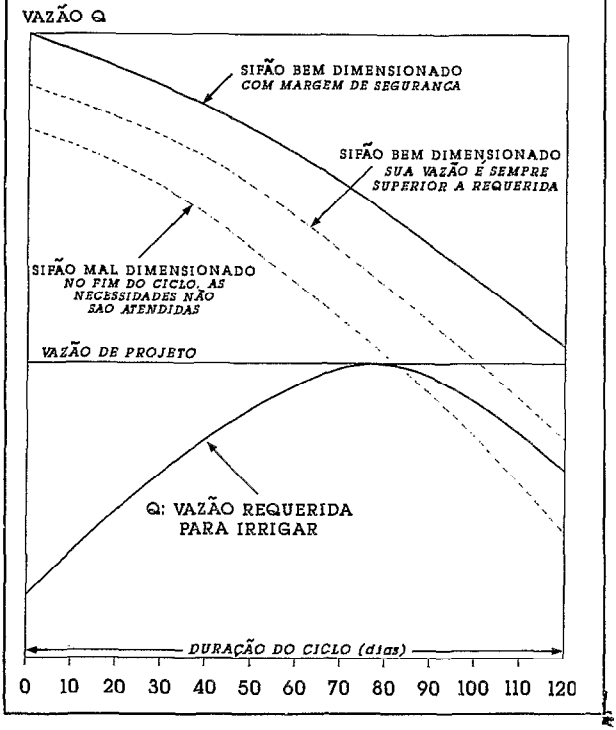


## 1.3 Dimensionamento do sifão

O sifão deve ser dimensionado de maneira a poder fornecer, a qualquer época, a vazão requerida para **satisfazer as necessidades em água dos cultivos.** Essas necessidades variam no tempo, apresentando um máximo em um estágio de desenvolvimento que corresponde aproximadamente a 65% do ciclo vegetativo. Essa vazão máxima é chamada de **vazão de projeto.** Por sua vez, a vazão fornecida por um determinado sifão **diminui** com o nível d'água na represa ou, mais precisamente, com a **carga hidráulica (CH)** que corresponde ao **desnível** entre a superfície da água no açude e a saída do sifão (ou do adutor).

220

EVOLUÇÃO DA VAZÃO DO SIFÃO
E DA VAZÃO REQUERIDA PARA IRRIGAÇÃO
DURANTE O PERIODO DE IRRIGAÇÃO




Calcula-se, em primeiro lugar, a **vazão de projeto** (Q). Se o sifão tiver condições de fornecer essa vazão (Q) **somente** quando o açude estiver cheio (proporcionando a maior carga), ele *será considerado insuficiente* (sub-dimensionado), pois não permitirá irrigar o perímetro quando o nível d'água no açude estiver mais baixo. Por isso dimensiona-se o sifão de maneira que este possa fornecer a vazão de projeto (Q) **em todas as circunstâncias,** *em particular na situação mais* desfavorável em que o nível d'água e a carga hidráulica **atingem seus valores mínimos.**

Na realidade, a vazão requerida no momento em que a carga hidráulica atinge seu mínimo corresponde geralmente às necessidades hídricas do **fim do ciclo** do cultivo, ou seja **será menor** do que a vazão de projeto. É aconselhado conservar essa margem de segurança mas é possível, também, considerar uma vazão um pouco menor (80% por exemplo). A figura 220 ilustra as variações, com o nível do açude, da vazão do sifão e da vazão requerida para a irrigação, bem como da escolha do sifão que permite sempre fornecer a vazão de projeto.

### Calcular a vazão de projeto (Q)

*Para calcular a vazão de projeto, utiliza-se a tabela obtida para determinar o volume unitário* $V_{ha}$, *volume d'água necessário para irrigar 1 hectare.*

*Retomando o exemplo apresentado anteriormente (tabela do item B5-4), constata-se que a maior demanda quinzenal* $V_{ir}(max)$ *é a do início de setembro (756* $m^3$*).*

Continua na página seguinte

Continuação da página anterior

**Exemplo: ETP Caicó (RN), cultivo de cebola**

| MÊS | JUL | | AGO | | SET | | OUT | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *ETP/dia* | *4.4* | *4.4* | *5.2* | *5.2* | *5.6* | *5.6* | *6.2* | *6.2* | |
| *ETP/quinzenal* | *66* | *66* | *78* | *78* | *84* | *84* | *93* | *93* | |
| $K_c$ | *.5* | *.75* | *.75* | *.90* | *.90* | *.85* | *.80* | | |
| *VOLUME necessário por ha* | *330* | *495* | *585* | *702* | *756* | *714* | *744* | | *TOTAL* $4.326m^3$ |
| *VOLUME UNITÁRIO* | | | *(EFICIÊNCIA .5)* | | | | | | $8.652\,m^3$ |

*A vazão (Q) deduz-se deste valor pela fórmula* $\mathbf{Q = 1.10\,V_{irr}\,(max)S_{peri}/(15 \cdot N \cdot EF)}$

*onde:*

*1.10 = coeficiente que leva em conta o fato de* $V_{irr}$ *(max) ser* **apenas uma média** *num período de 15 dias*
*15 = 15 dias (o volume é quinzenal)*
*N = número de horas de trabalho por dia*
*EF = eficiência da irrigação (ver p.282)*
$S_{peri}$ *= superfície irrigada (ha)*

*Considerando o exemplo da tabela, um perímetro de 2 ha e um valor de N = 8 horas, obtém-se* $Q = 1.1 \cdot 756 \cdot 2/(15 \cdot 8 \cdot 0.5) = 27.72\,m^3/hora$.

**Atenção:** *É importante escolher um número (N) de horas de trabalho por dia que seja compatível com a mão-de-obra disponível e o conjunto das outras atividades: a irrigação gravitária é bastante exigente em trabalho e pode ser interessante prever um número de horas bem inferior ao máximo de 8-10 horas, a fim de se conservar uma certa folga. Dispondo-se de uma vazão maior no sifão, o trabalho será menos demorado.*

**O dimensionamento do sifão se faz junto com a determinação do local da sua entrada e da sua saída** (válvula de pé e registro), os quais são de grande importância pois determinam as condições de aproveitamento do açude. Já que o comprimento do sifão é definido pela distância entre o açude e a área irrigada, **dimensionar o sifão consiste em escolher seu diâmetro.**

A carga mínima, utilizada para dimensionar o sifão, é chamada **carga crítica** (CC) e varia muito segundo a posição da entrada do sifão (válvula) e da sua saída (registro); destacam-se porém **três situações principais**, explicitadas a seguir.

Para alcançar áreas irrigáveis distantes, será necessário, muitas vezes, acoplar um adutor que poderá ter um diâmetro diferente e/ou um comprimento muito grande. O método permite dimensionar o **conjunto sifão + adutor,** o qual é referido apenas como "sifão".

Recomenda-se seguir as observações seguintes a fim de obter uma boa definição do sifão. Uma válvula de pé colocada alta demais (em 20 cm, por exemplo), pode fazer com que falte água no fim do ciclo.

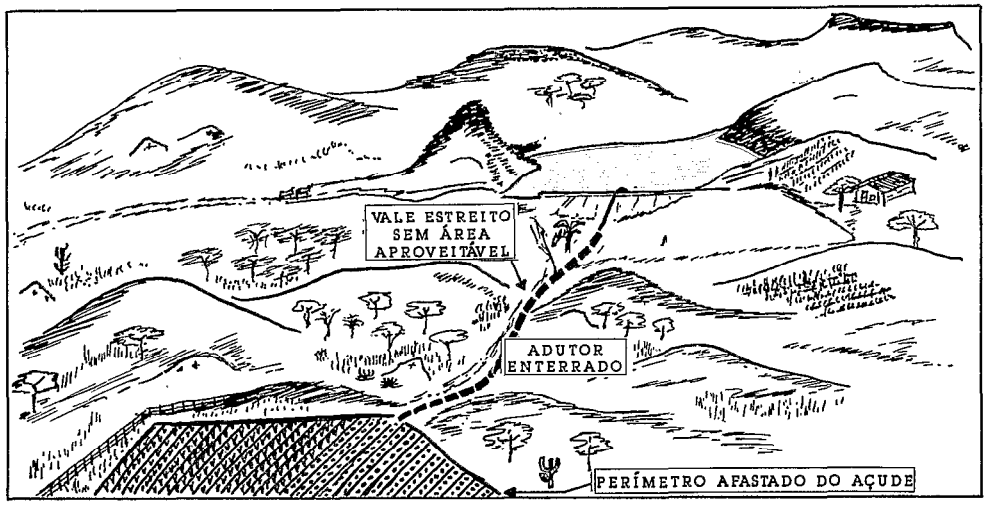
## Tipos de situação

### ■ Situação 1 : Saída baixa

As condições topográficas permitem que a saída do sifão esteja "baixa", ou seja em um nível bem abaixo do pé do açude, o que ocorre em particular nos casos seguintes:

- O baixio apresenta um declive importante de tal forma que, poucos metros a jusante da parede, já existem um desnível e uma carga correspondente importantes e assegurados.
- Não existe, nas imediações da parede, um baixio favorável à irrigação, de tal maneira que se precisa um adutor para alcançar áreas irrigáveis situadas mais a jusante e distantes, e por isso geralmente em um nível bem abaixo do açude (figura 221). Neste caso é preciso, além do mais, **que o percurso do adutor siga algumas regras,** devendo-se evitar "lombadas"; para maiores detalhes ver o item B5-6.1 sobre redes de distribuição.

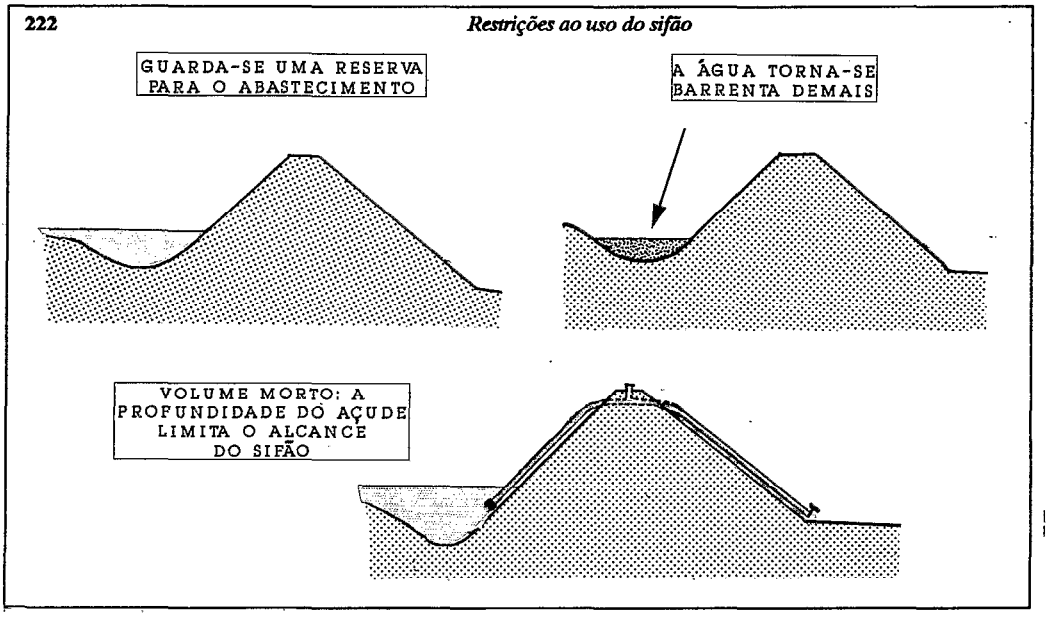
221 *Caso de um perímetro distante*



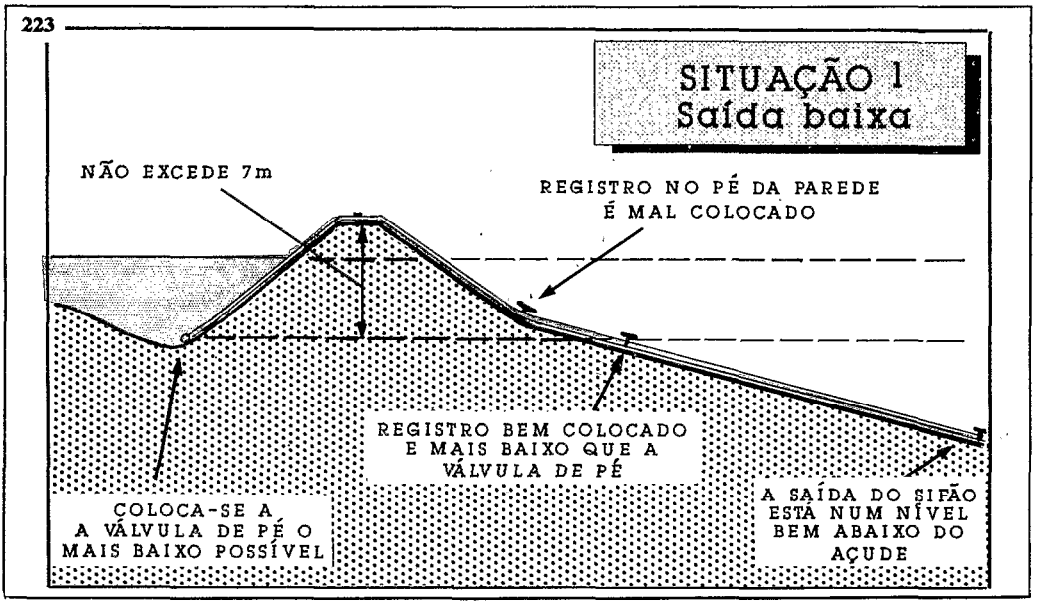

Nesses casos, a saída está em "posição baixa", sendo assegurada a carga hidráulica: **a válvula de pé será colocada o mais próximo possível do fundo da represa,** de maneira que se possa aproveitar ao máximo o açude, a menos que haja **alguma restrição** (figura 222) **que imponha um limite inferior mais alto,** o qual pode corresponder a:

- um limite abaixo do qual a água torna-se barrenta demais;
- um limite correspondente a um volume "morto" de segurança (para o abastecimento ou a piscicultura, por exemplo), ou seja a uma parte da água armazenada que não deve ou não pode ser tocada;
- o limite correspondente à sucção máxima possível, ou seja aproximadamente 7 metros para sifões de polietileno.

A **carga crítica** (CC) é a diferença entre o nível da válvula de pé e o da saída do sifão ou do adutor.




No caso da irrigação de uma área distante, a carga crítica pode ser importante. Apesar disso, deve-se lembrar de colocar o registro **além do pé da parede** (ver figura 223), a fim de aproveitar-se a água toda, sobretudo se o açude apresentar uma caixa importante: o registro deverá estar colocado no nível da válvula de pé, o que pode provocar o seu afastamento do pé da parede por alguns metros.



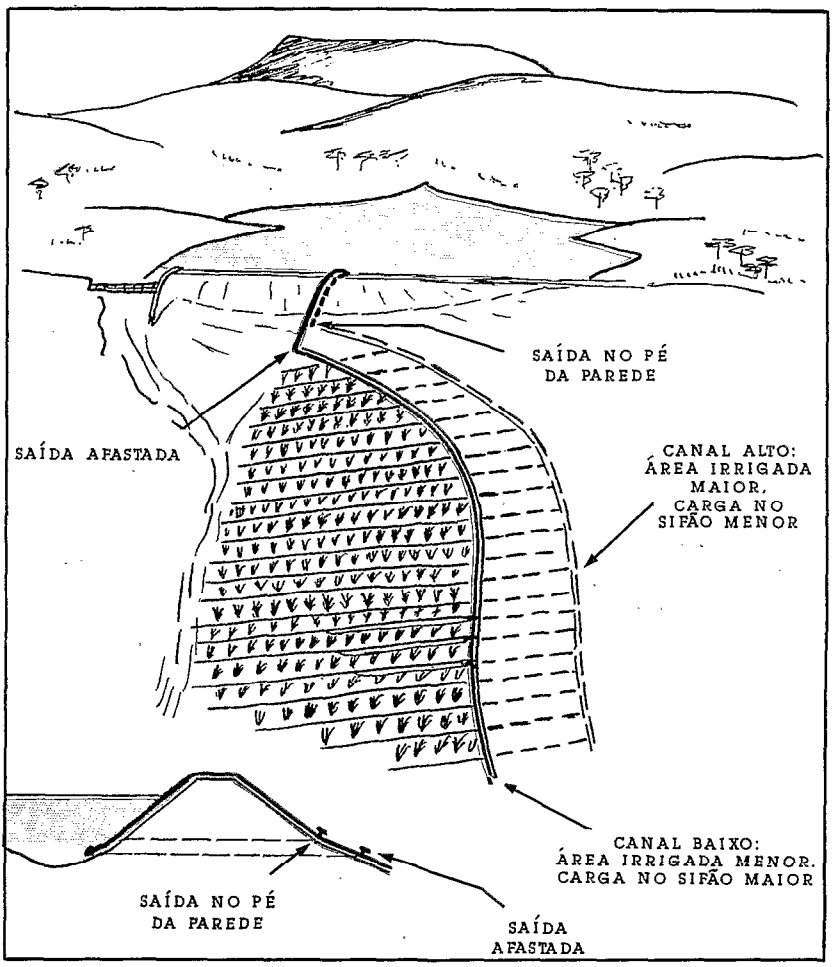
## ■ Situação 2 : Saída alta

### □ Locação da saída (registro)

Muitas vezes, a área irrigável encontra-se nas imediações da represa e tem que ser alcançada através de uma rede de canais e/ou de canalizações. Quanto **mais "alta"** a saída do sifão, ou seja quanto mais próxima à parede do açude, **maior a área** que poderá ser irrigada a partir do canal. Em contrapartida, sendo alta a saída, a carga e o volume d'água disponíveis serão menores.

Para uma saída mais afastada da parede, as coisas se invertem: a área alcançável por gravidade é menor, mas a carga e o volume d'água disponíveis são mais importantes. Deve-se, então, encontrar uma **posição intermediária** que ofereça uma área irrigável e uma vazão disponível compatíveis (figura 224). **De maneira geral, a situação "alta" (no pé da parede) é a melhor** porque quando se afasta (e desce) a saída, a perda sobre a área alcançável por gravidade é maior do que o pequeno ganho sobre a carga.

**224** *Influência da posição do registro de saída*



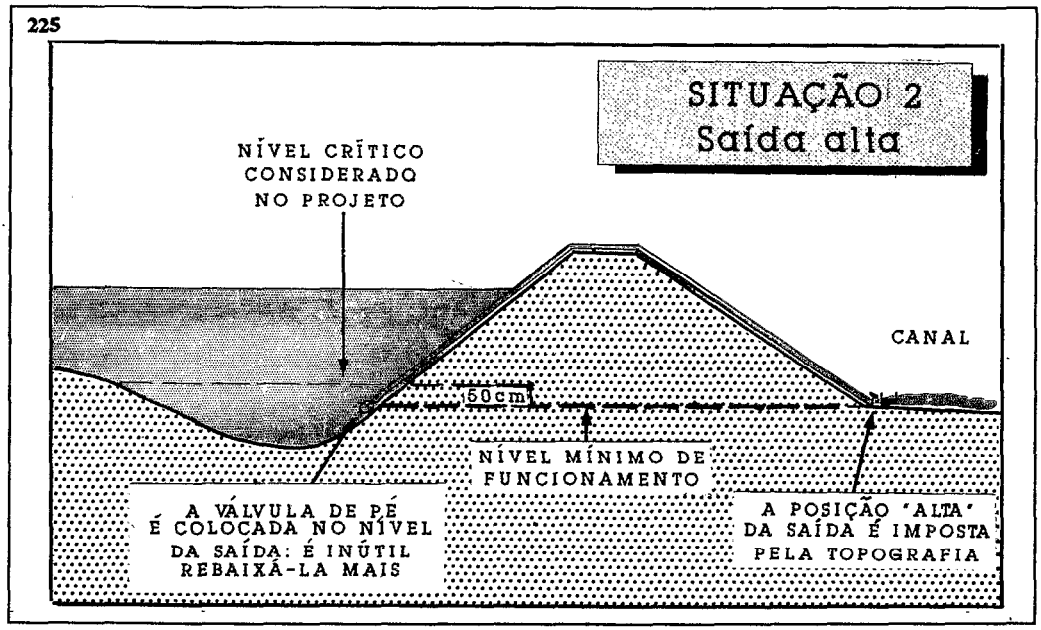
É possível, entretanto, que essa área alcançável por gravidade seja maior que aquela que o potencial do açude permite irrigar: neste caso, ao invés de colocar o registro no pé da parede, poderá ser conveniente ter uma saída um pouco afastada da parede e irrigar a parte mais baixa da área irrigável, ganhando-se assim um pouco de carga. Isto será válido desde que a adução adicional (canal, tubos) não seja muito comprida e cara e que não haja diferença de qualidade de solo entre a parte alta e a parte baixa do perímetro a favor da primeira.

No caso contrário, no qual o potencial do açude permite irrigar uma área maior do que a disponível, o registro será colocado no pé da parede para poder alcançar a maior área possível.

### □ Locação da válvula de pé

A menos que as restrições aludidas no caso anterior imponham um limite mais alto, coloca-se a válvula de pé **logo abaixo do nível da saída.** Colocá-la mais baixa só acarretaria um custo mais elevado sem maior aproveitamento. Embora o sifão possa funcionar com uma carga menor, **considera-se uma carga crítica (CC) igual a 50 cm.**

Essa **margem de segurança** significa que os cálculos serão feitos assumindo que somente se considera aproveitável a água acima de 50 cm a mais que a cota da saída do sifão. Considerar uma carga mínima inferior a 50 cm, 20 cm por exemplo, levaria a superdimensionar o sifão para assegurar a vazão de projeto e encareceria o empreendimento.




Vale notar:

- Caso a distribuição se efetue por canais de barro, cavados e compactados pelo próprio agricultor, pode-se aproveitar da flexibilidade do sifão para prever um canal alto (área maior para irrigação de complementação durante o inverno), e outro mais baixo (cultivo pós-inverno, requerendo irrigação completa).

- Sendo comum o açude ter uma caixa, logo à montante da parede, a saída do sifão não raro ficará em um nível superior ao do fundo do açude (figura 225), criando assim um volume morto.

*Bombeamento do volume morto.* *Ver pág. 321*

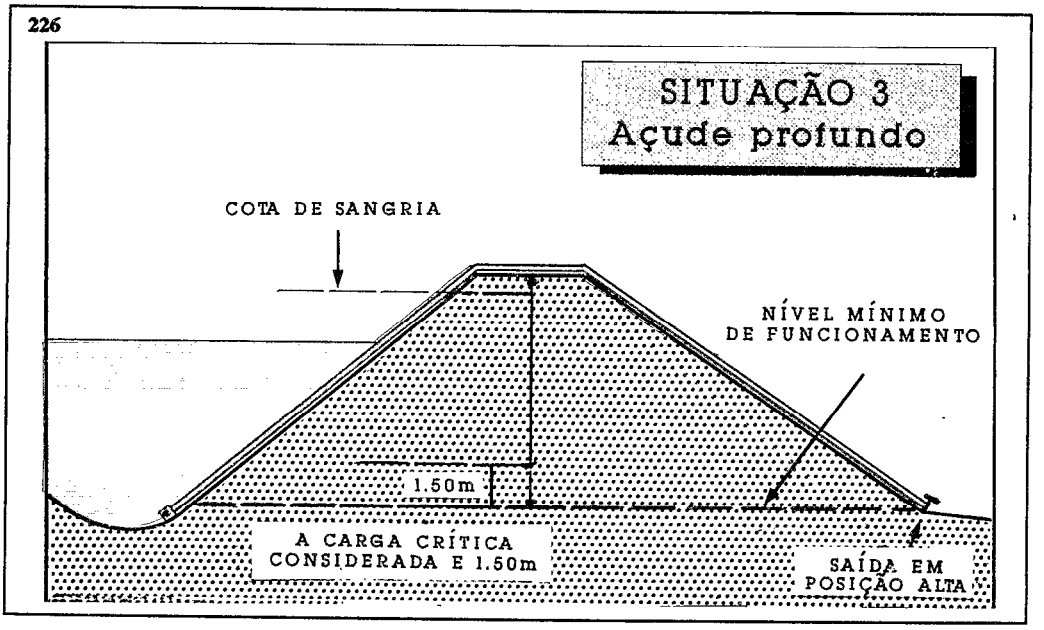
- No caso da lâmina d'água disponível pequena (1.50 m, por exemplo), pode ser interessante valer-se de uma pequena motobomba auxiliar para **aproveitar o volume morto** desde que este seja relevante e no caso de culturas que o justificam, em particular para salvar o plantio no fim do ciclo. Neste caso, **deve-se prever um sifão mais comprido** e posicionar a válvula de pé próxima ao fundo do açude.

## ■ Situação 3: Açudes profundos

Para açudes de maior profundidade (superior a 4-5 metros, por exemplo) o cálculo da carga crítica deverá ser alterado. Como ilustrado pelos dois casos anteriores, a saída pode estar em posição "baixa" ou "alta", dependendo da topografia e da situação do perímetro.

No **primeiro caso** (saída "baixa"), a carga devida à altura da água no açude soma-se à carga decorrente do desnível do terreno, o que permitirá o uso de um sifão de pequeno diâmetro. O caso é idêntico à situação 1.

226




Em **casos particulares** (ou até excepcionais) em que o açude tem **mais de 5 metros** e que essa **carga crítica é muito alta** (várias dezenas de metros), por exemplo quando a barragem é construída na garganta de uma serra, a vazão será muito importante bem como as perdas de carga no trecho ascendente do sifão, contribuindo para rebaixar ainda mais a pressão no alto do sifão.

**Deve-se conferir** se a pressão absoluta no alto do sifão não é inferior a 3 metros para que não haja risco de **cavitação e de achatamento** do tubo. O ábaco 6 do anexo 1 permite essa verificação em função do comprimento, do diâmetro do adutor e da carga. Aconselha-se escolher um **sifão metálico** e/ou de diâmetro superior ao adutor para evitar esse risco.

*Sifão metálico. Ver pág. 316*

No **segundo caso** (saída "alta"), haverá uma diferença com a situação 2 no sentido de que a carga crítica poderá ser maior que 0.50 m. Esse valor baixo era imposto, no caso de um pequeno açude da ordem de 3 metros de profundidade, de maneira a poder se aproveitar o açude ao máximo. Para um açude maior, pode ser penalizante um tal valor de (CC) já que o açude será, geralmente, utilizado quando estiver com um nível d'água bem superior a este valor. Em vez de considerar CC = 0.50 m, o que implicaria num sifão de largo diâmetro, pode ser preferível escolher um valor crítico mais alto, 1 ou 2 metros (ou mais), conforme a profundidade e o porte do açude. Evidentemente, o sifão poderá funcionar abaixo deste limite, o qual será considerado apenas para o cálculo do dimensionamento.

## Roteiro de dimensionamento

Em resumo, a definição da **locação** do sifão e do seu **dimensionamento** deve seguir as seguintes etapas.

☐ **Estabelecer o perfil da parede**

Com uma trena e um nível, fazer um levantamento simplificado do perfil do dique para, posteriormente, definir o comprimento do sifão e a carga disponível. O comprimento dos taludes **deve ser medido diretamente** e não estimado a partir da altura do dique e do declive dos taludes, sendo o talude de montante em geral diferente do projetado.

☐ **Definir o local e a área do perímetro**

A Superfície irrigável ($S_{ir}$) é a área que apresenta condições agronômicas para ser irrigada e que pode ser atingida por gravidade.

☐ **Identificar a situação: 1, 2, ou 3**

Em função da localização da área irrigável e do porte do açude, determinar em qual das situações descritas acima encontra-se.

☐ **Definir o local da válvula de pé e da saída do sifão**

- **caso 1:** Válvula de pé colocada o mais baixo possível, considerando-se eventuais restrições. Saída na entrada do perímetro.
- **caso 2:** Registro no pé da parede. Válvula de pé logo abaixo do nível do registro, ou no fundo do açude, se se prevê o uso complementar de uma motobomba.

☐ **Definir o comprimento dos dois trechos do sifão**

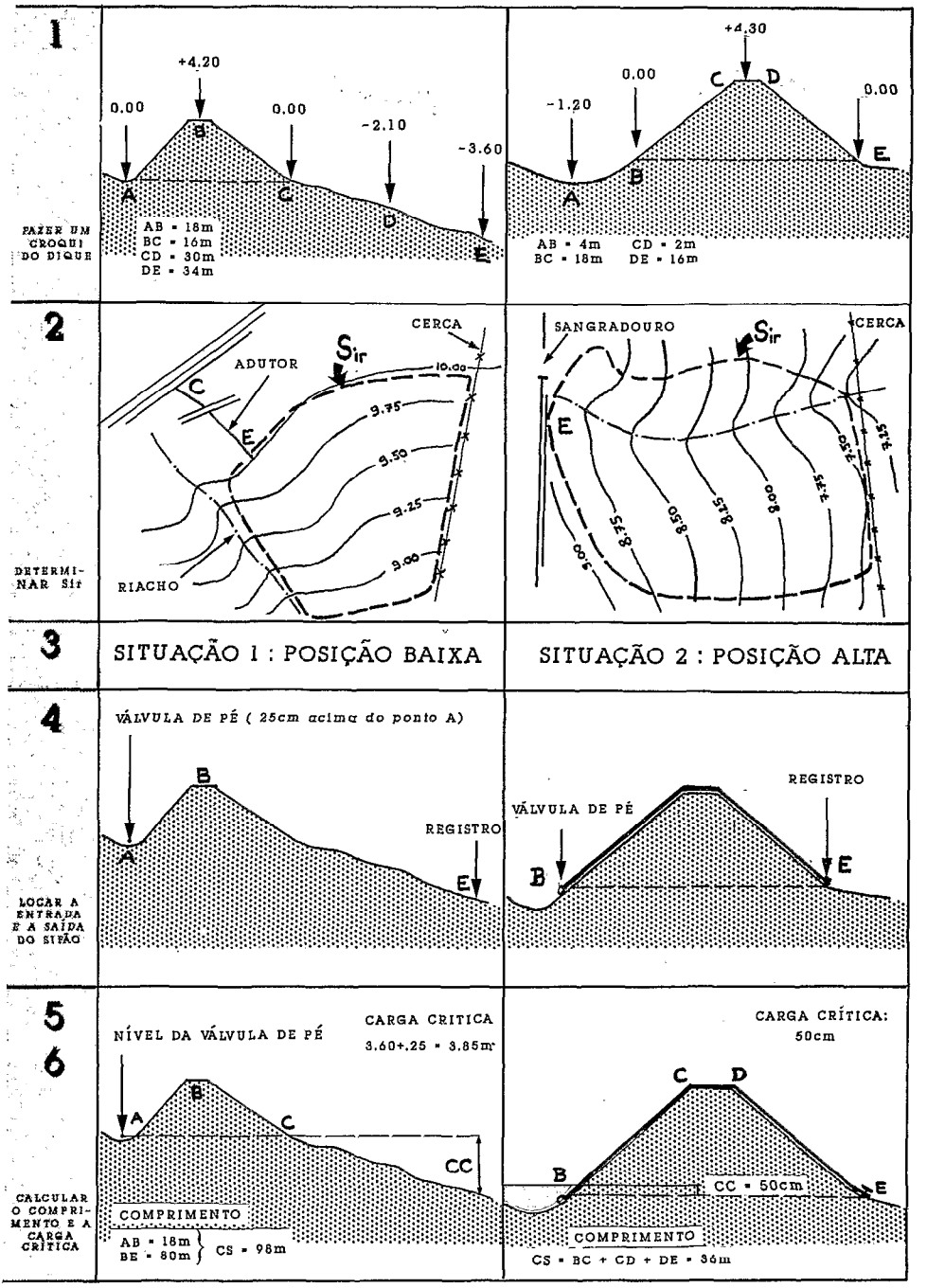
Em função do croqui realizado na primeira etapa e da definição do item 4, calcular o comprimento do sifão (CS), distinguindo-o do adutor (o qual será em geral de PVC).

☐ **Definir a carga crítica (CC)**

- **caso 1 :** CC = diferença de nível entre a válvula de pé e a saída do sifão.
- **caso 2 :** CC = 50 cm
- **caso 3 :**

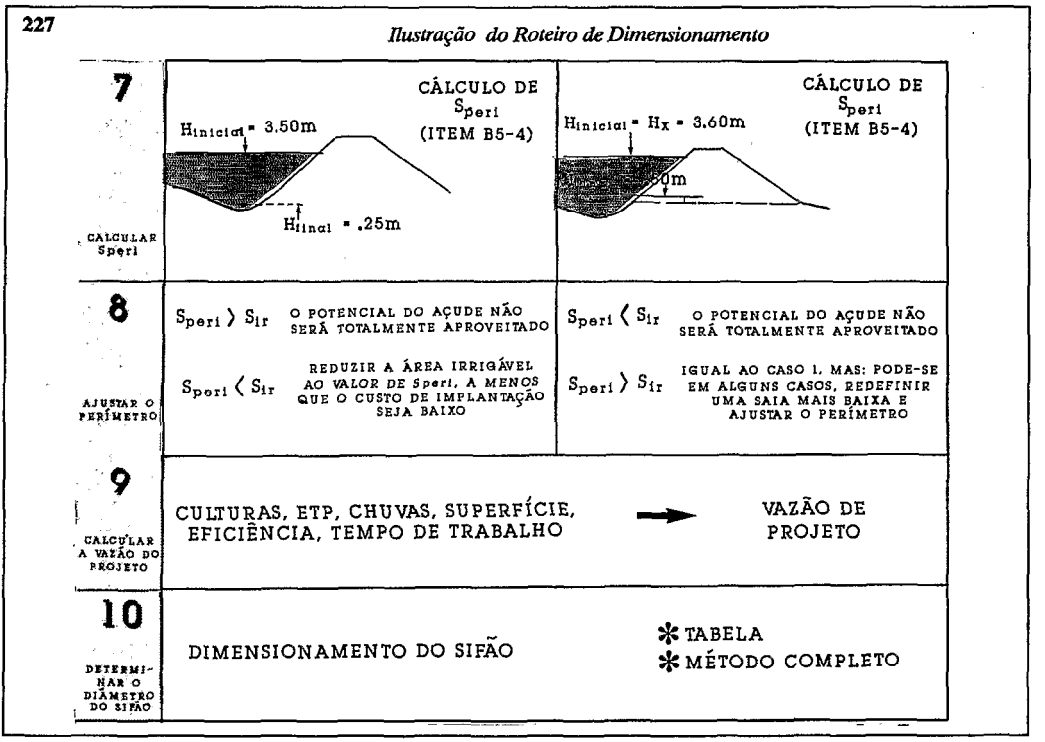
— **saída alta:** CC = 1 a 2 m, ou mais, segundo o porte do açude
— **saída baixa:** idêntica ao caso 1.

227 *Ilustração do Roteiro de Dimensionamento*



227

*Ilustração do Roteiro de Dimensionamento*




### □ Definir a área potencialmente irrigável

A partir da fórmula proposta no item B5-4, calcula-se a superfície do perímetro ($S_{peri}$), conforme o potencial hídrico do açude (sendo escolhidos os cultivos). Na fórmula, $H_1$ é a cota de sangria no açude (profundidade máxima: $H_1=H_x$) e $H_2$ a cota final, correspondente à carga crítica.

### □ Ajustar área do perímetro

*Dimensionamento do perímetro, ver item B5-4.*

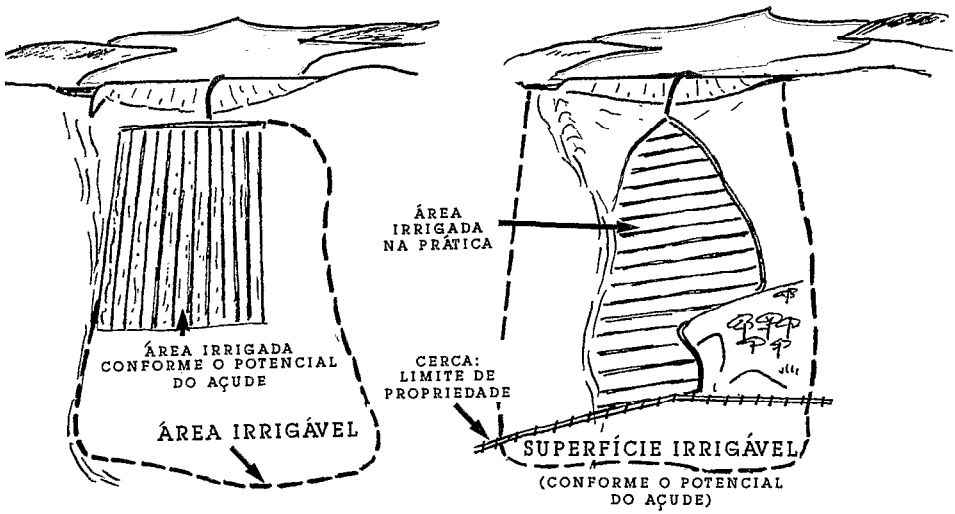
**($S_{ir}$) > ($S_{peri}$)**: Se a superfície correspondente ao potencial do açude, ($S_{peri}$), é inferior à área irrigável definida na etapa 2), deve-se diminuir o perímetro irrigado, reduzindo-o a um valor da área igual a ($S_{peri}$). **No entanto**, se o perímetro tiver um custo de implantação barato (canais de barro), **este poderá ter área maior** que ($S_{peri}$), desde que haja interesse em se plantar, também, a área no inverno e em se fazer irrigação de salvação.

No caso da SITUAÇÃO 2, como comentado antes, pode ser interessante considerar uma saída um pouco mais afastada da parede (se disto resultar uma variação sensível da carga disponível) de maneira a aumentar o valor de ($S_{peri}$). Deste modo, volta-se à etapa 2 com este novo valor.

**($S_{ir}$) < ($S_{peri}$)**: Se a superfície irrigável ($S_{ir}$) da etapa 2) for inferior à do perímetro recomendada para o açude ($S_{peri}$), a irrigação por gravidade não aproveitará totalmente o potencial do açude. Seremos limitados pela falta de terra irrigável e alcançável por gravidade. Outras áreas poderão ser irrigadas se se dispuser de uma motobomba.

Em todos os casos, **o perímetro poderá ser voluntariamente reduzido,** se faltarem recursos para o investimento ou se houver limitação de mão-de-obra na propriedade.

228 *Adequar o potencial do açude e a superfície irrigável*




### □ Definir a vazão de projeto

A vazão do projeto (Q) que deve ser fornecida pelo sifão de maneira a assegurar a rega do perímetro é calculada em função dos cultivos escolhidos, da superfície do perímetro, da ETP e da eficiência da rega.

*calcular a vazão de projeto.* *Ver pág. 297*

### □ Dimensionar o sifão

*A partir da:*

| | | |
|---|---|---|
| *carga crítica* | *(CC)* | *(etapa 6)* |
| *do comprimento do sifão* | *(CS)* | *(etapa 5)* |
| *da vazão de projeto* | *(Q)* | *(etapa 9)* |

dos acessórios colocados no sifão e do tipo de material, calcula-se o diâmetro do sifão.

### ■ Calcular o diâmetro do sifão

O diâmetro de um sifão convencional pode ser determinado rapidamente mediante uma tabela. Em casos particulares, explicitados mais adiante, será necessário utilizar um método mais completo.

### □ Cálculo rápido: utilizar a tabela

A tabela 229 apresenta as vazões para vários **diâmetros e comprimentos comuns** de sifão e para diversas cargas hidráulicas. Essa tabela é apenas válida para sifões de um só diâmetro, com acessórios correspondendo, também, ao diâmetro da tubulação (sem peças de reduções).

O quadro superior refere-se a um sifão "completo" (ou seja munido de todos os acessórios apresentados no item 2), e o inferior, a um sifão munido apenas de um registro de gaveta na sua saída. Sendo determinado o seu comprimento é fácil **achar o diâmetro** que permite obter a vazão requerida.

**Nota-se as ordens de grandeza seguintes:**

- Quando se troca um sifão de 2" por um de 3", multiplica-se aproximadamente a vazão por 2.5.
- Quando se troca um sifão de 3" por um de 4", multiplica-se aproximadamente a vazão por 2.

Em alguns casos em que a vazão requerida é muito grande, não havendo diâmetro de sifão satisfatório, pode-se tornar necessário prever dois ou vários sifões.

**Dimensionamento de um sifão - Exemplo 1**

*Precisa-se de um sifão (com seus acessórios) de 40 metros de comprimento que possa fornecer uma vazão de 20 $m^3/h$ para uma carga crítica CC = 0.5 m.*
*A tabela 229 indica que, em tais condições, um sifão de 4" será adequado, por fornecer uma vazão de 20.3 $m^3/h$.*

## ▩ Dimensionamento preciso

Em alguns casos particulares, se recorrerá ao método que prossegue para um dimensionamento mais preciso:

- Pode-se considerar sifões **constituídos de trechos de diferentes tamanhos**, chegando-se rapidamente, por ajustamentos sucessivos, ao dimensionamento ótimo. Isto também acontece quando o agricultor recupera e aproveita trechos de tubos de PVC ou polietileno antigos para montar seu sifão ou adutor. Entretanto, recomenda-se a escolha de um mesmo diâmetro para os trechos ascendente e descendente do sifão, de maneira a evitar turbulências ao nível do tê de escorva. Deve-se evitar construir o sifão com vários pedaços; cada emenda aumenta a possibilidade de entrada de ar. Essa restrição não se aplica ao adutor.
- O método permite levar em conta qualquer perda de carga singular suplementar (cotovelo, bifurcação...); uma tabela de conversão permite também ajustar os coeficientes de perda de carga, caso se disponha de valores mais precisos: isso vale, em particular, para a válvula de pé, cuja perda de carga é de longe a mais importante e **pode variar bastante de um modelo para outro.**

*Conversão de perdas de carga. Ver ábaco 5 Anexo 1*

- O método permite, também, dimensionar conjuntos sifão+adutor de **qualquer comprimento.**

O método requer o cálculo preliminar de dois coeficientes (A e B), como explicitado a seguir.

## □ Cálculo do coeficiente (A)

O coeficiente (A) depende dos acessórios e peças colocados no sifão e do seu diâmetro: ele representa as perdas de carga singulares criadas pelos acessórios. O sifão pode ser constituído de vários trechos de diâmetros diferentes (2; 2.5; 3; 4 ou 5 polegadas).

229

Tabela 229: VAZÃO PARA UM SIFÃO DE POLIETILENO

| COMPRIMENTO (M) | 20 | | | 30 | | | 40 | | | 50 | | | 100 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DIÂMETRO (POL.) | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 |
| CARGA (M) | VAZÃO DE UM SIFÃO COM TODOS OS ACESSORIOS (M3/HORA) | | | | | | | | | | | | | | |
| 7.00 | 19.3 | 47.7 | 89.1 | 17.4 | 65.1 | 83.7 | 15.9 | 41.1 | 79.2 | 14.7 | 38.7 | 75.2 | 11.2 | 30.6 | 61.4 |
| 6.50 | 18.6 | 45.9 | 85.0 | 16.7 | 44.1 | 80.6 | 15.3 | 39.6 | 76.2 | 14.2 | 37.2 | 72.4 | 10.8 | 29.4 | 59.1 |
| 6.00 | 17.8 | 44.1 | 82.4 | 16.0 | 42.4 | 77.4 | 14.7 | 38.0 | 73.1 | 13.6 | 35.7 | 69.5 | 10.3 | 28.2 | 56.6 |
| 5.50 | 17.0 | 42.1 | 78.8 | 15.3 | 40.7 | 74.0 | 14.0 | 36.3 | 69.9 | 13.0 | 34.1 | 66.4 | 9.9 | 26.9 | 54.1 |
| 5.00 | 16.2 | 40.1 | 75.1 | 14.6 | 38.9 | 70.5 | 13.3 | 34.5 | 66.6 | 12.3 | 32.4 | 63.2 | 9.4 | 25.6 | 51.5 |
| 4.50 | 15.3 | 30.0 | 71.1 | 13.8 | 37.0 | 66.8 | 12.6 | 32.7 | 63.0 | 11.7 | 30.7 | 59.8 | 8.9 | 24.2 | 48.7 |
| 4.00 | 14.4 | 35.8 | 67.0 | 13.0 | 33.0 | 62.8 | 11.9 | 30.8 | 59.3 | 11.0 | 28.9 | 56.3 | 8.3 | 22.8 | 45.8 |
| 3.50 | 13.5 | 33.4 | 62.6 | 12.1 | 30.8 | 58.7 | 11.1 | 28.7 | 55.4 | 10.2 | 26.9 | 52.5 | 7.7 | 21.2 | 42.7 |
| 3.00 | 12.4 | 30.9 | 57.9 | 11.2 | 28.5 | 54.2 | 10.2 | 26.5 | 51.1 | 9.4 | 24.9 | 48.5 | 7.1 | 19.5 | 39.4 |
| 2.50 | 11.3 | 28.1 | 52.7 | 10.2 | 25.9 | 49.4 | 9.3 | 24.1 | 46.5 | 8.6 | 22.6 | 44.1 | 6.5 | 17.8 | 35.8 |
| 2.00 | 10.1 | 25.1 | 47.1 | 9.0 | 23.1 | 44.0 | 8.3 | 21.5 | 41.5 | 7.6 | 20.1 | 39.3 | 5.8 | 15.8 | 31.8 |
| 1.50 | 8.7 | 21.7 | 40.7 | 7.8 | 19.9 | 38.0 | 7.1 | 18.5 | 35.8 | 6.6 | 17.3 | 33.9 | 4.9 | 13.6 | 27.3 |
| 1.00 | 7.1 | 17.7 | 33.2 | 6.3 | 16.2 | 31.0 | 5.8 | 15.0 | 29.1 | 5.3 | 14.1 | 27.5 | 4.0 | 11.0 | 22.2 |
| 0.50 | 4.9 | 12.4 | 23.3 | 4.4 | 11.3 | 21.7 | 4.0 | 10.5 | 20.3 | 3.7 | 9.8 | 19.2 | 2.8 | 7.6 | 15.4 |
| | VAZÃO DE UM SIFÃO COM APENAS O REGISTRO (M3/HORA) | | | | | | | | | | | | | | |
| 7.00 | 28.0 | 78.2 | 160.3 | 23.0 | 65.1 | 134.9 | 19.9 | 56.7 | 118.3 | 17.8 | 50.8 | 106.5 | 12.4 | 35.7 | 75.4 |
| 6.50 | 26.9 | 75.2 | 154.2 | 22.1 | 62.5 | 129.7 | 19.1 | 54.5 | 113.7 | 17.1 | 48.8 | 102.3 | 11.9 | 34.3 | 72.5 |
| 6.00 | 25.8 | 72.1 | 147.8 | 21.2 | 59.9 | 124.3 | 18.3 | 52.2 | 109.0 | 16.3 | 46.8 | 98.0 | 11.4 | 32.8 | 69.4 |
| 5.50 | 24.6 | 68.0 | 141.1 | 20.2 | 57.2 | 118.6 | 17.5 | 49.8 | 104.0 | 15.6 | 44.6 | 93.6 | 10.9 | 31.3 | 66.3 |
| 5.00 | 23.4 | 65.4 | 134.1 | 19.2 | 54.3 | 112.8 | 16.6 | 47.3 | 98.8 | 14.8 | 42.4 | 88.9 | 10.3 | 29.8 | 63.0 |
| 4.50 | 22.1 | 61.8 | 126.8 | 18.1 | 51.4 | 106.6 | 15.7 | 44.7 | 93.4 | 14.0 | 40.1 | 84.0 | 9.8 | 28.1 | 59.5 |
| 4.00 | 20.7 | 58.1 | 119.2 | 17.0 | 48.2 | 100.1 | 14.7 | 42.0 | 87.7 | 13.1 | 37.6 | 78.9 | 9.2 | 26.4 | 55.8 |
| 3.50 | 19.3 | 54.1 | 111.0 | 15.8 | 44.9 | 93.2 | 13.7 | 39.1 | 81.7 | 12.2 | 35.0 | 73.4 | 8.5 | 24.6 | 52.0 |
| 3.00 | 17.8 | 49.8 | 102.3 | 14.6 | 41.4 | 85.9 | 12.6 | 36.0 | 75.2 | 11.3 | 32.2 | 67.6 | 7.8 | 22.6 | 47.8 |
| 2.50 | 16.1 | 45.2 | 92.9 | 13.2 | 37.5 | 77.9 | 11.4 | 32.6 | 68.2 | 10.2 | 29.2 | 61.3 | 7.1 | 20.5 | 43.4 |
| 2.00 | 14.3 | 40.2 | 82.6 | 11.7 | 33.3 | 69.2 | 10.2 | 29.0 | 60.6 | 9.9 | 25.9 | 54.5 | 6.3 | 18.2 | 38.5 |
| 1.50 | 12.3 | 34.5 | 70.9 | 10.1 | 28.6 | 59.4 | 8.7 | 24.8 | 51.9 | 7.8 | 22.2 | 46.7 | 5.4 | 15.6 | 33.0 |
| 1.00 | 9.9 | 27.9 | 57.4 | 8.1 | 23.1 | 48.0 | 7.0 | 20.1 | 42.0 | 6.3 | 17.9 | 37.7 | 4.4 | 12.6 | 26.6 |
| 0.50 | 6.8 | 19.2 | 39.7 | 5.6 | 15.9 | 33.1 | 4.8 | 13.8 | 29.0 | 4.3 | 12.4 | 26.0 | 3.0 | 8.7 | 18.3 |

*Tabela para dimensionamento do sifão*

Calcula-se (A) pela fórmula:

$$A = \frac{X}{CC}$$

onde (CC) = carga crítica

**Nota:** *Substituindo CC por um outro valor qualquer de carga hidráulica, o método fornece evidentemente a vazão correspondente a essa carga.*

Nessa fórmula aparece um parâmetro (X) que calculamos a partir da tabela 230: (X) é a soma dos coeficientes dados pela tabela, correspondentes a cada acessório do sifão. Procura-se o coeficiente de cada peça na coluna correspondente ao diâmetro do trecho em que está colocada. soma obtida, acrescenta-se ainda um **coeficiente dito complementar**, fornecido pela última linha do quadro, na coluna correspondente ao diâmetro da tubulação de saída livre do sifão (ou do adutor).

**Exemplo:** Seja um sifão de polietileno de 4 polegadas comportando uma válvula de pé e um tê de escorva, acoplado a um adutor de 3 polegadas munido de um registro de gaveta e de um cotovelo de $45^0$.

Procura-se na coluna "Diâmetro 4" os coeficientes do Tê de escorva e da válvula, (0.06) e (4.5), e na coluna "Diâmetro 3" os coeficientes do registro e do cotovelo, (0.2) e (0.6). Soma-se esses 4 coeficientes e obtém-se 5.36. A esse valor acrescentamos o coeficiente proveniente da peça de redução 4"/3" colocada entre os dois trechos, ou seja, conforme a tabela 230, 0.44, e o coeficiente complementar (última linha do quadro), 2. Esse coeficiente é escolhido na coluna correspondente ao diâmetro da **tubulação de saída** do sifão. Obtém-se a soma X = 7.80 e a fórmula dá o valor de (A); para CC = 3 m, obtém-se (A) = 2.60.

### □ Cálculo do coeficiente (B)

O cálculo de B é feito mediante a fórmula:

$$B = 188/CC \times CS/D^{4.87}$$

*(CS) comprimento do sifão(m)*
*(CC) carga crítica (m)*
*(D) diâmetro (pol.)*

Se o sifão comportar vários trechos de diâmetros diferentes, por exemplo, três trechos de diâmetros $D_1$, $D_2$, $D_3$ e de comprimento $CS_1$, $CS_2$, $CS_3$, obtém-se o coeficiente B, pela soma

$$B = 188/CC\,[CS_1/D_1^{4.87} + CS_2/D_2^{4.87} + CS_3/D_3^{4.87}]$$

Para facilitar os cálculos, fornecemos o valor do fator $D^{4.87}$ na tabela da figura 231.

**Exemplo:** retomando o exemplo precedente, considera-se que os dois trechos têm por comprimentos respectivos 30 e 25 m, e que a carga (CC) é ainda de 3 m.

A fórmula (2) dá:

$$B = 188/CC\,[30/855 + 25/211] = 28.8/CC = 9.6$$

230 *Cálculo do Coeficiente X*

# TABELA

## CALCULO DO COEFICIENTE X

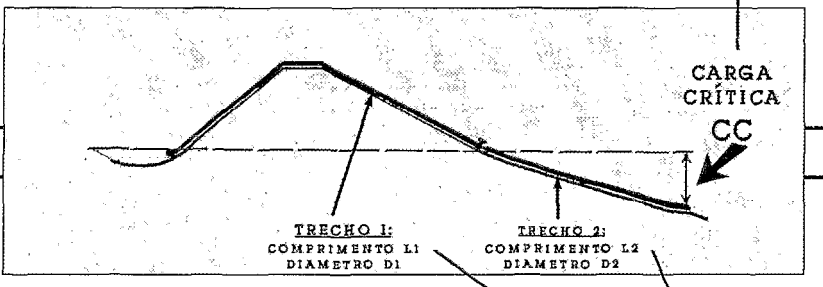
| ACESSÓRIOS | COEFICIENTES | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO | | | | |
| | 2" | 2.5" | 3" | 4" | 5" |
| COTOVELO 45 | 6.9 | 1.9 | .6 | .16 | 0.07 |
| COTOVELO 90 | 8.2 | 2.94 | 1 | 0.32 | 0.13 |
| T DE ESCORVA | 1 | 0.42 | 0.2 | 0.06 | 0.02 |
| BIFURCAÇÃO EM T | 15.4 | 6.3 | 3 | .95 | 0.39 |
| VALVULA DE PÉ | 102 | 38 | 16 | 4.5 | 1.57 |
| HIDROMETRO + FILTRO 3" | - | - | 10.5 | - | - |
| HIDROMETRO + FILTRO 4" | - | - | - | 2.38 | - |
| REGISTRO DE GAVETA | 1 | .42 | 0.2 | 0.06 | 0.02 |
| ESTREITAMENTOS E ALARGAMENTOS | 2/2.5 | 2.5/2 | 3/2 | 4/2.5 | 5/4 |
| | 3.7 | 1.8 | 2.8 | 1.3 | .12 |
| | 2/3 | 2.5/3 | 3/2.5 | 4/3 | 5/3 |
| | 5.7 | 1.7 | .85 | .44 | .65 |
| | 2/4 | 2.5/4 | 3/4 | 4/5 | 5/2.5 |
| | 7.7 | 2.6 | .88 | .23 | 1.6 |
| COEF. COMPLEMENTAR | 10.25 | 4.2 | 2 | .64 | .26 |

231 *Cálculo do Coeficiente A e B*

## CÁLCULO DO COEFICIENTE A

| X DEPENDE DOS ACESSÓRIOS DO SIFÃO |
|---|
| VER TABELA |

$$A = \frac{X}{CC}$$




| | |
|---|---|
| POLIETILENO | 188 |
| PVC | 188 |
| FERRO FUNDIDO (NOVO) | 214 |
| FERRO FUNDIDO (VELHO) | 347 |
| AÇO | 291 |
| AÇO GALVANIZADO | 230 |

$$B = \frac{188}{CC}\left(\frac{L_1}{D_1^{4.87}} + \frac{L_2}{D_2^{4.87}} \cdots\right)$$

| D(pol) | 2 | 2.5 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| $D^{4.87}$ | 29 | 87 | 211 | 855 | 2535 |

## CÁLCULO DO COEFICIENTE B

□ **Determinação da vazão**

Uma vez obtidos os coeficientes (A) e (B), calcula-se a vazão do sifão mediante o ábaco da figura 234.

**Exemplo:** localiza-se o valor de (B) no eixo X e obtém-se, mediante uma interpolação entre as curvas (A = 2) e (A = 4), o valor de vazão do sifão (em $m^3$/hora). Para A = 2.60 e B = 9.60, lê-se Q = 35 $m^3$/hora.

## 1.4 Outros tipos de sifão

### ■ Sifão simplificado

Para sifões pequenos (duas polegadas) pode-se **dispensar o tê de escorva e a válvula de pé**, conservando-se apenas o registro. Em caso de esvaziamento, mergulha-se a mangueira na água, sacudindo as extremidades para evacuar todo o ar nela contido, fecha-se o registro, tapa-se a outra extremidade com a mão e coloca-se a mangueira novamente no lugar. O pequeno tamanho do sifão permite um manuseio e um deslocamento mais fáceis.

### ■ Sifão de PVC

O sifão pode também ser constituído de tubos **PVC** soldáveis.
O Tê de escorva será do tipo liso soldado aos dois trechos do sifão, com saída roscável e bujão.

A principal desvantagem do sifão de PVC é que, se vier a apresentar algum tipo de entrada de ar, não haverá como detectá-la e consertá-la, Além do mais, o bujão de plástico **não deve ser colocado com graxa** mas com fita veda-rosca, a qual se estragará a cada abertura, ficando difícil escorvar o sifão regularmente, se isto se tornar necessário.
O PVC tem que ser do **tipo PN80** e deverá ser imperativamente enterrado para ser protegido do sol e do pisoteio. A sua única vantagem com relação ao polietileno é a de ser duas vezes mais barato.

### Dimensionamento de um sifão - Exemplo 2

**Deseja-se assegurar a vazão de projeto Q = 26 $m^3$/*hora em um ponto situado a 5.60 m abaixo da cota do sangradouro.*

*O açude tem uma profundidade de 4.10 m e a válvula de pé do sifão fica a dois metros do fundo (volume morto), possibilitando o aproveitamento da camada superior de 2.10 m de espessura. No ponto* **mais desfavorável**, *a carga crítica (CC) será de (5.60 - 2.10) = 3.50 m. Estamos no* **caso de uma saída baixa.** *O comprimento (CS) do sifão é fixado em 130 metros, sendo 100 metros de adutor.*

*Considera-se um sifão de três polegadas, munido de válvula de pé, T de escorva, cotovelo de 45$^0$ e registro de gaveta do mesmo diâmetro. Calcula-se (A) e (B).*

*A = (16 + 0.2 + 0.6 + 0.2 + 2)/3.5 = 5.43*
*B = 188 x 130/(3.5 x 211) = 33.1*

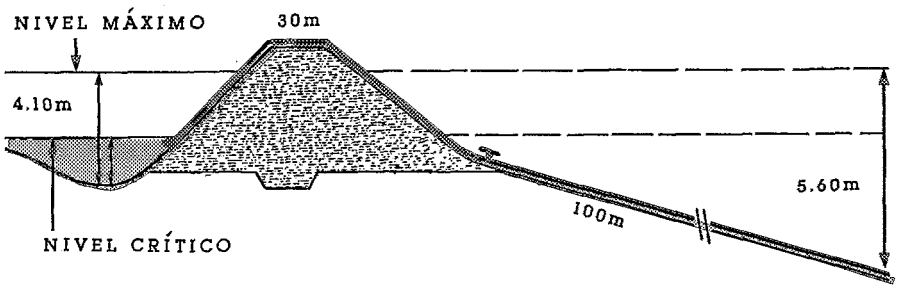
*O ábaco fornece Q = 19.2 $m^3$/h, vazão inferior aos 26 $m^3$/h requeridos.*

*Considera-se agora um sifão composto de 2 trechos: colocando um trecho de 4" na parte da parede, pode-se utilizar uma válvula de pé de 4" que proporciona uma perda de carga bem menor (mas que tem preço mais elevado).*

Continua na página seguinte

*Continuação da página anterior*

232




*Considera-se agora um sifão composto de 2 trechos: colocando um trecho de 4" na parte da parede, pode-se utilizar uma válvula de pé de 4" que proporciona uma perda de carga bem menor (mas que tem preço mais elevado).*

*Tenta-se a combinação:*

| | **Trecho 1** | **Trecho 2** |
|---|---|---|
| | $CS_1 = 30\ m$ | $CS_2 = 100\ m$ |
| | $D_1 = 4"$ | $D_2 = 3"$ |
| | *válvula de pé* | *cotovelo* |
| | *Tê de escorva* | *registro* |

$A = (4.5 + 0.06 + 0.6 + 0.2 + 2 + .44)/3.5 = 2{,}2$

$B = 188\ (30/855 + 100/211)/3.5 = 27.34$

*Para A = 2,2 e B = 27.3, obtém-se mediante o ábaco, uma vazão Q = 23 $m^3$/hora*

*A vazão não aumentou o bastante; no entanto, pode-se considerar que os 10 % que faltam serão assegurados graças à margem de segurança (em fim de ciclo, a vazão requerida é inferior à vazão de projeto).*

*Para maior segurança, pode-se prever um diâmetro de 4" para os cinqüenta primeiros metros do adutor: B passa a valer 17.8 fornecendo uma vazão Q = 28 $m^3$/hora satisfatória.*

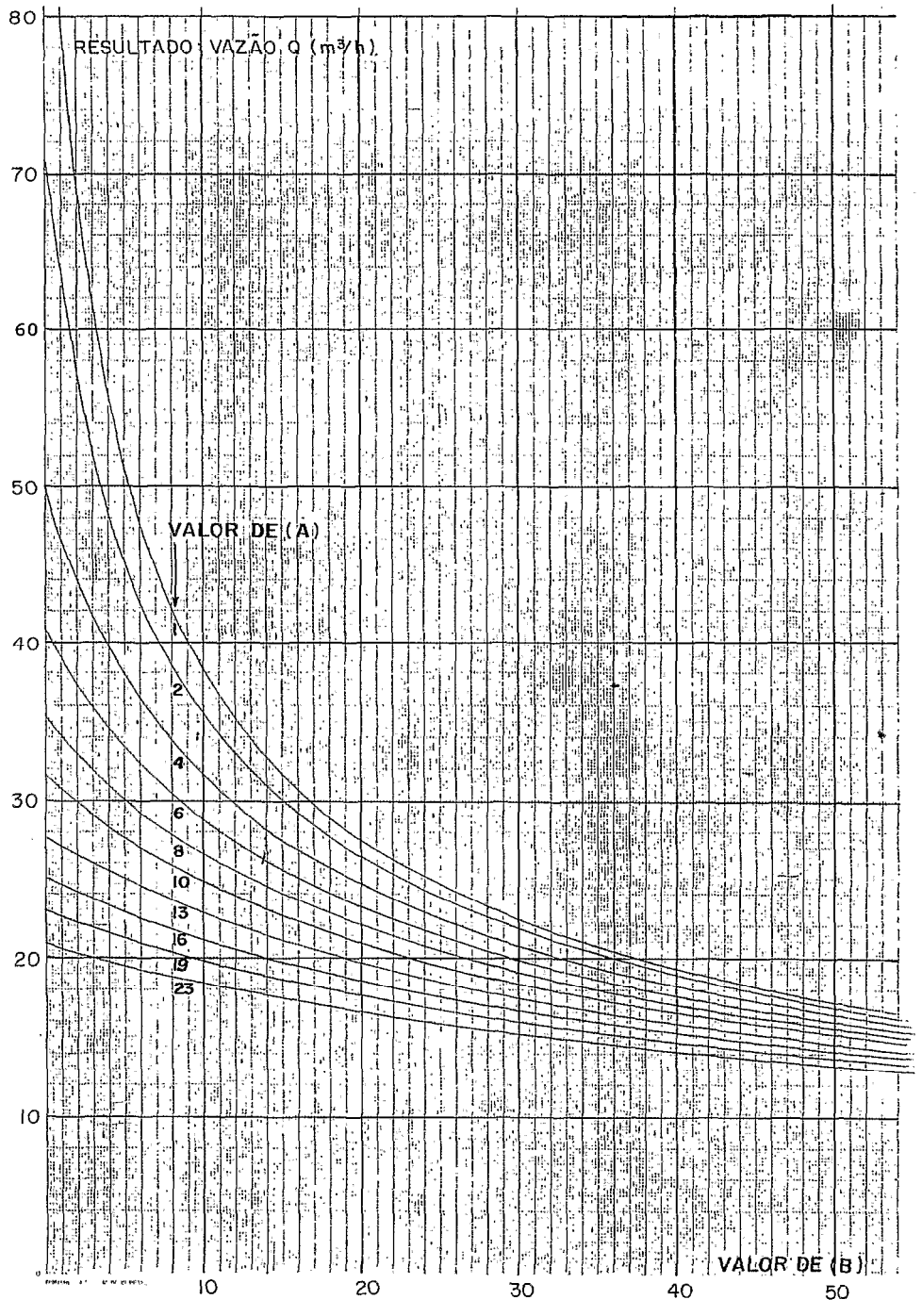
## Sifão de ferro fundido

O sifão de ferro fundido é uma opção muito aconselhada para açudes profundos (6-8 metros) porque é o mais resistente à sub-pressão e porque, através do bujão, pode ser aberto e fechado à vontade.

234 *Sifão de ferro fundido*

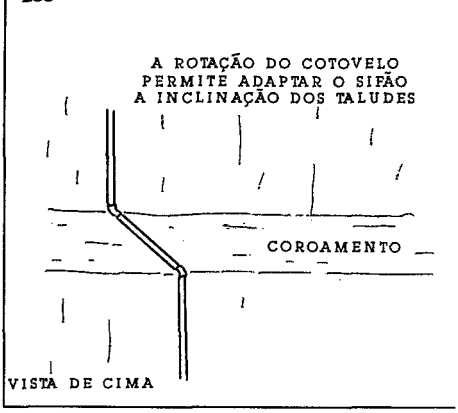
233

*Gráfico Q (A e B)*



Encontra-se uma pequena dificuldade para adequar a forma do sifão à barragem já que não se pode dobrar os tubos e só existem curvas de 45° (às vezes 30°). Dois artifícios permitem resolver essa questão: utilizar cotovelos de 45°; como o ângulo entre os taludes do maciço e a horizontal têm valor bastante variável e não há possibilidade de empenar os tubos e os cotovelos, pode-se colocar o sifão da forma indicada na figura 235: a inclinação dada ao trecho horizontal compensa a diferença de inclinação entre o talude e o cotovelo de 45°. Pode-se, também, colocar dois cotovelos de 90° colocados na posição indicada na foto 235.

235



## 2. A Galeria

### 2.1 Descrição

Uma galeria (ou "descarga de fundo", "comporta") é uma canalização que atravessa a base do açude e permite a transferência da água para a jusante. **A galeria só pode ser colocada** na construção do açude.

Em pequenos açudes, a galeria é geralmente constituída de tubos de aço soldados. Manilhas de fibro-cimento são às vezes empregadas mas o acoplamento com um registro de gaveta não é prático. **Atenção:** Não se pode,evidentemente, colocar a galeria depois da construção, já que isto condenaria o açude.

Na prática, é muito raro encontrar galerias em pequenos açudes, principalmente por duas razões:

- A boa colocação da galeria requer cuidados particulares (ver item A3) e qualquer erro ou descuido podem ser fatal para o açude.
- É difícil ter acesso à entrada da galeria (quando o açude está cheio) para combater um eventual entupimento. Aconselha-se construir na entrada da canalização uma caixa especial com o lado superior gradeado a fim de impedir este problema.

## 2.2 Dimensionamento da galeria

Para estimar a **vazão (Q)** de uma galeria, utiliza-se a figura 237, onde (Q) depende do diâmetro (D), do comprimento (L) e da carga (H).

Para **dimensionar uma galeria**, na hora da construção do açude, utiliza-se a mesma figura, considerando o **nível d'água crítico** e a **carga crítica (CC)** correspondente.

O cálculo de (CC) é **idêntico** ao exposto para o caso do sifão, com a diferença que o registro será geralmente colocado **na saída** da galeria, simplificando ainda mais o raciocínio.

# 3. Uso de motobombas

## 3.1 Escolha da motobomba

A irrigação gravitária de pequenas parcelas (1 a 3 ha, por exemplo) nas encostas dos açudes requer geralmente o uso de motobombas de **potência limitada.**

*Cálculo da vazão do projeto.* *Ver pág. 297*

Para dimensionar a moto-bomba em função das necessidades, considera-se, em primeiro lugar, a vazão de projeto (Q) que deve ser assegurada.

Em segundo lugar, calcula-se a **altura manométrica** total ($H_{man}$) (em m.c.a, metros de coluna d'água) do sistema de bombeamento. No caso em que a água for distribuída diretamente, no fim do adutor (saída livre), ($H_{man}$) será a diferença de nível ( H) entre a superfície do açude e a saída da canalização (altura geométrica) **aumentada** das perdas de carga no conjunto. Para fazer o cálculo, considera-se sempre o ponto do perímetro **mais alto e mais distante do açude** bem como o **nível mínimo** no açude que permita o bombeamento (figura 238). A essa situação corresponde um comprimento máximo (L) da tubulação total (recalque e sucção).

Calcula-se a potência no eixo (potência que deve ser fornecida à bomba) por:

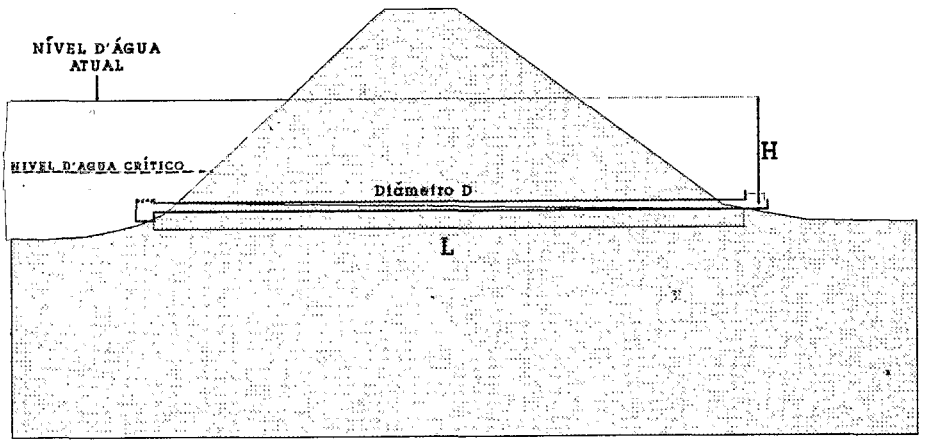
$$\mathbf{P(c.v) = Q(m^3/h).\ H_{man} / 2.70\ Rend(bomba)}$$

O **rendimento da bomba** é dado pelas curvas características fornecidas pelo fabricante, porém para uma estimativa preliminar da potência pode-se utilizar os valores médios da figura 238, dados em função da vazão Q.

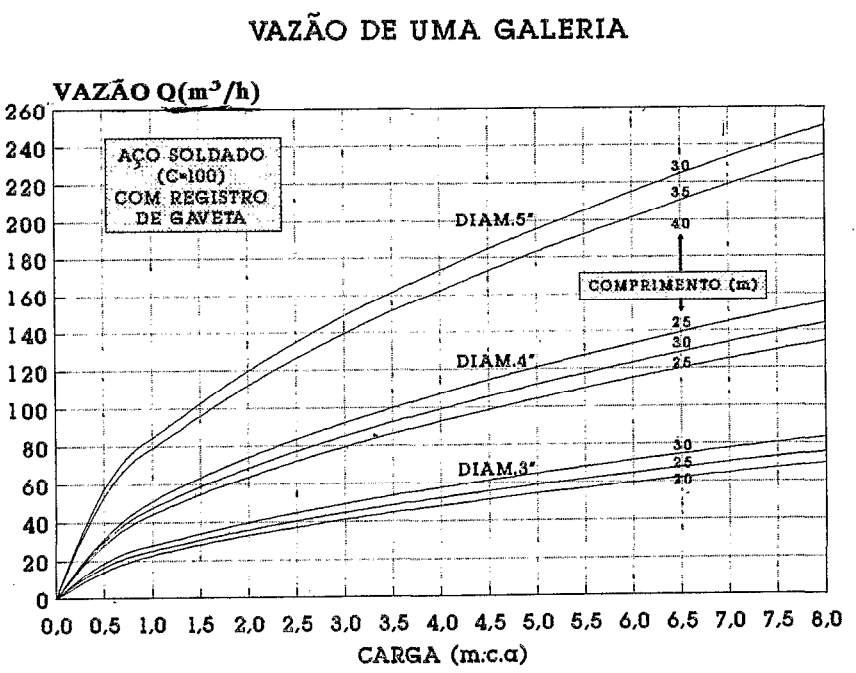
As perdas de carga lineares por metro de tubo, J(m/m), dependem da vazão (Q) e do diâmetro da canalização e podem ser calculadas pela fórmula geral

$$\mathbf{J(m/m) = d.\ Q(m^3/h)^{1.852}}$$

236 *Calcular a vazão de uma galeria*




237 *Vazão de uma galeria*



onde (d) depende do diâmetro da tubulação e vale, para tubos de PVC:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Diâmetro** | *2"* | *(d)* | *0.00063* |
| | *2.5"* | | *0.00021* |
| | *3"* | | *0.000088* |
| | *4"* | | *0.000021* |

A perda de **carga total** (por metro) pode ser lida diretamente nas curvas da figura 244, onde se levou em conta um **acréscimo de 10%** relativo às perdas de carga singulares. Este valor é multiplicado pelo comprimento (L) da tubulação para obter a perda de carga total.

O cálculo da potência total do motor deve considerar a eficiência do mesmo, o que justifica o coeficiente de correção da figura 238, tomado igual a **1.25 para motores diesel** e dependente da potência (P) para motores elétricos.

**Atenção 1:** No que diz respeito aos motores elétricos, aconselha-se, cada vez que for possível, **verificar a voltagem** fornecida pela linha. A prática tem demonstrado que, muitas vezes, por mau dimensionamento da extensão ou má regulagem do transformador, **a voltagem nem sempre é a desejada.** Além do mais, ocorrem flutuações da rede geral. Por isso, é aconselhado prever uma **margem de segurança** da ordem de 30 %, e até 50 % para potências pequenas, inferiores a 2 HP.

**Atenção 2:** Não existem motores diesel de menos de 4 CV (ou 4 HP) de potência.

**Atenção 3:** Já que a bomba será utilizada em condições variáveis, por causa da evolução do nível da água no açude bem como da extensão e do relevo da área irrigada, deve-se preferivelmente escolher **bombas com curva de potência a mais plana possível,** de maneira a evitar aumento exagerado do consumo de energia e aquecimento do motor.

Recomenda-se comprar conjuntos elétricos monoblocos. Esses conjuntos oferecem maior segurança, têm preço apenas superior ao da bomba só e têm características bastante estáveis numa larga faixa de funcionamento.

## 3.2 Bombeamento do volume morto do açude

*Volume morto.*
*Ver pág. 303*

Em alguns casos, o sifão não alcança o fundo do açude e temos assim um volume morto, inaproveitável para a irrigação através do sifão. Se esse volume morto é importante, em particular nos açudes rasos e abertos (K grande), pode ser interessante bombear a água remanescente. Às vezes, se utilizará, para isto, uma bomba escolhida e **prevista para outra situação,** devendo-se conferir a possibilidade de sua utilização nessas condições.

*Redes de Distribuição*
*Ver pág. B5-6*

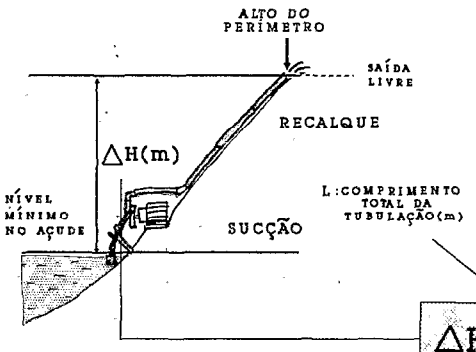
Este bombeamento poderá ser feito com canalizações independentes do sifão porém, geralmente, será muito mais simples utilizar o sifão já existente. Se a este sifão for acoplada uma rede de distribuição (adutor + tubos móveis ou canalizações enterradas com saídas fixas) teremos toda vantagem em aproveitá-la, acoplando a motobomba a essa rede.

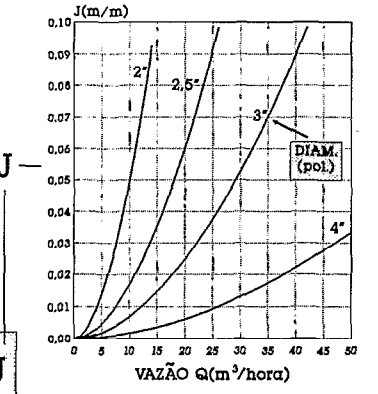
Várias soluções são possíveis à primeira vista, como mostrado na figura 239:

- A primeira solução consiste em acoplar a motobomba na entrada do sifão, após tirar a válvula de pé.
  Esse procedimento **é a melhor opção,** porém nem sempre é facilmente realizável porque a bomba poderá precisar de um suporte especial para ser instalada no baldo, por causa da declividade do talude.

238 *Calcular a potência da bomba*

# CALCULAR A POTÊNCIA DA BOMBA




$$\Delta H + L.J$$

$$P_{(CV)} = \frac{Q(m^3/h).\ H(m)}{2.70 \times REND\ (bomba)(\%)}$$

*Para bombas centrífugas*

| Q(m³/h) | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RENDIMENTO MÉDIO | 47 | 48 | 52 | 54 | 58 | 62 | 70 | 75 |

CORREÇÃO

***Levar em conta o rendimento do motor***

| VALOR DE P (CV) | 1/2 | 3/4 | 1 | 3/2 | 2 | 3 | 5 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MOTOR ELÉTRICO | 1.56 | 1.49 | 1.39 | 1.37 | 1.33 | 1.30 | 1.23 | 1.19 |
| MOTOR DIESEL | 1.25 | | | | | | | |

CORREÇÃO

***Levar em conta a voltagem real***

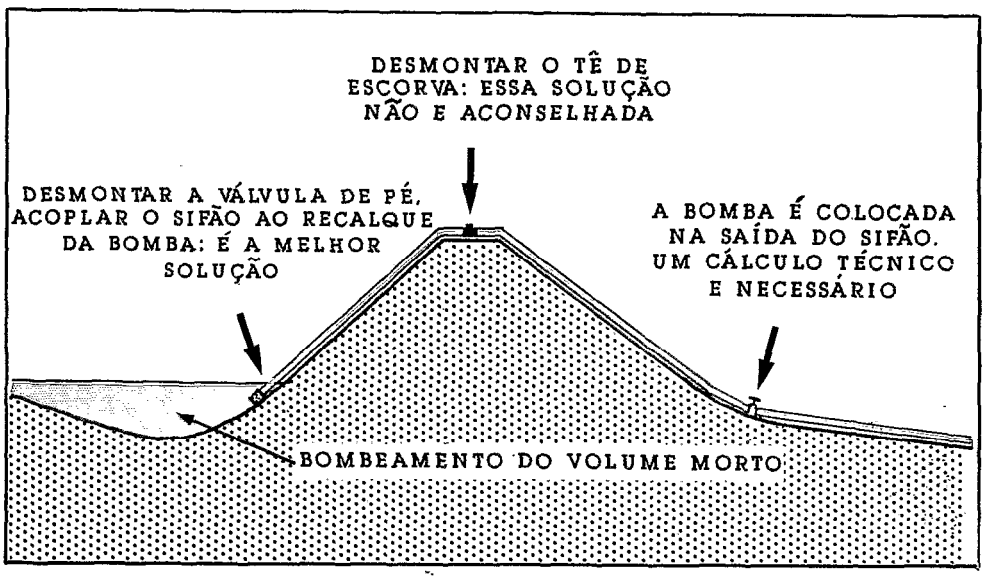
SE FOR POSSÍVEL, CONFERIR A VOLTAGEM REAL DA LINHA ELÉTRICA. DE MANEIRA GERAL, RECOMENDA-SE PREVER UMA MARGEM SUPLEMENTAR DE 30%.

VALOR DA POTÊNCIA DA BOMBA

A operação será facilitada se o sifão for de polietileno, por oferecer flexibilidade na hora de acoplar-lhe a bomba.

- A segunda solução consiste em desmontar o sifão a nível do Tê de escorva para intercalar a bomba.
  Essa prática é fortemente **desaconselhada** porque obriga a desenterrar o sifão e a desmontá-lo na sua parte mais sensível, o que tenderá a prejudicar a sua boa estanqueidade (vedação) quando for remontado.

239 *Acoplar uma motobomba ao sifão: 3 soluções*

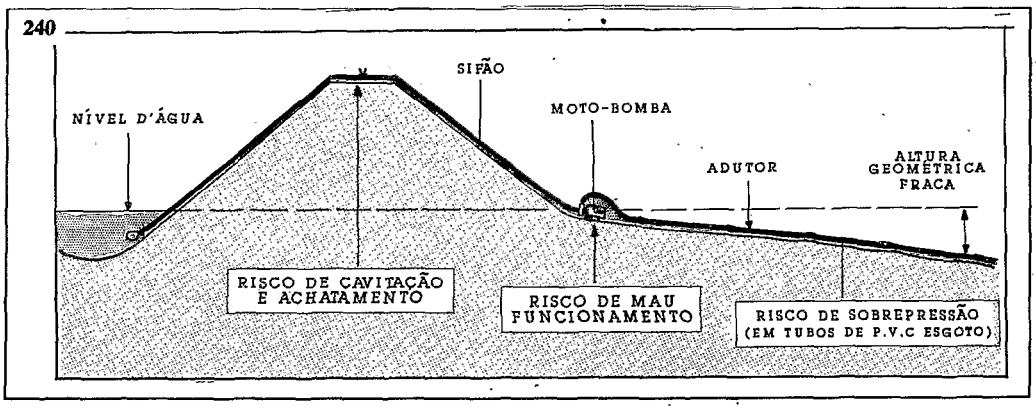



- A última solução é ligar a bomba na saída do sifão. Neste caso, é **indispensável realizar um cálculo técnico** para verificar que a montagem projetada é compatível com o sifão. Três problemas podem, de fato, acontecer:

**a.** Trabalhando quase num plano horizontal (quando o baixio é pouco declivoso e a área irrigada próxima ao açude, figura 240), a altura manométrica do sistema sifão-bomba-adutor será muito baixa e, em conseqüência, a vazão bastante elevada. A bomba trabalhará, em geral, na parte extrema direita da sua curva característica, com rendimento muito baixo. Segundo o tipo de bomba, ou mais precisamente segundo a forma da curva de potência, isto pode às vezes resultar num grande aumento da potência absorvida (e do consumo);

Em geral, as bombas que trabalham com **fraca altura manométrica** (recalque baixo) e **motores diesel** são bombas de grande vazão (da ordem de 150 $m^3$/hora).
A adequação da motobomba dependerá muito da potência do motor e do tipo de bomba (ou seja do uso para o qual tinha sido prevista).

No caso da fraca altura manométrica acarretar mau funcionamento e vazões grandes demais, será necessário criar uma perda de carga suplementar importante, **fechando o registro de gaveta,** de maneira que a bomba possa trabalhar na sua faixa característica, como mostrado no exemplo mais adiante.




**b.** A **motobomba pode impor uma vazão bastante superior à normal e aumentar assim as perdas de carga no trecho ascendente** do sifão, **diminuindo ainda mais a pressão na parte alta**, podendo haver problemas de cavitação e de achatamento dos tubos; essa pressão já é baixa por haver grande desnível entre o nível d'água no açude e o topo do sifão, já que o bombeamento efetua-se quando o nível do açude está baixo.

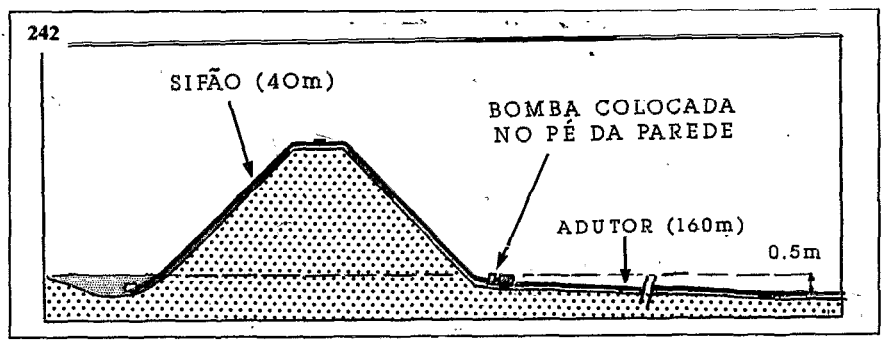
Por isso, essa solução poderá ser empregada **somente** com sifões apresentando ótimo funcionamento normal (sem necessidade de escorvação periódica), prova da boa vedação dos acoplamentos, a fim de reduzir o risco de entrada de ar e de cavitação da bomba.

**c.** O recalque da motobomba pode ser acoplado a canalizações, muitas vezes de PVC esgoto, que não suportem a pressão criada pela bomba. Isto só acontecerá, porém, com motobombas de certa potência (20 CV, por exemplo).

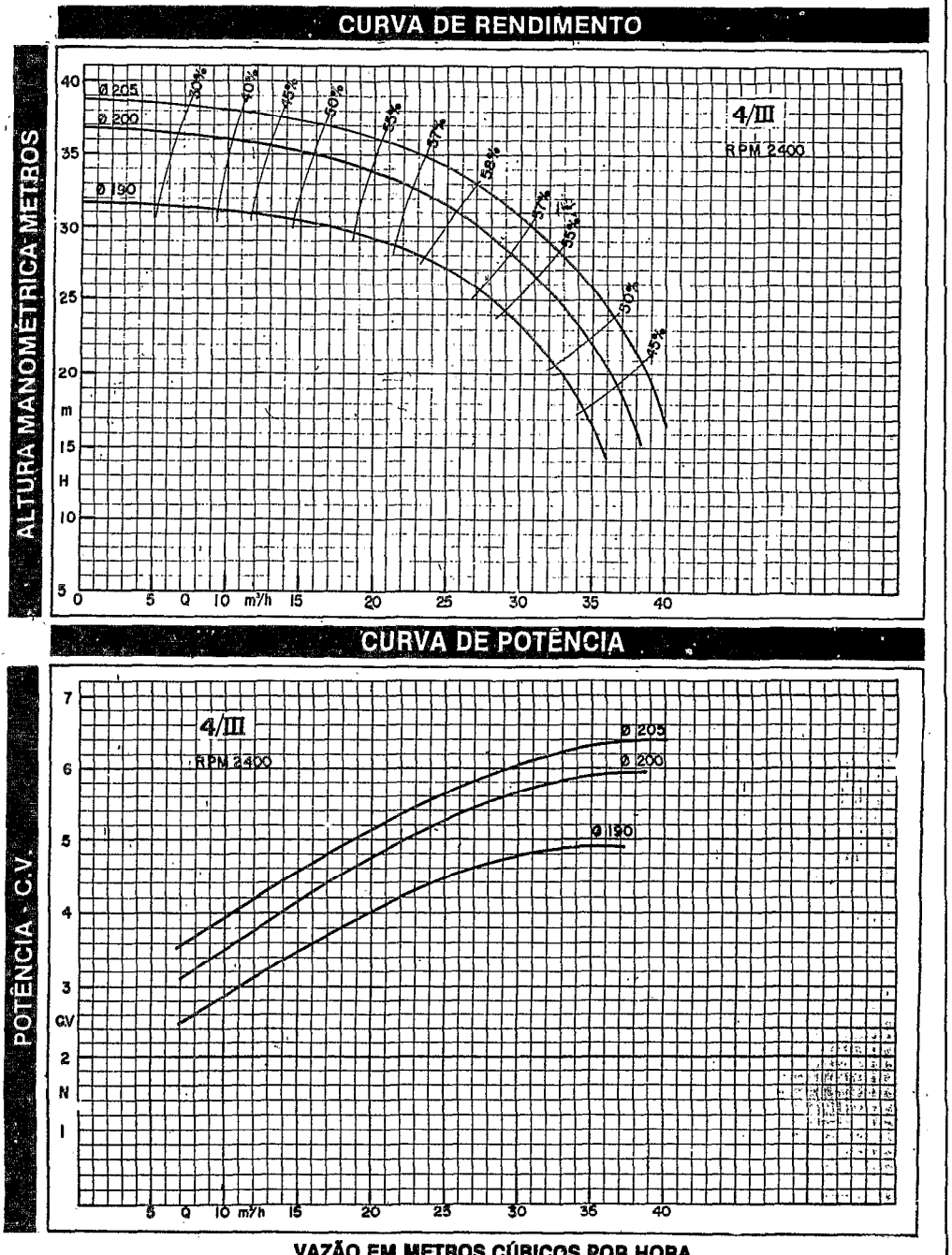
*Essa solução não será adequada a uma rede de canalizações enterradas porque haveria necessidade de desenterrar o tubo para acoplá-lo à bomba.*

## 3.3 Exemplo de cálculo técnico

Instala-se, entre um **sifão** de polietileno de 40 metros de comprimento e um **adutor** de PVC esgoto de 160 metros, ambos de 3" de diâmetro, um motor diesel acoplado a uma **bomba** de curvas características dadas pela figura 241. O **desnível** entre a água do açude e a saída do adutor é de 50 cm.



241 *Curvas características da bomba (exemplo)*



## ■ Determinação do regime de funcionamento da bomba

A perda de carga linear no conjunto sifão + adutor é (J x L) onde (J) é a perda de carga por metro e (L) o comprimento total da tubulação. (J) é dada por $J = d.Q(m^3/h)^{1.852}$ (ver acima). Multiplica-se (J) por 1.10 para levar em conta as perdas de carga singulares (o cálculo de (J), com acréscimo de 10%, é também fornecido pela figura 244).

Plota-se a curva dando a altura manométrica do sistema na figura 241 das curvas características da bomba.

$$H_{man} = -0.5 \text{ (desnível)} + 1.10.\ J.L$$
$$= -0.5 + 1.10.\ 200 x\ 0.000088.\ Q^{1.852}$$
$$= -0.5 + 0.0194.\ Q^{1.852}$$

| | |
|---|---|
| $Q = 10$ | $H_{man} = .88\ m$ |
| $Q = 20$ | $H_{man} = 4.48m$ |
| $Q = 30$ | $H_{man} = 10.05m$ |
| $Q = 40$ | $H_{man} = 17.48m$ |

Verifica-se que a interseção dessa curva com a curva característica da bomba (d = 200), determina um **ponto de funcionamento** definido por uma vazão Q = 37 $m^3$/hora e uma altura manométrica de 16 metros. A bomba funciona em condições extremas e a potência absorvida, fornecida pela curva inferior da figura 241, é de 6 CV. **Neste caso,** o aumento da potência, com relação ao valor de 5.4 CV correspondente à vazão nominal de 26 $m^3$/h, é apenas de 10 %.

## ■ Pressão no alto do sifão

Se se considera um sifão de trecho ascendente de 20 metros de comprimento, verifica-se que essa vazão de 37 $m^3$/hora provoca perdas de carga da ordem de 0.077 x 20 = 1.54 m (ábaco da figura 244).

O nível d'água estando baixo, essa perda de carga suplementar, segundo a profundidade do açude, pode contribuir a provocar problemas de achatamento dos tubos. O total da perda de carga e da diferença de nível entre o coroamento e a superfície da água não deverá ser superior a 7 m.

## ■ Pressão na saída da bomba

A perda de carga entre a saída da bomba e a saída do adutor é 0.077 x 160 = 12.3 m (ábaco da figura 243b). Sendo a saída livre (pressão atmosférica), esse valor é aproximadamente apressão na saída da bomba; não há problema de sobre-pressão (a resistência do PVC tipo esgoto é **da ordem de 20 m.c.a:** consultar o catálogo para maior informação, já que certas marcas garantem uma resistência mais alta).

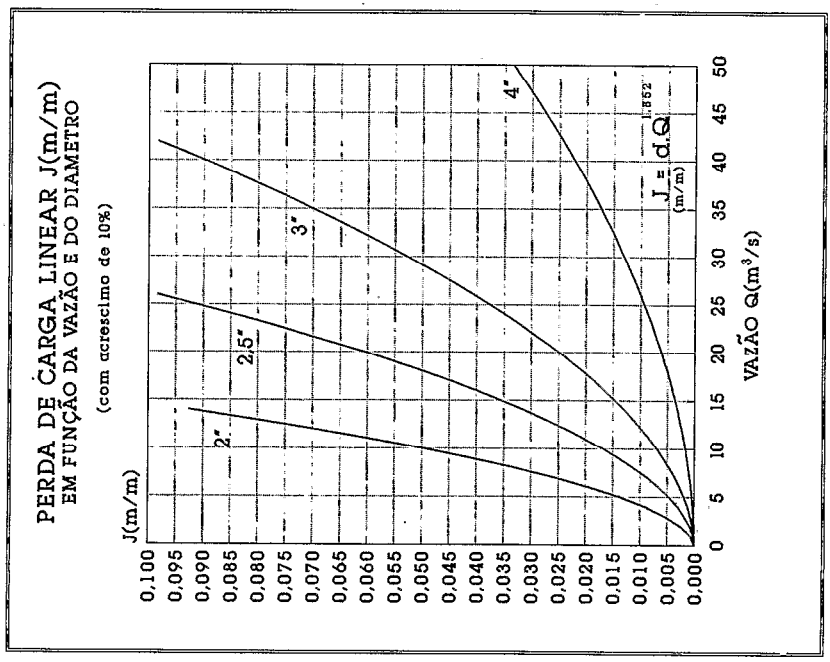
## ■ Corrigir a vazão

Se no exemplo acima, o adutor tivesse apenas 20 metros de comprimento, o valor de $H_{man}$ seria modificado para:

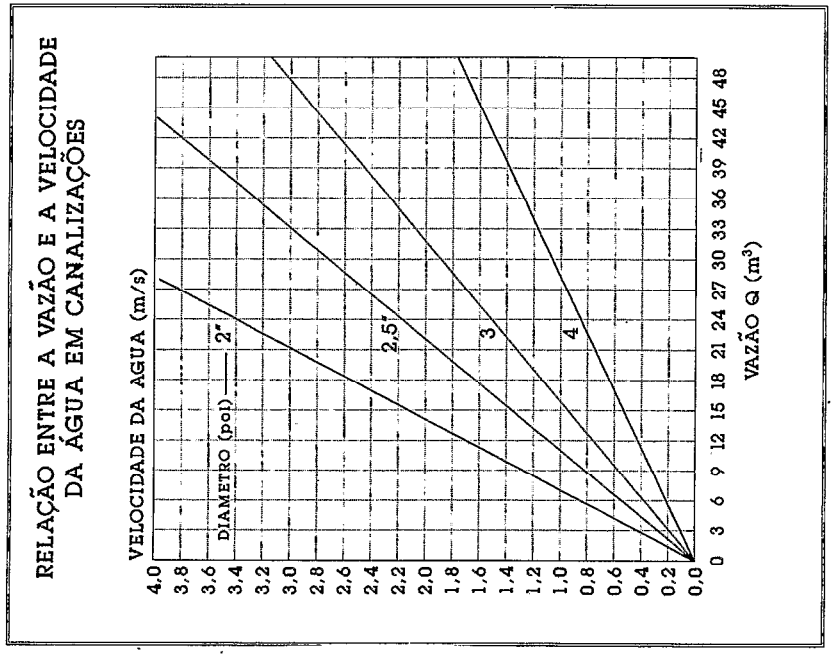
$$H_{man} = -0.5 + 1.1 x\ 60 x\ 0.000088$$
$$= -0.5 + 0.0058\ Q^{1.852}$$

A curva correspondente é mais baixa (em pontilhado na figura 241); para Q = 40 $m^3$, $H_{man}$ vale apenas 4.88 metros! A bomba não estará em condições de funcionar corretamente e sofrerá desgaste.

**243a** *Ábaco Perda de Carga*




**243b**



Para que a bomba funcione na faixa de melhor rendimento, deve-se **criar uma perda de carga suplementar** na tubulação para aumentar a altura manométrica e diminuir a vazão. Isso pode ser obtido **fechando-se parcialmente o registro de gaveta** situado na saída da bomba. A regulagem pode ser feita de duas maneiras:

1) Observa-se, numa época onde o sifão funciona com boa carga, o alcance do jato saindo do tubo. Ligando a bomba, abre-se o registro até conseguir um jato de força semelhante.
2) Calcula-se o número de voltas necessárias para que o registro provoque a perda de carga desejada.
   Retomando o exemplo anterior (com adutor de 160 metros): para conseguir uma vazão de 28 $m^3/h$ (rendimento ótimo correspondendo a uma altura manométrica de 29 m), deve-se acrescentar, **segundo a curva característica**, uma perda de carga de 29 - 8 = 21 m.
   À vazão de 28 $m^3/h$, corresponde uma velocidade de 1.75 m/s (ver figura 243a). A perda de carga criada pelo registro é da forma

$$\boxed{kV^2/2g}$$

k variando segundo a abertura da gaveta. Escrevendo $kV^2/2g = 21$, obtém-se $k = 134$ ($g = 9.81\ m/s^2$).

| grau de abertura | valor de k |
|---|---|
| *12.5 %* | *0.07* |
| *25* | *0.3* |
| *37.5* | *0.8* |
| *50* | *2.1* |
| *62.5* | *5.5* |
| *75* | *17* |
| *87.5* | *98* |

A tabela ao lado fornece o valor de k da perda de carga criada pelo registro parcialmente aberto **em função do grau de abertura**: 50 % de abertura, se for preciso 15 voltas para fechar o registro, corresponde a 7.5 voltas.

No exemplo acima, as características das bombas impõem que o registro esteja quase que totalmente fechado.

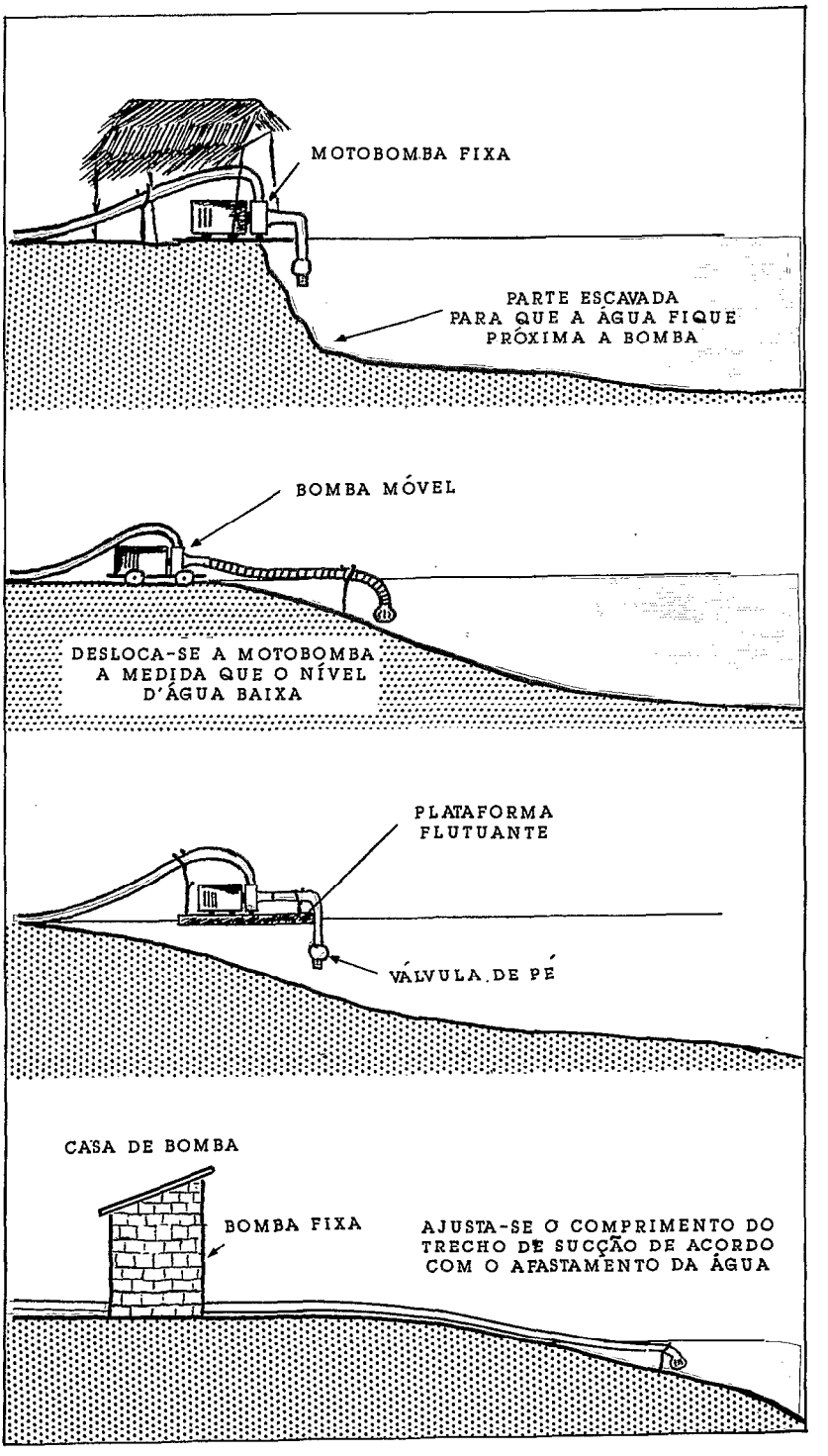
Um **cálculo técnico**, como o aqui apresentado, é **indispensável** para se verificar a possibilidade de acoplar uma motobomba **à saída do sifão.**

## 3.4 A tomada d'água

Uma particularidade do bombeamento nos açudes vem do fato que o espelho d'água diminui com o rebaixamento da água e que o ponto de bombeamento na margem do açude **afasta-se** continuadamente do perímetro. Esse aspecto deve ser levado em conta no projeto pois em alguns casos (em particular nos grandes açudes) este fenômeno é muito importante. As principais conseqüências são as seguintes:

- A distância aumenta, devendo-se prever canos suplementares.
- Em alguns casos, isto pode modificar as características do projeto pelo acréscimo de perda de carga (maior comprimento e maior altura de recalque), e fazer com que a bomba funcione fora de seus limites.
- O lugar do bombeamento afasta-se. Se a bomba for elétrica, haverá necessidade de extensão da linha.

244 *Tipos de tomada d'agua*



- A tomada d'água deve acompanhar o rebaixamento, havendo para isto quatro possibilidades (figura 244):
  — deslocar progressivamente a motobomba (prever estrutura com rodas);
  — colocar a motobomba em uma plataforma flutuante;
  — escavar um "braço" profundo para assegurar água no pé da motobomba;
  — deixar a motobomba fixa e adaptar o comprimento da linha de sucção ao rebaixamento da água.

Essa última opção será escolhida caso haja necessidade de construir uma casa de bomba para protegê-la do roubo, quando não há habitação por perto onde esta possa ser recolhida. Entretanto, há certa dificuldade em poder colocar a motobomba **fixa** sem estarmos no caso (1) da figura porque geralmente a água afasta-se bastante; essa possibilidade só será possível em açudes de encosta íngreme onde a água se afasta menos. A linha de sucção poderá atingir **até** 50-60 metros ou mais, **desde que se verifique** através de um cálculo técnico que não haverá cavitação.

**Atenção:** Recomenda-se proteger a motobomba do sol com uma cobertura rudimentar (folhas de palmeira, galhos, lona plástica).

# B5-6
# Como distribuir água no perímetro

**1. Tipos de distribuição**

**2. Disposição dos sulcos**

2.1 As irregularidades do terreno
2.2 A topografia da área irrigável
2.3 Levar em conta a drenagem
2.4 Observar o solo e sua textura

**3. Adutores acoplados a sifões**

3.1 O percurso do adutor
3.2 Manejo

**4. Distribuição por tubos móveis**

**5. Distribuição por tubos janelados**

**6. Distribuição por canalizações enterradas com saídas fixas**

6.1 Descrição do sistema
6.2 Tipos de saída d'água
6.3 Manejo

**7. Distribuição por canal**

7.1 Exemplos de situações
7.2 Tipos de canal
7.3 Declividade do canal
7.4 Dimensionamento do canal
7.5 Distribuição da água a partir do canal

O aproveitamento por irrigação gravitária dos baixios situados a jusante dos açudes apresenta muitas vantagens: além de valorizar terras, em geral de **boa fertilidade,** o sistema de irrigação emprega um sifão (ou uma galeria) e uma rede de distribuição extremamente simples, baratos e funcionando sem energia.

Entretanto, a topografia da maioria dos baixios e dos vales barrados por pequenos e médios açudes nem sempre é, à primeira vista, favorável à irrigação gravitária: os vales são estreitos (50-100 metros de largura) e o **relevo dos baixios pode revelar-se bastante acidentado.**

Por isso dedicamos um capítulo específico ao exame detalhado das diversas alternativas existentes para solucionar este problema, distinguindo-se vários tipos de redes de distribuição.

## 1. Tipos de distribuição

A rede de distribuição da água nos perímetros gravitários pode ser constituída de:

### ■ Tubulações

- Um adutor (ou tubo) móvel (mas eventualmente enterrado na primeira parte de seu percurso) com saída livre. Desloca-se este e adapta-se o número de tubos para atingir as várias partes do perímetro.
- canalização enterrada, com saídas fixas e eventuais ramais laterais; este sistema (baixa pressão, tubos enterrados) é, às vezes, chamado de "sistema Califórnia".
- tubos janelados removíveis ou fixos.

### ■ Canais

- canais de barro (terra)
- canais de alvenaria ou constituídos de elementos pré-fabricados.

### ■ Outros tipos

Em alguns casos de topografia particular em que a pressão é suficiente, pode-se, também, acoplar ao sifão (ou ao adutor) uma linha de aspersores ou de gotejadores, tipo xique-xique, por exemplo. Sendo raras essas situações, nós nos limitaremos aos casos enumerados acima.

Vale notar, também, que pode haver **combinação dessas soluções:**

— uma mesma linha de tubos janelados pode, por exemplo, ser deslocada junto com o adutor;

— o adutor desemboca geralmente em um canal, o qual pode ser de alvenaria com canais secundários de barro, etc..

A escolha do sistema de ditribuição mais adequado à situação do projeto deve levar em consideração vários fatores, mas ela é **determinada principalmente pela forma e pela topografia da área a ser irrigada,** bem como por critérios econômicos.

- Os canais poderão ser utilizados em terrenos de topografia pouca acidentada e em áreas não recortadas por riachos, caminhos ou depressões. Canais de barro serão possíveis apenas em solos de fraca infiltração.
- **As tubulações** proporcionam melhor eficiência e permitem superar as irregularidades da topografia. Têm vida útil prolongada quando enterradas.

**Em termos econômicos,** canais de barro são os mais baratos (apenas a mão-de-obra). O preço do canal de alvenaria diminui (+15%) se se pode produzir os tijolos no local e se não há necessidade de mão-de-obra externa (35%). O cimento representa aproximadamente 40% do preço total.

Dez metros de tubulação enterrada, com uma saída (tubo PVC, qualidade esgoto), custam aproximadamente 50% a mais que 10 metros de canal de alvenaria.
A comparação mais precisa dos custos, em função do material (secção do canal, tipo e diâmetro da tubulação) pode ser feita com os dados do anexo 2.

A **descrição,** o **dimensionamento** e o **manejo** de cada um desses sistemas de distribuição são apresentados a seguir. Sua implantação é abordada no item B5-8. As vantagens e desvantagens de cada tipo de distribuição estão **resumidas** após a apresentação dos diversos sistemas, na figura 285 p. 364.

Todos esses sistemas correspondendo a uma **irrigação gravitária por sulco,** examinaremos em primeiro lugar a questão da definição da rede de sulcos.

# 2. Disposição dos sulcos

## 2.1 As irregularidades do terreno

A irrigação por sulco é, muitas vezes, dificultada por uma topografia acidentada. Não existe, em geral, possibilidade de se fazer uma terraplanagem com máquinas tipo patrol, tanto por razões técnicas (ou topográficas) quanto por razões financeiras.

245 *Retificar e aterrar o leito do riacho*

Entretanto, duas medidas são possíveis para melhorar a regularidade da área irrigável.

- **recorrer às máquinas** utilizadas para a construção do açude a fim de retificar as irregularidades mais salientes;
  Em alguns casos, o leito do riacho apresenta **curvas sinuosas sucessivas** que acarretam uma grande perturbação e uma redução da superfície irrigável.

Neste caso, é aconselhável **retificar o riacho**, cortando as curvas e aterrando os buracos.
Se as águas sangradas passam pelo leito do rio, deve-se cuidar para **não aterrar** a calha do rio, a fim de deixar passagem para a sangria.
Se esta sangria se efetuar por outro caminho, a calha poderá ser aterrada,

- atenuar, manualmente, as pequenas irregularidades que dificultam o traçado dos sulcos.
Observa-se também, às vezes, nos baixios, depressões que são vestígios de leitos antigos ou temporários do riacho e que ocasionam empoçamentos.
Essas depressões devem ser aterradas, se for possível; caso contrário, a definição dos sulcos deverá ser modificada.

Em todos os casos, deve-se limitar ao máximo os movimentos de terra arável. As partes altas que forem rebaixadas, **à custa de grande parte da terra superficial**, deverão ser **progressivamente recuperadas** com muita matéria orgânica, estrume e aração.

**No caso de grandes irregularidades topográficas, será preferível optar por um sistema de adução por tubos enterrados (ver mais adiante)** ou pela irrigação por aspersão.

## 2.2 A topografia da área irrigável

A topografia (forma, relevo, extensão) da área a ser irrigada é o principal fator que orienta a disposição dos sulcos e dos canais (mesmo no caso de uma distribuição por canalizações, sempre há canais secundários de barro, para levar a água até os sulcos).

246 *Adaptar os sulcos à topografia*

- Procura-se **áreas de topografia e solo uniformes**: planícies, tabuleiros, vertentes que apresentem uma declividade e solos mais ou menos **homogêneos.**
Quando a topografia for irregular, o perímetro deverá ser dividido em vários conjuntos, às vezes muito pequenos, conforme essa topografia.
- **Fazer sulcos os maiores possíveis**, dentro das limitações impostas pelo declive e pela textura do solo (erosão), de maneira a limitar a mão-de-obra do manejo.
Entretanto, no caso dos baixios, as irregularidades do terreno implicam em sulcos **geralmente curtos.**
- Procurar direcionar os sulcos, dando-lhes um declive **muito fraco** (entre 0 e 0.3%), o qual será ajustado em função do solo e do comprimento do sulco (ver logo adiante).

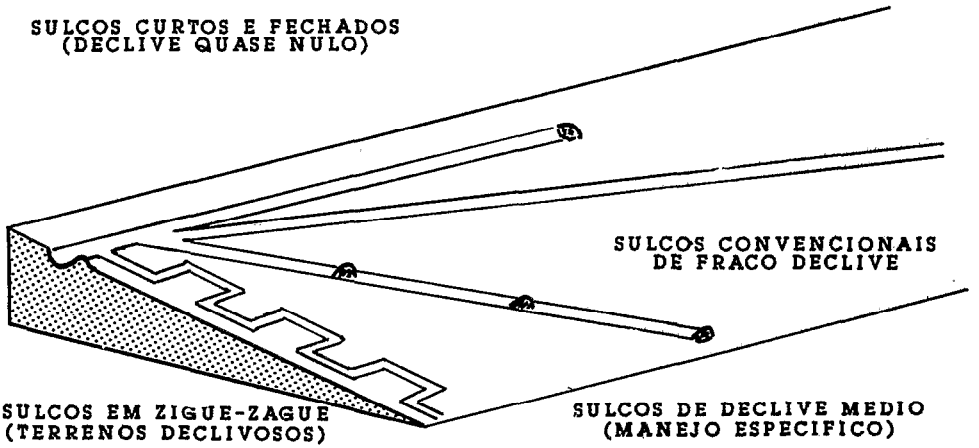
Se o comprimento da parcela for pequeno (10-30 m), haverá grande interesse em fazer **sulcos fechados** na sua extremidade pois proporcionam melhor eficiência.

Na **impossibilidade** de se definir sulcos de fraco declive, pode-se:

— prever sulcos de **declive médio** (1.5 a 3%), quando as parcelas **são curtas e a terra argilosa.** Esse tipo de sulco requer um **manejo específico;**
— escolher sulcos **em contorno** (segundo as curvas de nível);
— fazer sulcos em ziguezague.

A figura 247 diferencia os sulcos em função do seu declive. Os diferentes tipos de sulco e seu **respectivo manejo** encontram-se **detalhados** e explicitados no item B5-7.

247 *Tipos de sulco segundo o seu declive*




## 2.3 Levar em conta a drenagem

*Drenagem*
*Ver pág. 258*

Observar as possibilidades de drenagem natural. Os **eixos naturais de drenagem,** em particular o leito do rio (a calha) e/ou os lugares propícios à abertura de drenos devem ser levados em conta para locar a rede de sulcos. Pequenas depressões cavadas por riachinhos transversais, podem ser utilizadas como eixos de drenagem. Na medida do possível, loca-se os sulcos para que desemboquem nos drenos.

## 2.4 Observar o solo e sua textura

*Avaliar a textura do solo. Ver Anexo 7.*

Sulcos em solos arenosos não podem ser nem muito longos (a água não alcança o fim do sulco) nem muito declivosos (a água pode causar erosão). Solos argilosos permitem sulcos maiores.

A tabela 248 fornece o comprimento recomendável dos sulcos em função da textura do solo e do declive, os quais **raramente são atingidos no caso de pequenos baixios,** salvo para solos arenosos. A textura do solo pode ser estimada através da observação direta ou de um teste de infiltração (ver item B5-7).

**Tabela 248: Comprimentos recomendáveis dos sulcos (m)**

| Declividade do sulco (%) | Textura do solo | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fina | | Média | | Media-namente Grossa | | Grossa | |
| | Lâmina média de irrigação aplicada (mm) | | | | | | | |
| | 50 | 100 | 50 | 100 | 50 | 100 | 50 | 100 |
| *0,05* | *240* | *240* | *240* | *240* | *200* | *280* | *90* | *130* |
| *0,10* | *240* | *240* | *240* | *240* | *200* | *280* | *90* | *130* |
| *0,15* | *240* | *240* | *240* | *240* | *200* | *280* | *90* | *130* |
| *0,20* | *300* | *300* | *280* | *300* | *170* | *240* | *80* | *110* |
| *0,25* | *300* | *300* | *240* | *300* | *150* | *210* | *70* | *95* |
| *0,30* | *280* | *300* | *220* | *300* | *140* | *190* | *60* | *85* |
| *0,40* | *240* | *270* | *190* | *250* | *110* | *160* | *50* | *75* |
| *0,50* | *160* | *160* | *160* | *190* | *100* | *140* | *45* | *65* |

**Fonte: Daker**

Observa-se que:

- O comprimento do sulco em solo de textura fina aumenta com a declividade (a água caminha mais rápido) até um valor de 0.25 % a partir do qual o comprimento do sulco deve **diminuir** para **evitar que a vazão** (vazão necessária para repor a lâmina desejada em todo o sulco) **se torne erosiva.**
- O comprimento do sulco deve ser menor para aplicação de lâminas de água pequenas; isto porque o tempo de aplicação sendo menor, a água deve chegar mais rapidamente ao final do sulco para que se obtenha uma uniformidade razoável.

Ao mesmo tempo em que se planeja a disposição dos sulcos, prevê-se como a água será levada até os sulcos, ou seja, considera-se **o sistema de distribuição.** Os principais tipos de distribuição para irrigação de superfície estão descritos a seguir.

## 3. Adutor acoplado a sifões

Em primeiro lugar, examinaremos o caso simples de um **adutor acoplado ao sifão,** o qual não constitui em si mesmo um sistema de distribuição mas é usado com freqüência.

### 3.1 O percurso do adutor

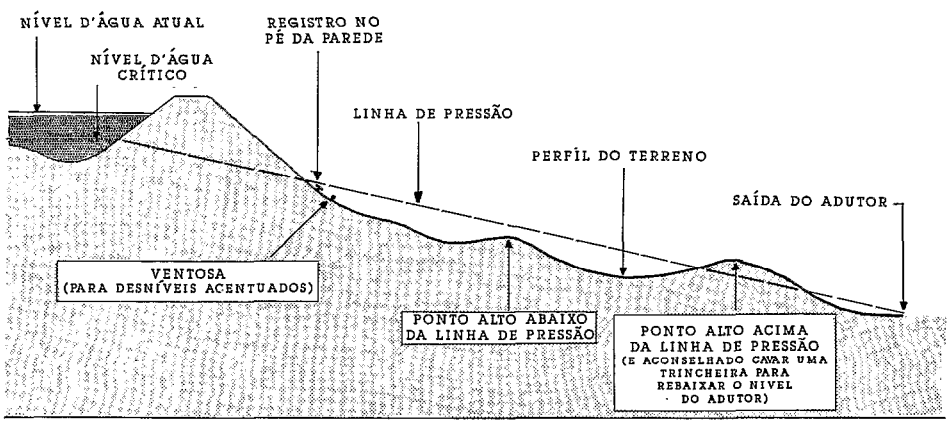
A área irrigável, como já foi dito na parte dedicada ao cálculo de sifão, encontra-se, às vezes, **distante da represa**; tornando-se necessário **prolongar o sifão com um adutor.** Isto acontece quando o açude está construído em uma área de relevo acentuado (geralmente mais próxima da nascente do riacho) e quando a área irrigável encontra-se mais a jusante, na desembocadura do rio em vales mais suaves e de melhor potencial agrícola (ver figura 221 p. 299).

Esse adutor pode ter grande extensão (várias centenas de metros) e será, em geral, de PVC (PN 40 ou baixa densidade, tipo esgoto) ou de ferro (para grandes **pressões e vazões**). A canalização deverá estar, sempre que possível, enterrada em profundidade suficiente para ficar protegida (40-50 cm). O adutor leva a água **até a parte alta do perímetro,** a partir da qual é distribuída por canais de alvenaria ou pelo chão.

A menos que o percurso do adutor seja **claramente sempre descendente,** é importante realizar um **levantamento altimétrico do percurso projetado,** devendo esse levantamento incluir o sifão e o nível no açude (figura 249). Em seguida, traça-se a reta que liga a saída do adutor ao nível de água mínimo que permite o uso do sifão (ou seja, a altura da válvula de pé). Chamamos essa reta de "linha de pressão".

Na medida do possível, deve-se cuidar que **nenhum ponto do adutor fique acima da linha de pressão,** cavando-se as partes altas para poder rebaixar o adutor, se isto for preciso. Nesses pontos, **tal como acontece na parte alta do sifão,** a pressão é negativa, ou seja, inferior à pressão atmosférica (10 metros de coluna d'água) e existe uma tendência à entrada do ar (pelas juntas) e à formação de bolhas que diminuem a vazão.

249 *Levantamento do percurso do adutor*




Subidas e partes altas situadas **debaixo da linha de pressão** podem permanecer, porém, de maneira geral, é preferível evitar ou eliminar as subidas no percurso, procurando-se um traçado sempre declivoso. Isto fará com que o sifão funcione melhor.

O **dimensionamento do conjunto sifão+adutor** foi apresentado no item B5-5. Escolhe-se um diâmetro compatível com a vazão requerida.

## 3.2 Manejo

A abertura e o fechamento do sistema são assegurados por um registro de gaveta. Este registro pode ser **colocado na saída do adutor.** Prefere-se essa posição quando o acesso ao perímetro é direto e fácil e quando o açude fica distante. Opera-se o sistema à distância evitando-se, assim, o deslocamento do operador até o açude.

Essa posição, porém, acarreta **dois inconvenientes:**

- Ao fechar bruscamente o registro, ocorre um **excesso de pressão no adutor** (sobrepressão ou golpe de aríete). A água que estava descendo no adutor, ao se encontrar bruscamente imobilizada e sem ter para onde escoar, exerce, de repente, uma pressão importante sobre os canos e os acessórios. Pode haver, assim, **danificação dos tubos** (figura 251).
- Uma vez o registro fechado, toda a canalização fica cheia de água e **submetida a uma pressão estática**, a qual corresponde à altura da coluna d'água e pode, às vezes, ser bastante elevada. Essa pressão tende a criar vazamentos nas junções dos tubos.

Percebe-se que estes dois fenômenos negativos **aumentam** com a carga hidráulica no sistema e com o comprimento do adutor. Por isso, essa solução será **reservada a adutores de fraco declive** (carga total inferior a 4 m ou comprimento inferior a 200 m);

Em regra geral, **o registro será colocado, de preferência, próximo ao pé da parede**, entre o sifão e o adutor, numa cota inferior ou igual à da valvula de pé.

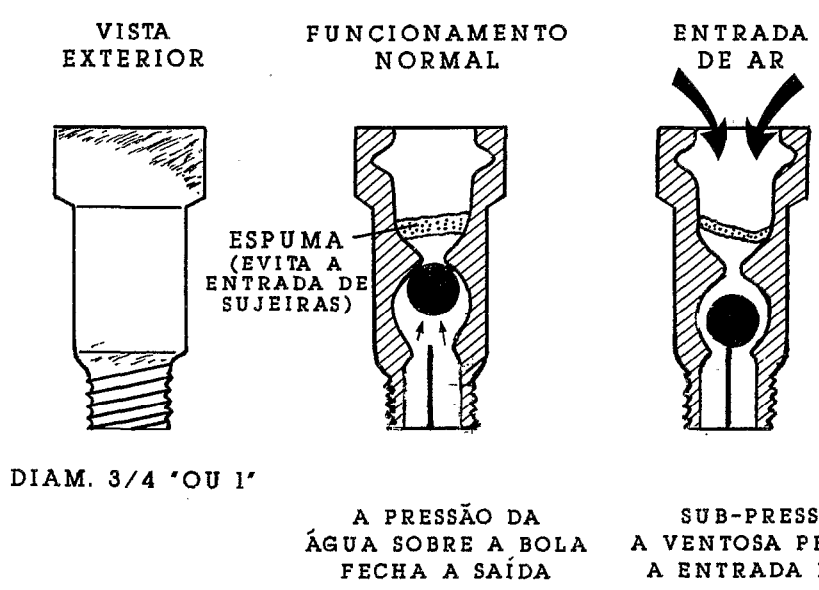
Temos, neste caso, o inconveniente inverso do caso anterior: o brusco fechamento do registro leva a uma **subpressão criada pela descida da coluna d'água** contida no adutor: levada por sua velocidade, a coluna d'água continua descendo, porém, não havendo ar ou água para preencher o vazio assim criado, estabelece-se uma **subpressão** que tende a achatar e quebrar as canalizações.

**Em muitos casos, este problema resolve-se abrindo e fechando o registro com lentidão.** No caso de adutores de comprimento superior a 200 metros ou de desnível total superior a 4 metros, é aconselhado recorrer a um dos dispositivos seguintes, a fim de evitar um eventual colapso do tubo.

*Uma ventosa é simples e barata. Ver Anexo 2.*

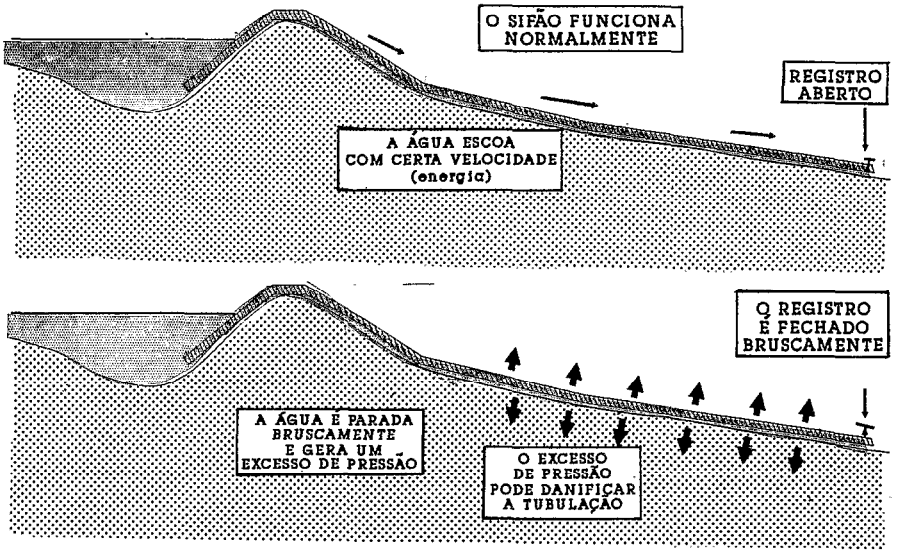
- colocar, logo depois do registro, uma **ventosa** que permita a entrada de ar para compensar a subpressão. A ventosa adapta-se num tê com saída roscável de 1" (figura 250).

**250** *Ventosa para adutores declivosos*

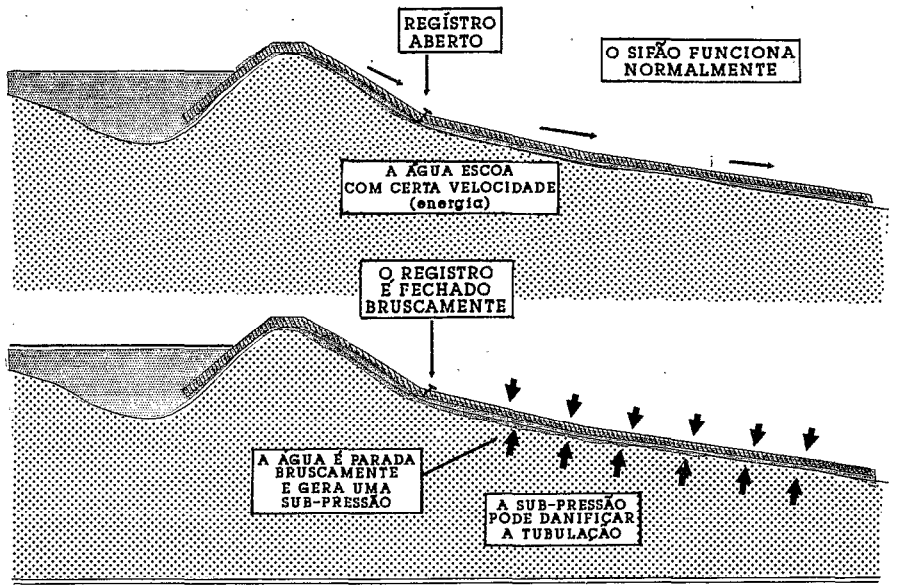


251

## RISCO DE EXCESSO DE PRESSÃO NO FECHAMENTO DO REGÍSTRO
*(registro situado na saída do adutor)*

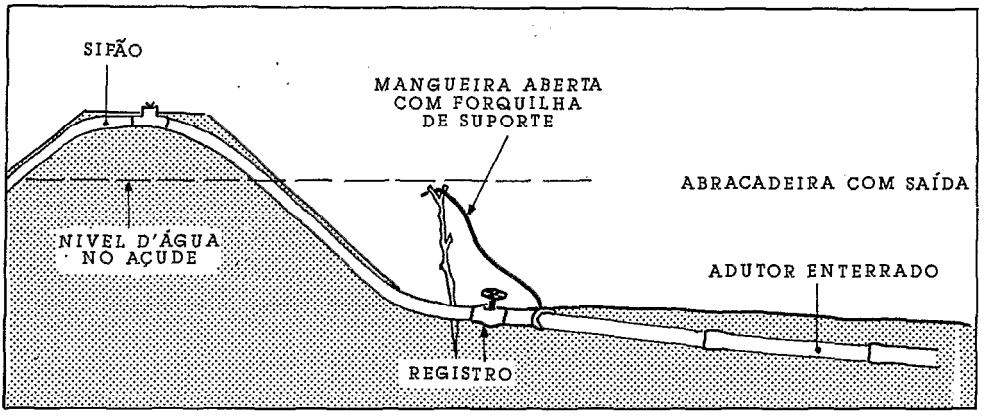



## RISCO DE SUB-PRESSÃO NO FECHAMENTO DO REGÍSTRO
*(registro situado no pé do açude)*



- Essa ventosa pode ser substituída por um artifício fácil de ser implementado que consiste em colocar uma mangueira logo depois do registro, a qual, ficando aberta e com a extremidade em um nível próximo ao da água, funcionando como coluna de equilíbrio, permitirá a entrada de ar (figura 252). Além disso, essa mangueira, permanecendo aberta, será útil para evacuar bolhas de ar e evitar que estas subam até o sifão.

252 *Substituição da ventosa por uma mangueira*




A saída da mangueira deverá estar em um nível próximo ao da água no açude (na realidade, o nível da água na mangueira nunca alcança o nível da água no açude porque a água está em movimento).

**Atenção:**

- Nunca colocar uma ventosa em um alto que estiver acima ou próximo à linha de pressão. A pressão nesse ponto é negativa e haveria entrada de ar permanente.
- Pode ocorrer o caso em que seja conveniente colocar **uma saída no percurso do adutor** (aproveitamento de uma parcela isolada, por exemplo). Essa saída **nunca** deverá estar acima ou próxima à linha de pressão.

## 4. Distribuição por tubos móveis

É um caso semelhante ao anterior, com a diferença de que a água é distribuída mediante um conjunto de tubos móveis que **prolongam o sifão ou o adutor**. Adapta-se o comprimento da linha de tubos e sua direção para alcançar cada parte do perímetro irrigado. Cada posição dos tubos permite irrigar um conjunto de sulcos. Essa opção é necessária quando não há condições de se distribuir a água pelo chão a partir do alto da área irrigável, **seja porque o solo é arenoso demais (a água se infiltra) seja porque a topografia é muito irregular.**

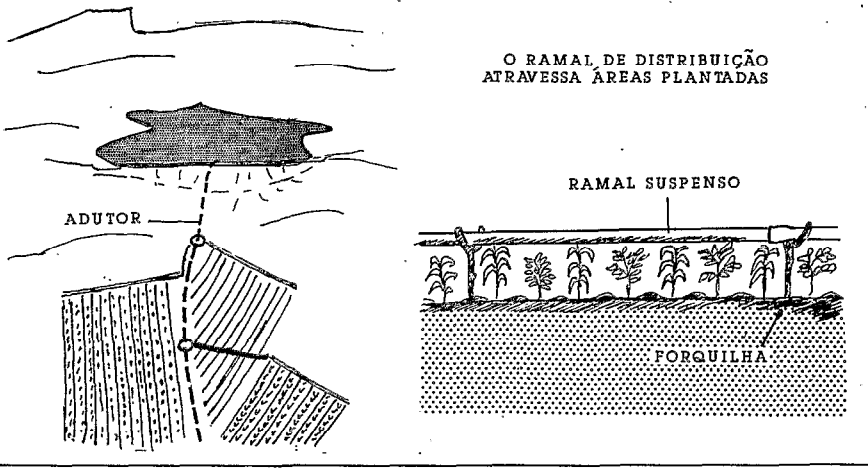
**O dimensionamento** é obtido através do método exposto no item B5-5, este caso representando apenas um caso particular do dimensionamento do sistema SIFÃO+ADUTOR. Para perímetros extensos, porém, é aconselhável calcular a vazão

obtida em vários pontos do perímetro, já que a cada ponto teremos um comprimento de tubulação e uma carga diferentes.

**Alguns pontos merecem destaque:**

- Recomenda-se, novamente, que a parte fixa do adutor, ou seja, o trecho "saída do sifão-início do perímetro" seja enterrada.
- Os tubos móveis deverão ser **removidos e protegidos da luz solar** após utilização. Essa recomendação, infelizmente, não é sempre seguida e a vida útil dos tubos de PVC é, às vezes, muito baixa (3-4 anos ou até menos).
- Os tubos deverão ser munidos de um sistema de engate rápido (metálico ou PVC) ou ter uma "bolsa" (extremidade fêmea) em uma das extremidades para **permitir um acoplamento e um desacoplamento rápidos** (ponta-bolsa). A pressão sendo baixa, as perdas nas junções são limitadas.
- É preciso, às vezes, para alcançar uma parte do perímetro, atravessar outra parte já plantada. Para evitar estragos nos cultivos, pode-se usar forquilhas de madeira a fim de sustentar o ramal (figura 253).

253 *Suspender o ramal secundário*




Enfim, os problemas de manejo são **idênticos** aos expostos no item anterior.

## 5. Distribuição por tubos janelados

O tubo janelado é um tubo de PVC comum de, geralmente, 3 ou 4 polegadas de diâmetro, munido de orifícios reguláveis - as janelas - que permitem uma distribuição simultânea da água em vários sulcos (foto 254).

A vazão fornecida por cada janela é regulável e depende do número de voltas dadas na sua abertura. Alcança-se a vazão máxima com 3 a 7 voltas, segundo o tipo de janela

Essa característica permite, em teoria, modular e controlar a vazão no sulco, o que é de certo interesse caso se empregue, por exemplo, o método que consiste em encher o sulco

254 *Tubos janelados*

com uma vazão importante e alimentá-lo em seguida com uma vazão reduzida. Na prática, tal controle nem sempre é fácil porque a vazão (total e a nível de cada janela) pode variar bastante com o número de janelas abertas. A vazão total do tubo janelado, independentemente do número de janelas abertas, **é sempre inferior** à vazão do tubo com abertura livre.

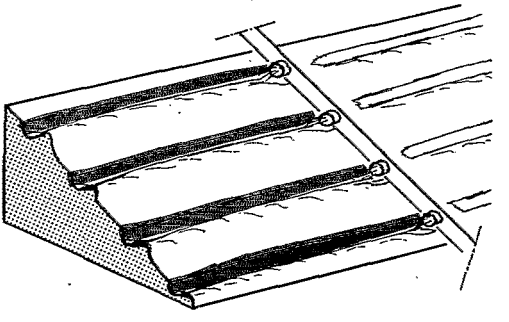
A **vazão** fornecida por uma linha de janelas, com abertura total, pode ser deduzida da vazão (Q) que seria obtida com um adutor aberto (saída livre), como no caso anterior, mediante correção deste valor por um **coeficiente** $C_{jan}$. $C_{jan}$ depende da **carga** (desnível entre a superfície do açude e o meio da linha de janelas) e do **número de janelas abertas**. O ábaco da figura 257 fornece o coeficiente $C_{jan}$ referente a janelas do tipo Cande. O dimensionamento do conjunto sifão/(adutor)/tubo janelado deverá ser feito, levando-se em conta a redução da vazão total provocada pelas janelas.

**Exemplo:** Operando o sistema com seis janelas abertas (um tubo), uma pressão de 3 metros de coluna d'água e um sifão de 70 metros, a **redução da vazão total com relação à de um adutor com saída livre será de 15 %** ($C_{jan} = 0.85$). O dimensionamento do sifão deve ser feito levando-se em conta uma vazão incrementada de um fator $1/C_{jan}$, ou seja, 17 % nesse exemplo.

A principal vantagem do tubo janelado, na prática, é permitir uma aplicação homogênea da água nos sulcos, simplificar o manejo e melhorar a eficiência. Sendo o perímetro de forma simples e os sulcos bem determinados, uma linha de tubos janelados enterrada (deixando aparecer apenas as janelas) pode ser valiosa, permitindo uma melhoria sensível da sua duração (figura 255).

255 *Tubo janelado enterrado*

*Tubo janelado em terreno declivoso* 256

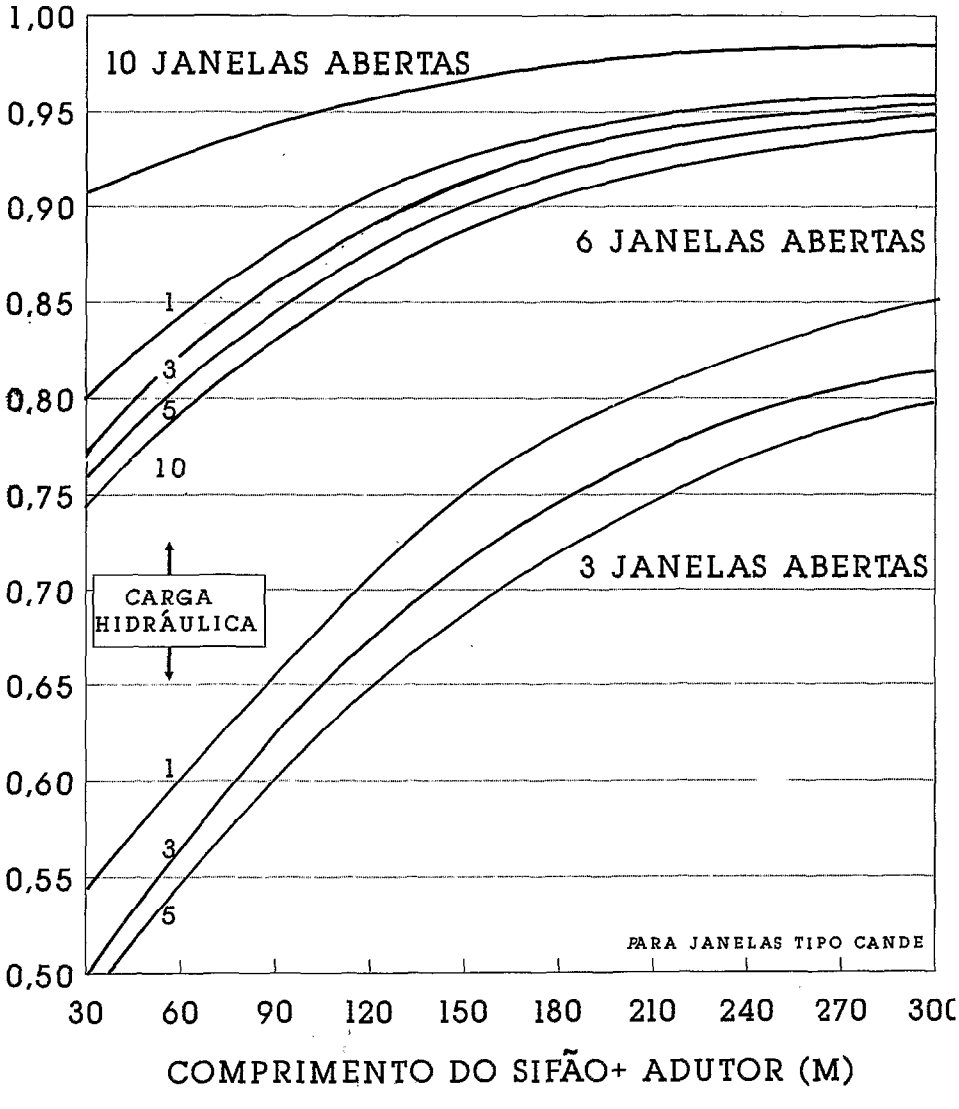


DISTRIBUIÇÃO POR TUBOS JANELADOS
EM ENCOSTAS DECLIVOSAS

257

# REDUÇÃO DA VAZÃO EM TUBOS JANELADO

## PARA 3, 6 OU 10 JANELAS ABERTAS E DIFERENTES CARGAS HIDRÁULICAS



Para evitar erosão na saída da janela e poder melhor direcionar a sua vazão para determinado sulco, existem adaptadores flexíveis vendidos pelos fabricantes.
O tubo janelado apresenta, também, certo interesse no caso particular de uma distribuição em **sulcos de contorno para um terreno declivoso** (figura 256). Ele permite evitar a erosão ocasionada por um canal de terra morro abaixo.

## 6. Distribuição por canalização enterrada com saídas fixas

A adução da água através de canalizações enterradas e saídas fixas (tipo Califórnia) apresenta muitas vantagens:

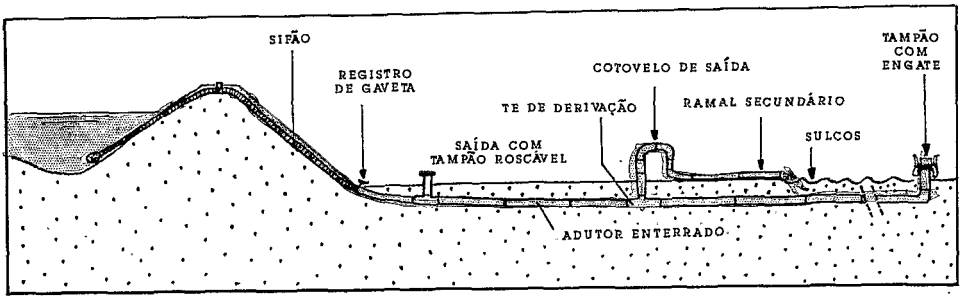
- permite conduzir a água através de um terreno de relevo **irregular e acidentado** e vencer pequenos declives;
- elimina as **perdas** por evaporação e por infiltração que ocorrem em canais;
- permite aproveitar a área liberada pela ausência do canal e facilita o preparo do solo;
- resolve os problemas ligados à proteção do canal com relação aos escoamentos laterais e, por ser enterrada, tem maior vida útil;
- permite, mediante um ramal secundário móvel e acoplável à cada saída, levar água até os pontos altos do perímetro.

Contudo, este sistema não é muito favorável à realização de consertos, apresenta saídas d'água danificáveis e pode estar sujeito, depois de alguns anos, a entupimentos provenientes de sedimentação ou do desenvolvimento de algas. Além disso, seu manejo, apesar de simples, requer alguns cuidados específicos.

### 6.1 Descrição do sistema

O sistema é realizado em tubos de PVC baixa densidade (tipo esgoto) ou tipo PN40, soldáveis, enterrados com aproximadamente 50 cm de profundidade para assegurar sua proteção (principalmente contra as ferramentas de trabalho do solo).
No seu percurso, loca-se saídas em lugares escolhidos em função da área irrigável. **Deve-se evitar altos no perfil da tubulação, como explicitado no item B5-8 a respeito da instalação do sistema.**

258 *Sistema de distribuição por canalizações enterradas*



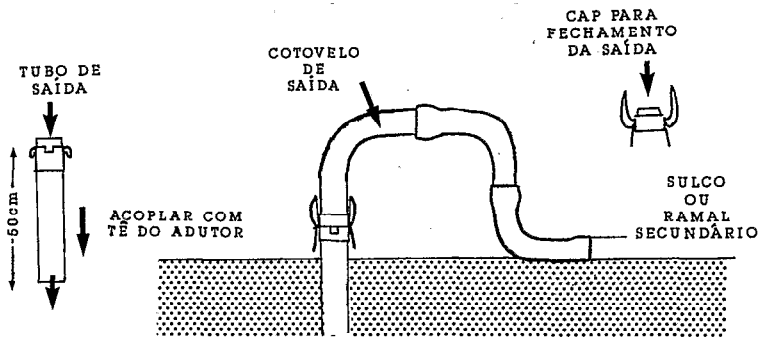
A cada saída corresponde uma peça tê, um pedaço de tubo vertical (de aproximadamente 60 cm de comprimento) soldado no tê do adutor e munido, na outra extremidade, de um engate rápido.

*Tipos de saída, ver item 6.2 logo adiante.*

O engate pode acoplar-se a um tampão (saída fechada) ou a um cotovelo (saída aberta), sendo este eventualmente prolongado por um ramal secundário. Diversos outros tipos de saída são possíveis.

259

*Detalhe de uma saída com engate rápido*




- As saídas devem ser colocadas de maneira a fornecer água para toda a rede de sulcos, procurando-se um **equilíbrio** entre uma solução com muitas saídas (manejo mais fácil, melhor eficiência) e outra com poucas saídas (custo menor). Um espaçamento de 15-20 metros pode ser considerado comum. Cada saída deve ser colocada de preferência no lugar da coneção entre dois tubos (a cada 6 metros) para evitar cortar a tubulação.

A posição de cada saída será definida em função da forma e da topografia da área irrigável. Por isso, não há como propor uma solução geral, devendo-se usar o bom senso: a figura 260 mostra um exemplo de disposição das saídas

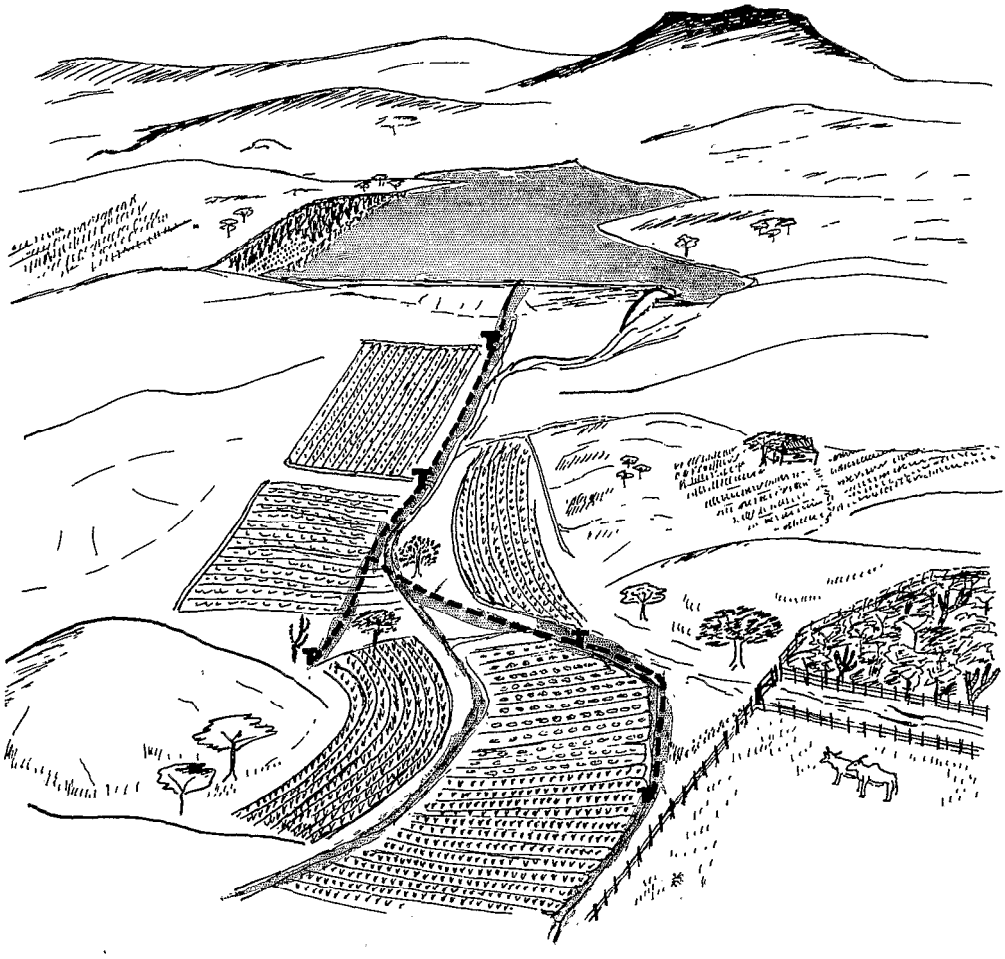
Aconselha-se prever sistematicamente **uma saída logo depois do registro,** a qual pode ser utilizada para irrigação logo a jusante da barragem, além de servir como **abertura para entrada de ar** no momento do fechamento do registro, pois teremos o mesmo problema de subpressão que no caso do adutor (ver mais adiante).

Nota-se a **possibilidade de rotação** do cotovelo de saída que permite dirigir um ramal secundário para ambos os lados (figura 261). Este ramal permite, também, **alcançar partes mais altas (vencendo pequenos declives,** o que não é possível com canais).

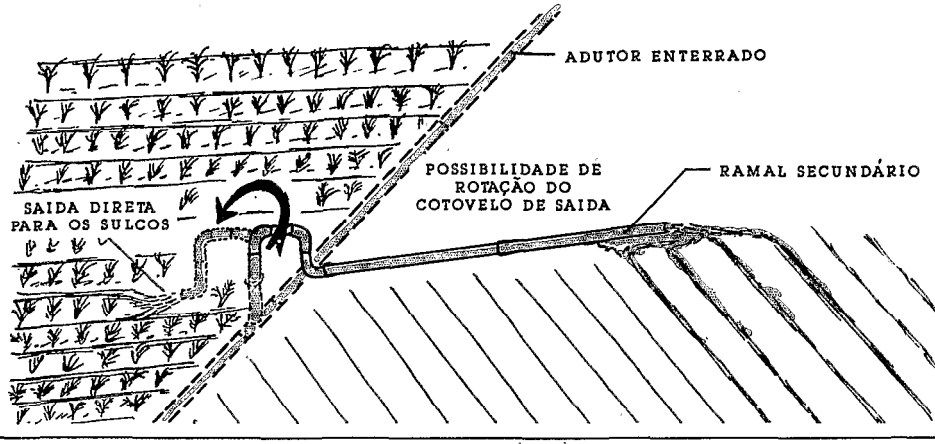
Uma **interessante aplicação** dessa vantagem oferecida por um sistema sob pressão é a possibilidade de se aproveitar os **dois lados do baixio** quando este se encontra dividido em dois pelo riacho: neste caso posiciona-se o adutor nas proximidades do leito do riacho (parte baixa do vale) e alcança-se as duas encostas mediante ramais secundários (figura 262).

- Nota-se, também, que há possibilidade de **irrigar apenas uma parte do perímetro** (a parte inferior) quando o nível da água no açude está baixo: a carga hidráulica, sendo menor, limita-se às partes baixas das encostas já que a água não terá força para alcançar os pontos mais altos. Este caso é ilustrado na figura 262 e na foto 263. Essa possibilidade não existe com os canais, os quais sempre estão situados nas partes mais altas do perímetro.

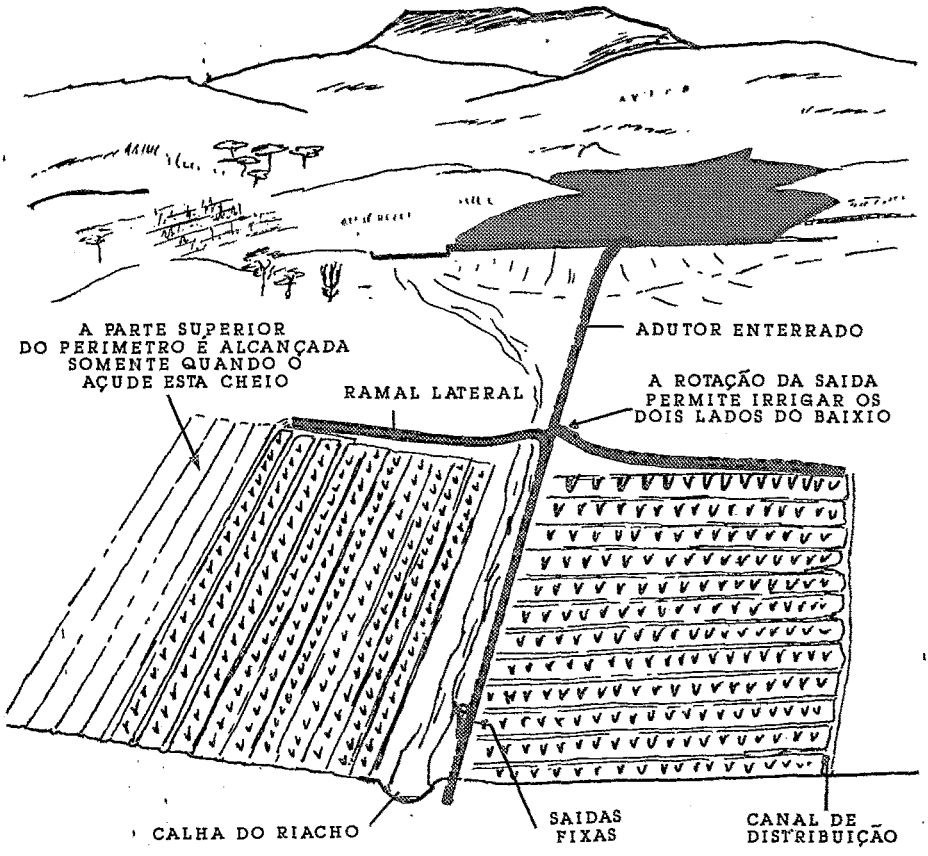
260 *Exemplo de disposição das saídas*



261 *Rotação da saída*



262 *O ramal secundário permite alcançar os dois lados do baixio*

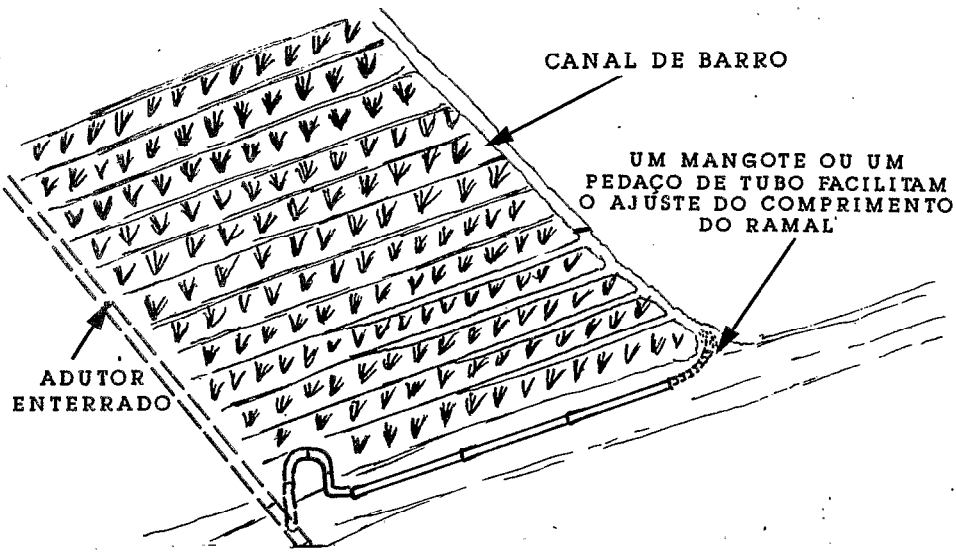



263 *Se a carga no sifão não é suficiente, irriga-se apenas a parte baixa do perímetro*

- Como no caso da distribuição por tubos móveis, os ramais podem ser colocados sobre forquilhas para atravessar áreas plantadas.
- Os ramais secundários são constituídos de **tubos ponta-bolsa** soldáveis porém **apenas** embutidos um dentro do outro, sem cola nem adesivo. A pressão nos tubos sendo muito baixa, não haverá problemas de vazamento e os tubos poderão, assim, ser desmontados a cada utilização.

Tendo os tubos de PVC um comprimento de 6 metros, não é, na

264 *Ajustar o comprimento do ramal com um pedaço de mangote flexível*




prática, sempre fácil ajustar o número de tubos do ramal para obter o comprimento desejado: para ter mais flexibilidade e facilidade de uso, pode-se acoplar um pedaço de mangote flexível (2 a 3 metros) à saída do tubo, ou utilizar pedaços de tubos menores (2, 3, 4 metros) (figura 264).

## 6.2 Tipos de saída d'água

Em função do material disponível nas lojas de material de irrigação e das características do perímetro, pode-se realizar diversos tipos de saída de distribuição.

*Custo do material. Ver anexo 2.*

### ■ Engates rápidos

Saídas com engates rápidos de **plástico** ou **roscáveis** (figura 265,a,b,c) podem ser feitas de maneira idêntica às de **engate metálico** apresentadas no item anterior. Todas **permitem a rotação do cotovelo** e a irrigação em várias direções. As diferenças de preço, no entanto, são bastante importantes.

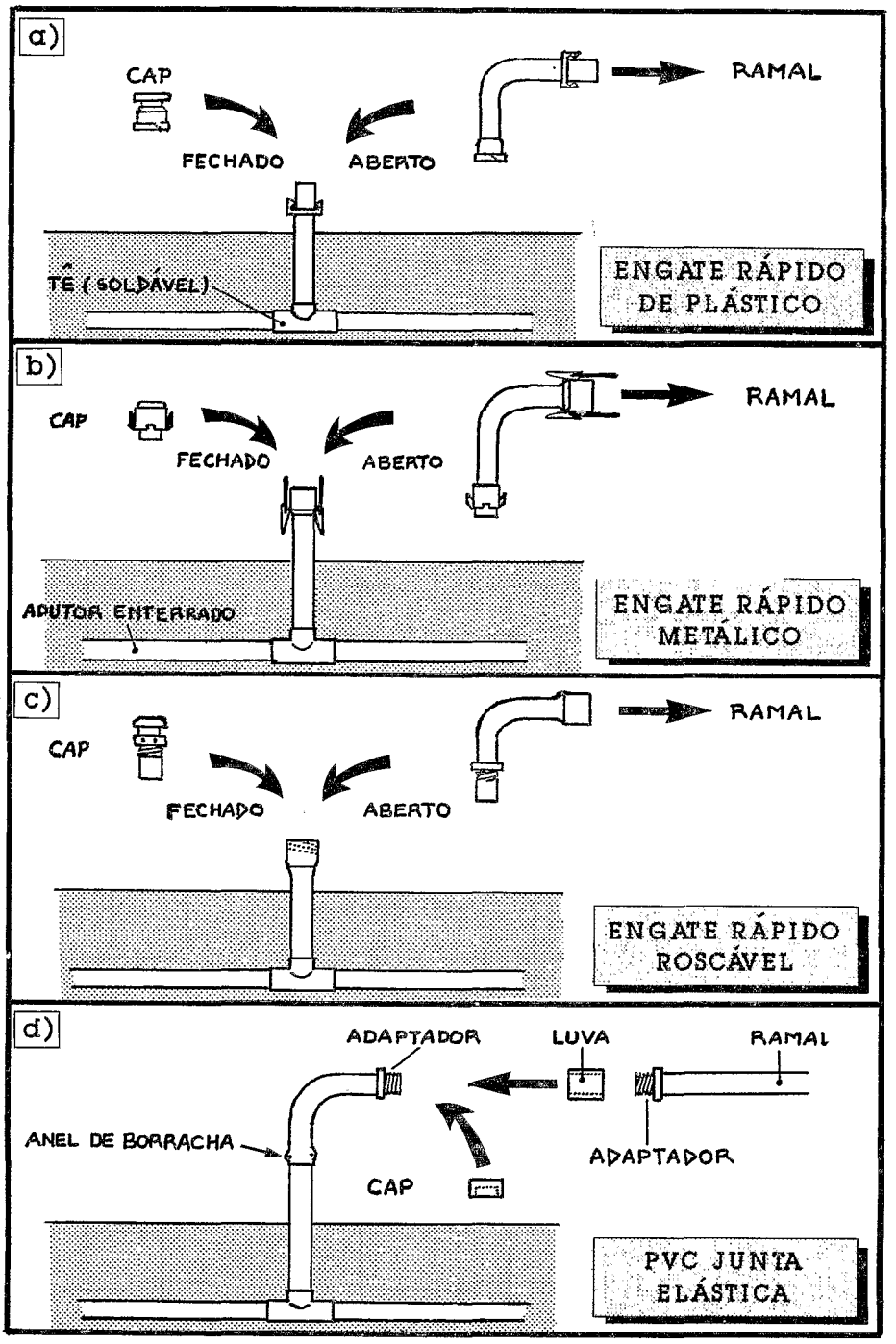
Três detalhes merecem ser salientados:

- Os **trechos verticais** das saídas podem ser feitos de duas maneiras:

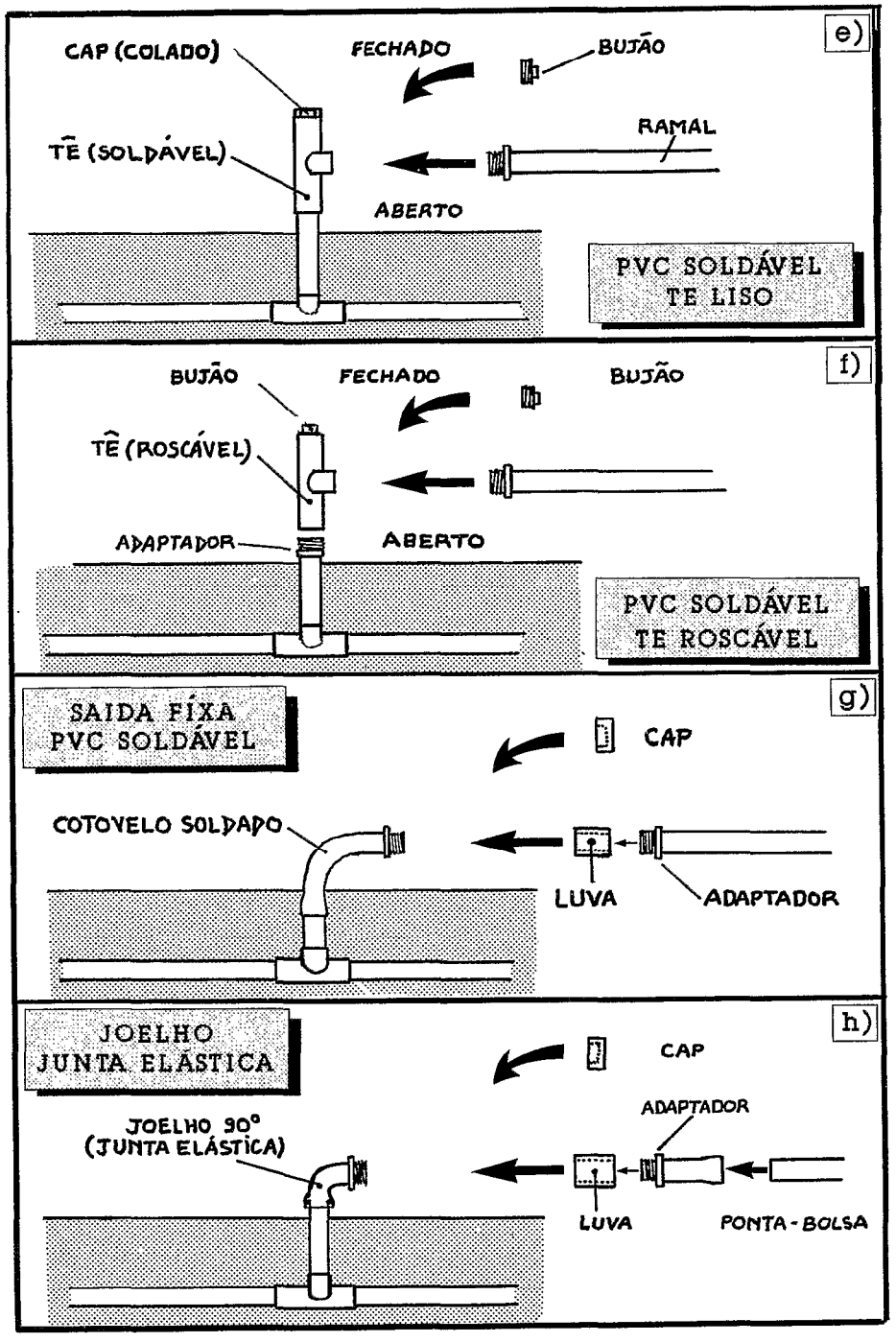
  **A mais simples** consiste em **recortar** tubos de 6 metros em três pedaços. A extremidade fêmea do engate fica com um trecho de tubo de comprimento conveniente para ser soldada no tê do adutor e constituir a saída. A extremidade macho é recortada e, após nela soldar um cap, **serve de tampão** para a saída. O resto do tubo é aproveitado para constituir ramais secundários (uma das extremidades é transformada em "bolsa", aquecendo-se a ponta do tubo).

  **A segunda possibilidade** consiste em comprar "pontas" com apenas um engate e utilizar um trecho ponta-bolsa intermediário para efetuar a ligação com o tê do adutor (figura 265 d, e, f, g, h).

265


a)
CAP
FECHADO
ABERTO
RAMAL
TÊ (SOLDÁVEL)
ENGATE RÁPIDO DE PLÁSTICO
b)
CAP
FECHADO
ABERTO
RAMAL
ADUTOR ENTERRADO
ENGATE RÁPIDO METÁLICO
c)
CAP
FECHADO
ABERTO
RAMAL
ENGATE RÁPIDO ROSCÁVEL
d)
ADAPTADOR
LUVA
RAMAL
ANEL DE BORRACHA
CAP
ADAPTADOR
PVC JUNTA ELÁSTICA

265


e)
CAP (COLADO)
FECHADO
BUJÃO
RAMAL
TÊ (SOLDÁVEL)
ABERTO
PVC SOLDÁVEL
TE LISO
f)
BUJÃO
FECHADO
BUJÃO
TÊ (ROSCÁVEL)
ADAPTADOR
ABERTO
PVC SOLDÁVEL
TE ROSCÁVEL
g)
SAIDA FIXA
PVC SOLDÁVEL
CAP
COTOVELO SOLDADO
LUVA
ADAPTADOR
h)
JOELHO
JUNTA ELÁSTICA
CAP
ADAPTADOR
JOELHO 90°
(JUNTA ELÁSTICA)
LUVA
PONTA - BOLSA

- A parte fixa da saída pode ser munida, indiferentemente, do engate macho ou do engate fêmea. O cap é escolhido e o cotovelo é invertido conforme o caso (fêmea ou macho). Para os engates metálicos, no entanto, é preferível que a parte fixa corresponda à extremidade macho, a fim de facilitar o manuseio do engate.
- O ramal secundário (eventual) não precisa ser constituído de tubos com engate (os quais são mais caros). Pontas "fêmea" e "macho" permitem a transição do engate do cotovelo para um sistema ponta-bolsa mais prático e mais barato.

### ■ Junta elástica

Tubos de PVC, tipo esgoto, com junta elástica, ou seja, munidos de um anel de borracha que assegura a vedação do acoplamento, constituem uma das melhores opções. O cotovelo é diretamente embutido no tubo vertical e faz parte da saída, o anel (lubrificado na montagem) permitindo a sua **rotação** (figura 265d). O cotovelo é munido de um adaptador roscável e pode ser, ou fechado com um cap, ou prolongado por um ramal acoplado com uma luva.

### ■ Tê de derivação

Ao tubo vertical da saída pode-se acoplar, também, um tê fechado na sua parte superior com um bujão (no caso de uma saída roscável) ou com um cap colado (para uma saída lisa). A saída lateral fecha-se com um bujão e serve de saída de distribuição (figura 265,e,f).

O segmento tê pode ser do tipo soldável ou do tipo roscável: no primeiro caso a **saída será fixa**; no segundo caso, o tê poderá ser desenroscado de meia volta para mudar a direção da saída, porém o desgaste progressivo da fita veda-rosca poderá criar pequenos vazamentos (que poderão ser controlados com um "garrote de borracha").

*Escolhe-se o tipo de saída em função do material disponível nas lojas, da necessidade de rotação da saída e do custo.*

### ■ Saída simples e fixa

Uma saída muito simples pode ser feita com apenas um cotovelo **soldado** e munido de um adaptador para permitir seu fechamento com um cap. A saída é **fixa** e permite distribuir a água diretamente no canal ou através de um ramal. Essa saída é adaptada quando se irriga em apenas uma direção e quando a carga hidráulica no sistema é limitada.

### ■ Altura da saída

Como sugerido na figura 265, o ramal secundário pode ser diretamente acoplado ao cotovelo da saída. No entanto, muitos cotovelos têm cerca de 40 cm de altura; como, por outro lado, a parte não enterrada do tubo vertical da saída tem 15 a 20 cm de comprimento, o alto do cotovelo pode ficar a 60 cm, ou mais, da superfície do solo. Isto acarreta três inconvenientes:

- Se a saída da água for direta, o jato provocará uma erosão localizada.
  - — Essa erosão pode ser evitada juntando-se pedras e cascalho grosso na saída do tubo ou colocando-se uma lona plástica.
- Se um ramal secundário for acoplado, a sua parte inicial ficará suspensa; o cotovelo e o tubo terão tendência a se danificar.
  - — Para evitar isso pode-se juntar três cotovelos sucessivos (figura 259) de maneira a distribuir a água a nível do solo. Este conjunto poderá ser único e deslocado de uma saída para outra.
- Em açudes **rasos** com baixios **planos**, a carga no adutor poderá não ser suficiente para que a água alcance a altura do alto do cotovelo. Neste caso, as saídas com tê de derivação ou a saída com cotovelo fixo são preferíveis.

Para algumas linhas de material (em particular a linha **PVC-junta elástica** ou esgoto em geral), existem curvas curtas ou até **joelhos** de 90° que eliminam este problema e constituem a melhor opção possível, havendo **rotação do joelho e saída a nível do chão** (figura 265 h).

## 6.3 Manejo

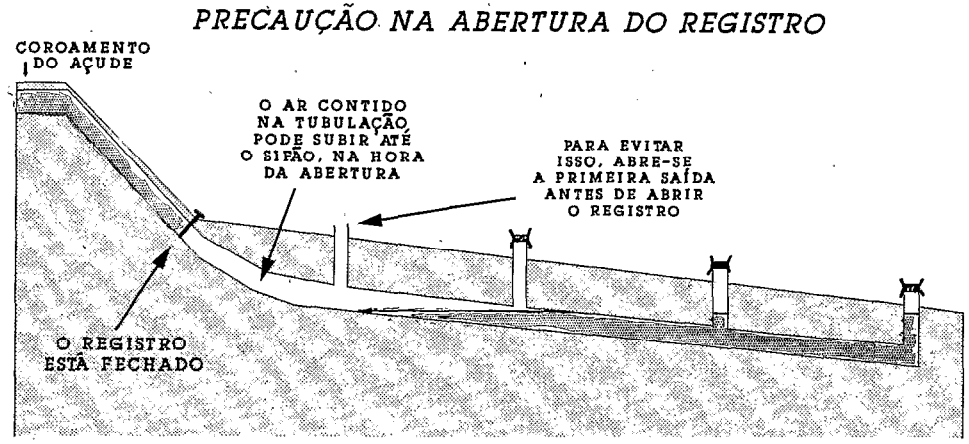
O manejo deste sistema de irrigação é bastante simples, mas em compensação, algumas regras básicas devem ser rigorosamente cumpridas:

1. A abertura e o fechamento do sistema sempre devem ser controlados **por um registro situado próximo ao pé da parede.** Isso significa, em particular, que não se pode apenas fechar as saídas deixando-se o sistema cheio d'água.

2. **Risco de subpressão no fechamento:** alguns dispositivos podem ser utilizados para evitar a danificação dos tubos na hora do fechamento (ver explicações dadas no item 3 deste capítulo).
   — Se existir uma **saída próxima** ao registro, esta deve ser aberta antes de se fechar o registro. Isso possibilitará a entrada de ar que evitará o colapso da canalização.
   — Para evitar essa manobra, é preferível utilizar uma **ventosa** ou uma **mangueira** suspensa que permitem, também, a entrada de ar em caso de subpressão, como foi visto anteriormente.
   Estes dispositivos só poderão ser dispensados para canalizações curtas (< 200 metros) e/ou sistemas funcionando com carga limitada (< 4 m), **cuidando-se de fechar o registro muito devagar,** recomendação que vale, aliás, em todos os casos.

3. Antes de abrir o registro, **é imprescindível, em primeiro lugar, abrir a primeira saída do sistema,** de maneira a evitar a subida de ar no sifão: a água enchendo a canalização, o ar nela contido tende a subir e deve ser evacuado antes de se alojar no alto do sifão.

266 *Antes de abrir o registro deve-se abrir a primeira saída*



4. **Vazamentos importantes,** devidos à danificação do adutor, poderão ser detectados observando-se, às vezes, manchas úmidas remanescentes no solo. Pode-se também deixar o sistema cheio d'água, fechar o registro, abrir a tampa da saída mais alta (em geral a primeira) para deixar entrar o ar, e observar nas saídas mais baixas da linha, 1 ou 2 horas depois, se houve **esvaziamento parcial ou total dos tubos,** o que seria indicador de vazamentos.

## 7. Distribuição por canal

O traçado do canal será definido junto ao dos sulcos, de tal maneira que todos estes fiquem alimentados. Isto significa evidentemente que o canal principal estará sempre **locado nas partes altas.**

Tenta-se minimizar o comprimento do canal para diminuir o seu custo. O percurso do canal deve evitar acidentes topográficos, caminhos, etc. Nos baixios em que existe nítido declive transversal, da encosta para o leito do rio, **o canal deverá ser necessariamente locado na parte alta da encosta.** Neste caso, a definição é simples e o perfil longitudinal do percurso determina se haverá necessidade de prever quedas.

*Sifão invertido e obras especiais, ver item B5-8.*

Freqüentemente, o **leito do riacho** (a sua calha) e o **percurso da sangria** dificultam o traçado da rede de distribuição. Às vezes, é necessário que o canal atravesse o leito do riacho e/ou o percurso da sangria, necessitando uma obra especial (figura 267).

### 7.1 Exemplos de situação

É difícil explicitar um raciocínio que abranja todas as possíveis situações, uma vez que estas são numerosas. Entretanto, pode-se distinguir alguns casos que, na prática, ocorrem com maior freqüência. Em muitos casos, o canal margeia um dos lados do baixio. Os tipos de canal, de sulco e de distribuição são muito dependentes do declive do terreno irrigável, como explicitado e ilustrado a seguir (os casos citados são apenas alguns exemplos):

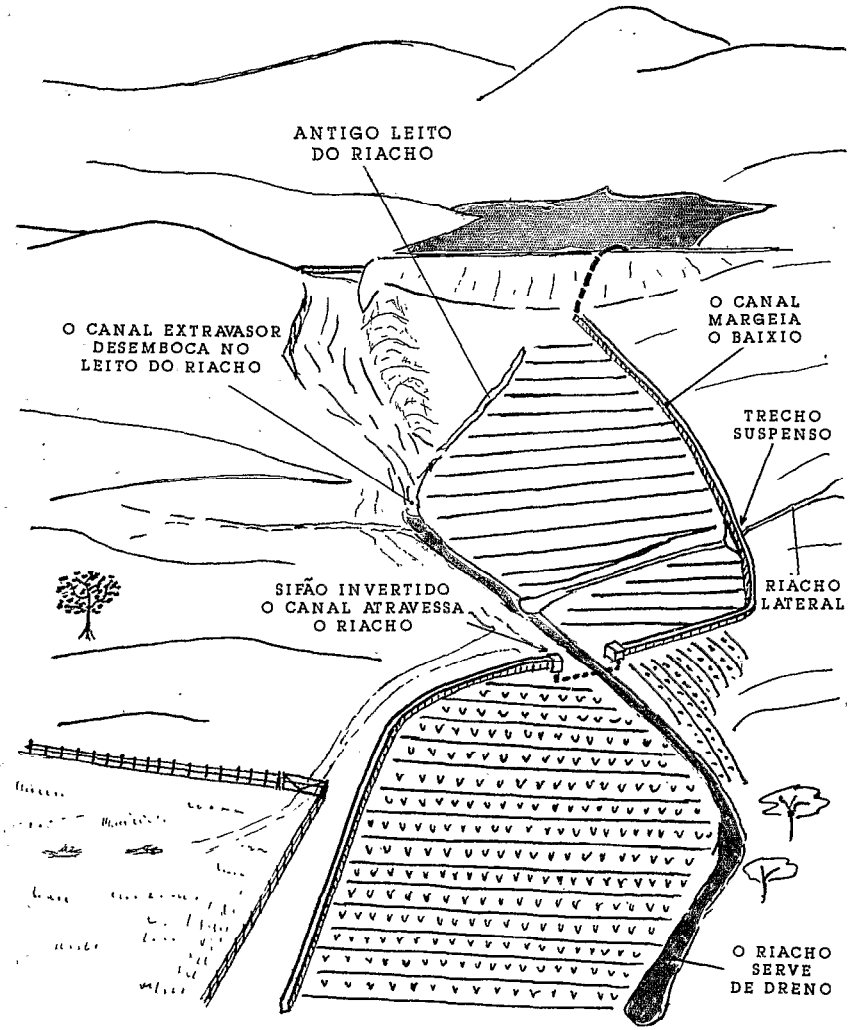
**Situação 1:** O baixio é longo e plano com um declive suave no sentido do vale. A sangria passa num lado do baixio ou desemboca em um vale lateral. É possível locar um canal paralelo à parede do açude com sulcos no sentido do riacho (figura 268). Segundo a natureza do baixio, pode ser necessário prever um dreno no meio da área.

**Situação 2:** Se o baixio da situação anterior for comprido e com solo de textura arenosa, não haverá como fazer sulcos do comprimento desejável. Um canal longitudinal com sulcos em "espinha de peixe" poderá ser uma solução (figura 269).

**Situação 3:** O baixio é um pouco fechado, apresentando um certo declive transversal, das encostas para o riacho, esteja este no centro ou em um dos lados do baixio. Loca-se o canal nas laterais altas do baixio, de maneira a fazer sulcos transversais que desemboquem no riacho. O canal pode, eventualmente, apresentar quedas, dependendo da declividade do terreno no sentido do riacho. O riacho deve ser aprofundado, se for possível, para servir de dreno (figura 270).

**Situação 4:** As encostas do baixio são íngremes demais para que o esquema da Situação 3 seja possível. O canal principal está em curva de nível ou apresenta pequenas quedas, se for necessário (figura 271).

267 *Exemplo de percurso de um canal de alvenaria: o canal atravessa o riacho*



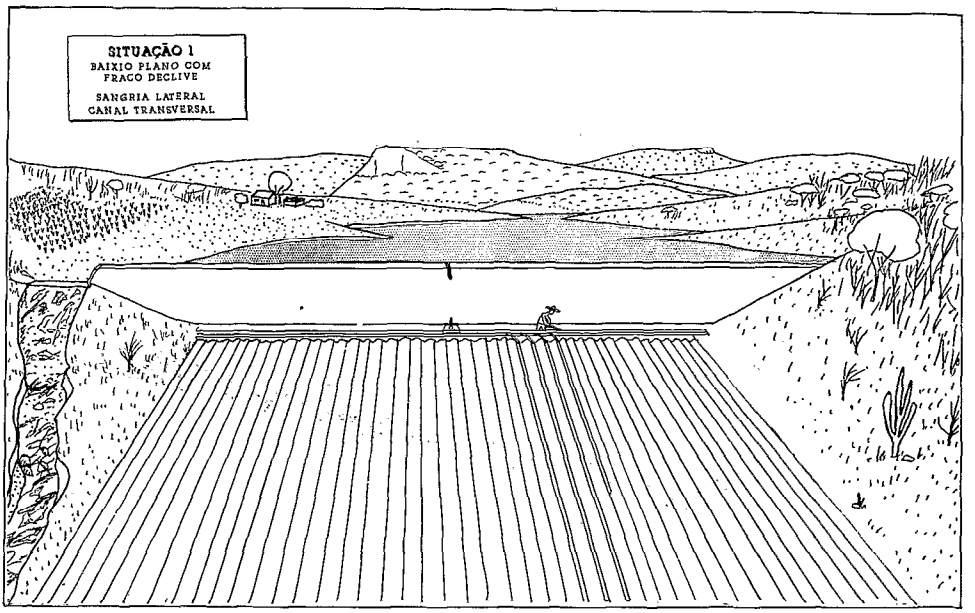

A partir deste canal, dois tipos de sulcos e distribuição são possíveis.

— A água desce em direção ao riacho, caminhando por sulcos em ziguezague (figura 271).

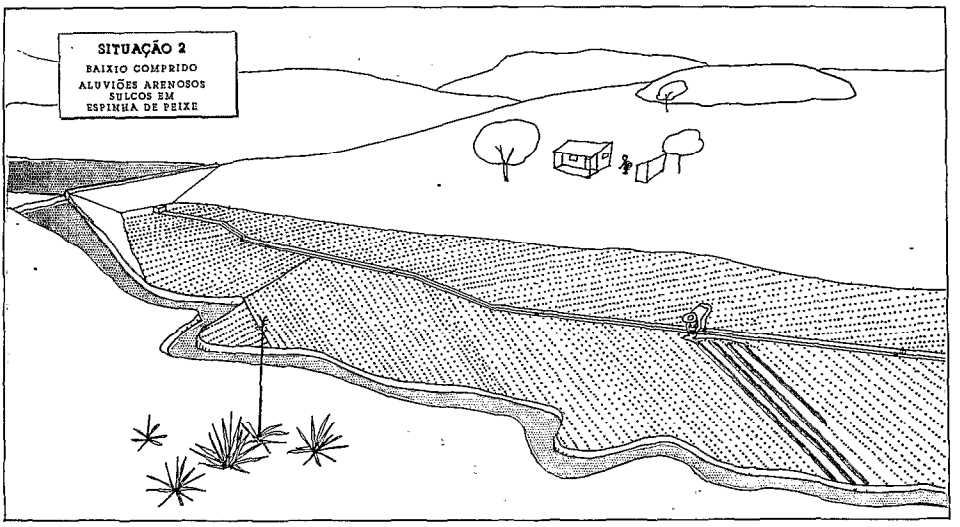
— A água desce por canais secundários, no sentido morro abaixo, e é desviada para sulcos em contorno. Em canais de barro, a velocidade da água no canal cria rapidamente, por erosão, uma calha; em solos pouco profundos, essa calha tende a se estabilizar, havendo **erosão apenas localmente.** O fluxo de água **deve ser freado,** colocando-se pedras no seu percurso.

Essa situação é, também, muito comum **a montante do açude,** nas encostas da sua bacia:

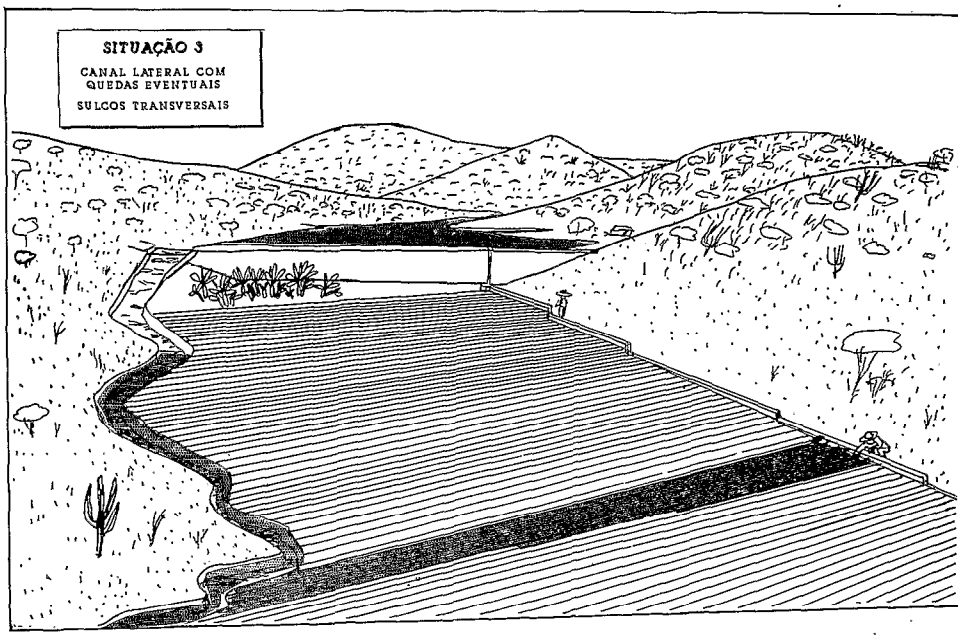
**268**


SITUAÇÃO 1
BAIXIO PLANO COM
FRACO DECLIVE
SANGRIA LATERAL
CANAL TRANSVERSAL

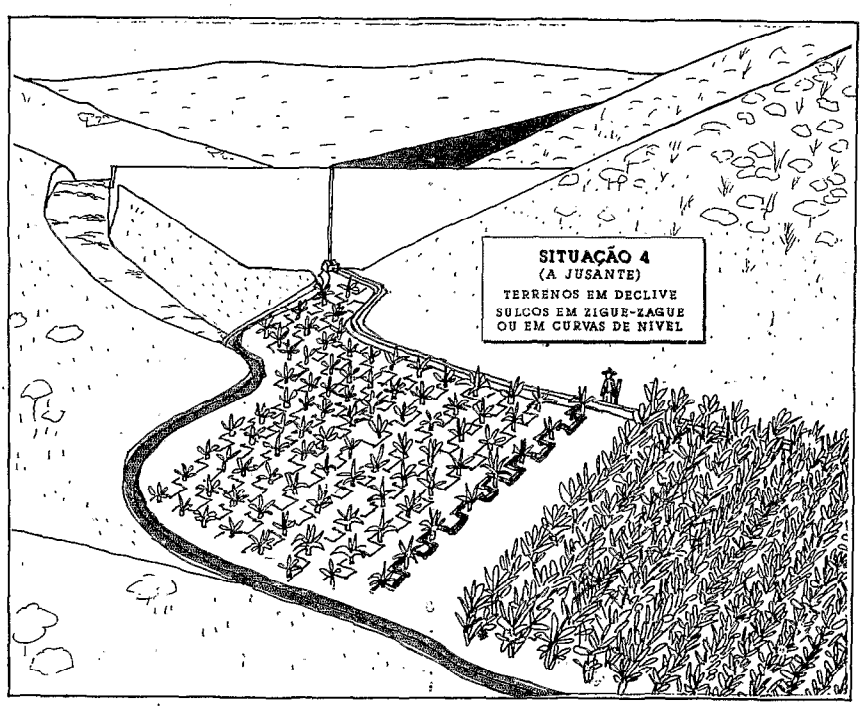
**269**


SITUAÇÃO 2
BAIXIO COMPRIDO
ALUVIÕES ARENOSOS
SULCOS EM
ESPINHA DE PEIXE

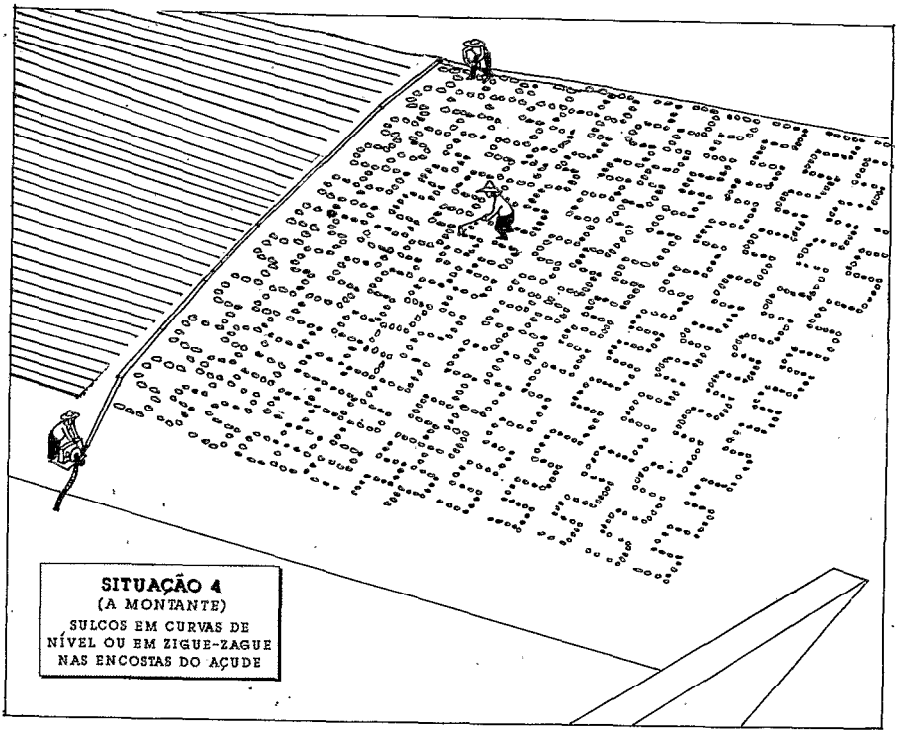
270


SITUAÇÃO 3
CANAL LATERAL COM QUEDAS EVENTUAIS
SULCOS TRANSVERSAIS

271

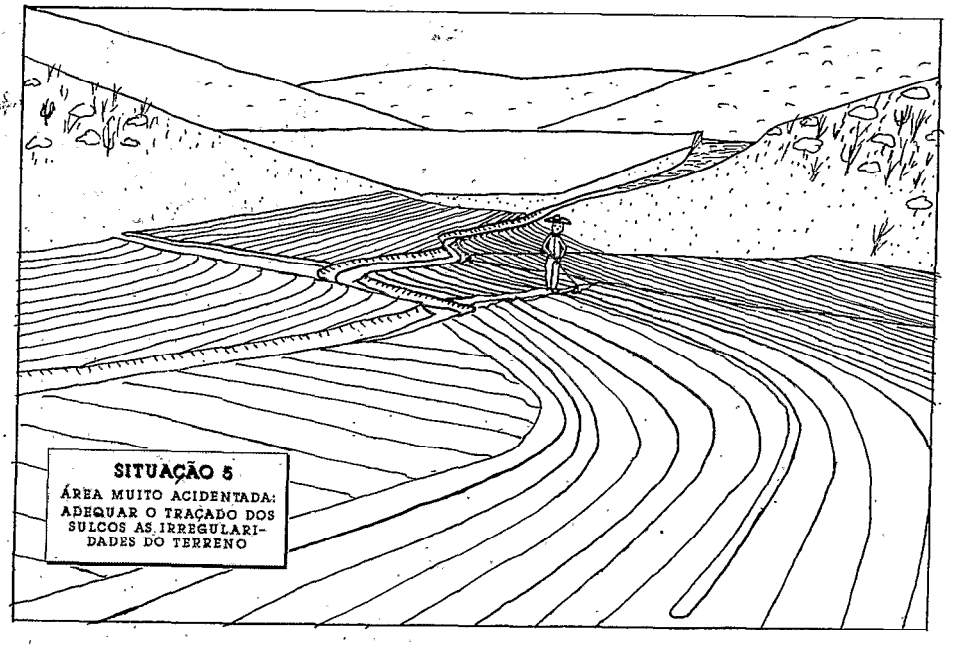

SITUAÇÃO 4
(A JUSANTE)
TERRENOS EM DECLIVE
SULCOS EM ZIGUE-ZAGUE
OU EM CURVAS DE NIVEL

272



**SITUAÇÃO 4**
(A MONTANTE)
SULCOS EM CURVAS DE NÍVEL OU EM ZIGUE-ZAGUE NAS ENCOSTAS DO AÇUDE

273



**SITUAÇÃO 5**
ÁREA MUITO ACIDENTADA: ADEQUAR O TRAÇADO DOS SULCOS AS IRREGULARIDADES DO TERRENO

A canalização acoplada à motobomba desemboca em um **canal principal** quase horizontal ou em curva de nível (figura 272). Os solos de encosta sendo, muitas vezes, rasos, será possível empregar um canal de barro rudimentar. Para perímetros de vários hectares, um canal de alvenaria será necessário para permitir a vazão requerida.

**Situação 5:** O terreno é muito irregular, sem possibilidade de sistematização : deve-se adequar a rede de canais e de sulcos aos movimentos do terreno, formando-se diversos tabuleiros ou conjuntos de sulcos (figura 273).

## 7.2 Tipos de canal

Os canais de irrigação para pequenos perímetros são geralmente feitos **com tijolos comuns.** Podem ter uma secção trapezoidal (lados inclinados) ou retangular (lados verticais): sendo esse último de construção mais fácil, as estruturas descritas a seguir limitam-se a esse tipo de canal.

**Canais de barro** são reservados para solos pouco sensíveis à infiltração e à erosão (ou seja, bastante argilosos) e deverão ser de declividade limitada. Têm a grande vantagem de ser baratos e feitos pelo próprio agricultor, de permitir um **manejo simplificado** (ver item B5-7) e são aconselhados para perímetros pequenos desde que os solos sejam convenientes.

Existem, às vezes, elementos de canais prefabricados (foto 274a) geralmente custosos ou possibilidade de utilizar calhas que podem ser feitas pelas olarias sertanejas que produzem manilhas. A foto 274b mostra um exemplo de calha obtida por divisão de uma manilha de 8" de diâmetro.

**274a** *Canal de elementos pré-fabricados*

*Calhas produzidas em olarias* **274b**

Os canais descritos a seguir são feitos com **tijolos comuns** (20 cm x 10 cm x 5 cm) que, muitas vezes, podem ser **produzidos diretamente pelos próprios agricultores,** o que barateia os custos.

**Se o solo for pouco estável, poderá ser necessário construir uma pequena fundação ou uma base,** constituída de uma fileira de tijolos, a fim de assentar o canal por cima. Se tiver pedras disponíveis, estas poderão ser utilizadas a fim de diminuir o custo.

A figura 276 apresenta as dimensões de dois tipos de canal: o primeiro, chamado **tipo A,** tem largura (interna) de 20 cm e poderá estar assentado em uma base de 30 cm de largura;

o segundo, do **tipo B**, tem largura de 30 cm e base de 40 cm. O tipo A é geralmente suficiente para perímetros até 2-3 ha (ver item seguinte sobre o dimensionamento).

*Tijolos maiores diminuem a mão-de-obra e a quantidade de cimento necessário.*

- Nos dois casos - e quando há possibilidade de produção de tijolos pelos agricultores - é interessante fazer diretamente **tijolos de tamanho maior**, (20 cm x 30 cm x 5 cm) ou (32 cm x 16 cm x 6 cm) por exemplo, os quais **proporcionam significativa economia de cimento e mão-de-obra.** O tamanho dos tijolos poderá variar em função do tamanho previsto do canal , sendo os tipos A-e B descritos acima **apenas dois exemplos** de canais feitos com tijolos de tamanho comum.
- **Atenção:** alguns tipos de barro podem, ao serem cozidos, **encolher de 10 a 15 %.** Já se tem visto canais mal executados (revestimento grosso de cimento por dentro, laterais mal aprumadas) e feitos com tijolos encolhidos que acabaram apresentando secção bem inferior à prevista, modificando-se em muito a vazão máxima admissível.
- Um revestimento de cimento no lado interno do canal tornará este mais resistente e diminuirá as infiltrações. Do lado externo é indispensável construir um aterro para evitar a corrosão do canal (ver item B5-8).
- Os dois lados receberão um capeamento de cimento na parte superior. É possível reforçar a estrutura do canal colocando um arame preso no cimento do coroamento para o reforço das paredes laterais (ver figura 276). Prevê-lo no orçamento.

## 7.3 Declividade do canal

Uma vez determinado o percurso do canal (ou dos canais, podendo haver ramificações e canais secundários) a declividade do terreno ao longo deste percurso, será, também, conseqüentemente determinada.

**Distinguem-se três tipos de canais:**

**1. Canal com declive fraco** (inferior a 1 %): o canal tem apenas a declividade necessária para condução da água. É o caso particular de um **terreno muito plano** ou de um **canal numa encosta** (seja a montante do açude, seja margeando o baixio) em que há possibilidade de se escolher a declividade. Para canais longos, essa declividade é, na realidade, necessária para não induzir um superdimensionamento do canal; para canais curtos, a declividade poderá ser nula ou quase nula, se isto facilitar o manejo.

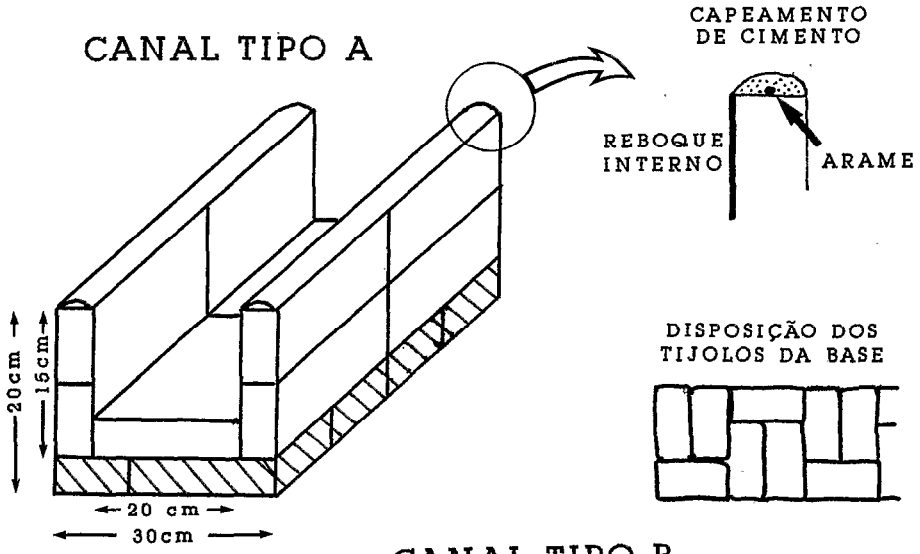
275 *Canal de alvenaria de fraco declive em encosta de açude*

**2. Canal em terreno de declividade média (1% - 4%):** não se podendo assegurar o esquema anterior porque a topografia impõe um declive maior, deve-se dividir o canal em

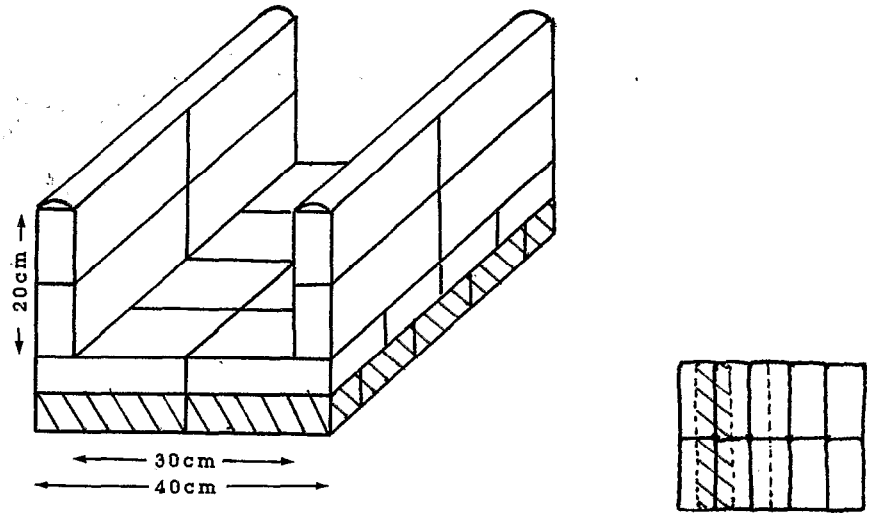
276

# EXEMPLOS DE CANAIS DE ALVENARIA
## COM TIJOLOS COMUNS (5x10x20cm)

CANAL TIPO A




CANAL TIPO B



trechos sucessivos, separados por pequenas quedas munidas de uma comporta de madeira.

**3. Canal com declive importante:** quando a declividade do terreno é muito acentuada (4% - 10%), o procedimento acima descrito levaria a multiplicar os trechos de canal de comprimento muito curto, o que resultaria num acréscimo do custo (maior número de quedas) e num manejo mais penoso. Por isso, é preferível construir um canal que acompanhe o declive natural, munindo-o de comportas laterais para distribuição da água.

Para essas três configurações, haverá, às vezes, **irregularidades brutais no terreno,** tornando-se necessário prever uma **queda** no local correspondente.

Para canais de barro, somente a primeira situação é favorável. Ocorrendo quedas, haverá necessidade de reforçá-las com pedras, tábuas ou obras de alvenaria, **a fim** de evitar que haja erosão.

*Quedas em canais de barro: ver item B5-8*

Em alguns casos específicos (solos rasos e pedregosos) canais rudimentares são feitos em vertentes de declive importante, mas sempre com vazão limitada e percurso sinuoso, **colocando-se pedras** para criar obstáculos, frear a água e quebrar assim a correnteza (ver situação 4 dos exemplos apresentados anteriormente).

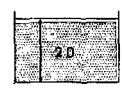
## 7.4 Dimensionamento do canal

### ■ Dimensionamento de um canal de fraco declive

A tabela 278 fornece a vazão máxima em função da declividade para 5 tipos de canal. Os tipos A e B correspondem aos canais de alvenaria descritos antes. Os tipos C, D e E correspondem a canais de barro com as dimensões indicadas a seguir.

277

*TIPOS DE CANAIS MAIS COMUNS*

| FABRICAÇÃO | ALVENARIA | ALVENARIA | TERRA | TERRA | TERRA |
|---|---|---|---|---|---|
| TIPO | A | B | C | D | E |
| DIMENSÕES | |  | | | |
| | 20cm | 30cm | 15cm | 20cm | 30cm |

A tabela 279 permite determinar a vazão de um canal retangular de alvenaria para várias combinações de largura e altura da água, em função da declividade do canal. Esta tabela será utilizada, em particular, para canais construídos com tijolos de tamanho maior.

Lê-se o valor (a) da altura da água no canal para tres valores da largura b: b=a (secção quadrada),b=1.5a e b=2a.

**Tabela 278: Vazão em ($m^3$/h) para várias declividades e tipos de canais**

| Tipo | Declividade (%) 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.75 | 1 | 1.5 | 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | *28* | *40* | *49* | *56* | *63* | *77* | *89* | *109* | *125* |
| B | *75* | *106* | *129* | *149* | *167* | *204* | *236* | *289* | *334* |
| C | *21* | *30* | *37* | *43* | *48* | *59* | *68* | *83** | *96** |
| D | *41* | *58* | *71* | *82* | *92* | *112* | *129* | *159** | *183** |
| E | *96* | *136* | *167* | *193* | *216* | *26* | *305* | *374** | *432** |

*(*) Não construir canais de barro com declividade superior a 1%.*

279

Tab. 279. Dimensões de um canal retangular em função da vazão e da declividade Valores de a em metros

| | 20 $m^3$/h | | | 30 $m^3$/h | | | 40 $m^3$/h | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I(%) | b=a | b=1.5a | b=2a | b=a | b=1.5a | b=2a | b=a | b=1.5a | b=2a |
| 0.1 | 0.14 | 0.11 | 0.10 | 0.16 | 0.13 | 0.11 | 0.18 | 0.15 | 0.13 |
| 0.2 | 0.12 | 0.10 | 0.09 | 0.14 | 0.12 | 0.10 | 0.16 | 0.13 | 0.11 |
| 0.3 | 0.11 | 0.09 | 0.08 | 0.13 | 0.11 | 0.09 | 0.15 | 0.12 | 0.10 |
| 0.4 | 0.11 | 0.09 | 0.08 | 0.13 | 0.10 | 0.09 | 0.14 | 0.11 | 0.10 |
| 0.5 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.12 | 0.10 | 0.08 | 0.13 | 0.11 | 0.09 |
| 0.6 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.12 | 0.09 | 0.08 | 0.13 | 0.10 | 0.09 |
| 0.8 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.11 | 0.09 | 0.08 | 0.12 | 0.10 | 0.09 |
| 1.0 | 0.09 | 0.07 | 0.06 | 0.11 | 0.09 | 0.07 | 0.12 | 0.10 | 0.08 |
| 1.2 | 0.09 | 0.07 | 0.06 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.11 | 0.09 | 0.08 |
| 2.0 | 0.08 | 0.06 | 0.06 | 0.09 | 0.07 | 0.06 | 0.10 | 0.08 | 0.07 |

| | 50 $m^3$/h | | | 60 $m^3$/h | | | 70 $m^3$/h | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I(%) | b=a | b=1.5a | b=2a | b=a | b=1.5a | b=2a | b=a | b=1.5a | b=2a |
| 0.1 | 0.20 | 0.16 | 0.14 | 0.21 | 0.17 | 0.15 | 0.22 | 0.18 | 0.16 |
| 0.2 | 0.17 | 0.14 | 0.12 | 0.19 | 0.15 | 0.13 | 0.20 | 0.16 | 0.14 |
| 0.3 | 0.16 | 0.13 | 0.11 | 0.17 | 0.14 | 0.12 | 0.18 | 0.15 | 0.13 |
| 0.4 | 0.15 | 0.12 | 0.11 | 0.16 | 0.13 | 0.11 | 0.17 | 0.14 | 0.12 |
| 0.5 | 0.15 | 0.12 | 0.10 | 0.16 | 0.13 | 0.11 | 0.17 | 0.13 | 0.12 |
| 0.6 | 0.14 | 0.11 | 0.10 | 0.15 | 0.12 | 0.11 | 0.16 | 0.13 | 0.11 |
| 0.8 | 0.13 | 0.11 | 0.09 | 0.14 | 0.12 | 0.10 | 0.15 | 0.12 | 0.11 |
| 1.0 | 0.13 | 0.10 | 0.09 | 0.14 | 0.11 | 0.10 | 0.15 | 0.12 | 0.10 |
| 1.2 | 0.12 | 0.10 | 0.09 | 0.13 | 0.11 | 0.09 | 0.14 | 0.11 | 0.10 |
| 2.0 | 0.11 | 0.09 | 0.08 | 0.12 | 0.10 | 0.08 | 0.13 | 0.10 | 0.09 |

| | 80 $m^3$/h | | | 90 $m^3$/h | | | 100 $m^3$/h | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I(%) | b=a | b=1.5a | b=2a | b=a | b=1.5a | b=2a | b=a | b=1.5a | b=2a |
| 0.1 | 0.24 | 0.19 | 0.16 | 0.25 | 0.20 | 0.17 | 0.26 | 0.21 | 0.18 |
| 0.2 | 0.21 | 0.17 | 0.14 | 0.22 | 0.17 | 0.15 | 0.22 | 0.18 | 0.16 |
| 0.3 | 0.19 | 0.15 | 0.13 | 0.20 | 0.16 | 0.14 | 0.21 | 0.17 | 0.14 |
| 0.4 | 0.18 | 0.15 | 0.13 | 0.19 | 0.15 | 0.13 | 0.20 | 0.16 | 0.14 |
| 0.5 | 0.17 | 0.14 | 0.12 | 0.18 | 0.15 | 0.13 | 0.19 | 0.15 | 0.13 |
| 0.6 | 0.17 | 0.14 | 0.12 | 0.18 | 0.14 | 0.12 | 0.18 | 0.15 | 0.13 |
| 0.8 | 0.16 | 0.13 | 0.11 | 0.17 | 0.13 | 0.12 | 0.17 | 0.14 | 0.12 |
| 1.0 | 0.15 | 0.12 | 0.11 | 0.16 | 0.13 | 0.11 | 0.17 | 0.13 | 0.12 |
| 1.2 | 0.15 | 0.12 | 0.10 | 0.15 | 0.12 | 0.11 | 0.16 | 0.13 | 0.11 |
| 2.0 | 0.13 | 0.11 | 0.09 | 0.14 | 0.11 | 0.10 | 0.15 | 0.12 | 0.10 |

**Atenção:**
As dimensões fornecidas pela tabela correspondem às **da secção transversal molhada pela água;** prever 2 cm a mais para a profundidade real do canal de alvenaria (a + 2 cm).

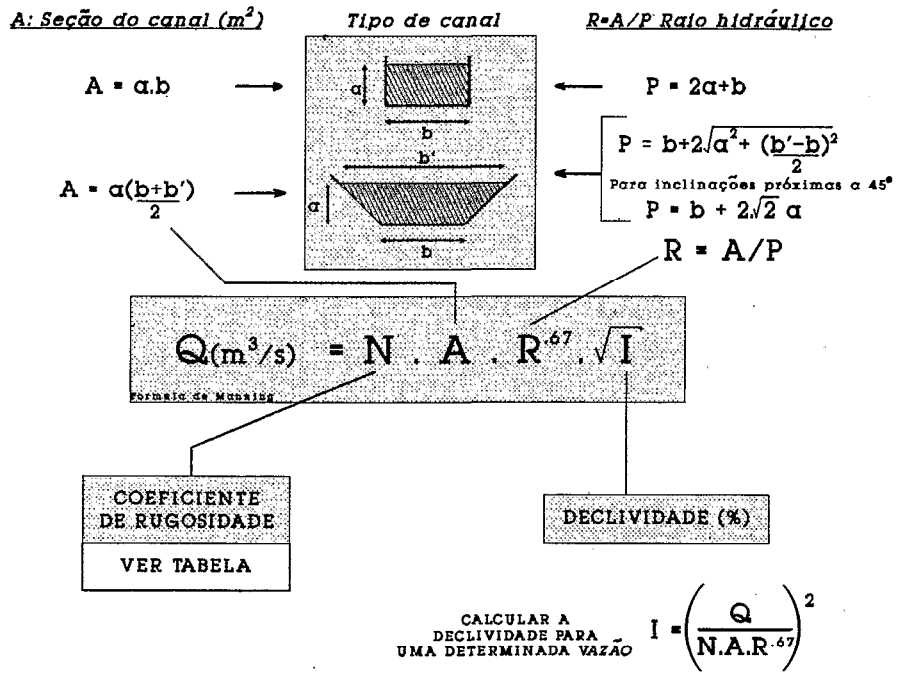
*Vazão máxima de projeto, ver item B5-8*

Escolhe-se um tipo de canal e uma declividade que permitam, no mínimo, a passagem da vazão máxima (Q) do projeto. Essa declividade é a **declividade mínima** que o canal deverá apresentar. **Se, por razões impostas pela topografia,** o declive for superior, teremos apenas uma margem de segurança, o canal permitindo uma vazão superior.

Enfim, para um canal qualquer, a vazão (Q) pode ser calculada pela fórmula de Manning, indicada a seguir, onde (I) é a declividade do canal e (N) um coeficiente, determinado na tabela 281, que depende da rugosidade do canal.

280

## Cálculo da vazão de um canal




Constata-se que a natureza e o estado das paredes do canal podem modificar consideravelmente a vazão de um canal. Assim, para um canal de terra, a vazão pode ser aumentada em 50% após eliminação das curvas e da vegetação e ainda mais com a construção de um canal de alvenaria rebocado.

**Exemplo 1:**
Seja um canal de alvenaria retangular de 10 cm de profundidade e 15 cm de largura, com revestimento de argamassa fina e declive de 0.5 %. Calcula-se o perímetro molhado considerando-se uma altura da água de 8 cm no canal (prever 2 cm de folga):

P = 2a + b = 0.31 m, o raio hidráulico R = a.b/P = 0.0387 m.

Considerando um coeficiente (N) de 6.5 (condições regulares), obtém-se:

$Q = 6.5 \times 0.012 \times 0.0387^{.67} \times (.5)^{.5}$
$= 0.0062\ m^3/s = 22.5\ m^3/h.$

**Exemplo 2:**
com o mesmo canal, qual deveria ser a declividade para possibilitar uma vazão de 46 $m^3$/hora?

$Q = 46\ m^3/h = 0.013\ m^3/s$
$I = (Q/(N.A.R^{.67}))^2 = (0.013/(6.5 \times 0.012 \times 0.0387^{.67}))^2$
$= 1{,}67\%$

**Tabela 281: Coeficiente de rugosidade (N) para a fórmula de Manning**

| Natureza das paredes | Estado de conservação | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Muito Bom | Bom | Regular | Ruim |
| *Revestimento de cimento alisado ou de argamassa Prancha de madeira aplainada Calha metálica ou de PVC* | *9.5* | *8.6* | *8.0* | *7.0* |
| *Canais revestidos com concreto Alvenaria de tijolos com argamassa* | *8.3* | *7.5* | *6.5* | *6.0* |
| *Paredes de pedra ou tijolos não revestidas* | *6.0* | *5.0* | *4.0* | *3.5* |
| *Canais de terra retilíneos e uniformes* | *4.5* | *4.0* | *3.6* | *3.3* |
| *Canais de terra sinuosos e/ou com vegetação e/ou com lama Canais abertos em rochas irregulares ou de pedra aparelhada* | *4.0* | *3.5* | *3.0* | *2.6* |

## ■ Dimensionamento de um canal com trechos horizontais

Para trechos de canal **horizontais** (ou quase horizontais) **terminados com uma queda**, a fórmula anterior deixa de ser válida.
A vazão de um trecho horizontal de comprimento (L) e de profundidade (a) pode ser calculada após determinar a declividade (fictícia) $I_f = 12.5 \times a/L$.
Com este valor, pode-se voltar a utilizar a fórmula de Manning (figura 280), quaisquer que sejam o tipo e as dimensões do canal (os quais determinam os parâmetros N, A, P).

Aplicando-se este procedimento aos canais tipo A e B, obtém-se a tabela seguinte:

**Tabela 282: Vazão de um trecho de canal horizontal ($m^3$/h)**

| Tipo de canal | Comprimento do trecho (m) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 10 m | 15 m | 20 m | 30 m |
| *A* | *36* | *29* | *25* | *21* |
| *B* | *112* | *91* | *80* | *64* |

## 7.5 Distribuição da água (saída do canal)

Existem três tipos principais de saída para permitir a transferência da água do canal para os sulcos (ou para canais de terra secundários):

*Vazão de pequenos sifões, ver item B5-8.*

**1) Pequenos sifões:** utiliza-se pequenas mangueiras de uma polegada de diâmetro e 2 metros de comprimento. Após mergulhá-las no canal e enchê-las d'água, tapa-se com a mão uma das extremidades, mantendo-a dentro da água, e removendo a outra para a cabeçeira do sulco (figura 285).

**2) Comportas laterais:** pequenas comportas laterais de madeira são colocadas ao longo do canal, possibilitando a saída da água após desviar o fluxo com um saco de areia ou pelo fechamento de uma comporta situada mais a jusante.

**3) Saídas de PVC:** pedaços de tubos de PVC (4") são colocados nas paredes do canal. As aberturas são fechadas com um tampão ou um cotovelo 90° colocado em posição vertical (foto 284).

As distribuições laterais por comporta ou tubo PVC são praticamente equivalentes; em termos de construção, é mais fácil implantar os pedaços de tubos, mas a vazão permitida pela comporta, além de ser regulável, é maior.
Os pequenos sifões serão empregados de preferência para distribuição direta para os sulcos.
Derivações para canais secundários têm que ser feitas através de comportas (vazão maior).

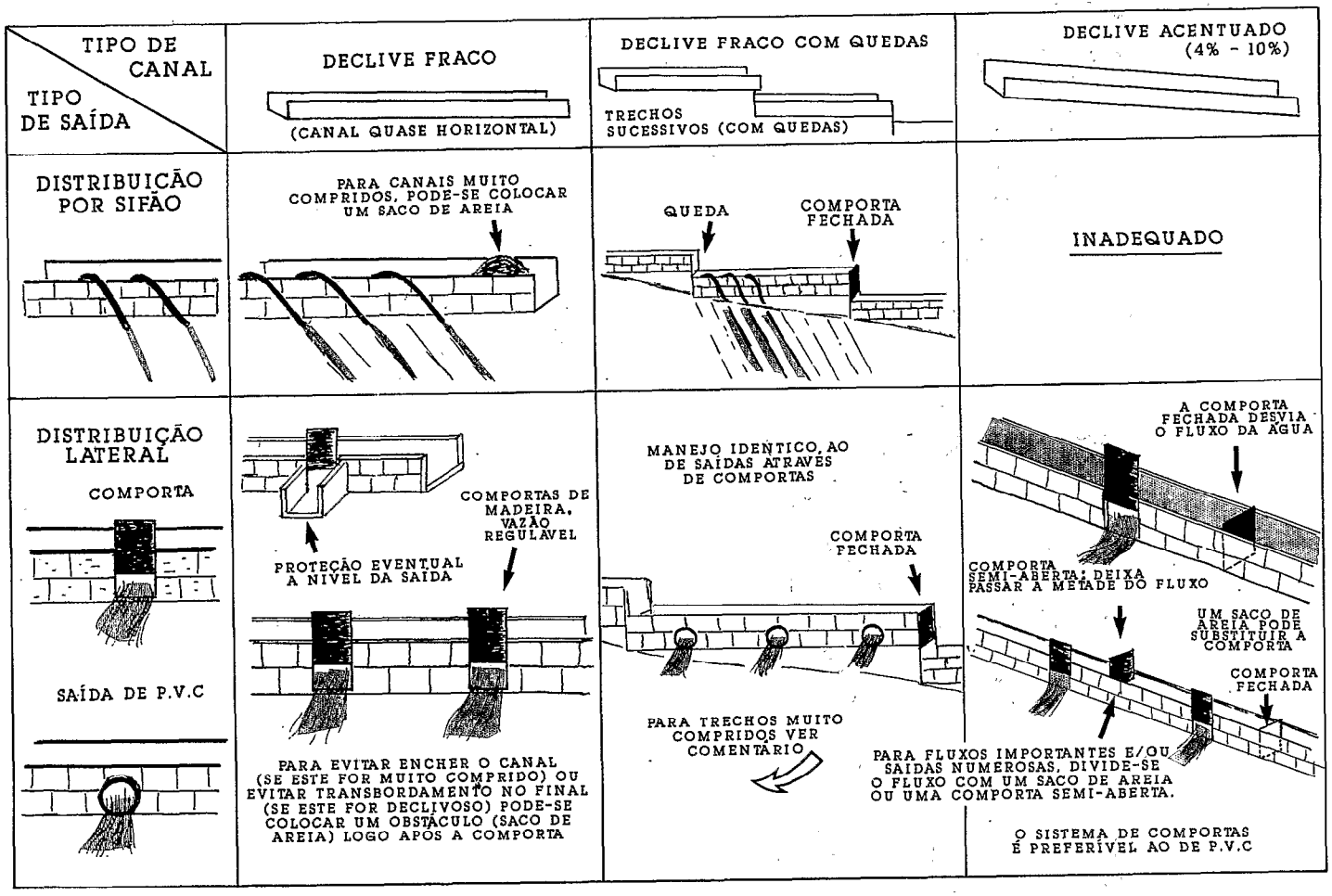
A tabela 286 mostra a adequação de cada tipo de distribuição a cada um dos três tipos de canais definidos acima.

283 *Distribuição por sifão*

*Saída de PVC* 284

Para os **canais de barro**, a distribuição lateral é extremamente simplificada já que, na maioria das vezes, esta se faz por **aberturas rudimentares** (pedra ou saco de areia removidos na hora, ou abertura feita com a enxada durante o tempo necessário).

O quadro 286 resume as principais características desses tipos de distribuição.


TIPO DE CANAL
TIPO DE SAÍDA
DECLIVE FRACO
(CANAL QUASE HORIZONTAL)
DECLIVE FRACO COM QUEDAS
TRECHOS SUCESSIVOS (COM QUEDAS)
DECLIVE ACENTUADO (4% - 10%)
DISTRIBUIÇÃO POR SIFÃO
PARA CANAIS MUITO COMPRIDOS, PODE-SE COLOCAR UM SACO DE AREIA
QUEDA
COMPORTA FECHADA
INADEQUADO
DISTRIBUIÇÃO LATERAL
COMPORTA
SAÍDA DE P.V.C
PROTEÇÃO EVENTUAL A NÍVEL DA SAÍDA
COMPORTAS DE MADEIRA, VAZÃO REGULÁVEL
PARA EVITAR ENCHER O CANAL (SE ESTE FOR MUITO COMPRIDO) OU EVITAR TRANSBORDAMENTO NO FINAL (SE ESTE FOR DECLIVOSO) PODE-SE COLOCAR UM OBSTÁCULO (SACO DE AREIA) LOGO APÓS A COMPORTA
MANEJO IDÊNTICO AO DE SAÍDAS ATRAVÉS DE COMPORTAS
COMPORTA FECHADA
PARA TRECHOS MUITO COMPRIDOS VER COMENTÁRIO
A COMPORTA FECHADA DESVIA O FLUXO DA ÁGUA
COMPORTA SEMI-ABERTA: DEIXA PASSAR A METADE DO FLUXO
UM SACO DE AREIA PODE SUBSTITUIR A COMPORTA
COMPORTA FECHADA
PARA FLUXOS IMPORTANTES E/OU SAÍDAS NUMEROSAS, DIVIDE-SE O FLUXO COM UM SACO DE AREIA OU UMA COMPORTA SEMI-ABERTA.
O SISTEMA DE COMPORTAS É PREFERÍVEL AO DE P.V.C

| SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO | SITUAÇÕES FAVORAVEIS E VANTAGENS | SITUACOES DESFAVORAVEIS E DESVANTAGENS |
|---|---|---|
| CANAIS DE BARRO | - SOLOS ARGILOSOS E/OU RASOS<br>- PERIMETROS IRREGULARES POREM EM UMA MESMA VERTENTE (SEM RUPTURA)<br>- ADEQUAÇÃO A IRRIGAÇÃO A MONTANTE<br>- INVESTIMENTO QUASE NULO | - SOLOS ARENOSOS<br>- RUPTURA DE TOPOGRAFIA (RIACHO,...)<br>- MANEJO REQUERENDO ALGUMA PRÁTICA |
| CANAIS DE ALVENARIA | - SOLOS DE GRANDE INFILTRAÇÃO<br>- PERMITE CONDUZIR VAZÕES IMPORTANTES<br>- EFICIENCIA MELHOR<br>- CUSTOS REDUZIDOS QUANDO HA PRODUÇÃO DE TIJOLOS NO LOCAL | - TOPOGRAFIA ACIDENTADA COM DEPRESSÕES, CAMINHOS,... QUE EXIGEM OBRAS ESPECIAIS<br>- PRECISA DE MANUTENÇÃO E PROTEÇÃO |
| TUBOS MÓVEIS | - SOLOS ARENOSOS<br>- PERIMETROS POUCO 'COMPACTOS', FORMADOS DE VÁRIOS PEDAÇOS<br>- TOPOGRAFIAS IRREGULARES | - OS TUBOS FICAM EXPOSTOS AO SOL E ESTRAGAM-SE<br>- MANEJO PENOSO |
| TUBOS JANELADOS | - SITUAÇÕES EM QUE A RAMPA E FIXA E PODE FICAR ENTERRADA<br>- DISTRIBUIÇÃO EM PARCELAS DECLIVOSAS E SULCOS EM NÍVEL<br>- MELHORA A EFICIÊNCIA<br>- HOMOGENEIDADE NA APLICAÇÃO DAS DOSES | - PERIMETROS GRANDES; NECESSIDADES DE DESLOCAMENTO<br>- AUMENTA O CUSTO DE INVESTIMENTO |
| TIPO CALIFORNIA | - TOPOGRAFIAS ACIDENTADAS<br>- POSSIBILIDADE DE ALCANÇAR OS DOIS LADOS DO BAIXIO<br>- TUBULAÇÕES PROTEGIDAS<br>- ADEQUAÇÃO DA ÁREA IRRIGADA A CARGA NO SIFÃO | - MANEJO REQUERENDO CUIDADOS PARTICULARES<br>- CONSERTOS DIFÍCEIS |

# B5-7
# Manejo do Açude e da Irrigação

**1. Controle do nível da água no açude**

1.1 Descrição das réguas
1.2 Colocação das réguas
1.3 Uso das réguas

**2. Determinação da superfície a ser plantada**

**3. Controle da salinidade**

3.1 Controle da salinidade do açude

- Controlar a salinidade durante o periodo de irrigação
- Evacuar os sais

3.2 Detectar os problemas de salinidade no perímetro

3.3 Como lutar contra a salinização no perímetro

- Aumentar a freqüência da rega
- Escolher o cultivo
- Lixiviar (ou "lavar") o solo
- Conservar os drenos
- Regularizar a superfície do solo
- Controlar a qualidade da água no açude
- Práticas culturais

**4. Traçar sulcos no perímetro irrigado**

4.1 Características dos sulcos

4.2 Tipos de sulcos mais freqüentes e seu manejo

- Sulcos de declive muito fraco ou nulo
- Sulcos de declive fraco
- Sulcos de declive médio
- Sulcos em terreno com declive acentuado

4.3 Como controlar a vazão no sulco

4.4 Traçar os sulcos no perímetro

A evolução quantitativa e qualitativa da reserva hídrica do açude no decorrer do tempo torna necessário adequar permanentemente o seu uso às condições do momento. Alguns aspectos do manejo do açude e do perímetro irrigado são apresentados a seguir.

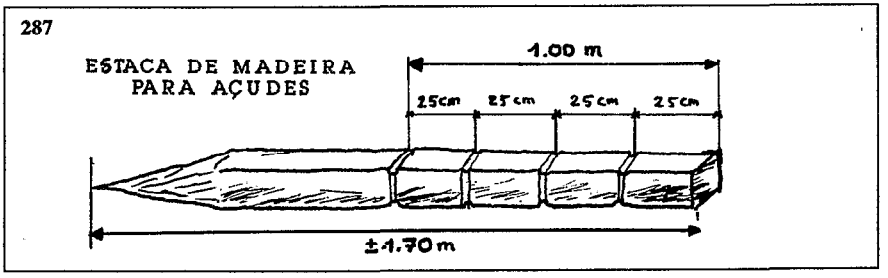
## 1. Controle do nível da água no açude

A colocação, no açude, de estacas destinadas a indicar a todo instante o nível da água na represa, permite uma melhor estimativa dos volumes disponíveis, bem como da importância das perdas.

A estaca pode servir de suporte a uma régua graduada e esmaltada para evitar o seu enferrujamento. Uma régua deste tipo é bastante cara, além de ser de distribuição restrita e, por isso, descreve-se a seguir um tipo de régua de madeira simplificada.

### 1.1 Descrição das réguas

Recomenda-se serrar estacas de 1.50 m de comprimento e de 10 cm x 10 cm de secção aproximadamente Escolhe-se, de preferência, uma madeira que não apodreça com facilidade na água (ipê, sucupira, aroeira...). O número de estacas vai depender da profundidade do açude, sendo necessária uma estaca para cada metro de profundidade (para um açude de 5.80 m, prever 6 estacas).




Partindo do topo da régua, faz-se um **entalho** a cada 25 cm, de maneira a dividir o primeiro metro em 4 trechos iguais. Isto pode ser feito com uma faca, um serrote, um arco de serra ou uma talhadeira de madeira. O entalho pode ser ressaltado com tinta branca. **Um entalho de 1 cm é preferível** a uma graduação pintada que rapidamente se estragaria em contato com a água.

## 1.2 Colocação das réguas

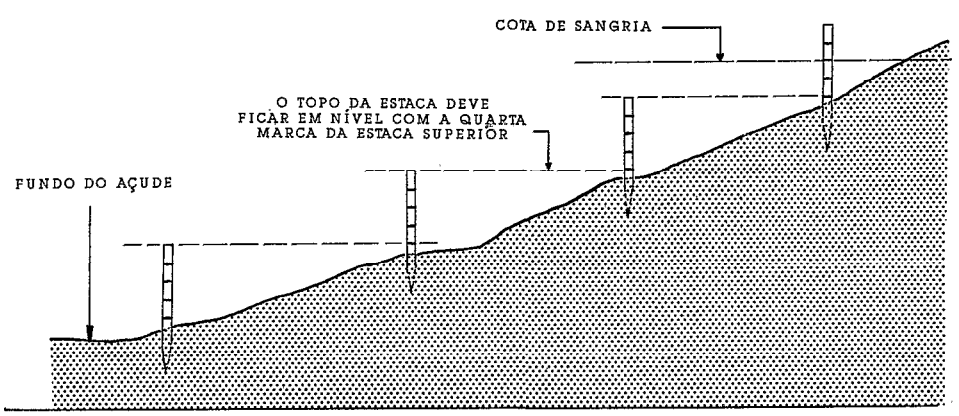
Escolhe-se um local na beira do açude que esteja fora do alcance dos animais, mas de acesso fácil (próximo à casa, se esta for vizinha do açude).

**Atenção:** as devidas explicações devem ser dadas para evitar estrago por parte das crianças!

**A primeira estaca** deve ser colocada de maneira que o nível do segundo entalho fique na cota de sangria: isso significa que 50 cm da estaca estarão ainda disponíveis para estimar as cheias quando o açude começar a sangrar.

**A segunda estaca** será fincada (ou **chumbada) de maneira a deixar seu topo ao nível da quarta graduação da régua anterior**, como mostrado na figura 288. Nota-se que isso não implica necessariamente que se finque a estaca até sua última graduação ficar ao nível do chão. O importante é o nivelamento do seu topo com a última (quarta) graduação da régua superior. Opera-se da mesma maneira para as estacas seguintes.

288 *Colocação de estacas no açude*




Na prática, para colocar uma estaca, escolhe-se um lugar em que, antes de ser cravada, ela fique aproximadamente 40 cm acima do nível requerido.

Sendo impossível a colocação de estacas dentro da água, deve-se escolher um período em que o nível do açude esteja baixo. As estacas que não for possível colocar, serão guardadas até chegar um tempo em que o rebaixamento seja maior e permita fincá-las.

As estacas podem, também, ser chumbadas com cimento, o que é, **obviamente, sempre preferível.**

## 1.3 Uso das réguas

Em muitos casos, o acompanhamento **preciso** do nível por meio das réguas é dificilmente realizável pelo agricultor. No entanto, este se acostuma **a acompanhar o rebaixamento do nível** do seu açude a partir do conjunto de estacas que, rapidamente, se tornam um

referencial de grande utilidade. Por isso, **o uso das estacas é indispensável** para melhorar o gerenciamento e o manejo do açude.

A superfície a ser plantada, por exemplo, depende, a cada ano, do nível da água no açude no momento do plantio (ver item seguinte) e pode ser calculada a partir da indicação da régua ou da estaca.
Na prática, o agricultor muitas vezes se baseia na experiência, começando no primeiro ano com uma área subdimensionada e aumentando progressivamente. As estacas tornam-se muito úteis **para visualizar a disponibilidade em água.**

Enfim, como foi aludido no item B5-2, as estacas servem, também, **para medir a importância das perdas** por evaporação e infiltração no açude.

## 2. Determinação da superfície a ser plantada

*Ver definição desses parâmetros, pág. 205*

No caso de um pequeno açude utilizado para irrigação de um **cultivo de ciclo curto**, depois do inverno, **a superfície (S plan) que pode ser plantada** e irrigada deve ser determinada, **a cada ano, em função da cota da água** no momento da plantação (já que os outros parâmetros ($\alpha$), (K), TINF, $V_{abas}$, ETP e EF são constantes). Esse nível varia muito e depende dos escoamentos ocorridos durante o inverno anterior bem como da água que, eventualmente, foi gasta para uma irrigação de complemento dos cultivos de sequeiro. A data do plantio não é muito variável, de maneira que se pode desprezar a sua influência (ela determina a ETP e a evaporação a serem levadas em conta).

A determinação da superfície ($S_{plan}$) pode ser feita **através da fórmula explicitada** no item B5-4 para determinação da superfície potencialmente irrigável pelo açude ($S_{pot}$). Para evitar refazer, a cada ano, tal cálculo, é preferível traçar a curva que fornece essa superfície em função de qualquer valor do nível d'água inicial.

**Exemplo:**
Retomando o exemplo do item B5 - 4, calcula-se o valor de ($S_{plan}$) para as cotas iniciais $H_1 = 5.00; 4.50; 4.00; 3.50, 3.00$ m, considerando-se uma cota final $H_2 = 2$ m, no momento da colheita.

($\alpha$) = 2.70, (K) = 1000, Ef =.5, $V_{abas}$ = 420 m$^3$, EVINF = 820 mm

$V_{final}$ = 6498 m$^3$, $S_{final}$ = 8722 m$^2$, $Vh_a$ = 9210 m$^3$

| $H_{inicial}$ (m) | $V_{inicial}$ (m$^3$) | $S_{inicial}$ (m$^2$) | $S_{plan}$ (ha) |
|---|---|---|---|
| *5.00* | *77129* | *41650* | *5.20* |
| *4.50* | *58033* | *34820* | *3.46* |
| *4.00* | *42224* | *28501* | *2.04* |
| *3.50* | *29443* | *22713* | *0.93* |
| *3.00* | *19419* | *17477* | *0.10* |

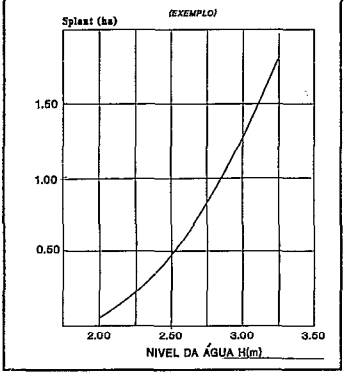
Uma vez plotados esse pontos, obtém-se uma curva suscetível de ser utilizada a cada ano. Pode ser conveniente, também, traçar curvas referentes a outros cultivos, conseguindo-se um ábaco do tipo daquele apresentado no Anexo 1, mas correspondente ao açude estudado.

A informação dessa curva só poderá ser, em geral, utilizada sob esta forma por técnicos, ou no caso de açudes que recebem um gerenciamento específico.

Para o agricultor, a informação da curva, ou do ábaco, **deve ser tranformada em regras muito simples** do tipo:

> *"Quando falta um palmo para o açude sangrar, dá para plantar a área. Quando a água está no meio da segunda estaca, dá pra metade. Quando chega no pé da terceira estaca não dá mais para nada".*

**289** VARIAÇÃO DA SUPERFICIE Splant A SER LANTADA EM FUNÇÃO DO NIVEL DA ÁGUA




# 3. Controle da salinidade

## 3.1 Controle da salinidade do açude

### ■ Controlar a salinidade durante o período de irrigação

Como foi mostrado no item B5-3, a qualidade da água do açude pode variar bastante no decorrer dos anos, em função de diversos fatores.

*Condutivímetro e medição da salinidade.* *Ver pág. 239*

A fim de controlar a qualidade de água **durante o período de irrigação** (ciclo curto, depois do inverno), o ideal é poder dispor da **condutividade elétrica ($CE_0$) da água no início do ciclo**, a qual pode ser medida com um condutivímetro.
A condutividade elétrica da água **varia no decorrer da irrigação.** Seu valor final, em ordem de grandeza, será aproximadamente o **dobro** do valor inicial ($CE_0$).

Para verificar a **compatibilidade da condutividade elétrica média da água durante o período de irrigação** com os limites de tolerância fornecidos para cada cultura pela tabela 206 do item B5-3, pode-se calcular o valor médio desta condutividade com o ábaco da figura 290.
Se ($CE_o$) é o valor da condutividade da água **no início da irrigação**, $H_o$ o nível da água inicial e (EVA) a evaporação do açude durante o período de irrigação (ver item B5-2, para cálculo de EVA), obtém-se a condutividade média multiplicando ($CE_o$) pelo valor determinado no ábaco, em função de ($\alpha$) e $EVA/H_x$.

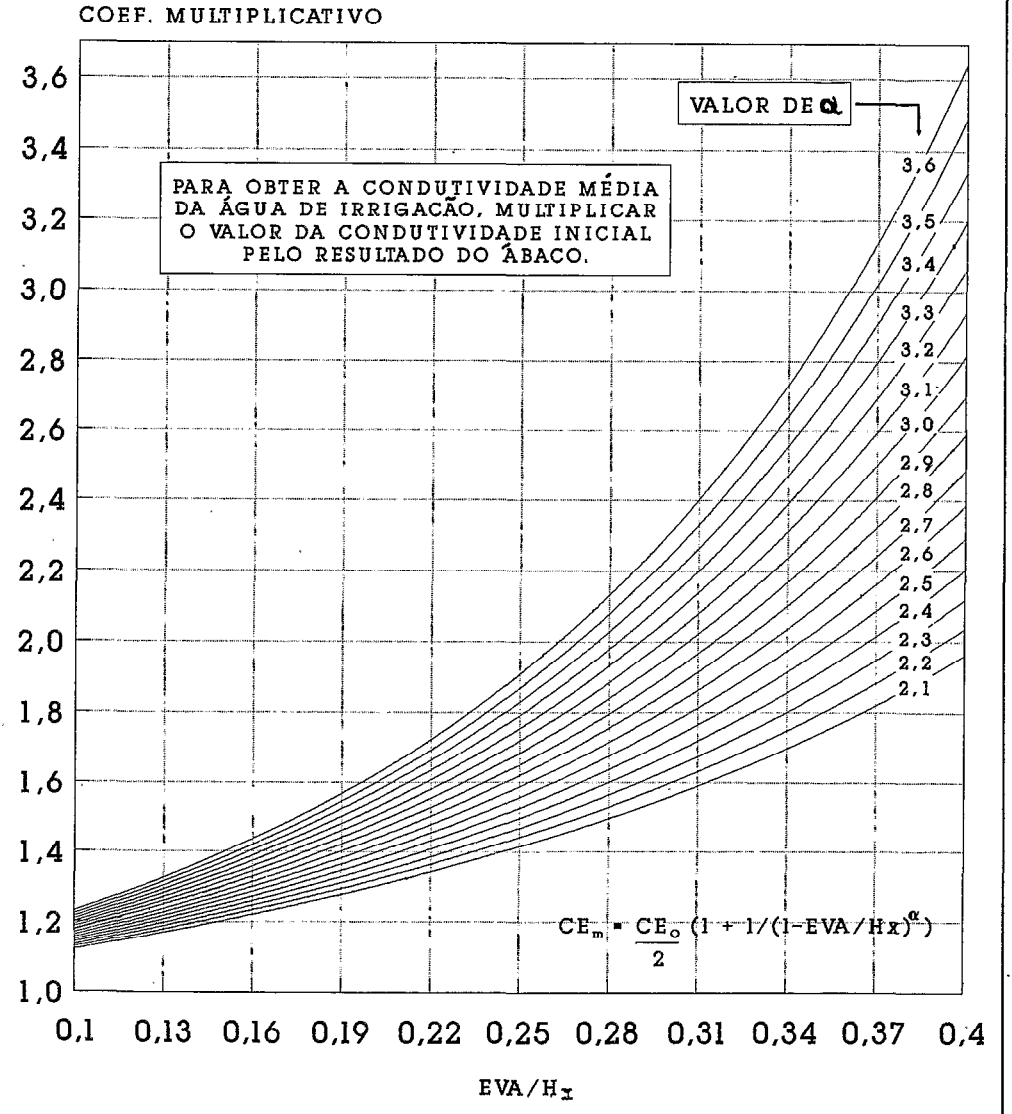
**Exemplo:** um açude com 3.00 metros de água, condutividade elétrica inicial de 1200 micromhos, ($\alpha$) de 2.90 e submetido, durante o período de irrigação, a uma evaporação de 0.75 m. O ábaco da figura 290 fornece um coeficiente multiplicativo de 1.65 para os valores $EVA/H_x = .25$ e $\alpha = 2.90$, ou seja, uma condutividade média:

$$1.65 \times 1.200 = 1.980 \text{ micromhos}$$

Essa informação será dificilmente acessível para o pequeno agricultor, porém poderá ser levada em consideração no caso de projetos maiores que recebem acompanhamento técnico.

290

# DETERMINAR A SALINIDADE MÉDIA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO A PARTIR DA SALINIDADE INICIAL



■ **Evacuar os sais**

**No caso de açudes superdimensionados** com importante fenômeno de concentração, pode-se pensar em aproveitar um período em que o açude esteja **com pouca água e alta concentração para retirar o volume d'água remanescente** (sifão, motor). A retirada da massa salina permite "voltar à estaca zero" e esperar que o açude volte a encher e se encontre com uma condutividade mais fraca, igual à dos escoamentos. Isto pode coincidir com um esvaziamento do açude destinado ao controle dos peixes indesejáveis.

*Irrigando, diminui-se muito o nível da salinidade no açude.*

A água retirada deve ser dirigida para o leito do rio e corresponder a um volume suficientemente pequeno para ser realista a operação. Na prática, este caso só se apresentará para açudes com óbvio risco de salinização. Por isso, esse procedimento será sobretudo válido **antes de se iniciar o aproveitamento, pela primeira vez,** de um açude superdimensionado e com água de qualidade duvidosa (condutividade superior a 1.000 micromhos depois do inverno), **contando com a irrigação para rebaixar, posteriormente, o nível médio de salinidade.**

No caso de açudes apresentando um **depósito salino muito acentuado,** pode-se, também, pensar em remover toda a camada superficial da bacia hidráulica, manualmente ou com uma máquina (Patrol, trator de esteira) a fim de retirar os sais que, no caso contrário, seriam **redissolvidos** no próximo enchimento do açude.

Essa prática, no entanto, poderá dificilmente ser empregada com freqüência e **resolve o problema apenas temporariamente.** Tais casos correspondem, em geral, a açudes **inaproveitáveis** para irrigação que podem ser apenas valorizados com a piscicultura e o capim de vazante.

## 3.2 Detectar os problemas de salinidade no perímetro

O agricultor deve sempre ficar atento aos sinais que revelam a aparição de problemas de salinização. Como frisamos no item B5-3, **as áreas irrigadas mais expostas a problemas de salinização são, em geral, bastante caracterizadas e facilmente identificáveis** (declive muito fraco, terra pesada, lençol freático alto, água de irrigação de qualidade média ou ruim) e, nesses casos, a atenção deverá ser **redobrada.**

Alguns sinais permitem detectar a aparição de problemas de sais:

- Zonas encharcadas ou com lençol freático muito alto.
- O crescimento das plantas é muito inferior ao normal.
- As folhas adquirem coloração anormal (folhas mais escuras ou amarelas demais; atenção, isso pode também acusar excesso d'água (cor amarela)); queimaduras aparecem na folhagem.
- As plantas apresentam um murchamento anormal ou prematuro.
- Aparecem marcas de sal na superfície do solo.
- No caso de águas sódicas (que contêm muito sódio): dificuldade crescente encontrada pela água para se infiltrar no solo.

## 3.3 Como lutar contra a salinização no perímetro

A principal maneira de se evitar problemas de salinização é, como foi explicitado no capítulo dedicado ao assunto (B5-3), **a realização de drenos.**

No entanto, quando as condições **não permitem** uma drenagem totalmente eficaz (com o agravante eventual de uma água medíocre), várias práticas permitem combater a acumulação de sais no solo e seus efeitos nefastos:

### ■ Aumentar a freqüência da rega

A concentração salina no solo aumenta quando a sua umidade diminui. Assim, essa concentração será máxima logo antes de irrigar. Se irrigarmos com mais freqüência, isto significará que não esperaremos que a concentração no solo aumente: **a salinidade média no solo será menor** porque a umidade média será maior.

Além do mais, irrigações muito freqüentes **lavam a camada superior do solo** onde, geralmente, se concentram as raízes.

### ■ Escolher o cultivo

Pode-se, evidentemente, adaptar o tipo de cultivo à qualidade da água. As tabelas 205 e 206 do item B5-3 fornecem os limites de tolerância médios de cada cultura.
O feijão e a banana estão entre os cultivos mais sensíveis, ao contrário do algodão, do capim ou da cana. Esta última tem, além do mais, a capacidade de extrair uma quantidade relevante de sais do solo e facilitar a drenagem interna pela ação mecânica de suas raízes.

### ■ Lixiviar (ou "lavar") o solo

Para eliminar os sais, tem-se que aplicar uma quantidade de água adequada, de maneira a provocar uma percolação (infiltração) profunda e a conseqüente "lavagem" dos sais carregados pela água (ver item B5-3 sobre drenagem).

*Os perigos sobre irrigação, ver item B5-3*

- Em condições de solo drenante, **a própria irrigação** (sobretudo a irrigação por sulcos) bem como as **chuvas**, já asseguram boa parte da lixiviação complementar. Por isso, o cálculo exato das necessidades complementares de lixiviação é extremamente difícil.
- A capacidade de infiltração do solo limita, muitas vezes, as possibilidades de lixiviação: **não se deve aplicar grandes volumes à toa.** Essa limitação implicará na escolha de culturas tolerantes.
- Para fixar as idéias, vale lembrar a regra empírica seguinte: para lavar 30 cm de solo e evacuar 80% dos sais deve-se aplicar 30 cm de lâmina d'água.

**Lixiviar só tem sentido quando a drenagem do solo é suficiente para evacuar a água aplicada. Se essa drenagem for insuficiente, o resultado será oposto, havendo encharcamento do solo.**

- **Atenção:** uma lavagem freqüente também carrega os nutrientes do solo, devendo-se compensar o empobrecimento do solo com a **devida** adubação (ver quadro "os perigos da sobreirrigação", no item B5-3).

- A lixiviação será feita de preferência no fim do inverno (solos ainda úmidos, menor impacto de uso da água sobre o rebaixamento do açude, água do açude de melhor qualidade).

### ■ Conservar os drenos

A conservação dos drenos é, evidentemente, uma prática não só indispensável como necessária.

### Regularizar a superfície do solo

Para conseguir uma distribuição mais uniforme da água, evita-se empoçamentos e retenções localizadas, procurando-se sempre melhorar a regularidade do terreno com pequenos deslocamentos de terra.

291 *Regularizar o terreno par evitar empoçamentos*

### Controlar a qualidade da água no açude

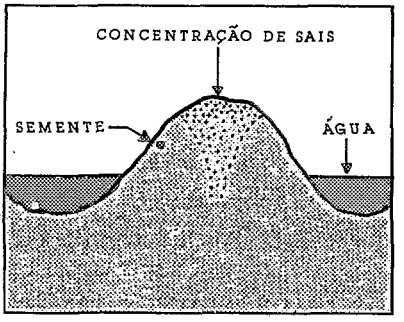
Acompanhar a evolução da qualidade da água no açude permite evitar seu uso em casos limites ou extremos. Um açude que não sangra há vários anos e que recebe água de qualidade média, poderá, por exemplo, ser momentâneamente inutilizável. O ideal é poder medir a condutividade elétrica da água do açude na hora de irrigar (ver item 3.1 anterior).

### Práticas culturais

Algumas práticas culturais permitem, também, lutar contra os efeitos da salinidade.

- O plantio das culturas de sequeiro deve ser feito **também dentro de uma rede de sulcos** de maneira a poder permitir a irrigação de salvação. Esses sulcos, segundo os casos (ver mais adiante), podem ser **fechados** em sua extremidade, permitindo, assim, uma **maior infiltração das águas pluviais** que resulta na lavagem do solo.
- **A germinação é o período do ciclo cultural mais sensível à presença de sais.** Por isso, no caso de cultivos em camalhões, é aconselhado depositar as sementes na parte lateral dos camalhões e não no topo, **onde a concentração salina é maior,** de maneira a evitar acidentes de germinação (figura 292).
- A proteção da semente pode ser também melhorada com **pequena lixiviação do solo (ou da camada superior), logo antes do plantio.**
- As migrações de sal por capilaridade para a superfície e evaporação da água podem ser combatidas com uma **aração efetuada depois da colheita**, visando destruir a rede de poros capilares da camada superior, em particular em solos pesados, e impedir a subida da água.
  De fato, **não há subidas capilares durante a irrigação** porque o fluxo dominante é para baixo; estas aparecem somente depois da irrigação (ou seja, no fim do verão) e

292 *Concentração salina no topo dos sulcos*



essa prática pode ser muito eficaz. O aumento de matéria orgânica na superfície também limita as subidas capilares.

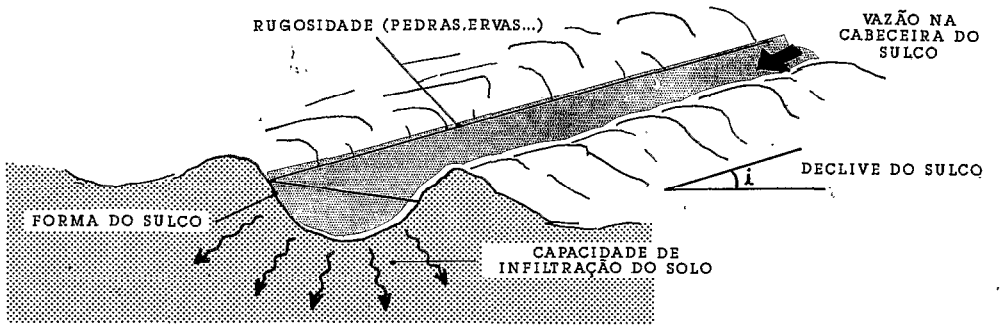
- **Coberturas mortas** (mulch) utilizadas para lutar contra a erosão e **diminuir a evaporação** da água na superfície do solo, também reduzem a concentração salina.

# 4. Traçar sulcos no perímetro irrigado

## 4.1 Características do sulco

A determinação do comprimento e do declive ideais do sulco é um problema bastante complicado por causa de todos os fatores que intervêm: o avanço da água no sulco depende, em particular, das variáveis indicadas na figura 293.

293 *Características do sulco que condicionam sua vazão*




Estudando o avanço da água em função do tempo para várias declividades do sulco, pode-se, **teoricamente**, determinar a **melhor combinação possível** entre a vazão, a declividade e o comprimento do sulco.

**Na prática da pequena irrigação, porém**, estes métodos que podem ser válidos para grandes perímetros de topografia regular não têm muita relevância pelas razões seguintes:

- A topografia é heterogênea; a declividade do sulco pode variar ao longo do sulco bem como a permeabilidade.
- A **forma** e a **rugosidade** do sulco (ervas daninhas, pedras,..) são muito variáveis no tempo.
- **Raramente** se tem um controle e um conhecimento da vazão, **tanto a nível do adutor** ou do canal (a vazão varia muito com o nível de água no açude) quanto **a nível da cabeceira do sulco.**
  A vazão no sulco nunca é conhecida já que depende do manejo efetuado com a enxada para repartir o fluxo de água entre os sulcos. Mesmo quando a vazão provém de um pequeno sifão a partir do canal, há variação no seu valor por não ser constante a carga do sifão (o nível d'água varia no canal, a cota da saída do sifão também varia de um sulco para outro).

- Enfim, a quantidade de água a ser distribuída no sulco (a lâmina de reposição) também nunca é realmente conhecida. Por isso, o agricultor decide mais a sua irrigação **em função das necessidades indicadas pelo estado do solo e das plantas.**
  Pode-se até dizer que, ao contrário do projeto teórico em que o manejo depende da freqüência de rega **calculada**, o agricultor é levado a adotar uma freqüência decorrente da maneira como ele irriga (seu manejo), ou seja, da quantidade d'água que ele realmente distribui a cada vez e que vai condicionar o tempo que a planta levará para acusar novamente um início de stress hídrico.
  Verifica-se que a **prática mais comum geralmente adotada** é a de se cortar a água quando esta chega ao final do sulco. Essa prática pode ser boa ou ruim segundo os casos, como veremos.

Essas observações mostram que o manejo teórico da irrigação gravitária **requer o conhecimento de muitas variáveis** e uma compreensão aprofundada da influência de cada uma delas o que, nas condições reais da pequena irrigação, **nunca acontece.**

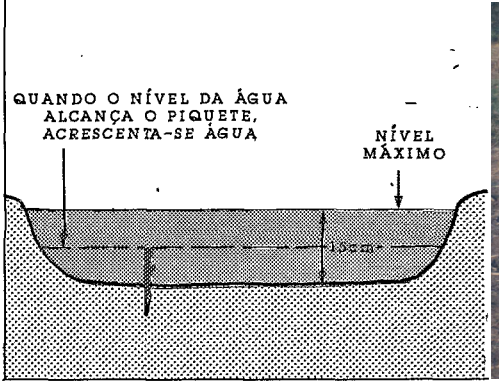
Por isso, não é possível **fixar regras precisas** sobre a conduta da irrigação gravitária. Entretanto, pode-se dar algumas orientações de maneira **a evitar manejos errados** que provocam uma má distribuição da água ao longo do sulco e/ou apresentam baixa eficiência.

### ☐ Comprimento dos sulcos

Comprimentos recomendados já foram dados na tabela 248 do item B5-6, em função da textura do solo e do declive do sulco. A textura pode ser determinada pela observação (ver anexo 7) ou estimada através de um teste de infiltração como explicitado a seguir (figura 294 e foto 295).

Prepara-se um sulco de 1 metro de comprimento e aproximadamente 20 a 30 cm de largura e 15 cm de profundidade. Coloca-se um pequeno piquete no meio do sulco que marcará o nível mínimo da água no sulco a partir do qual se deverá adicionar água.

294 *Teste de infiltração* 295



O nível da água ficará, então, sempre entre um nível próximo ao nível máximo e um nível mínimo determinado pela extremidade superior do piquete, que corresponderá, aproximadamente, à metade da profundidade do sulco.

1) Em primeiro lugar, enche-se completamente o sulco e marca-se o tempo no relógio. Acrescenta-se água com uma lata de 1 litro (lata de óleo).

2) Cada vez que o nível baixa até o piquete aflorar, complementa-se a água, **anotando-se o tempo** desde o início da experimentação e o **volume** colocado.

3) Quando a velocidade de infiltração **estabiliza-se**, pára-se o teste. A duração do teste depende da umidade inicial do solo e varia, em geral, de 60 a 90 minutos, podendo, muitas vezes, durar até várias horas. Neste caso, espera-se uma redução sensível da variação, contentando-se com um valor aproximado (o qual será **superior** ao valor real). Pode-se também extrapolar a curva obtida.

4) Considera-se o período correspondente ao fim do teste (vazão estabilizada, os 15 últimos minutos, por exemplo) e divide-se o volume colocado (em litros) pelo tempo (em minutos) para se obter a velocidade de infiltração.

5) Compara-se este valor (v) aos valores da tabela seguinte que permitem definir a natureza do solo.
Se o solo não é homogêneo, é aconselhável refazer o teste em diversos lugares da área irrigável.

296

| | Velocidade de infiltração (l/min/metro de sulco) | | |
|---|---|---|---|
| **Textura fina** | | | |
| *argila densa* | *0* | - | *0.12* |
| *argila limosa a argila* | *0.06* | - | *0.24* |
| *barro argiloso a barro linear* | *0.12* | - | *0.48* |
| **Textura franca** *(média)* | *0.12* | - | *0.72* |
| **Textura areno-argilosa** | *0.18* | - | *1.20* |
| **Textura arenosa** | *0.60* | - | *1.80* |

Fonte: DAKER

Para poder comparar essa infiltração com os valores de velocidade de infiltração dados no item B5-3, pode-se considerar que, num metro de sulco, a água infiltra-se numa superfície de cerca de 0.8 $m^2$. Isso fornece uma relação aproximada entre as duas velocidades:

**1 l/min/metro de sulco = 60 l/hora/0.8 $m^2$ = 75 mm/hora**

Este coeficiente médio (75) pode ser tomado igual a 100 para solos arenosos (infiltração lateral menor) e a 50 para solos argilosos.

### □ O espaçamento dos sulcos

O espaçamento vai depender da textura do solo, ou seja, de sua capacidade de propagar lateralmente a água recebida no sulco; depois de efetuar o teste de infiltração, pode-se abrir os lados do sulco com a enxada e observar **até onde chegou a umidade**, definindo-se assim a metade da distância entre os sulcos.

*Espaçamento médio segundo o cultivo, ver anexo 3*

Na prática, essa distância varia de 50 cm, em solos arenosos, até 1.20 m para solos argilosos. Essa distância diz respeito, em primeiro lugar, a aspectos agronômicos como o crescimento radicular do cultivo e a fertilidade do solo. No entanto, em **condições de irrigação**, a planta só desenvolverá as suas raízes nas partes do solo que forem umedecidas.

### □ Profundidade dos sulcos

A profundidade do sulco depende também do tipo de cultivo. Para hortaliças, que precisam imperativamente ficar acima da zona de umedecimento (cenoura, beterraba, alho, cebola...) o sulco deve ser mais fundo, a terra removida pelo sulcador servindo para constituir os camalhões. A regulagem do porta-roda-guia do sulcador permite obter a profundidade desejada.
Sulcos em contorno deverão ser, na medida do possível, bastante profundos, para diminuir o risco de transbordamento, porém de declive controlado para evitar empoçamentos (ver adiante).
Sulcos fechados em terras argilosas podem também ser mais fundos para represar maior quantidade de água e deixá-la se infiltrar.

### □ Vazão erosiva

Qualquer que seja a declividade do sulco, a vazão na sua cabeceira deve ser controlada para que não haja erosão, ou seja, para que a terra não seja levada pela correnteza.

**Até declividades de 0.3%**, não há, normalmente, erosão no sulco e a vazão na cabeceira pode alcançar 2 l/s. Para declives de 0.5%, a vazão deve ser limitada em 1.2 l/s e para declives de 2%, considerado como valor limite, a vazão deve ser muito fraca (0.3 l/s).

## 4.2 Tipos de sulcos mais freqüentes e seu manejo

Os tipos de sulcos mais freqüentes, particularmente em pequenas parcelas irrigadas, são descritos a seguir; a tabela 305 resume as características e o manejo de cada um deles.

### ▩ Sulcos de declive muito fraco ou nulo

São sulcos de declive quase nulo e de comprimento em geral muito limitado (10 - 30 metros).
Uma grande vantagem desses sulcos é que eles podem, em geral, **ser fechados (tapados) na sua extremidade.** Isto permite melhorar a eficiência evitando-se perdas, sobretudo em terras argilosas de fraca velocidade de infiltração, em que o tempo de reposição pode ser muito longo e as perdas na extremidade do sulco muito grandes.

Esses sulcos podem ser realizados em particular nas seguintes situações:

297 *Sulcos curtos e fechados*

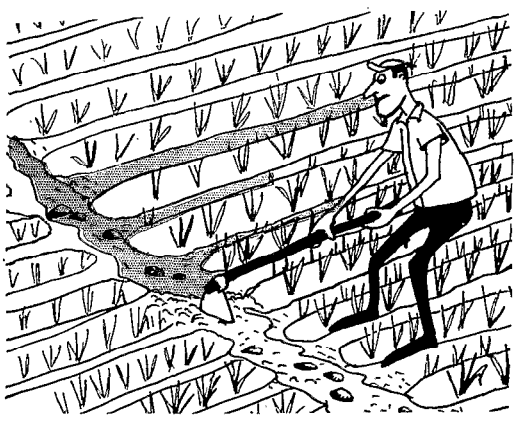
- **Parcelas pequenas**, de maneira geral, como as definidas, por exemplo, no caso de terrenos acidentados.
- **Aproveitando pequenos tabuleiros** ou bacias, semelhantes aos preparados para o plantio irrigado de arroz, ou canteiros de hortaliças.
- **Solos muito arenosos**, exigindo sulcos muito curtos.
- **Sulcos em contorno em vertentes declivosas** (até 10%), comuns em encostas de açudes e em baixios um pouco fechados.

Neste último caso, deve-se controlar para que não haja trechos ou locais suscetíveis de empoçar água e/ou provocar transbordamentos. Se o sulco for curto (10 - 30 metros) isto será relativamente fácil.

Para **cultivos de sequeiro**, recomenda-se também construir tais sulcos (a fim de se ter a possibilidade de uma irrigação de salvação): pode-se, assim, **provocar uma maior infiltração** das chuvas, conseguindo-se além do mais uma **lixiviação** do solo (ver item anterior e B5-3).

Em todos os casos, deve haver possibilidade de **evacuação** da água no final dos sulcos (se possível diretamente para o sistema de drenagem) no caso **de excesso de água** (irrigação mal conduzida ou fortes chuvas no inverno).

298 *Desviar a água nos sulcos e controlar a erosão*



**O caso ideal** é quando se pode tapar o fim do sulco de maneira a prender a água mas deixando-se um murundu suficientemente baixo para que, em caso de excesso d'água, o sulco transborde primeiro no seu final: **o murundu final funciona como "fusível".**

**O manejo adequado** consiste em alimentar o sulco com uma **vazão próxima à vazão de infiltração.**

Para sulcos profundos (canteiros por exemplo) e solos de baixa infiltração, pode-se **encher** o sulco, fechar a sua cabeceira e deixar a água infiltrar-se.

Para sulcos nivelados em encostas declivosas, o manejo deverá ser cuidadoso já que a água virá em geral da parte superior do perímetro **por um canal morro abaixo** ou, mais exatamente, por um caminho cavado pela própria água. Deve-se colocar pedras para, frear a força da água e desviá-la nos sulcos, levantando-se montículos de terra, de maneira a repartir convenientemente a vazão (figura 298).

### ■ Sulcos de declive fraco (.2 - 1.5%)

São sulcos convencionais que necessitam um terreno bastante regular e homogêneo. O comprimento do sulco pode ser bastante importante (150-300 m) e depende da textura do solo, como já foi mostrado na tabela 248 do item B5-6. Esta é a principal vantagem dos sulcos convencionais pois limitam a mão-de-obra.

Para esses sulcos, **o manejo não pode se limitar a cortar a água quando esta chega** na sua extremidade (sobretudo se for comprido). Controla-se a vazão para que seja **a maior possível sem, contudo, ocasionar erosão.** Quando a água chega no final do sulco, reduz-se a entrada da água **com a enxada**, de maneira que a vazão na cabeceira corresponda mais ou menos à vazão que se infiltra no sulco.

Para solos argilosos, a redução da vazão deverá ser importante. **Mantém-se essa vazão reduzida aproximadamente três vezes o tempo que foi necessário para a água alcançar o fim do sulco.**

Não há interesse em fechar a extremidade do sulco porque a água transbordaria rapidamente.

### ▩ Sulcos de declive médio (1.5 - 3%)

299 *Manejo em sulcos de declive médio*

Em alguns casos, é possível irrigar com sulcos mais declivosos (1.5 - 3%), **porém com um manejo adequado que requer muita atenção.** A vazão deve ser muito fraca, o solo **pouco erodível** e o sulco **curto** para limitar a mão-de-obra.

Quando a água chega ao final do sulco e está para transbordar, levanta-se um murundu com a enxada para isolar o último trecho do sulco (foto 299). Procede-se assim até voltar ao início do sulco, **criando vários trechos sucessivos de retenção.**

Os murundus são desmanchados no fim da irrigação. Em alguns casos, consegue-se conservá-los e fazer com que, novamente alimentado, o sulco funcione com uma sucessão de compartimentos que se enchem sucessivamente e sangram para o seguinte: a vazão deve ser **fraca** e o solo **muito argiloso.**

### ▩ Sulcos em terreno com declive acentuado

Em declives acentuados (3 - 10%), não há mais condição de se fazer sulcos na direção morro abaixo. Pode-se adotar **sulcos em nível** (primeiro tipo) ou **sulcos em ziguezague** (foto 300 e 301).

300 *Sulcos em zigue zague nas encostas do açude* 301

*Ver acima: sulcos de fraco declive.*

Neste último caso, o acompanhamento da progressão da água e da vazão na cabeceira do sulco são importantes para evitar transbordamentos. Este perigo, no entanto, **é menos grave** que no caso de sulcos em nível e o seu controle é mais fácil.

Esses sulcos são particularmente indicados para pomares.

### □ Qual é o melhor sulco?

Cada tipo de sulco tem as suas vantagens e desvantagens e a escolha é basicamente determinada pela topografia e pelo solo da área irrigável. No entanto, a inclinação dos

*Ver figura 247 do item B5-6*

sulcos com relação ao caimento do terreno permite, às vezes, várias opções. Os sulcos convencionais (declive fraco) são interessantes quando podem ser compridos; senão, os sulcos em contorno e fechados na sua extremidade são preferíveis. Sulcos de declive médio ou em ziguezague devem ser reservados a situações em que não há outra solução porque são mais exigentes em mão-de-obra (e cuidados) e podem provocar erosão.

## 4.3 Como controlar a vazão no sulco

Quando a água é distribuída por pequenos sifões (mangueiras) em sulcos convencionais de declive fraco, costuma-se controlar a vazão colocando dois sifões até a água alcançar o fim do sulco e, em seguida, deixando somente um. Se a vazão do sifão for grande demais, o seu fluxo poderá ser dividido entre dois ou mais sulcos.
A tabela seguinte indica a vazão fornecida por um pequeno sifão em função da sua carga e do seu diâmetro.

302

TABELA DE VAZÃO DE SIFÃO DE TUBO FLEXÍVEL COM 2 m DE COMPRIMENTO

| Diâmetro da mangueira (polegadas) | Altura da Água em centímetros | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 30 | 34 |
| 3/4" | 0.13 | 0.17 | 0.19 | 0.21 | 0.24 | 0.26 | 0.27 | 0.29 | 0.31 | 0.32 | 0.33 | 0.35 | 0.37 | 0.40 |
| 1" | 0.31 | 0.38 | 0.44 | 0.50 | 0.54 | 0.58 | 0.63 | 0.66 | 0.70 | 0.74 | 0.77 | 0.80 | 0.85 | 0.91 |
| 1 1/4" | 0.53 | 0.66 | 0.76 | 0.85 | 0.93 | 1.00 | 1.07 | 1.14 | 1.20 | 1.32 | 1.37 | 1.42 | 1.52 | 1.57 |
| 1 1/2" | 0.80 | 0.98 | 1.14 | 1.27 | 1.39 | 1.50 | 1.61 | 1.71 | 1.80 | 1.89 | 1.97 | 2.05 | 2.20 | 2.35 |
| 2" | 1.47 | 1.80 | 2.08 | 2.32 | 2.54 | 2.75 | 2.94 | 3.12 | 3.29 | 3.45 | 3.60 | 3.75 | 4.03 | 4.29 |

Na maioria dos casos - quando não há um sistema de distribuição tipo janela ou sifão - o agricultor deverá **controlar** o fluxo de água derivado do canal principal e **reparti-lo** entre os vários sulcos.

**A boa eficiência da irrigação, a conservação do solo e dos sulcos dependem em grande parte da habilidade e dos cuidados do irrigante.**

O manejo é realizado com a enxada: o irrigante prepara murundus (pequenos aterros ou barreiras) provisórios de maneira a desviar, reter ou frear a água, conforme as exigências dos sulcos e o seu manejo apropriado (ver acima).
Esse manejo, como já frisamos, é extremamente importante em sulcos com possibilidade de transbordamentos (sulcos em contorno ou ziguezague).

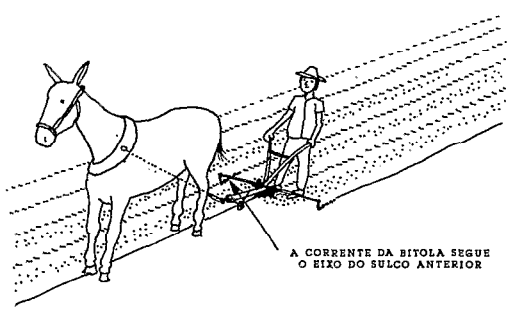
## 4.4 Traçar os sulcos no perímetro

O traçado dos sulcos deve ser feito no terreno já fertilizado, arado e gradeado, uma vez reduzidas, na medida do possível, as irregularidades do terreno.

*Definição dos sulcos. Ver item B5-6, pg 331*

A declividade dos sulcos sendo estabelecida, piqueta-se o percurso do sulco da mesma maneira que no caso do canal (ver item B5-8), **controlando-se o declive com um nível.** Uma vez piquetada a linha do sulco, utiliza-se o arado ou o sulcador para abrir o sulco. Os outros sulcos são abertos paralelamente a este.

**303** *Controlar o espaçamento dos sulcos*



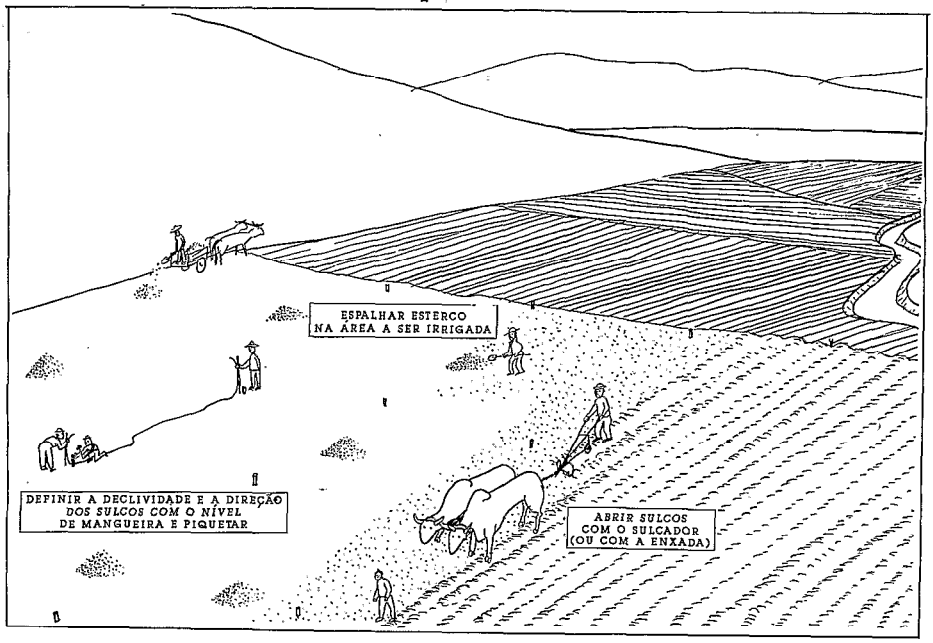

Para conseguir um espaçamento mais ou menos constante entre os sulcos, pode-se fixar sobre o arado uma **vareta transversal** com um cordão amarrado a uma de suas extremidade (figura 303). O arado é direcionado de maneira que o cordão acompanhe a linha do sulco anterior.

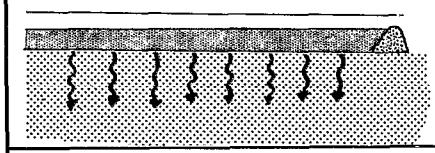
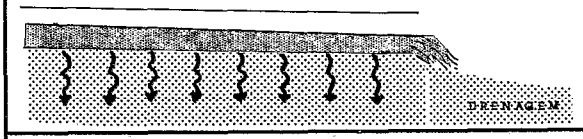
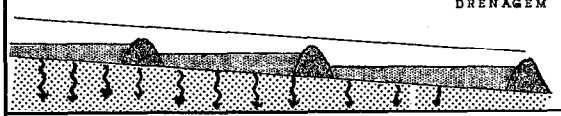
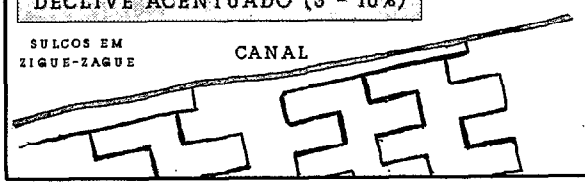
É aconselhável, sobretudo, quando a topografia é um pouco irregular, piquetar vários sulcos (de 10 em 10 metros, por exemplo) para ajustar o traçado dos sulcos às variações da topografia.

Em pequenos perímetros, os sulcos podem ser feitos manualmente com a enxada, sobretudo no caso de sulcos em nível em áreas declivosas: a horizontalidade (ou o declive) dos sulcos é controlada com um nível de mangueira.

Quando se dispõe de um levantamento topográfico da área irrigável, este deve ser utilizado para definir e orientar o esquema geral dos canais e sulcos. Um levantamento, porém, raramente será suficientemente preciso para poder se locar os sulcos na planta com precisão.

**304** *Definir, piquetar e abrir sulcos*



| TIPO DE SULCO | OBSERVAÇÕES | MANEJO |
|---|---|---|
| DECLIVE FRACO OU NULO (<.2%)<br>SULCO FECHADO MAS COM POSSIBILIDADE DE DRENAGEM PLUVIAL<br>  | ADAPTADO A SULCOS EM NÍVEL, OU A CANTEIROS E SOLOS DE BAIXA INFILTRAÇÃO.<br>COMPRIMENTO LIMITADO: A ÁGUA DEVE ENCHER O SULCO SEM TRANSBORDAR.<br>BOA EFICIÊNCIA | ADEQUAR A VAZÃO A CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO OU ENCHER O SULCO E DEIXAR INFILTRAR.<br>FICAR ATENTO PARA EVITAR TRANSBORDAMENTOS. |
| DECLIVE FRACO (.2 - 1.5%)<br>SULCO ABERTO<br>  <br>DRENAGEM | O COMPRIMENTO MÁXIMO DO SULCO DEPENDE DA DECLIVIDADE E DA TEXTURA DO SOLO.<br>DECLIVES INFERIORES A 1% SÃO PREFERÍVEIS. | ENCHER O SULCO COM A MAIOR VAZAO QUE NAO PROVOQUE EROSAO.<br>DIMINUIR A VAZÃO E ADAPTÁ-LA À INFILTRAÇÃO NO SULCO. DEIXAR DURANTE 3 VEZES O TEMPO QUE A ÁGUA LEVOU PARA ATINGIR O FIM DO SULCO. |
| DECLIVE MEDIO (1.5 - 3%)<br>MURUNDUS LEVANTADOS COM A ENXADA<br>SULCO FECHADO COM DRENAGEM<br>  | ADEQUADOS A SOLOS DE BAIXA INFILTRAÇÃO E POUCO ERODÍVEIS E A SULCOS CURTOS.<br>MAIOR NECESSIDADE DE MÃO-DE-OBRA. | - CONTROLAR A VAZAO DE ENTRADA QUE DEVERA SER MUITO REDUZIDA -<br>QUANDO A ÁGUA ESTA PERTO DE TRANSBORDAR, LEVANTAR UM MURUNDU COM A ENXADA PARA ISOLAR O ULTIMO TRECHO E DEIXAR A ÁGUA SE INFILTRAR. PROCEDER ASSIM ATÉ CHEGAR AO INÍCIO DO SULCO. |
| DECLIVE ACENTUADO (3 - 10%)<br>SULCOS EM ZIGUE-ZAGUE<br>CANAL<br>  | PARA DECLIVES ACENTUADOS. (POR EXEMPLO: ENCOSTAS AO REDOR DA REPRESA)<br>ADEQUADOS PRINCIPALMENTE À ARBORICULTURA E A SOLOS POUCO ERODÍVEIS. | CONTROLAR A VAZÃO. ACOMPANHAR A PROGRESSÃO DA ÁGUA, DANDO COM A ENXADA OS RETOQUES NECESSÁRIOS PARA EVITAR TRANSBORDAMENTOS |

# B5-8
# Implementação do Perímetro Irrigado

**1. Implantação de um sifão**

1.1 Montagem
1.2 Operação de um sifão

**2. Montagem de uma canalização enterrada**

**3. Locação e construção de canais de alvenaria**

3.1 Locação de um canal com fraco declive
3.2 Locação de um canal com quedas
3.3 Locação de um canal com declividade elevada
3.4 Obras especiais
3.5 Proteção do canal

**4. Construção de canais de barro**

# 1. Implantação de um sifão

As operações descritas a seguir referem-se **à montagem de um sifão de polietileno**, cujo uso recomendamos, pelas razões já citadas no item B5-5.
Ressaltamos que da **boa execução da montagem e do cumprimento das etapas descritas a seguir dependerá o bom funcionamento do sifão.**

## 1.1 Montagem

### ■ Locação do sifão

A locação do sifão é estritamente ligada à questão do dimensionamento, como foi detalhado no item B5-5. Ela depende da localização do perímetro irrigado e dos sistemas de adução e distribuição da água.

Deve-se lembrar, em todos os casos, as duas regras fundamentais que devem ser cumpridas para permitir o funcionamento do sifão:

*Para açudes profundos, preferir sifões de ferro fundido.*

1. A saída do sifão deve ficar abaixo do nível da válvula de pé.
2. A diferença de nível entre a válvula de pé e o **ponto mais alto do sifão** deve ser inferior a 7 metros.

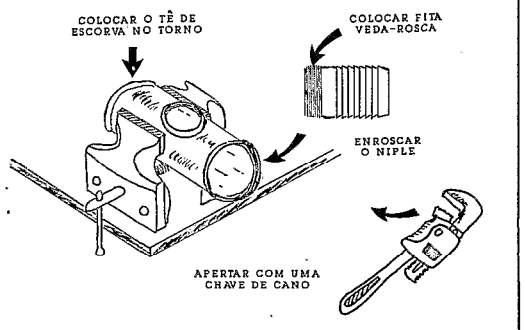
Se essa última condição chega a ser restritiva, pode-se cavar uma trincheira de maneira a rebaixar o sifão, como indicado mais adiante.

### ■ Montagem das conexões

**A primeira operação consiste em acoplar os niples com as peças correspondentes: válvula de pé, tê de escorva, registro de gaveta.**

O acoplamento com o tê de escorva deverá, impreterivelmente, ser feito no torno de uma oficina, usando-se chaves de cano para conseguir um aperto máximo.
**Fita veda-rosca** deverá ser colocada na parte rosqueada dos niples antes da operação.
Procura-se dar um aperto máximo, tendo-se cuidado para não quebrar o niple, o qual, por ser de ferro fundido, tem resistência limitada.

306 *O acoplamento dos niples ao tê de escorva deve ser feito num torno*




### ■ Acoplamento dos niples e das mangueiras

**Cortar o mangote** de polietileno em **dois segmentos** de comprimentos adequados às dimensões do açude, medidas no local; esticá-los na crista do açude e proceder ao acoplamento com o tê de escorva (foto 307).

Colocar duas abraçadeiras reforçadas em cada uma das extremidades destinadas a serem acopladas ao tê de escorva.

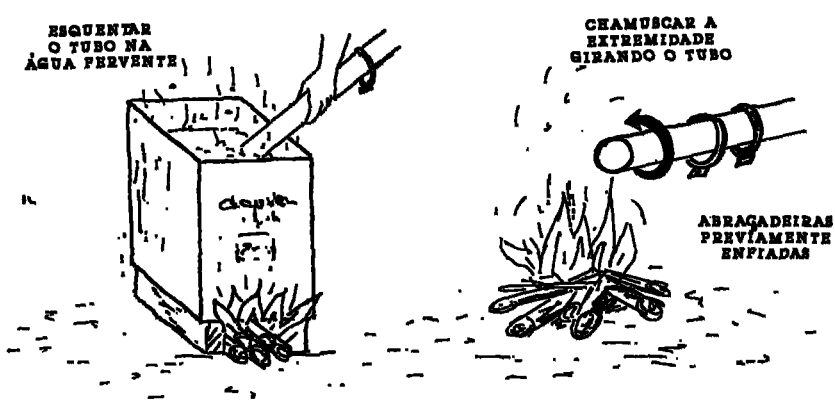
*Aquecer a mangueira sem derretê-la.*

Aquecer essas duas extremidades com fogo (ou mergulhá-las em água fervente) e embuti-las imediatamente nos niples.

Deixar esfriar (pode-se despejar água fria) e apertar as abraçadeiras com o auxílio de duas chaves de boca e estria. A fim de conseguir uma melhor vedação, colocar os parafusos das duas abraçadeiras em posições opostas.

307 *Esticar o sifão na crista do açude*

308 *Esquentar as extremidades do sifão*




Em seguida, acoplar a válvula e o registro nas duas extremidades do sifão, seguindo o mesmo procedimento. Não havendo necessidade de uma vedação muito perfeita, coloca-se apenas uma abraçadeira.

## ■ Colocação do sifão no seu lugar

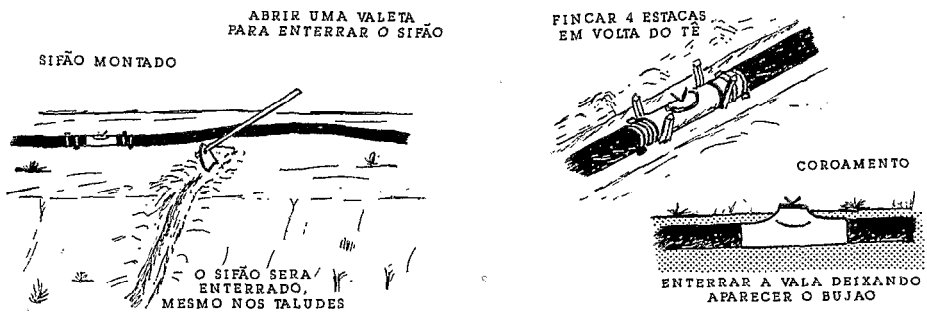
Escava-se uma pequena trincheira na parte superior da crista do açude, de maneira a encaixar nela o sifão, deixando sobressair apenas o bujão do tê de escorva.
Uma vez todas as peças devidamente montadas e acopladas, movimenta-se o sifão de maneira a deixá-lo atravessado sobre a crista, no lugar escolhido e dentro da trincheira.

Fincar quatro estacas em volta do tê para segurá-lo no seu lugar. Aterrar a trincheira, recobrindo o sifão.

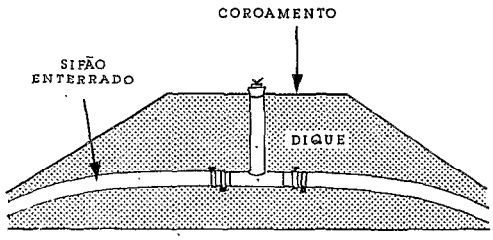
*O PVC e o polietileno se alteram expostos ao sol.*

Recomenda-se enterrar o sifão, deixando descobertas apenas as suas extremidades e o bujão do tê de escorva, a fim de protegê-lo do sol e do pisoteio. O trecho de montante pode ser apenas recoberto com terra.

309a *Abrir uma valeta para encaixar o sifão e enterrá-lo* 309b




310 *Rebaixar o sifão em paredes altas*

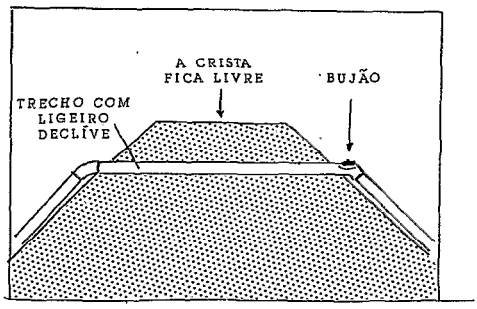



Caso a altura de sucção esteja próxima a 7.00 metros, pode-se aprofundar a trincheira de maneira a rebaixar o sifão, como indicado na figura 310. Isso implica em **acrescentar um pedaço de tubo na saída superior do tê de escorva** para que o bujão fique na altura da crista. Isto será também necessário no caso de se ampliar o açude (manualmente ou com jumentos).

Outra possibilidade, utilizada em açudes com grande movimento de carros e carroças na sua crista, consiste em colocar a abertura de escorva lateralmente (figura 311), evitando assim que seja danificada pelos veículos ou pelos animais. Essa solução é mais adaptada a sifões de aço ou de ferro fundido.

Se o açude estiver seco ou com pouca água, não haverá dificuldade em movimentar a válvula de pé e deixá-la no seu suporte, próxima ao ponto mais fundo do açude. Em caso contrário, deve-se valer da flexibilidade do polietileno para colocar a válvula e seu suporte próximos ao nível da superfície, evitando, assim, de mergulhar para tentar colocá-los no seu lugar, **o que, na prática, é quase impossível.** A medida que o nível da água baixar, **bastará deslocar o suporte para acompanhar o rebaixamento** (figura 312).

311 *Enterrar o sifão para deixar livre o caminho na sua crista*



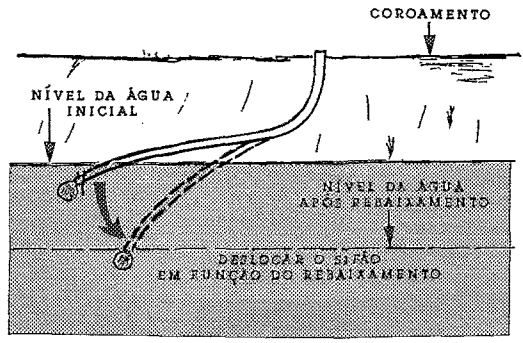

Esse suporte poderá ser uma **forquilha de madeira** ou uma **grade de tamborete** deitada, como mostrado na figura 313 e na foto 314. O uso do tamborete permite uma remoção mais fácil na hora de deslocar a válvula. Uma tábua suplementar pode ser acrescentada para permitir uma melhor estabilidade.

A válvula fecha-se devido ao peso da coluna d'água contida no sifão. Entretanto, para que

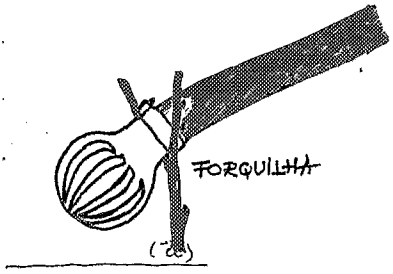
seu movimento seja facilitado, pode-se encurvar a extremidade do sifão para que a válvula fique o mais vertical possível, cuidando-se, no entanto, para que o sifão seja sempre ascendente.

- Se a distribuição se efetua por canais de tijolos, deve-se construir uma caixa de alvenaria para receber e quebrar o jato na saída do sifão (v. item B5-8).

312 *Colocação do sifão em um açude cheio*

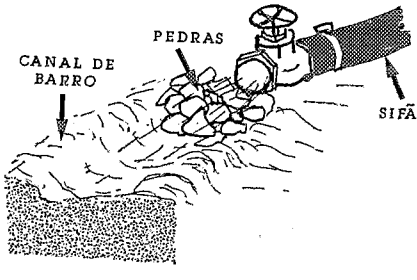


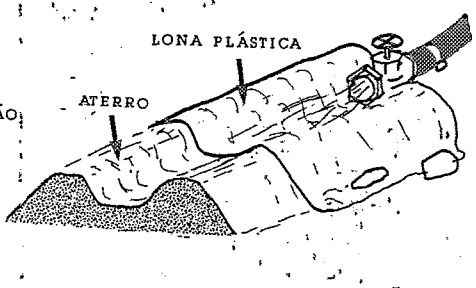

313 *Suportes para a válvula de pé* 314



- Se a distribuição efetua-se por canais de terra, pode-se juntar pedras na saída do sifão para quebrar o jato e evitar a erosão do solo (figura 315), ou optar por uma proteção constituída de uma lona plástica colocada acima dos primeiros metros do canal (no caso, por exemplo, de um canal de terra feito com um aterro (figura 316)). Entretanto, se a carga for muito forte, uma caixa de alvenaria poderá ser necessária.

315 *Prevenção da erosão na saída do sifão* 316



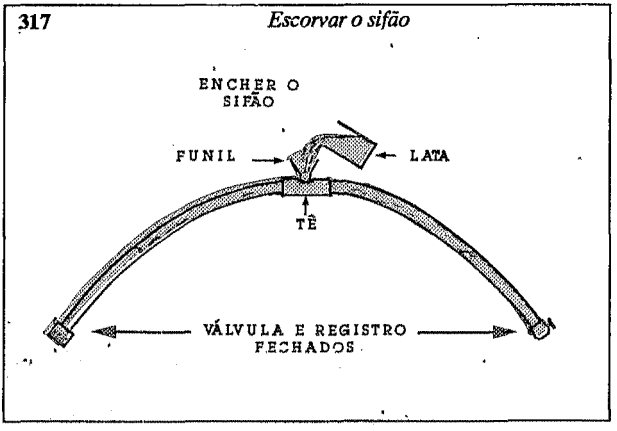



## 1.2 Operação do sifão

### Teste de funcionamento

Após colocar o sifão, procede-se a seu enchimento, substituindo o ar por água. Essa operação chama-se **escorvar o sifão.**

317 *Escorvar o sifão*




Para isso, o registro deverá estar fechado, assim como a válvula de pé, o que acontecerá normalmente quando se começar a colocar água pelo tê de escorva.

Com uma lata de 10 ou 20 litros e um funil, coloca-se água no tê até este ficar transbordando.

Essa operação demora geralmente mais do que se pensa:

- Para cada 10 metros de sifão 3", deve-se colocar 44 litros d'água.
- Para cada 10 metros de sifão 4", deve-se colocar 79 litros d'água.

Se o sifão não ficar cheio, depois de colocar este volume, verificar se a válvula de pé não ficou vazando: sacudindo o trecho de montante do sifão, percebe-se sem dificuldade se o tubo está ou não cheio d'água. **Se ficar leve**, examinar a válvula de pé e, se for necessário, amarrar um fio de náilon no eixo da válvula, de maneira a poder assegurar, puxando o fio, o seu fechamento na hora de escorvar o sifão.

Depois de encher o sifão, enrosque o bujão. Para obter uma boa vedação e poder, no futuro, abrir com facilidade, **colocar graxa na rosca do bujão.**

### Problemas de funcionamento

O principal problema que poderá acontecer é uma progressiva entrada de ar no sifão, a qual provocará uma diminuição da vazão e, posteriormente, a sua parada.

318 *Retirar e inspecionar a válvula de pé*

Esse fenômeno é devido, geralmente, **à entrada de ar a nível do tê de escorva.** Cabe, neste caso, apertar as abraçadeiras correspondentes. O tê sendo enterrado, o próprio barro assegura, com o tempo, uma vedação suplementar. Entretanto, **esforços violentos para abrir um bujão** enferrujado e desprovido de graxa podem **afrouxar o acoplamento**, ocasionando entrada de ar. Isto implica em desenterrar o sifão para apertar as abraçadeiras, o que é particularmente trabalhoso. Insiste-se novamente sobre a **necessidade de "caprichar" na montagem para livrar-se de futuros problemas.**

Uma vazão fraca pode ser causada, também, por um mau funcionamento da válvula de pé: garranchos, folhas, pequenos peixes podem obstruir o crivo ou a garganta da válvula. Nesse caso, deve-se limpá-la, **operação que será facilitada se a válvula estiver colocada próxima à superfície.**

Quando o sifão parar de funcionar, escorve-o de novo. **Um sifão bem montado não precisará de nenhuma intervenção e funcionará durante o ano todo.**

### ■ Teste de vazão

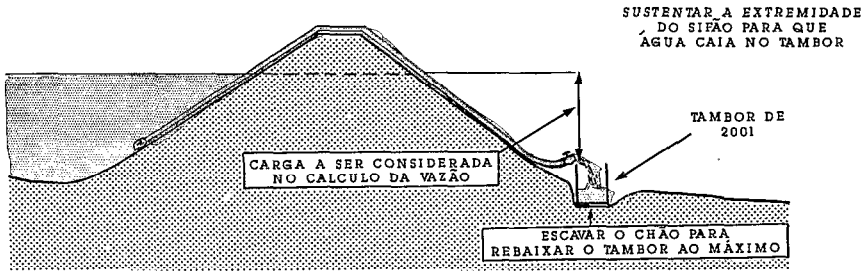
*Um sifão de polietileno permite a retirada da válvula de pé.*

Caso se suspeite que o sifão não está funcionando bem ou caso se queira conferir se a vazão do sifão está conforme à esperada, pode-se fazer um **teste de vazão,** utilizando um tambor de 200 litros; mede-se o tempo (t) necessário para enchê-lo e calcula-se a vazão por

$$\mathbf{Q(l/s) = 200/t(s).}$$

Essa vazão pode ser comparada à vazão teórica dada pela tabela ou pela fórmula do item B5-5.

319 *Testar a vazão do sifão*




**Atenção:**
A carga no sifão será diminuída pois será necessário erguer a saída do sifão para que despeje água no tambor (figura 319).

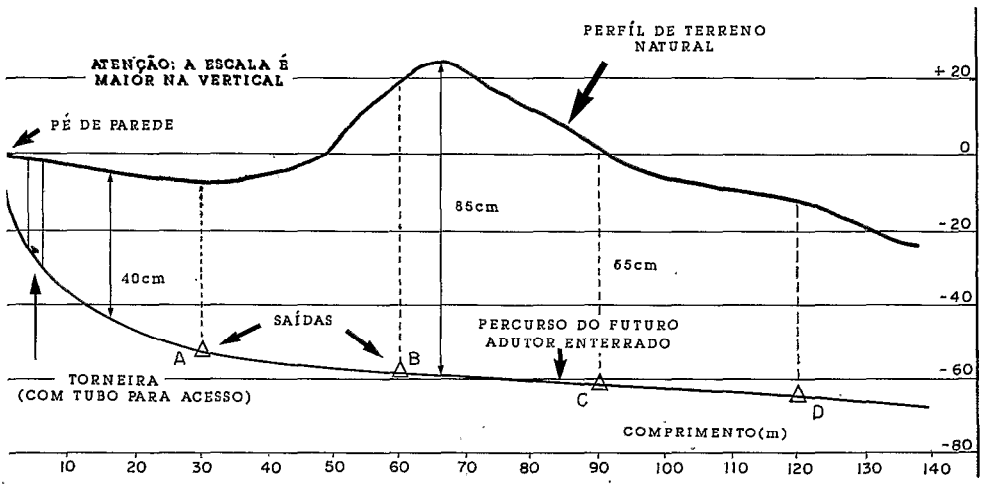
## 2. Instalação de uma canalização enterrada

### 2.1 Levantamento do percurso da canalização

Para instalar uma tubulação enterrada provida de saídas fixas, convém, em primeiro lugar, **determinar o percurso da canalização**: essa determinação é feita junto com a **definição do perímetro** (item B5-5); o percurso planejado atravessa geralmente o perímetro. No caso de um perímetro de topografia regular, o declive da canalização poderá estar claramente sempre descendente, porém em todos os casos aconselha-se:

- piquetar o percurso planejado;
- levantar um perfil topográfico deste percurso (com nível de mangueira ou teodolito);
- desenhar este perfil como indicado no figura 320, escolhendo uma **escala maior para a vertical** de maneira a ressaltar as irregularidades do terreno;
- traçar a linha representando o futuro adutor enterrado de maneira a obter um **percurso sempre descendente** e ter sempre uma profundidade, com relação à superfície do solo, de no mínimo 50 cm;

320 *Levantamento topográfico do percurso da tubulação*




- determinar a localização das saídas: na medida do possível, coloca-se as saídas na emenda de dois tubos a fim de facilitar a montagem. O desenho permite, em seguida, determinar qual será o comprimento do tubo de saída, em função da profundidade da trincheira no local correspondente (85 cm + 20 cm para o ponto B, por exemplo).

  De geral, basea-se na topografia, evitando pontos altos de maneira a, na medida do possível, **guardar um declive sempre descendente.**

  **Atenção:** em caso de subida incontornável que fique acima da linha de pressão (ver item B5-5), **não se pode de forma alguma colocar uma saída neste trecho.**

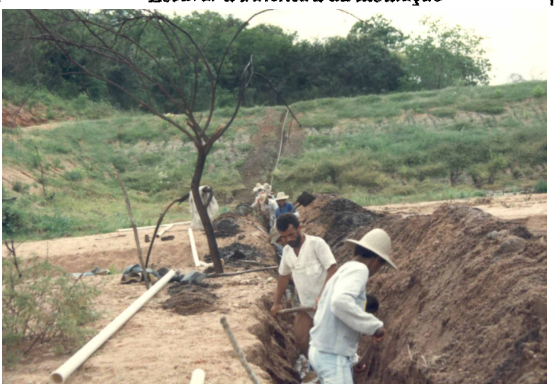
## 2.2 Montagem das tubulações

1) Após definição do percurso do futuro adutor, cava-se a trincheira correspondente. A cada estaca, controla-se a profundidade de maneira a obter o valor previsto no mapa (no exemplo da figura 320, deve-se cavar 65 cm no local da estaca do ponto C); remove-se todo tipo de pedra e seixo.

2) Os tubos são dispostos ao longo da trincheira e acoplados por grupos de 2 ou 3, com os tês de saída eventuais colocados nos seus devidos lugares.
   O adesivo (a cola) deve ser espalhado na extremidade macho, previamente lixada com uma trincha (lixa, grão 60), passando o papel **circularmente** em volta do tubo, e os tubos acoplados logo em seguida.

*A trincheira pode servir de* **dreno enterrado** *(ver B5-3). Escavar uma profundidade suplementar de 50cm, preencher com brita e cascalho e aterrar parcialmente. Montar a tubulação e aterrar totalmente.*

321 *Escavar a trincheira da tubulação*



3) O conjunto de 2 ou 3 tubos é levado até o fundo da trincheira e acoplado à parte já colocada. A extremidade livre deve ser provisoriamente **apoiada numa pedra** para não ficar enlameada antes de receber o próximo segmento.

4) Uma vez colocada toda a linha no seu lugar, deve-se efetuar um **teste de funcionamento,** abrindo-se, alternadamente, todas as saídas e observando-se eventuais vazamentos que deverão ser eliminados. Para este último fim, pode-se deixar o sistema cheio d'água com todas as saídas fechadas.

5) Após verificar o bom funcionamento do conjunto, procede-se ao aterro da trincheira, tomando-se grande cuidado para que **não haja pedras na primeira forra cobrindo o adutor.**

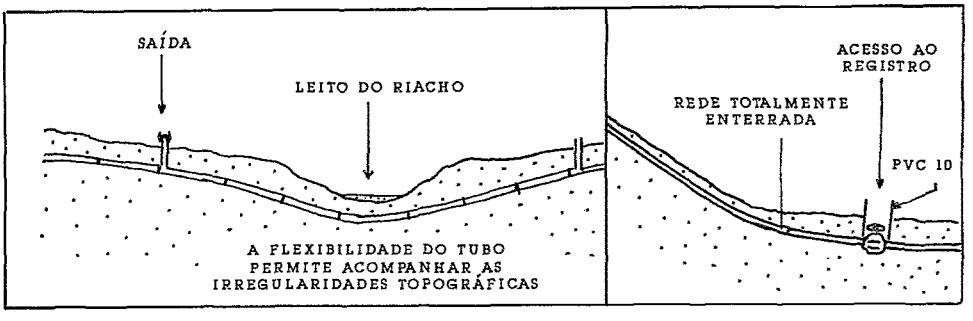
Após aterrar, é aconselhável colocar umas pedras para marcar o lugar da trincheira e evitar assim eventuais futuros estragos (na aração, por exemplo). Sempre deixar terra formando um camalhão acima da trincheira, para compensar o futuro adensamento da terra.

No caso particular do início do adutor, onde a profundidade não poderá ser igual à requerida, haverá necessariamente um registro na saída do sifão. Aproveita-se a flexibilidade do tubo para alcançar rapidamente a profundidade desejada. O sifão (e o registro) podem ser, também, totalmente enterrados, utilizando-se neste caso um pedaço de 60 cm de tubo PVC de grande diâmetro (10" por exemplo) a fim de ter acesso ao registro (figura 322).

*No caso de haver necessidade de atravessar o riacho, será difícil evitar um ponto baixo*

Querendo-se atravessar uma depressão ou o leito do riacho, pode-se proceder do mesmo modo. Se a ruptura for muito brusca, acrescenta-se uma **curva de 45°** onde for necessário ou esquenta-se o tubo para curvá-lo (na água quente ou chamuscando-o). Isto é procedimento comum mas deve-se ter o cuidado de **encher previamente o tubo com areia** para evitar a sua deformação.

322 *Passagem do riacho* *Prever o acesso à torneira*



Procuram-se locais onde a canalização possa ser enterrada o mais profundo possível: em lugares em que a rocha está a pouca profundidade, haverá risco de danificação dos tubos pela correnteza da água, na ocasião de futuras cheias.

## 3. Locação e construção de canais de alvenaria

Apresentamos, no item B5-7, os três tipos usuais de canais de alvenaria, definidos em **função da declividade do terreno:**

- canais com declive muito fraco (ou até nulo);
- canais com trechos sucessivos de fraco declive e separados por quedas;
- canais com grande declive.

Esses três tipos de canais correspondem a terrenos de declive crescente. A locação do canal no terreno segue as etapas seguintes:

### 3.1 Locação de um canal com fraco declive

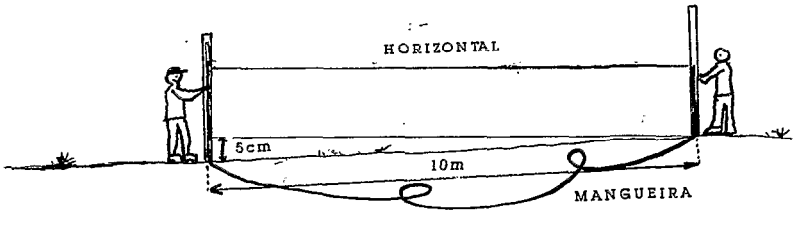
*A vazão de projeto é determinada no item B5-5.*

Quando o terreno não impõe seu declive, o canal deve ter **apenas o declive necessário ao escoamento da maior vazão possível** (fornecida pelo sifão ou pela motobomba). Essa vazão é determinada no projeto; escolhe-se a secção do canal (tipo A, B ou outro maior) e uma **declividade** compatível com essa vazão. **A título de exemplo**, supõe-se que a declividade do canal foi fixada em 0.5%: isto significa que, a cada 100 metros, o canal perderá em altura de 0.5 m = 50 cm; **a cada 10 metros, o desnível deverá ser de 5 cm.**

- Piqueta-se o percurso do canal com estacas-testemunhas colocadas a cada 10 metros. Cada estaca é fincada em um ponto com cota inferior em 5 cm à anterior (no caso do exemplo considerado), como mostra a figura 323. Isto requer que o porta-mira ou a pessoa manobrando a extremidade do nível de mangueira, se desloque até acertar um ponto com o desnível requerido. Deve-se cuidar para que a mira (ou a régua do nível de mangueira) não seja colocada em uma irregularidade localizada (pequeno buraco ou montículo de terra).

*Ver modelo de nível de mangueira no Anexo 6.*

323 *Controlar a declividade do canal*

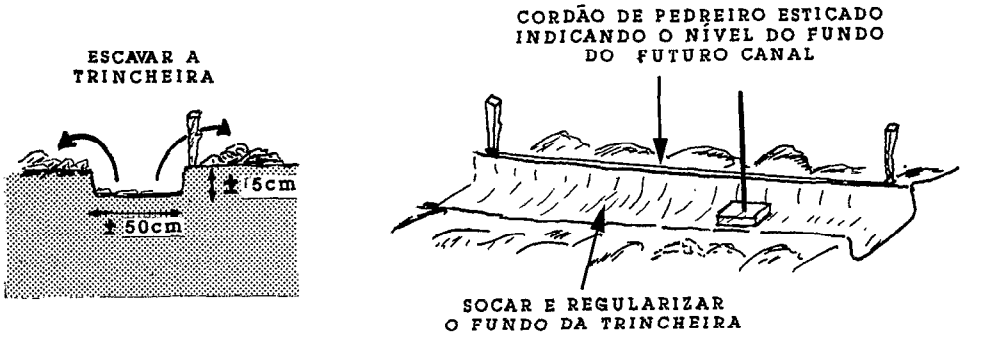



Para canais muito curvos, é necessário colocar piquetes intermediários, a cada 5 m por exemplo, para melhor visualizar o percurso do canal.

*O canal pode precisar de uma fundação. Ver item B5-6.*

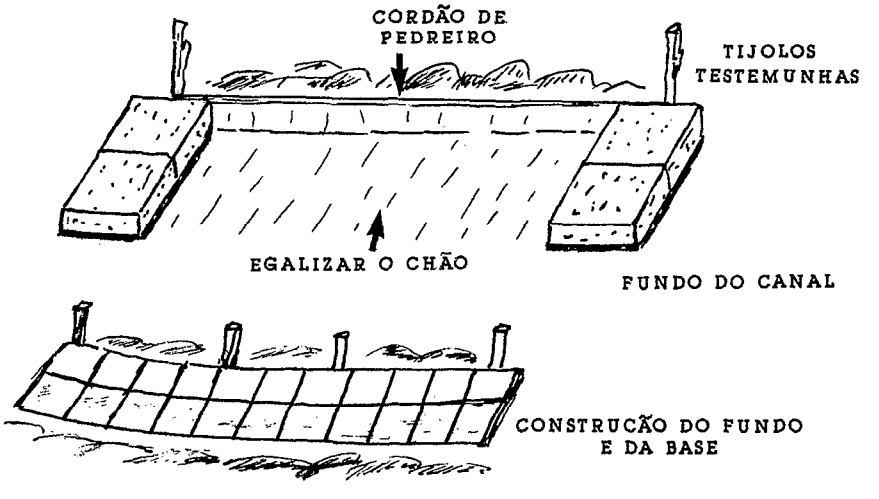
- Uma vez o percurso bem delineado, estica-se, a nível do chão, um **cordão de pedreiro** entre os dois primeiros piquetes e abre-se a trincheira na qual será construída **a base do canal** (ou diretamente o fundo do canal, se a base não for necessária). A trincheira será de pouca profundidade, 10 a 15 cm (15 a 20 cm no caso de haver uma base). A terra retirada é deixada de lado e será reaproveitada para aterrar e proteger os lados do futuro canal.
  A trincheira é aberta de maneira a deixar o cordão esticado do seu lado superior (figura 324).

324 *Cavar a trincheira e marcar a linha de fundo do canal*




- Soca-se a terra no interior da trincheira com uma marreta e nivela-se o fundo de maneira a deixar seu nível paralelo ao cordão, o qual **indica o nível do fundo do futuro canal.**
  **Tijolos-testemunhas** (uma fileira para o fundo, outra para a base, se houver), com

325 *Nivelamento e construção da base do canal*



a sua camada de cimento, permitem indicar o fundo da trincheira com relação à altura do cordão (figura 325).

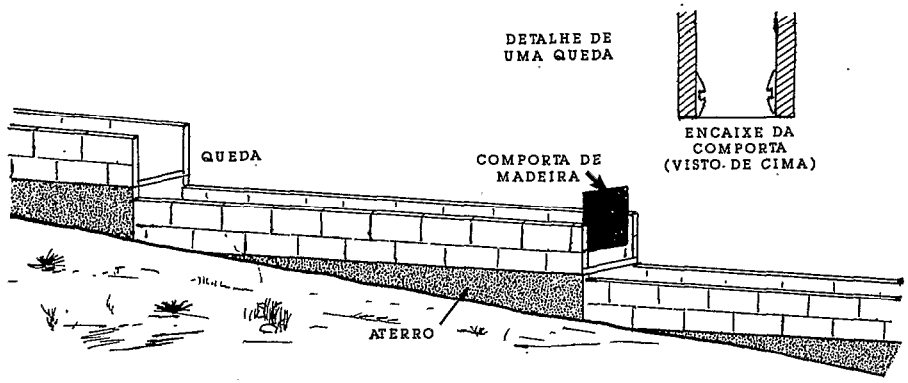
- Constrói-se o fundo do canal de tal maneira que este fique sempre nivelado com o cordão.
- Procede-se de igual maneira para o trecho seguinte e assim por diante.
- Levanta-se os lados do canal.
- Dá-se o acabamento; rebocam-se as partes internas do canal com uma camada de argamassa pouco espessa, preparada com três partes iguais de areia e uma de cimento, e aterra-se os lados externos do canal.

## 3.2 Locação de um canal com quedas

No caso de um terreno um pouco declivoso (1-4 %), a operação que consiste em obstruir o canal para colocar pequenos sifões como distribuidores para os sulcos não é mais possível porque o canal transbordaria (ver item B5-7-1).

A solução consiste em definir vários trechos de fraca declividade, separados por quedas e munidos de comportas na sua extremidade.

326 *Detalhe de um canal com queda e comporta*




### ■ Definição do comprimento de cada trecho

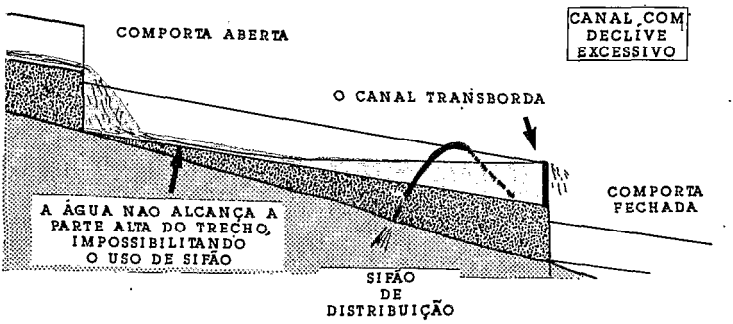
Uma vez determinada a vazão máxima $Q_x$ do projeto, deduz-se a **declividade $I_{canal}$ mínima** que o canal deve apresentar para permitir essa vazão (ver item B5-6).

**O comprimento do canal é limitado por dois fatores:**

- Uma vez fechada a comporta, o canal deve estar com água em todo seu comprimento e, em particular, na sua parte superior.
  É evidente que se o declive for grande demais, o trecho transbordará na parte baixa antes de haver água na parte alta. Isso impossibilitaria o uso de sifões na parte superior (figura 326).
  O comprimento do canal deve ser tal que, quando a parte baixa esteja perto de transbordar, **haja água na parte mais alta, no mínimo com um terço da profundidade (a) do canal.** Para os canais A e B, isto corresponde a assegurar um

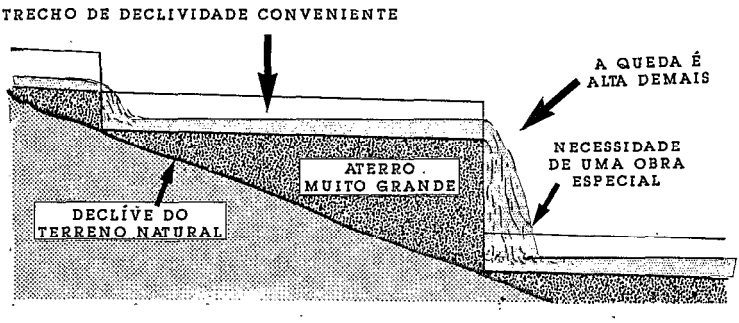
*Canais tipo A e B. Ver dimensões p.358*

327




nível d'água de 5 e 7 cm, respectivamente, que pode ser considerado o nível mínimo para que se possa utilizar pequenos sifões de derivação.

328 *Limitar o declive dos trechos de canal*




**Com essa restrição, calcula-se que o comprimento do canal deve ser inferior a** $l_1 = 2a/3\ I_{canal}$.

- A declividade do terreno, $I_{terreno}$, também não pode ser muito elevada porque **haveria necessidade de se fazer um aterro muito alto** (figura 328).

Um aterro grande demais é custoso; além disso, quanto maior este aterro, maiores serão os riscos de arriamento, deslizamento, instabilidade, etc: se o aterro não for estável, a alvenaria do canal rachará e passará a vazar. Além do mais, **a queda não poderá ficar muito alta,** sob pena de termos que prever uma obra especial (caixa de dissipação) para receber a água vertida.

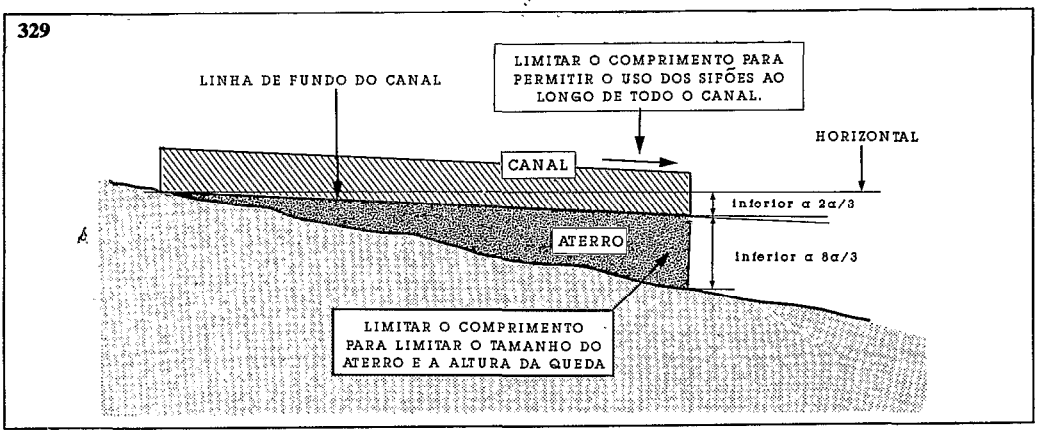
Pode-se adotar um **critério que limite a duas vezes a profundidade (a) do canal o desnível da queda, ou seja, o desnível entre o fundo dos dois trechos sucessivos.**

Essa condição significa que o comprimento do canal deve ser inferior a $l_2 = 8a/3\ I_{terreno}$

*(a) é a profundidade máxima da água no canal.*

**Em resumo, o comprimento máximo do canal será limitado pelo menor dos valores de $l_1$ e $l_2$.**

329




Se este valor-limite for muito fraco (4 -5 m, por exemplo) haverá necessidade de muitas quedas (acréscimo do custo) e o manejo se tornará penoso: neste caso,

- **se $l_1$ for o valor restritivo,** pode-se escolher um canal de maiores dimensões que precisará um declive $I_{canal}$ menor;
- **se $l_2$ for o valor restritivo,** um canal sem queda e maior declive (ver a seguir) será preferível.

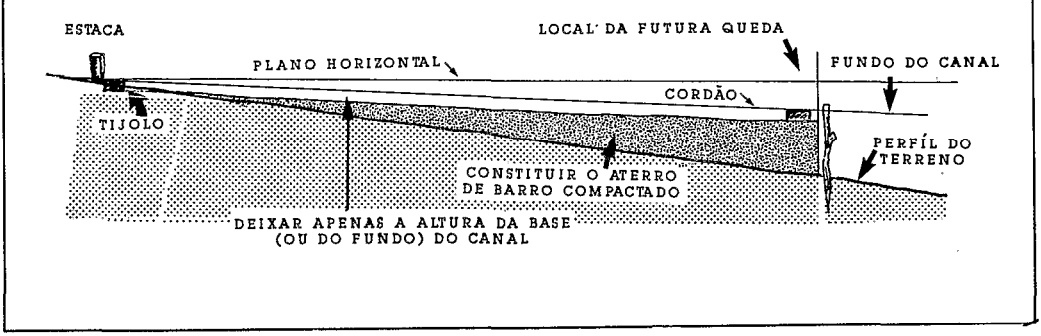
**Nota 1 :**
Verifica-se que o declive do terreno só chega a ser restritivo quando seu valor **ultrapassa quatro vezes o declive do canal** ($I_{terreno} > 4.I_{canal}$)

**Nota 2:**
Para um canal horizontal, somente se aplica a segunda condição.

## ■ Construção

Uma vez determinados o declive e o comprimento do trecho, estica-se um cordão, como no caso anterior, a fim de materializar o nível do fundo do futuro canal (figura 330).

330 *Definição e controle do aterro do canal*




Constrói-se o aterro por camadas sucessivas devidamente compactadas com marretas, deixando apenas a altura de um tijolo (ou dois se houver uma base). Dois tijolos-testemunhas, colocados em cada extremidade com suas camadas de cimento,

permitem ajustar melhor o nível do aterro. Em seguida, constrói-se o fundo do canal, as laterais e dá-se o acabamento (reboque, comportas...).

## 3.3 Locação de um canal com declividade elevada

Não havendo possibilidade de se fazer trechos de pouco declive, constrói-se um canal seguindo diretamente a declividade imposta pelo terreno.
A piquetagem do canal apenas servirá para esticar cordões que permitam assegurar que não haverá variações bruscas da declividade.
Para este tipo de canal, é indispensável prever saídas laterais munidas de comportas, como explicitado no item B5-6.

## 3.4 Obras especiais

### ▩ Quedas e comportas

As comportas são geralmente feitas de madeira, escolhendo-se uma qualidade que resiste à água (aroeira, ipê, sucupira, ..).
É preciso prever um encaixe para assegurar o movimento vertical da comporta e uma certa estanqueidade; este encaixe é feito com argamassa (figura 330). Coloca-se a argamassa com a comporta no lugar e retira-se esta última uma vez que o encaixe se solidificou o bastante para conservar a sua forma.

### ▩ Trechos suspensos

Muitas vezes, **o percurso do canal corta pequenos riachos.** A solução mais simples consiste em construir um trecho suspenso com o auxílio de vigas de cimento (tipo laje) (foto 331), ou com calhas de cimento-amianto.

331 *Trecho de canal suspenso*

O uso de bueiros é delicado já que é quase impossível dimensioná-los, por ser difícil a avaliação da vazão que deve atravessá-lo. Eles correm, assim, o risco de entupir-se ou de ficar submersos, com prejuízos prováveis para o canal.

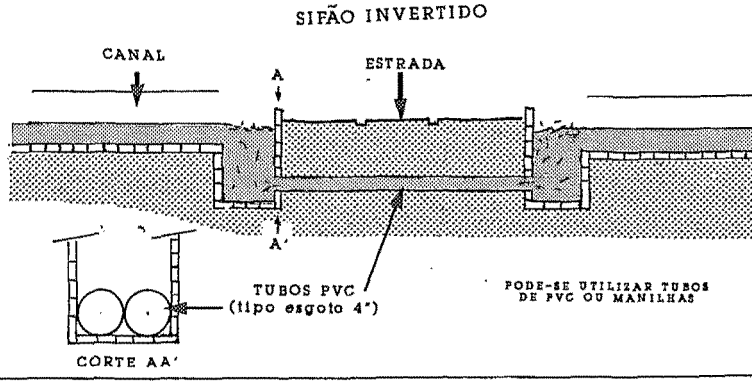
### ▩ Sifões invertidos

É preciso, em alguns casos, que o canal **atravesse um caminho.** Deve-se construir um sifão invertido, como mostrado no alto da página seguinte, a título de exemplo:

## 3.5 Proteção do canal

Um problema comum aos canais diz respeito aos escoamentos laterais que podem estragá-los, aterrá-los ou até provocar um desabamento localizado.
Para proteger o canal, deve-se cavar uma trincheira de proteção paralela que recolha os escoamentos e prever, em certas partes, bueiros pequenos por baixo do canal.

332 *Sifão invertido para passagem de caminho*



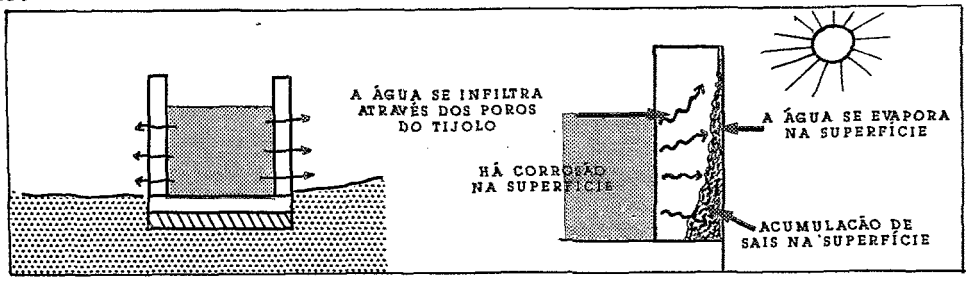

333 *Canal corroído pelo sal*

Em casos particulares, existe até um pequeno riacho que deve ser evitado mediante um sifão invertido ou um trecho suspenso* (ver acima).

O maior problema enfrentado pelos canais feitos com tijolos, além dos estragos causados às vezes pelo gado, é devido ao **sal**: existe uma constante infiltração d'água no material poroso do tijolo, a qual evapora-se na parte externa do canal. Com os anos, o sal **acumula-se e corrói os tijolos** (foto 333).

Para evitar ou diminuir esse fenômeno, é importante **aterrar os lados externos do canal** e, eventualmente, rebocar o seu

334



interior. Um canal **sombreado** terá, também, uma duração maior (e uma evaporação reduzida). A intensidade do problema aumenta evidentemente com a salinidade da água.

## 4. Construção de canais de barro

Em todas as situações em que o solo é suficientemente argiloso, utiliza-se canais de barro, os quais são muito mais econômicos e facilitam o manejo.

- Marca-se o percurso do futuro canal de maneira idêntica à do canal de alvenaria (ver acima).
- Escava-se o canal manualmente, levantando as bordas com a terra retirada.
  O trabalho pode ser extremamente reduzido se existe a possibilidade de passar (2 ou 3 vezes) um sulcador ao longo da linha.
  Bastará então dar o acabamento com a enxada.
- Em seguida o fundo e os lados do canal devem ser socados com uma marreta até a terra ficar bem compactada.
- Em caso de acidente de terreno, uma queda poderá ser construída com paus e pedras (figura 335). Na prática, quando o solo é relativamente raso, este fica localmente erodido sem maior dano, desde que a vazão não seja muito grande.
- Para solos que apresentem infiltrações acentuadas, pode-se impermeabilizar o solo com lonas plásticas ou solo-cimento (ver quadro).

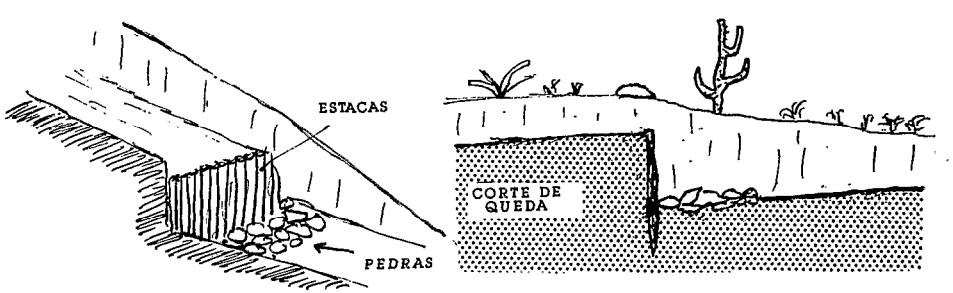
**Impermeabilizar o canal com solo-cimento**

*O solo-cimento é uma mistura de solo arenoso com cimento que tem um custo reduzido e melhora muito a estanqueidade do canal*

- *Misturar 14 partes de solo arenoso por uma de cimento e acrescentar água progressivamente. Se a mistura grudar, acrescentar areia. Se a mistura quebrar, colocar mais água. Para solos mais argilosos respeita-se uma proporção de ordem de 10 por 4.*
- *Aplicar uma camada de 5 cm sobre as paredes e o fundo do canal, igualando as superfícies com um sarrafo.*
- *Socar levemente o revestimento, meia hora depois da aplicação.*
- *Molhar a área.*

Fonte: Manual do irrigante/Provárzeas Nacional/Senar

335 *Quedas em canais de barro*



# Anexos

**Anexo 1:**
Ábacos de cálculo

**Anexo 2:**
Custos e preços

**Anexo 3:**
Agronomia

**Anexo 4:**
Climatologia

**Anexo 5:**
Piscicultura

**Anexo 6:**
Topografia

**Anexo 7:**
Pedologia

**Anexo 8:**
Hidrologia

# Anexo 1:
## Ábacos de cálculo

Este anexo reúne alguns ábacos auxiliares úteis para a elaboração dos projetos. Propõe-se, em particular, ábacos para o cálculo de algumas fórmulas expostas no manual, que poderão ser utilizadas quando não se dispuser de uma calculadora com as teclas requeridas (tecla [$x^y$] ou [log], por exemplo). Os ábacos apresentados são discriminados a seguir.

☐ **Ábaco 1:**

Determinação de ($\alpha$) pela fórmula, $\alpha = 1 + \log(S_1/S_2)/\log(H_1/H_2)$) (levantamento de dois espelhos d'água, ver item B5-2).

☐ **Ábaco 2:**

Cálculo do **coeficiente de abertura (K)** pela fórmula, $K = S_1/\alpha.H_1^{(\alpha-1)}$ (levantamento de dois espelhos d'água, ver item B5-2).

☐ **Ábacos 3 e 4:**

Cálculo dos termos $H^{\alpha}$ ou $H^{(\alpha-1)}$ (Levantamento topográfico completo, determinação da tabela PSV para o cálculo do volume e dos coeficientes geométricos).

☐ **Ábaco 5:**

Transformação de uma perda de carga singular (da forma $K V^2/2g$) num **comprimento de tubo equivalente** (para cálculos de canalizações; ver item B5-5).

☐ **Ábaco 6:**

Cálculo da pressão na parte alta de um sifão no **caso de um adutor com forte desnível** (ver item B5-5).

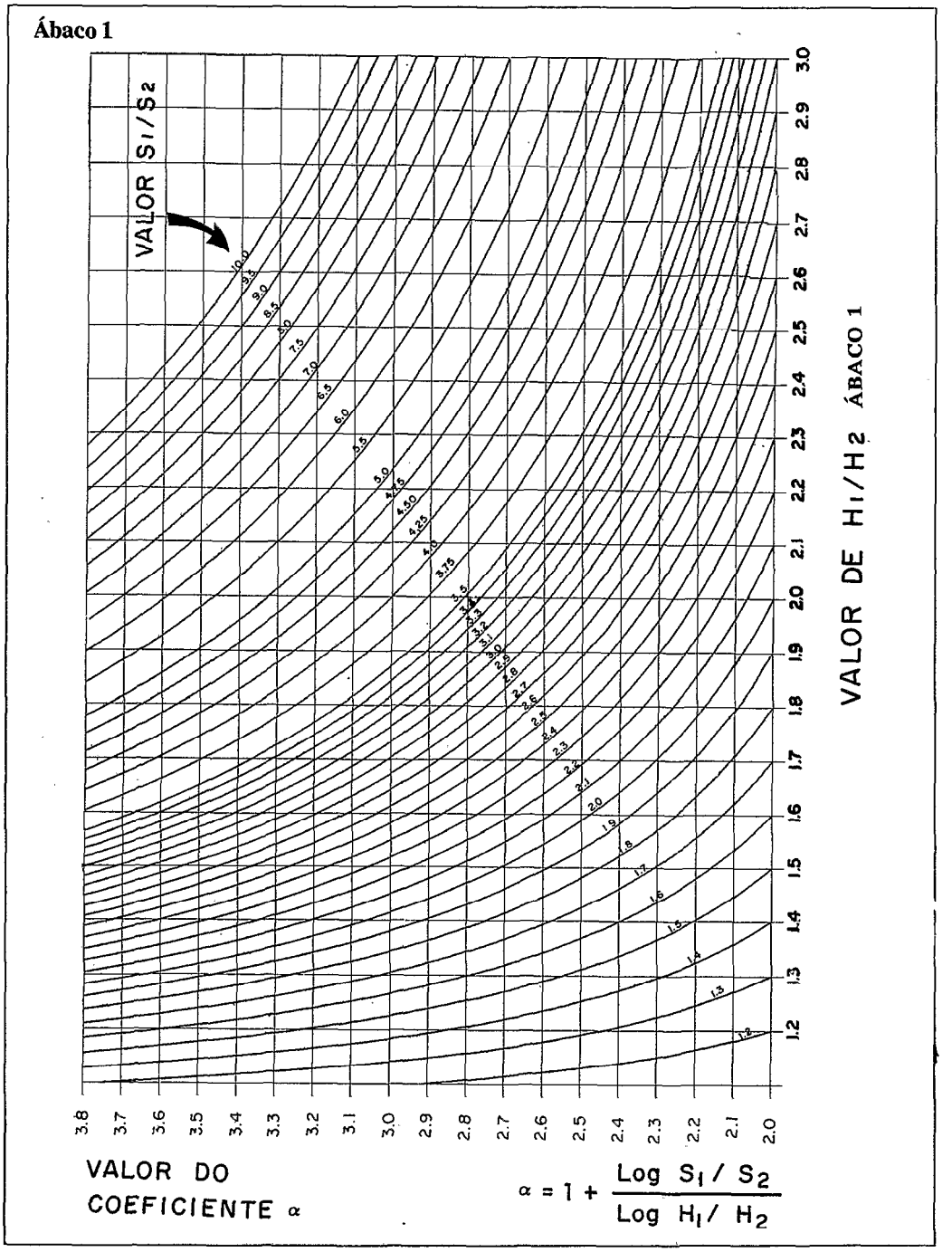
☐ **Ábacos 7 e 8:**

Determinação rápida da superfície $S_{pot}$ potencialmente irrigável pelo açude.

☐ **Folha virgem de papel logarítmico**

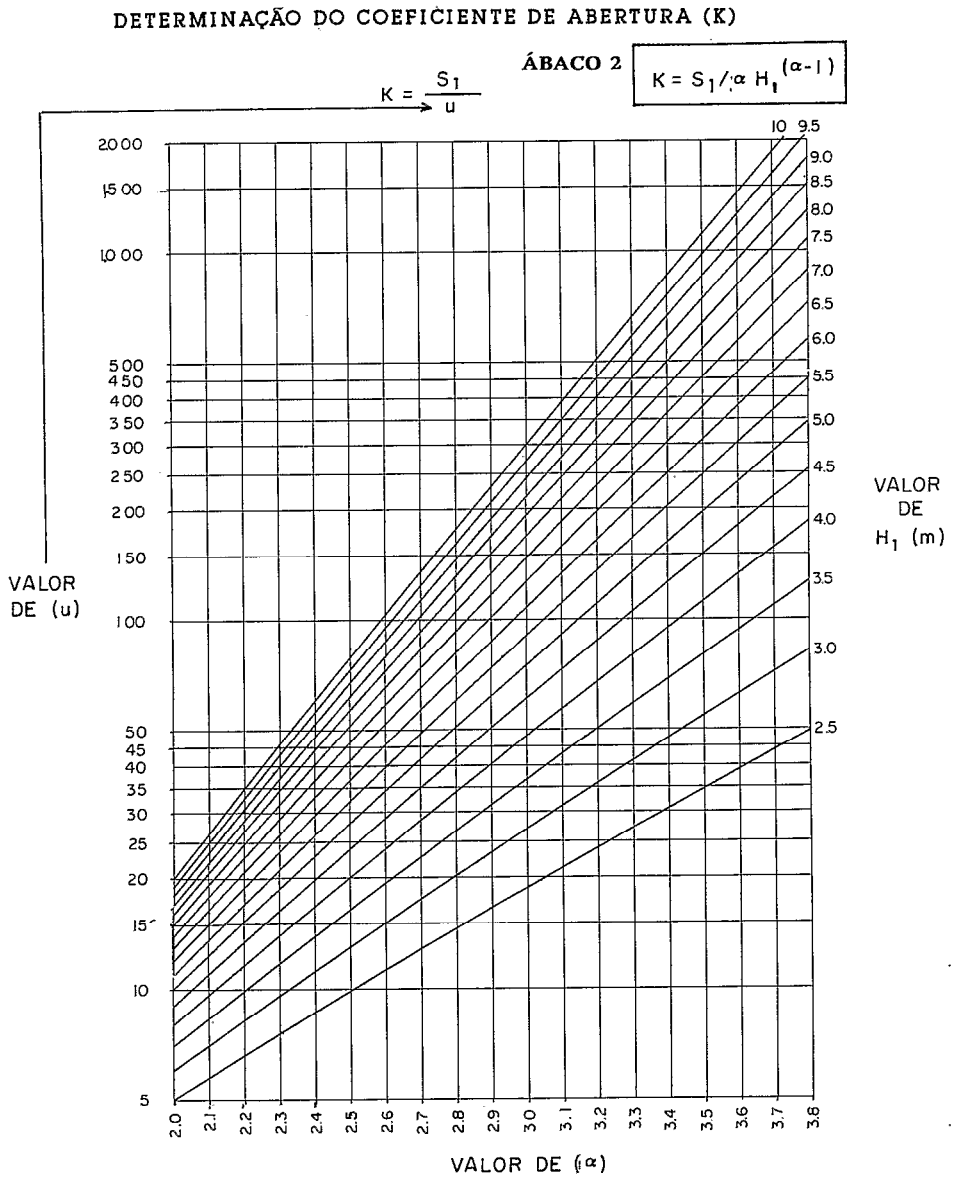
Folha para determinação do coeficiente de forma ($\alpha$) (Ver item B5-2).

**Ábaco 1**



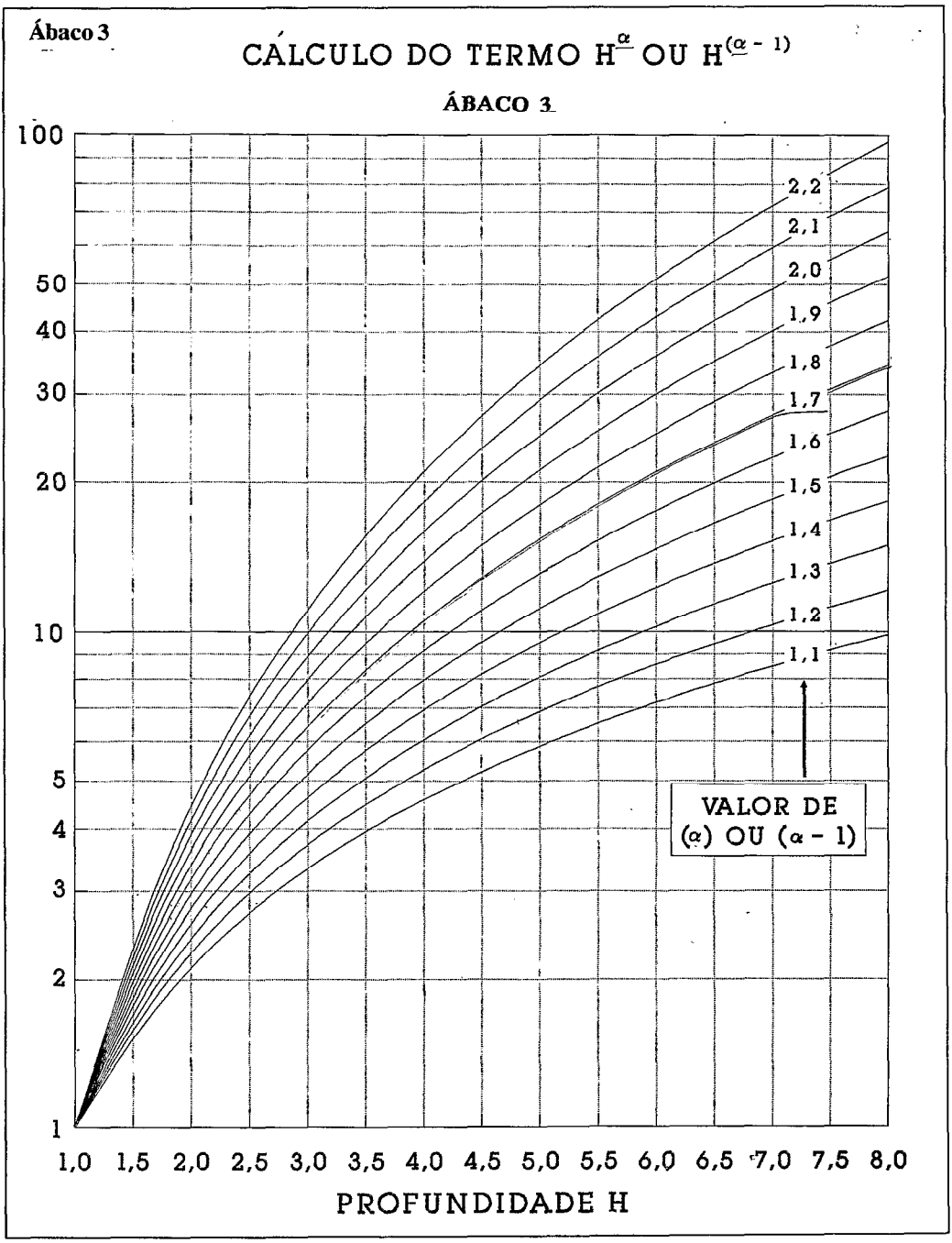

**Exemplo:** O levantamento de dois espelhos d'água, correspondendo às profundidades $H_1 = 3.20$ m e $H_2 = 2.00$ m, forneceu os valores $S_1 = 1.3$ ha e $S_2 = 0.54$ ha. Calcula-se $H_1/H_2 = 1.6$ e $S_1/S_2 = 2.42$. Com esses dois valores, o ábaco dá $\alpha = 2.90$.

**Ábaco 2**




**Exemplo:** Retomando os valores do exemplo do ábaco 1, lê-se no ábaco o valor de (u) para $H_1 = 3.20$ m e $\alpha = 2.90$, ou seja, u = 27. Calcula-se o coeficiente de abertura K por $K = S_1/u = 13.000/27 = 481$ (atenção: exprimir $S_1$ em $m^2$).

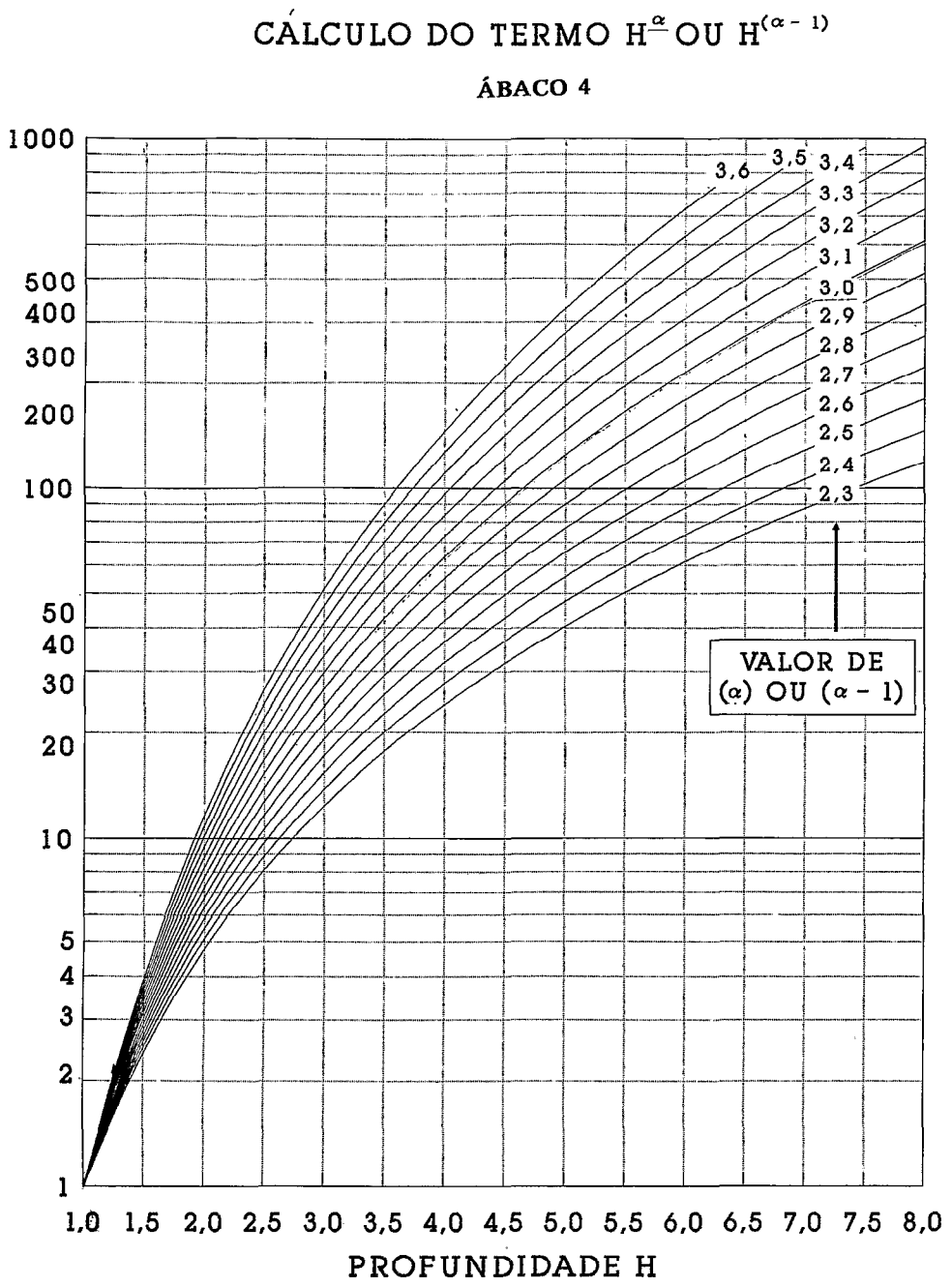
**Ábaco 3**




**Exemplo:**

Calcular $H^{\alpha}$ para $\alpha = 2.50$ e H = 2,3 e 4 m. Lê-se no ábaco da pag.409: $2^{2.5} = 8.$ ; $4^{2.5} = 32.$ Nota-se que a precisão do ábaco não é muito boa, devido à escala logarítmica. Utilizar esse ábaco como último recurso quando não se dispuser da calculadora adequada.

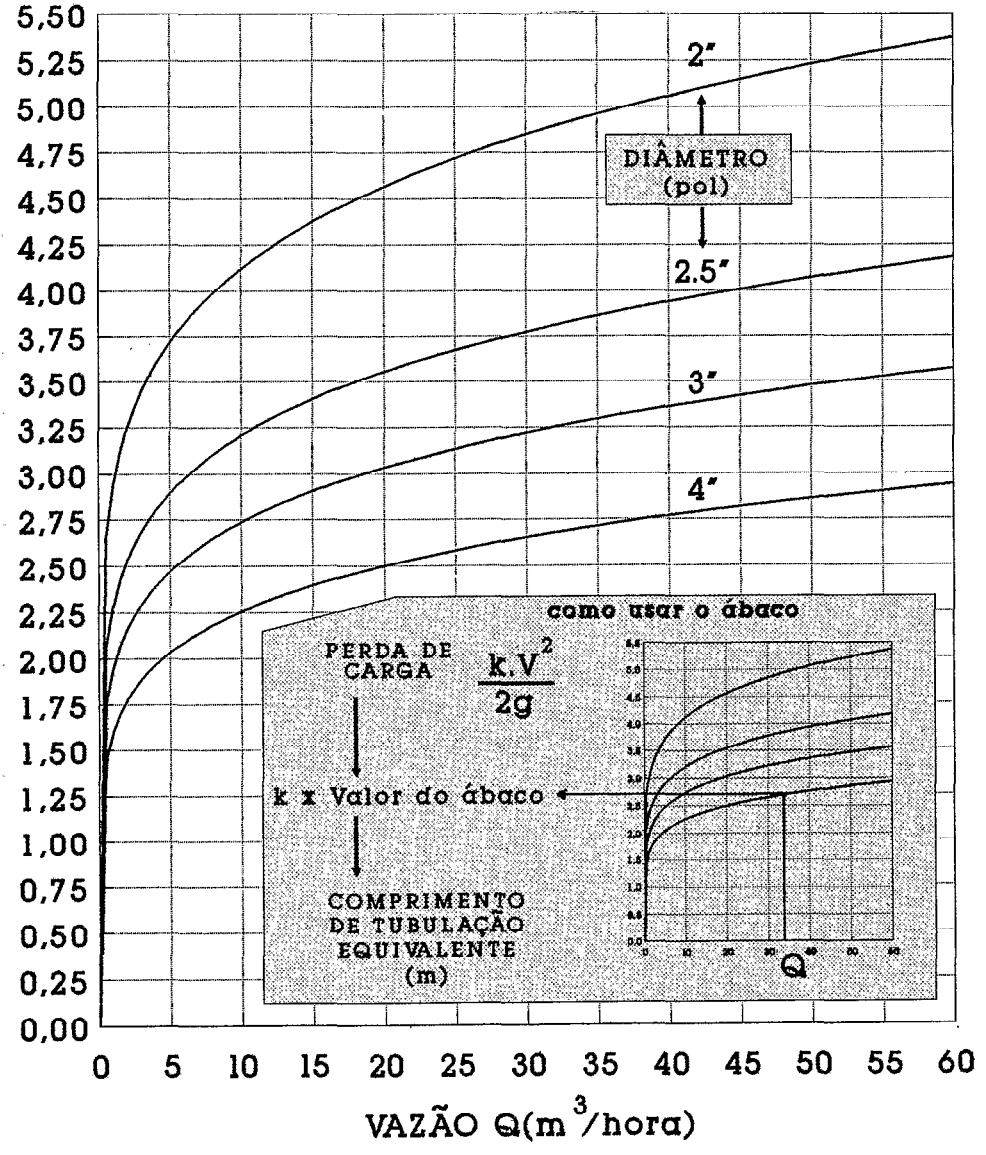
**Ábaco 4**


CÁLCULO DO TERMO $H^{\alpha}$ OU $H^{(\alpha-1)}$
ÁBACO 4
1000
500
400
300
200
100
50
40
30
20
10
5
4
3
2
1
3,6
3,5
3,4
3,3
3,2
3,1
3,0
2,9
2,8
2,7
2,6
2,5
2,4
2,3
VALOR DE
(α) OU (α - 1)
1,0 1,5 2,0 2,5 3,0 3,5 4,0 4,5 5,0 5,5 6,0 6,5 7,0 7,5 8,0
PROFUNDIDADE H

**Ábaco 5**

# TRANSFORMAÇÃO DA PERDA DE CARGA

**Para uma vazao (Q) e um diametro (D), transformar uma perda de carga singular $kV^2/2g$ num comprimento de tubo equivalente**

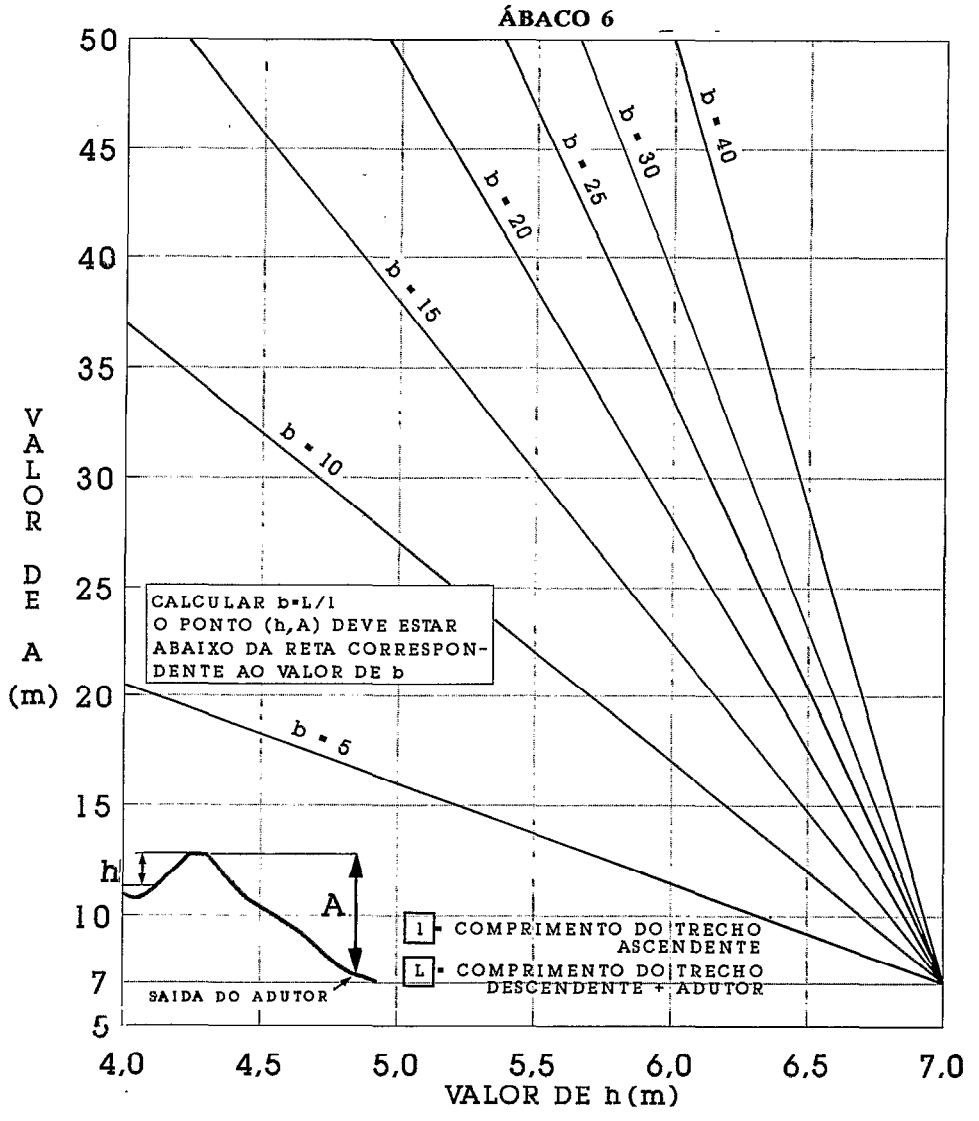



**Exemplo:** Uma perda de carga **singular** da forma $kv^2/2g$, com $k = 5$, criada por algum dispositivo situado numa canalização de 3" com vazão da ordem de 30 $m^3$/hora, equivale à perda de carga **linear** de uma tubulação de 5 x 3.2 = 16 m e de mesmo diâmetro.

**Ábaco 6**

## VERIFICAR SE A PRESSÃO ABSOLUTA NO TOPO DO SIFÃO E SUPERIOR A 3 METROS

(CASO DE UM ADUTOR COM GRANDE DECLIVE)




**Exemplo:**

Um conjunto sifão + adutor é colocado numa parede de 5 m de altura e tem comprimento total (L) de 300 m. O comprimento (l) do trecho ascendente é 15 m. O desnível A entre o coroamento do açude e a saída (livre) do adutor é 20 m. O coeficiente b = L/l vale 300/15 = 20. Verifica-se que o ponto (h = 5 m, A = 20 m) fica abaixo da reta correspondente a b = 20. Isto significa que a pressão absoluta no alto do sifão será superior a 3 m.

**Ábacos 7 e 8:**

Uma estimativa de $S_{pot}$ pode ser obtida de maneira rápida mediante os ábacos 7 e 8.

- O ábaco 7 corresponde ao caso em que há **aproveitamento parcial** do açude, deixando-se uma lâmina de dois metros de água no açude ($H_{final}$ = 2 m).
- O ábaco 8 refere-se a um **aproveitamento (quase) total**, deixando-se apenas 0.60 m de água.

Nos dois casos, considera-se uma infiltração média de 30%/(EVINF = 1.3 EVA).

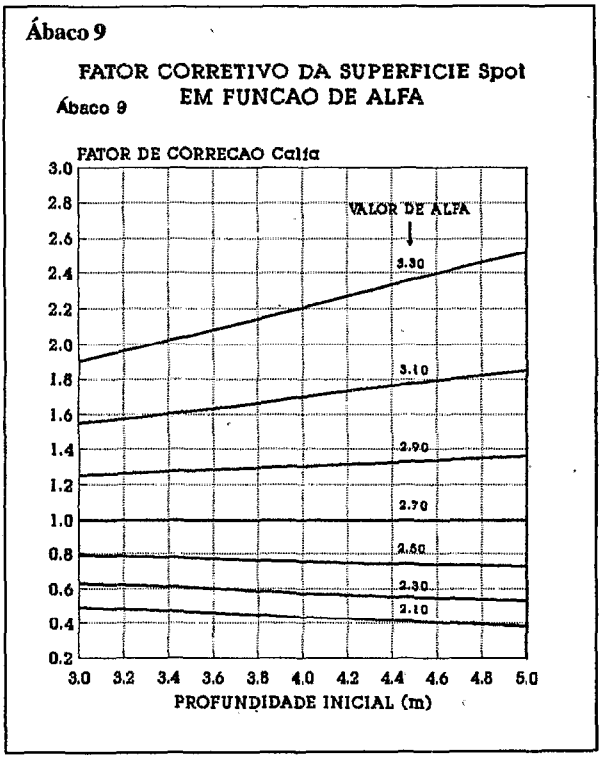
Escolhe-se $H_{inicial} = H_x$ (profundidade máxima do açude) no eixo X (horizontal) e a curva correspondente ao cultivo desejado. A superfície potencialmente irrigável $S_{pot}$ deduz-se do valor $S_a$ fornecido pelos ábacos por

$$S_{pot} = C_{alfa} \times K \times EF \times S_a/500$$

onde $C_{alfa}$ é um fator corretivo que depende do valor de ($\alpha$), dado pelo ábaco 9, K o coeficiente de abertura do açude e EF a eficiência da irrigação.

Se o cultivo irrigado for suscetível de variar, escolhe-se uma das curvas superiores (ciclo mais curto, necessidades inferiores). O índice do nome dos cultivos indica a duração do ciclo considerado.

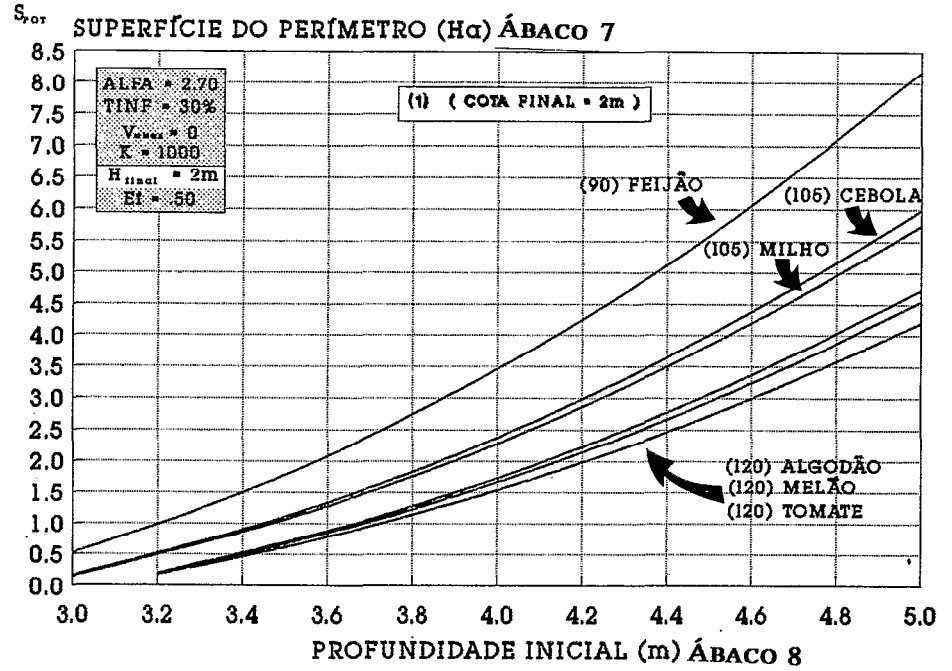
**Ábaco 9**

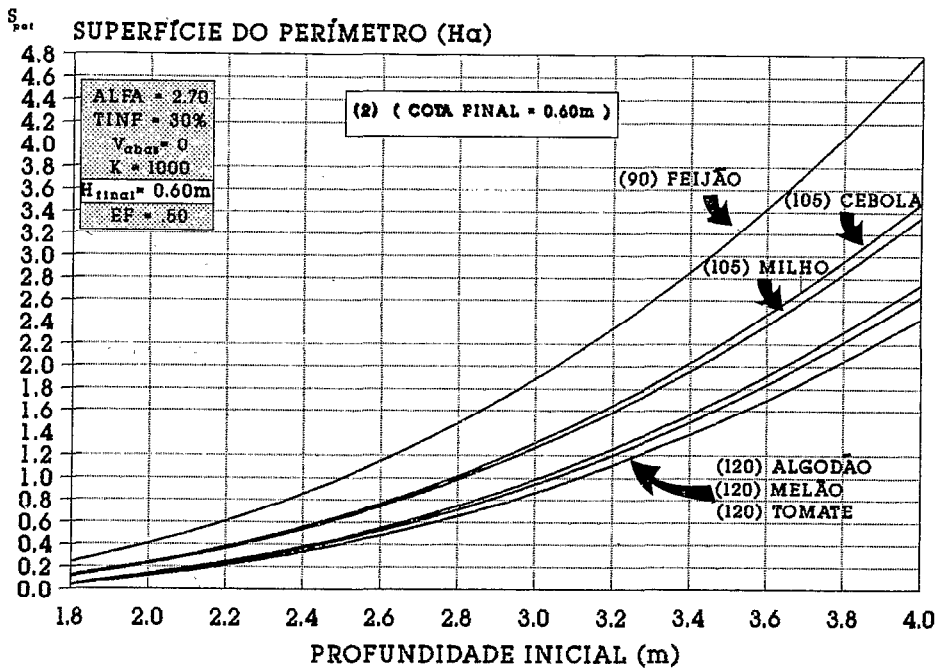


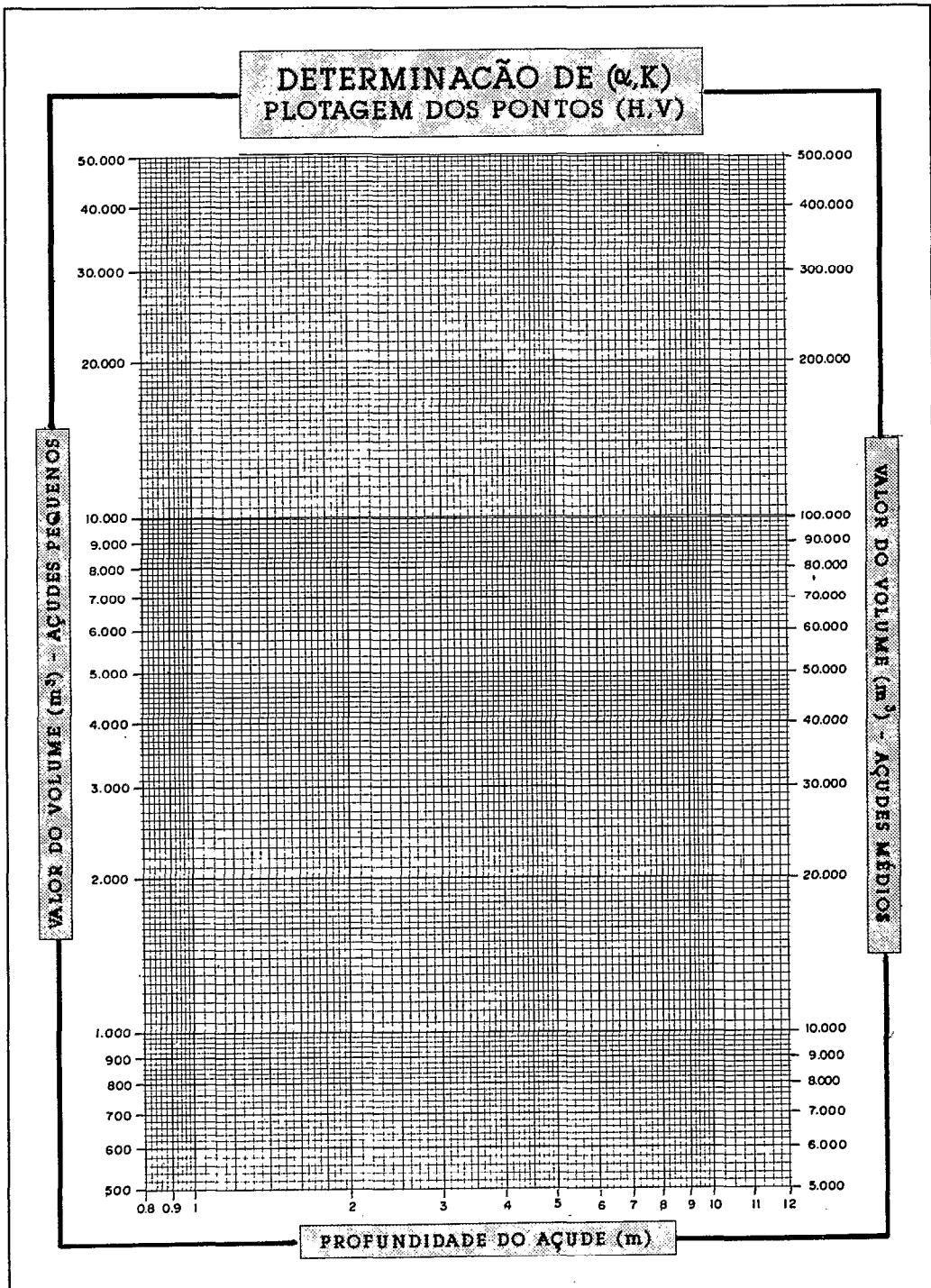

**Exemplo:** Considera-se o aproveitamento total (ábaco 8) de um pequeno açude ($H_x$ = 3m, $\alpha$ = 2.90, K = 840) através da irrigação de um perímetro plantado com tomate. A eficiência da rega é 0.6. O ábaco 8 fornece Sa = 0.85 ha, $C_{alfa}$ vale 1.25 e $S_{pot}$ = 1.25 x 840 x .60 x .85/500 = 1.04 ha.

**Ábacos 7 e 8**

## ÁBACO DE DETERMINACÃO DA SUPERFÍCIE DO PERÍMETRO




DETERMINAÇÃO DE (α,K)
PLOTAGEM DOS PONTOS (H,V)
VALOR DO VOLUME (m³) - AÇUDES PEQUENOS
50.000
40.000
30.000
20.000
10.000
9.000
8.000
7.000
6.000
5.000
4.000
3.000
2.000
1.000
900
800
700
600
500
VALOR DO VOLUME (m³) - AÇUDES MÉDIOS
500.000
400.000
300.000
200.000
100.000
90.000
80.000
70.000
60.000
50.000
40.000
30.000
20.000
10.000
9.000
8.000
7.000
6.000
5.000
0.8 0.9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
PROFUNDIDADE DO AÇUDE (m)

# Anexo 2:
## Custos e preços

O anexo econômico fornece todos os parâmetros de base que permitem elaborar rapidamente um **balancete econômico** de um projeto.
É evidente que os custos apresentados a seguir são **custos médios.** Dois problemas limitam a precisão dos dados:

- a inflação e a instabilidade dos preços;
- a variabilidade dos preços oferecidos pelos diversos revendores e as disparidades existentes entre as regiões (grandes e pequenas cidades...).

Por isso, todo **cálculo preciso** visando um orçamento real deve contemplar os **preços vigentes na região do projeto.** A ausência atual de índice oficial nos levou a calcular os preços em dólar. **Todos os preços a seguir são dados em US$.**

Os dados dividem-se em quatro itens:

- construção da barragem;
- material de irrigação (incluindo sifão, canalização, canais...);
- contas culturais dos principais cultivos e custeio da irrigação;
- piscicultura.

Custos indicativos relativos aos cultivos de vazante são dados no exemplo do anexo 9.

Em cada item, apresenta-se o detalhamento dos custos, de maneira que o raciocínio possa ser **retomado com preços reais,** e fornece-se fórmulas médias para **estimativas.**

## 2.1 Construção da barragem

O custo do investimento na construção do açude pode ser assim detalhado:

### Cálculo do volume do aterro

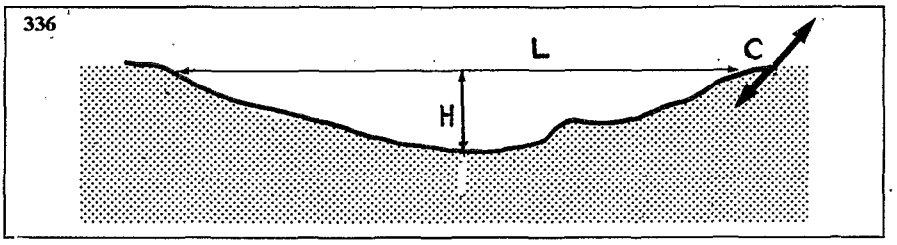
O preço da construção do aterro sendo aproximadamente proporcional ao volume de terra, a previsão deste último constitui uma etapa indispensável do cálculo econômico do investimento. Apresenta-se a seguir várias fórmulas para estimar o volume do aterro $V_{terra}$, escolhendo-se uma fórmula **compatível com os dados disponíveis.** Em todos os casos, considera-se taludes de declive 1:2.

### ■ 1ª fórmula

Pode-se estimar $V_{terra}$ apenas a partir da altura prevista da barragem (H) e do seu comprimento (L) por

$$V_{terra} = L.H^2$$

Essa fórmula fornece apenas uma estimativa para vales em forma de V e com alturas > 6 m.




### ■ 2ª fórmula

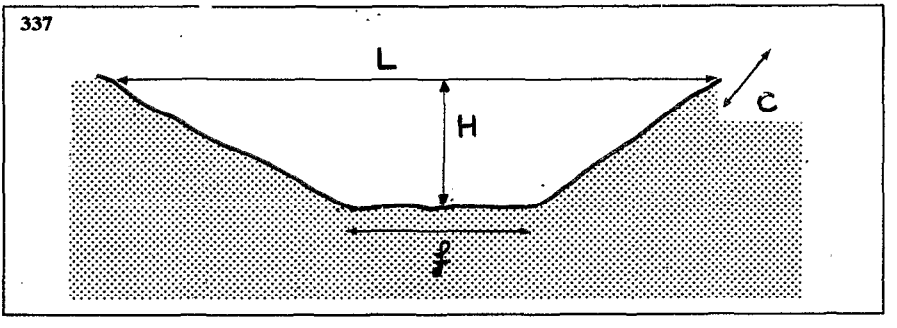
Para um coroamento de largura determinada (C), utiliza-se a fórmula:

$$V_{terra} = L.H(2H/3 + C/2)$$

### ■ 3ª fórmula

Quando o vale apresenta um fundo plano e duas encostas bem marcadas, ou seja, quando o perfil do vale pode ser aproximadamente representado como indicado na figura 337, o volume de terra calcula-se por

$$V_{terra} = (L\text{-}f)H(2H/3 + C/2) + H.f(C + 2H)$$

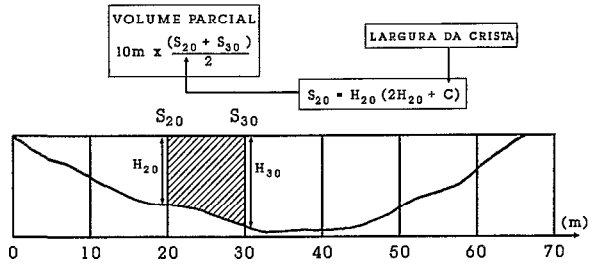



### ■ 4ª fórmula

Para conseguir uma estimativa mais precisa, é necessário realizar um levantamento topográfico do perfil do vale no local da futura barragem (figura 338). Recorta-se o comprimento da barragem em vários trechos (de 10 metros por exemplo).

Cada trecho de comprimento l tem um volume $l(S_1 + S_2)/2$

338




$S_i$ calcula-se a partir da largura (C) do coroamento e da altura $H_i$ por $S_i = H_i(2H_i + C)$.

## Construção do aterro

Considera-se que pequenos tratores (D4, AD7...) realizam **15 m³ de aterro** compactado/hora, com uma distância de transporte de menos de 60 metros. Essa média varia evidentemente segundo a distância até a zona de empréstimo do material e de acordo com a facilidade de escavação.

Se (HT) é o preço da hora de trator, o **custo do aterro** é:

$$C_{aterro} = V_{terra} * HT/15$$

Considerando um valor comum de (HT) de US$ 20, este custo vale:

$$C_{aterro}(\$US) = 1.33.V_{terra}$$

A este custo deve-se acrescentar as despesas relativas **ao suprimento da água** necessária à boa compactação do aterro: estas variam segundo o estado do solo (se for ligeiramente úmido, **não haverá** necessidade de umedecimento da terra) e a dificuldade em se obter água (distância à fonte mais próxima, custo do caminhão pipa, etc...).

Num caso médio, computa-se o preço da água **aumentando o preço do aterro em 5%:**

$$C_{aterro} = 1.33 \times 1.05\ V_{terra} = 1.40\ V_{terra}$$

A mão-de-obra para o acabamento dos taludes é geralmente fornecida pelo proprietário e pode ser desprezada.

## Escavação da trincheira

O custo da escavação da trincheira é extremamente variável: em vales de solos rasos, não haverá quase necessidade de se utilizar o trator (a escavação será manual); em vales de aluviões profundos, a trincheira poderá atingir vários metros de profundidade.

A necessidade de um acabamento manual (ver item A3) pode também implicar em muito trabalho suplementar.

Quando não há informação sobre a profundidade da trincheira, adota-se um **volume a ser cavado de 10% do volume do aterro** ($V_{terra}$).

Considera-se que pequenos tratores (D4, AD7...) **cavam** uma média de 30 $m^3$/hora, e aterram e compactam 15 $m^3$/hora. Se (HT) é o preço da hora do trator, o custo da escavação e do aterro da trincheira é

$$C_{fundação} = 0.1\, V_{terra}\,(HT/30 + HT/15)$$
$$= 0.01\, V_{terra} \cdot HT$$
$$= 0.2\, V_{terra}$$

## Escavação e construção do sangradouro

O custo do sangradouro é, também, extremamente variável: pode ser nulo (caso de um sangradouro "natural") ou elevado, quando se necessita de muitas horas de tratores para entalhar a rocha, no caso de um sangradouro lateral em encostas íngremes e com solos rasos.

A construção do **muro de proteção** e de um eventual **vertedouro de alvenaria** encarece o custo do açude. O preço do sangradouro será calculado em cada caso (pode ser construído pelos próprios beneficiários).

Em termos médios, pode-se computar o preço do sangradouro por acréscimo de 15% do preço da barragem, para pequenos açudes, e 20 a 25% para açudes maiores com sangradouros de alvenaria (para grandes barragens este custo é da ordem de 30 a 35 %).

## Custo total da barragem

Em função dos valores médios apresentados acima, pode-se estimar o custo médio da barragem somando os diversos itens (ver página seguinte).

## Relação entre o volume de água e o volume do aterro

O custo do metro cúbico de água armazenado vai depender do volume de água armazenável $V_{água}$. Tendo calculado esse valor (ver item B5-2) é interessante **compará-lo ao volume de terra** $V_{terra}$ para julgar o valor do empreendimento.

A figura 340 permite, após cálculo do custo do investimento, avaliar o caráter mais ou menos vantajoso do projeto em termos de estoque hídrico.

| | |
|---|---|
| *1) Aterro do maciço* | $V_{terra}$ . *HT/15* = *1.33* $V_{terra}$ $m^3$ |
| *2) Cavação e aterro da fundação* | *0.01* $V_{terra}$ . *HT* = *0.2* $V_{terra}$ |
| *3) Água para umedecimento do material* | *+ 5%* |
| *4) Cavação e/ou construção do sangradouro* | *+15% (até 25%)* |
| *5) Acabamento manual* | *não computado* |
| *CUSTO TOTAL (US$)* | *0.092* $V_{terra}$ . *HT* |
| *considerando HT = 20 US$* | *1.84* $V_{terra}(m^3)$ |

*Esses valores médios nos permitem estabelecer a tabela seguinte que fornece a relação média entre o volume do aterro (e o custo da obra) e o volume armazenável (trata-se, para este último, de um valor estatístico, havendo grande variação da razão* $V_{água}/V_{terra}$*)*

**339**

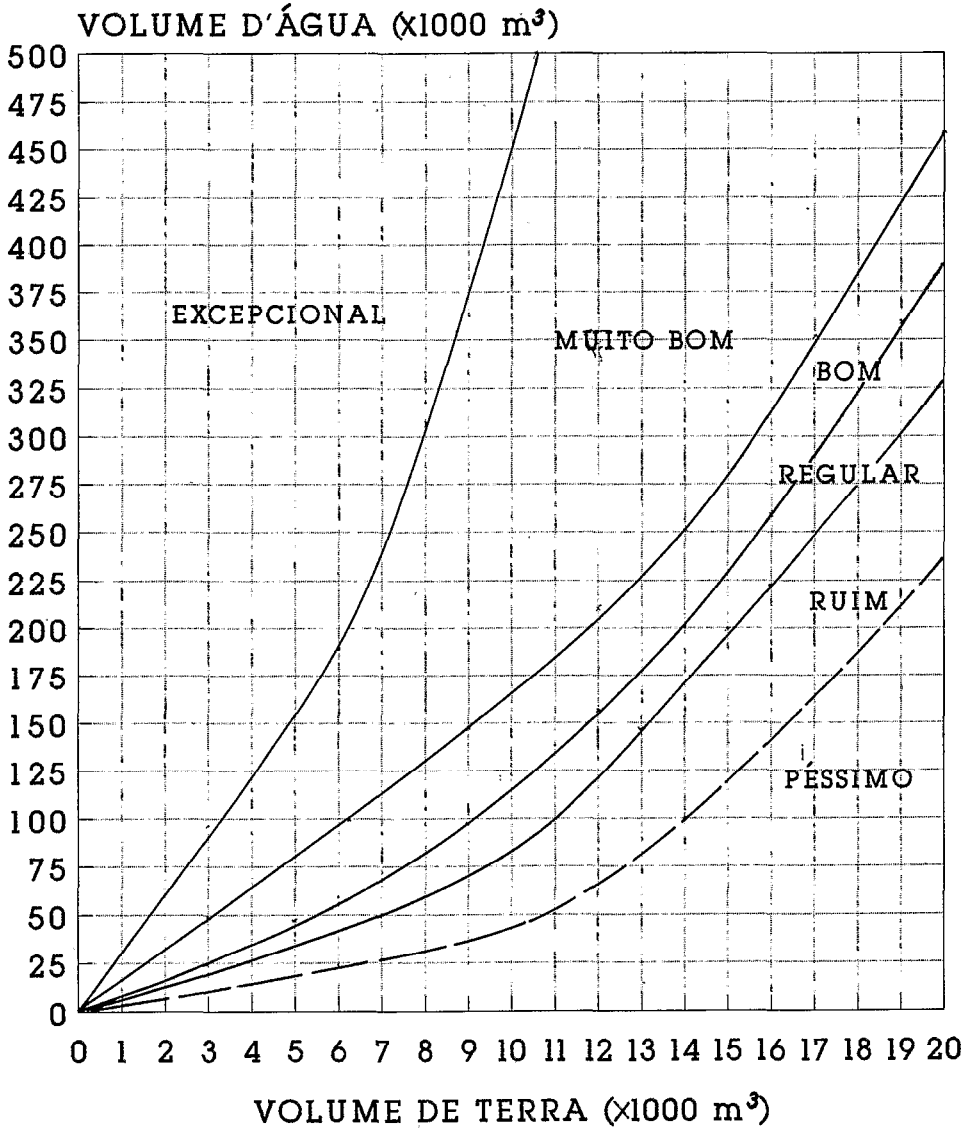
| Volume do aterro (*)($m^3$) | N° horas | Estimativa do custo (***)(U$) | Vol. armazenável (****) ($m^3$) |
|---|---|---|---|
| *500* | *39* | *920* | *1506* |
| *1000* | *77* | *1840* | *4534* |
| *1500* | *116* | *2760* | *8639* |
| *2000* | *154* | *3680* | *13650* |
| *2500* | *193* | *4600* | *19463* |
| *3000* | *231* | *5520* | *26008* |
| *3500* | *270* | *6440* | *33232* |
| *4000* | *308* | *7360* | *41093* |
| *4500* | *347* | *8280* | *49556* |
| *5000* | *385* | *9200* | *58594* |
| *5500* | *424* | *10120* | *68182* |
| *6000* | *462* | *11040* | *78298* |
| *6500* | *501* | *11960* | *88925* |
| *7000* | *539* | *12880* | *100045* |
| *7500* | *578* | *13800* | *111645* |
| *8000* | *616* | *14720* | *123710* |
| *9000* | *693* | *16560* | *149189* |
| *10000* | *770* | *18400* | *176397* |
| *12000* | *924* | *22080* | *235716* |
| *14000* | *1078* | *25760* | *301186* |
| *16000* | *1232* | *29440* | *372427* |
| *18000* | *1386* | *33120* | *449132* |
| *20000* | *1540* | *36800* | *531041* |

**Volume do aterro, sem considerar a fundação, avaliado por uma das 4 fórmulas apresentadas acima.*
***O número de horas do trator leva também em conta o trabalho da fundação (mas não o do sangradouro).*
**** O custo total é avaliado por Custo = 1.84* $V_{terra}$ *(US$) (custo da hora de trator = 20 Us$)*
***** O volume armazenável indicado é um valor médio estatístico.*

340

# RELAÇÃO ENTRE O VOLUME DE TERRA E O VOLUME D'ÁGUA

## *AVALIAR A QUALIDADE DO PROJETO*



# 2.2 Material e infraestrutura de irrigação

## Custo de Motobombas

Motobombas podem ser utilizadas para a irrigação gravitária a montante dos açudes (ver item B5-5), para aproveitamento da água da caixa (quando o sifão não o permite) ou para sistemas convencionais de irrigação (aspersão, gotejamento).

**341**

| | Potência (CV) | $US |
|---|---|---|
| *Bombas monobloco (elétricas)* | *1/3* | *120* |
| | *1/1* | *135* |
| | *3/4* | *150* |
| | *1.0* | *155* |
| | *1.5* | *170* |
| | *2.0* | *180* |
| | *3.0* | *200* |
| | *5.0* | *300* |

## Sifão e adutores

**342**

| ITEM | | Diâmetro (pol.) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 2" | 3" | 4" |
| *Tubo PVC (tipo esgoto)* | *(6 m)* | *7* | *11* | *16* |
| *Tubo PVC (PN40)* | *(6 m)* | *8* | *12* | *20* |
| *Tubo PVC (PN40) com janelas* | *(6 m)* | *-* | *25* | *-* |
| *Tubo PCV (PN80)* | *(6 m)* | *10* | *18* | *30* |
| *Tubo polietileno* | *(1 m)* | *2.7* | *5.5* | *8* |
| *Tubo polietileno estabilizado* | *(m)* | *4.6* | *9.3* | *13.6* |
| *Mangote* | | *10* | *18* | *35* |
| *Registro de gaveta* | | *30* | *80* | *130* |
| *Válvula de pé (ferro)* | | *9* | *18* | *30* |
| *Válvula de pé (bronze)* | | *35* | *75* | *110* |
| *Tê de escorva (ferro fundido)* | | *7* | *20* | *40* |
| *Bujão para tê* | | *2.5* | *3* | *6* |
| *Cotovelo 90 (PVC)* | | *4* | *8* | *12* |
| *Cotovelo 45 (PVC)* | | *3* | *6* | *11* |
| *Abraçadeira reforçada* | | *3* | *4* | *4.5* |
| *Niple (ferro fundido)* | | *3.5* | *8* | *15* |
| *Tampão roscável (PVC)* | | *2* | *3* | *6* |
| *PVC PN80 Engate metálico* | | *15.5* | *25.2* | *37.6* |
| *PVC PN80 Engate roscável* | | *9.3* | *18.2* | *-* |
| *Cotovelo 90o engate metálico* | | *12* | *18.6* | *-* |

*Continua na página seguinte*

| ITEM | Diâmetro (pol.) | | |
|---|---|---|---|
| | 2" | 3" | 4" |
| Continuação da pág. anterior | | | |
| *Cotovelo 90° engate roscável* | *4.1* | *7.5* | - |
| *Cap macho engate metálico* | - | *12* | - |
| *Cap fêmea engate metálico* | - | *7* | - |
| *Cap macho engate roscável* | *1.6* | *3* | - |
| *Cap fêmea engate roscável* | *2.6* | *4.7* | - |
| *Adaptador* | *0.5* | *1* | *1.7* |
| *Tê PVC (liso)* | - | *3.3* | *7.2* |
| *Tê PVC - saída 1"* | - | *2.8* | *6.2* |

*Ventosa 1"* : *12* *(Custos US$)*
*3/4"* : *11*
*Sifões de mangueira plástica 1.5" x 2 m: 7*

**Nota:** Os preços da tabela são médias obtidas a partir de um levantamento realizado em sete lojas de três Estados diferentes. Observou-se uma flutuação geral importante, sobretudo para alguns itens particulares como o registro de gaveta (o registro de 3" foi cotado entre preços extremos de 24 e 125 $US!). Portanto, devem ser considerados como preços **indicativos** médios.

## Custos de canais

**343**

| | | Para 100 m de canal | |
|---|---|---|---|
| | | Quantidade | Custo ($US) |
| *Mão-de-obra* | *A* | - | *90* |
| | *B* | - | *120* |
| *Cimento* | *A* | *14 sacos* | *77* |
| | *B* | *19 sacos* | *104.5* |
| *Areia* | *A* | *2.0 $m^3$* | *14* |
| | *B* | *2.5 $m^3$* | *17.5* |
| *Tijolos* | *A* | *2.200 tijolos* | *33* |
| | *B* | *3.000 tijolos* | *45* |
| *TOTAL* | *A* | - | *214* |
| | *B* | - | *287* |

Para canais de outras dimensões, calcula-se o número de tijolos necessários para 100 metros de canal. A mão-de-obra é aproximadamente proporcional a este número, independentemente do tamanho do tijolo (por isso, procura-se utilizar tijolos de maiores dimensões). Considerar uma base de 40 $US por milheiro.

As quantidades de areia e cimento podem ser avaliadas por comparação com os canais A e B.

**Nota:** Deve-se acrescentar (eventualmente) o preço das comportas de madeira (pequenas táboas), do levantamento topográfico do percurso do canal e das obras especiais, se houver.

### ■ Calhas de barro

As calhas de barro podem ser feitas por olarias que produzem manilhas e custam 0.5 $US a calha de 60 cm. A mão-de-obra é muito reduzida podendo-se contar um custo total de 120 $US para implantação de 100 metros.

Essas calhas podem ser encontradas, por exemplo, na olaria de Geraldo Oliveira da Silva, em Parelhas (RN), Rua Inácio Soares Barbosa s/n°, Telefone: 4712435.

## 2.3 Custeio da irrigação

### Contas culturais dos principais cultivos

O lucro gerado por um hectare plantado com um determinado cultivo é extremamente variável e depende, em primeiro lugar, do **rendimento** obtido **e do preço real de comercialização do produto.**

Reunimos, nas tabelas 344 e 345, o valor médio dos principais componentes do balanço econômico dos cultivos mais comuns. Distingue-se os **custos de produção** com as três rubricas

- insumos
  (sementes, adubos...)
- mecanização
  (aração, gradagem...)
- mão-de-obra
  (rega, tratos culturais...)

O rendimento médio (kg/ha) e o preço de venda médio (US$/kg) permitem calcular a **receita bruta** (US$/ha). Subtraindo-se os custos de produção, obtém-se a **receita líquida** (US$/ha).
As figuras 346, 347, 348 e 349 permitem visualizar a importância

- da mão-de-obra,
- do custo de insumos,
- do custeio total (custo de produção),
- da receita líquida,

para as principais culturas irrigadas e possibilita **comparações** entre elas (ver tabelas e figuras na página seguinte).

### Custo de energia

Quando a irrigação é feita por meio de motobombas, deve-se acrescentar o custo da energia (diesel ou elétrica), utilizando-se os valores da tabela da página 427.

**344**

Tabela 344: DADOS ECONÔMICOS SOBRE ALGUNS CULTIVOS IRRIGADOS
CUSTOS E VALORES MÉDIOS PARA CÁLCULOS ECONÔMICOS[1]

| CULTURAS | RENDIM. MÉDIO t/ha | PREÇO VENDA US$/t | RECEITA BRUTA S$/ha | CUSTO PRODUÇÃO US$/ha | custos de produção % insumo | % mecan | % M.O. | RECEITA LIQUIDA US$/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ALGODÃO-H | 2.5 | 450 | 1125 | 517 | 26% | 16% | 58% | 608 |
| ALHO | 4.0 | 2160 | 8640 | 3069 | 75% | 3% | 22% | 5571 |
| ARROZ | 4.0 | 300 | 1200 | 522 | 31% | 14% | 56% | 678 |
| BATATA-D | 20.0 | 100 | 2000 | 731 | 50% | 10% | 40% | 1269 |
| BATATA-I | 20.0 | 200 | 4000 | 1132 | 67% | 6% | 27% | 2868 |
| BETERRABA | 20.0 | 50 | 1000 | 857 | 68% | 8% | 23% | 143 |
| CEBOLA | 15.0 | 250 | 3750 | 1246 | 56% | 8% | 36% | 2504 |
| CENOURA | 20.0 | 240 | 4800 | 1487 | 48% | 5% | 47% | 3313 |
| FEIJÃO-A | 1.5 | 1200 | 1800 | 427 | 53% | 17% | 30% | 1373 |
| FEIJÃO-R | 1.2 | 800 | 960 | 387 | 52% | 19% | 30% | 573 |
| MELANCIA | 20.0 | 160 | 3600 | 991 | 59% | 10% | 32% | 2609 |
| MELÃO | 15.0 | 200 | 3000 | 1091 | 59% | 9% | 33% | 1909 |
| MILHO1* | 3.5 | 180 | 630 | 527 | 63% | 14% | 24% | 103 |
| MILHO2** | 3.0 | 180 | 540 | 427 | 56% | 17% | 27% | 113 |
| PIMENTÃO | 12.0 | 300 | 3600 | 1378 | 63% | 7% | 30% | 2222 |
| REPOLHO | 20.0 | 240 | 4800 | 1302 | 50% | 6% | 44% | 3498 |
| SORGO | 2.5 | 160 | 400 | 339 | 44% | 19% | 37% | 61 |
| TOMATE Mesa | 40.0 | 160 | 6400 | 2916 | 54% | 3% | 43% | 3484 |
| TOMATE-Ind | 35.0 | 100 | 3500 | 1371 | 60% | 7% | 33% | 2129 |

1 Esses indicadores foram elaborados a partir de valores médios publicados pelo programa PAPP/SUDENE em 1986 e 1989 e verificados ou atualizados a partir dos dados dos anos 1990 e 1991 na região Nordeste. Os custos médios são expressos em moeda constante (US $ ou BTN transformados em US $). Os custos de produção/cultivo incluem a valorização das horas/máquina e da mão-de-obra correspondente ao trabalho necessário para uma irrigação gravitária a partir de um sifão
Fonte: Sistemas integrados de exploração para o trópico semi-árido brasileiro - coeficientes técnicos e custos. PAPP,SUDENE, Recife, 1989.
Pesquisas junto aos produtores do Projeto Pintadas/Bahia, 1990.
* milho de ciclo curto 105 dias
** milho de ciclo médio 135 dias

**345**

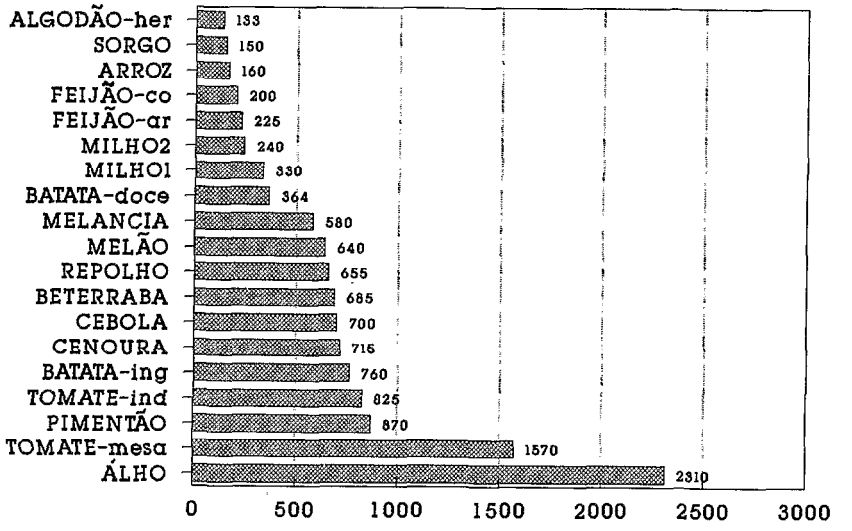
Tabela 345: REQUERIMENTO DE MÃO-DE-OBRA PARA ALGUNS CULTIVOS IRRIGADOS (em HD* por ha)

| OPERAÇÃO CULTIVOS | COVAS CANTEIROS | PLANTIO SEMEADURA | ADUBAÇÃO | DESBASTE | CAPINAS | APLICAÇÃO DEFENSIVOS | IRRIGAÇÃO | COLHEITA\ BENEFÍCIO | TOTAL H/D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ALGODÃO H | 2 | 2 | 4 | 3 | 40 | 19 | 15 | 35 | 120 |
| ALHO | | 55 | 10 | 10 | 19 | 20 | 56 | 100 | 270 |
| ARROZ | 10 | 14 | 8 | | 4 | 4 | 20 | 56 | 116 |
| BATATA D | 30 | 10 | 20 | | 12 | 2 | 24 | 20 | 118 |
| BETERRABA | 28 | 20 | 15 | 10 | 20 | 15 | 15 | 37 | 160 |
| CEBOLA | 4 | 42 | 15 | | 14 | 33 | 22 | 50 | 180 |
| CENOURA | 55 | 30 | 15 | 20 | 35 | 15 | 15 | 95 | 280 |
| FEIJÃO R | | 2 | 8 | | 12 | 4 | 12 | 8 | 46 |
| FEIJÃO A | | 4 | 3 | | 20 | 5 | 10 | 10 | 52 |
| MELANCIA | 6 | 2 | 16 | 12 | 2 | 28 | 20 | 40 | 126 |
| MELÃO | 10 | 5 | 16 | 15 | 30 | 19 | 17 | 30 | 142 |
| MILHO | | 1 | 2 | | 20 | 2 | 10 | 15 | 50 |
| PEPINO | 5 | 10 | 15 | 52 | 60 | 50 | 25 | 100 | 317 |
| PIMENTÃO | | 30 | 10 | | 40 | 25 | 20 | 40 | 165 |
| REPOLHO | | 40 | 20 | | 40 | 30 | 50 | 50 | 230 |
| SORGO | | 1 | 2 | | 20 | 2 | 10 | 15 | 50 |
| TOMATE Ind | 8 | 22 | 15 | | 45 | 30 | 20 | 50 | 190 |
| TOMATE Mesa | | 50 | 30 | 110 | 50 | 90 | 30 | 140 | 500 |

* HD : Homem x Dia = trabalho de um homem durante um dia.
Fonte: Sistemas integrados de exploração para o trópico semi-árido brasileiro - coeficientes técnicos e custos, PAAP,SUDENE, Recife, 1989.
Pesquisas junto aos produtores, Projeto Pintadas/Bahia,1990 e 1991.

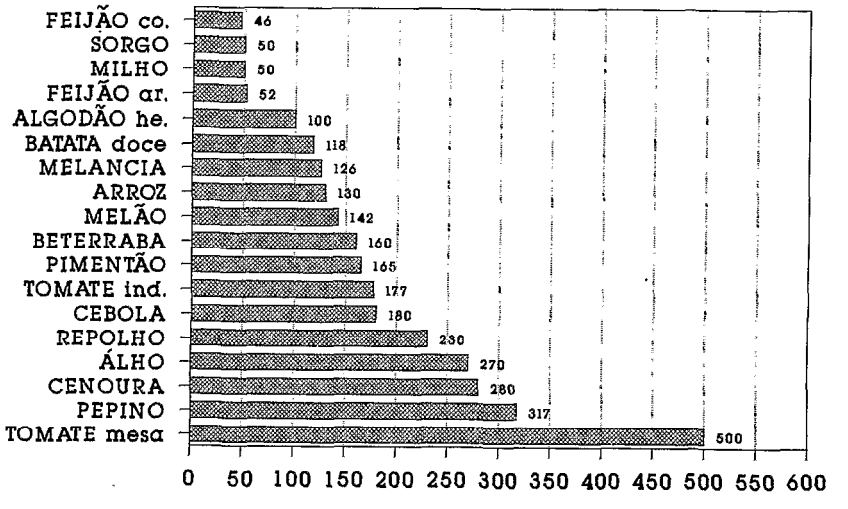
346

## CUSTO DOS INSUMOS POR HECTARE DOS PRINCIPAIS CULTIVOS IRRIGADOS



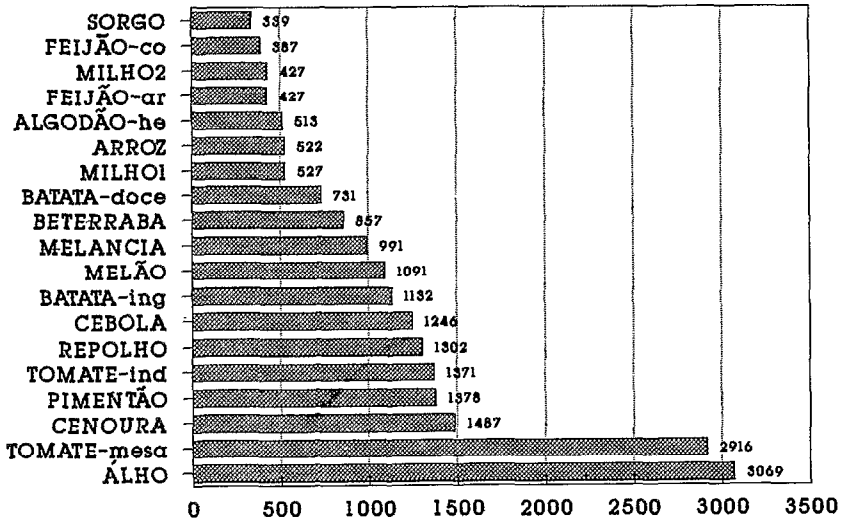

347

## MÃO-DE-OBRA (Homem dia/ha) PARA OS PRINCIPAIS CULTIVOS IRRIGADOS



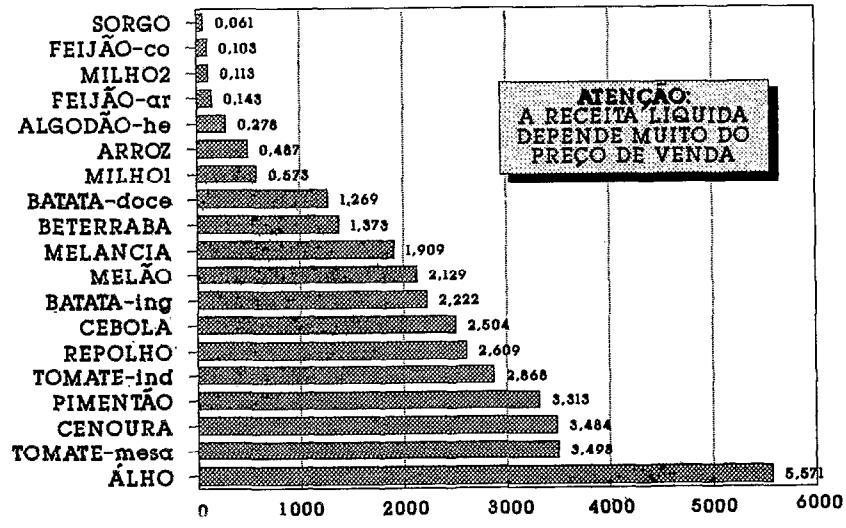
348

## CUSTO DE PRODUÇÃO POR HECTARE DOS PRINCIPAIS CULTIVOS IRRIGADOS




349

## RECEITA LÍQUIDA POR HECTARE DOS PRINCIPAIS CULTIVOS IRRIGADOS



350

| Potência do Motor HP | Consumo do Motor | | |
|---|---|---|---|
| | Diesel (litros/hora) | Mono e Bifásico (kilowatt hora) | Trifásico (kilowatt hora) |
| *1* | *0,225* | *1,13* | *1,01* |
| *2* | *0,450* | *2,16* | *1,96* |
| *3* | *0,677* | *3,20* | *2,90* |
| *4* | *0,902* | *4,15* | *3,87* |
| *5* | *1,188* | *5,11* | *4,84* |
| *6* | *1,353* | *6,05* | |
| *7,5* | *1,602* | *7,46* | *7,08* |
| *8* | *1,805* | *7,96* | |
| *9* | *2,030* | *8,83* | |
| *10* | *2,256* | *9,68* | *9,44* |
| *12,5* | *2,820* | *11,90* | *11,40* |
| *15* | *3,384* | *14,20* | *13,50* |
| *20* | *4,513* | *18,60* | *17,70* |
| *25* | *5,641* | *23,00* | *21,90* |
| *30* | *6,769* | | *25,70* |
| *40* | *9,026* | | *33,80* |
| *50* | *11,283* | | *41,30* |
| *60* | *13,539* | | *49,60* |
| *75* | *16,926* | | *61,30* |
| *100* | *22,567* | | *81,80* |
| *125* | *28,209* | | *102,00* |
| *150* | *33,852* | | *123,00* |
| *200* | *45,135* | | *164,00* |

Fonte: SALASSIER B.

**Preços aproximativos:** - kw/hora = $US 0.10
- 1 litro de óleo diesel = $US 0.20

## 2.4 Custo de alevinos

O custo dos alevinos varia bastante segundo as estações. Os preços mais baixos são oferecidos pelas estações do DNOCS:

| Tamanho do alevino | Custos |
|---|---|
| *3 a 5 cm* | *$US 4 o milheiro* |
| *5 a 8 cm* | *$US 6 o milheiro* |
| *10 cm* | *$US10 o milheiro* |

Estações da CODEVASF: entre $US 12 e $US 20 o milheiro, dependendo da espécie;
Estações da BAHIAPESCA: os preços são mais altos que nas duas anteriores ($US 40 o milheiro).

# Anexo 3:
## Agronomia

Este anexo proporciona algumas informações sobre as principais culturas irrigadas. Trata-se de valores médios e indicativos, obtidos a partir da compilação dos dados existentes no Nordeste, bem como de alguns trabalhos de referência internacionais.

- A primeira tabela 451 apresenta dados agronômicos gerais (profundidade das raízes, espaçamento aconselhado, rendimento médio, etc...)
- A segunda tabela 452 fornece os coeficientes culturais $K_c$ necessários ao cálculo das necessidades hídricas das culturas do perímetro irrigado.

Para facilitar os cálculos, consideramos durações do ciclo vegetativo sempre iguais a um **múltiplo de 15.** Considerando-se meses de **30 dias,** as necessidades hídricas serão calculadas com grande facilidade desde que o início do plantio corresponda ao início do mês ou da segunda quinzena (o que acarretará uma diferença de no máximo **uma semana** com relação à realidade, erro totalmente desprezível num cálculo que constitui apenas uma estimativa das necessidades).

Um **exemplo de cálculo** das necessidades em água encontra-se no Anexo 9, a seguir.

351

Tabela 351: INFORMAÇÃO AGRONÔMICA SOBRE ALGUNS CULTIVOS IRRIGADOS

| CULTURAS | CICLO TOTAL EM DIAS | TIPO DE PLANTIO | PROF. RAIZ em cm | ESPAÇA-MENTO em cm* | SEMENTE Kg/Ha | ADUBO QUÍMICO Kg/Ha | ADUBO ORGAN. t/Ha | SISTEMA DE IRRIGAÇÃO ACONSELHADO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ALGODÃO | 120 | sulco | 120 | 60x50 | 20 | 300 | | aspersão, sulco |
| ALHO | 135 | canteiro | 90 | 30x10 | 650 | 500 | 20 | sulco, bacias |
| ARROZ | 110 | tabuleiro | 120 | 30x15 | 60 | 400 | | inund.,bacia,tabul. |
| BATATA Doce | 110 | covas | 150 | 100x35 | 3000mudas | 300 | 10 | sulco, aspersão. |
| BATATA.Ing. | 135 | covas | 90 | 90x30 | 1200 | 400 | 10 | sulco, aspersão. |
| BETERRABA | 80 | canteiro | 120 | 30x10 | 15 | 300 | 10 | aspersão |
| CEBOLA | 120 | mudas | 60 | 40x15 | 3 | 550 | | sulco, bacias |
| CENOURA | 105 | canteiro | 90 | 20x05 | 5 | 900 | 10 | aspersão |
| FEIJÃO Ph. | 90 | covas | 100 | 40x40 | 45 | 200 | | sulco |
| FEIJÃO Vig. | 120 | covas | 100 | 100x50 | 45 | 200 | | sulco |
| MELANCIA | 130 | covas | 120 | 200x200 | 1.5 | 700 | 10 | sulco, bacias |
| MELÃO | 120 | covas | 100 | 200x150 | 2 | 650 | 10 | sulco, bacias |
| MILHO1 | 105 | sulco | 160 | 100x20 | 20 | 500 | | sulco, aspersão |
| MILHO2 | 135 | sulco | 160 | 100x20 | 20 | 500 | | sulco, aspersão |
| PIMENTÃO | 120 | mudas | 90 | 80x40 | 0.5 | 1000 | 15 | sulco, aspersão |
| REPOLHO | 80 | mudas | 60 | 40x40 | 0.3 | 1200 | | sulco, aspersão |
| SORGO | 120 | sulco | 120 | 90x30 | 7 | 400 | | sulco, aspersão |
| TOMATE-Mesa | 120 | mudas | 90 | 100x40 | 0.3 | 3000 | 20 | sulco, aspersão |
| TOMATE-Ind. | 110 | mudas | 90 | 100x50 | 0.5 | 1000 | 10 | sulco, aspersão |

* entre linhas x entre plantas

Tabela 352 NECESSIDADES HÍDRICAS DE ALGUNS CULTIVOS IRRIGADOS

Kc PARA DIFERENTES SUB-PERÍODOS DO CICLO VEGETATIVO (em dias)*

| CULTIVOS IRRIGADOS | CICLO EM DIAS | PERÍODOS COM INTERVALOS DE 15 OU 30 DIAS | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1/15 | 15/45 | 45/75 | 75/90 | 90/105 | 105/120 | 120/135 | MAXI |
| ALGODÃO.H | 120 | 0.47 | 0.73 | 0.96 | 1.08 | 1.00 | 0.75 | | 1.10 |
| ALHO | 135 | 0.45 | 0.62 | 0.83 | 0.95 | 0.97 | 0.83 | 0.75 | 0.98 |
| ARROZ | 120 | 0.80 | 1.00 | 1.13 | 1.18 | 1.10 | 1.02 | | 1.20 |
| BATATA.D | 120 | 0.38 | 0.52 | 0.73 | 0.98 | 1.02 | 1.00 | 0.98 | 1.05 |
| BATATA.I | 135 | 0.45 | 0.60 | 0.75 | 0.98 | 1.05 | 0.90 | 0.82 | 1.10 |
| BETERRABA | 120 | 0.50 | 0.80 | 0.90 | 1.00 | 1.02 | 0.90 | | 1.05 |
| CEBOLA | 105 | 0.50 | 0.75 | 0.90 | 0.85 | 0.80 | | | 1.00 |
| CEBOLINHA | 90 | 0.50 | 0.70 | 0.90 | 0.85 | | | | 1.00 |
| CENOURA | 105 | 0.40 | 0.60 | 0.86 | 0.90 | 0.80 | | | 1.05 |
| FEIJÃO.Ph | 90 | 0.50 | 0.80 | 0.93 | 0.70 | | | | 1.10 |
| FEIJÃO.Vig | 120 | 0.40 | 0.60 | 0.92 | 1.00 | 0.90 | 0.70 | | 1.05 |
| MELANCIA | 120 | 0.48 | 0.70 | 0.90 | 1.00 | 0.90 | 0.70 | | 1.05 |
| MELÃO | 120 | 0.47 | 0.60 | 0.85 | 0.95 | 0.90 | 0.80 | | 1.00 |
| MILHO | 105 | 0.50 | 0.85 | 1.05 | 1.00 | 0.85 | | | 1.10 |
| MILHO | 135 | 0.40 | 0.65 | 1.05 | 1.05 | 0.98 | 0.90 | 0.80 | 1.10 |
| PEPINO | 105 | 0.50 | 0.70 | 0.80 | 0.85 | 0.70 | | | 0.90 |
| PIMENTÃO | 120 | 0.45 | 0.60 | 0.85 | 1.05 | 0.95 | 0.90 | | 1.10 |
| QUIABO | 120 | 0.37 | 0.50 | 0.73 | 0.85 | 0.80 | 0.70 | | 0.90 |
| REPOLHO | 90 | 0.43 | 0.62 | 0.92 | 0.85 | | | | 1.00 |
| SORGO | 120 | 0.36 | 0.54 | 0.82 | 1.00 | 0.90 | 0.80 | | 1.00 |
| TOMATE.Mesa | 120 | 0.50 | 0.75 | 0.98 | 1.05 | 0.90 | 0.85 | | 1.10 |
| TOMATE.Ind. | 105 | 0.45 | 0.65 | 1.05 | 1.10 | 0.90 | | | 1.15 |

* Esses coeficientes/cultivo foram calculados a partir de curvas de evolução dos Kc medidos na região semi-árida do Nordeste e a partir da "ETP Hardgreaves".

# Anexo 4:
# Climatologia

## 4.1 Dados de evapotranspiração

A lista seguinte fornece, para cada mês, o valor da evapotranspiração diária (em mm) para uma seleção de municípios do Nordeste.

Estes valores foram extraídos das tabelas estabelecidas por Hargreaves.

Os valores da ETP são utilizados para:

- o cálculo das necessidades hídricas do perímetro irrigado (ver item B5-4, ou Anexo 9);
- o cálculo da evaporação EVA do açude durante um determinado período (ver item B5-2), necessário para avaliar as perdas no açude e o seu rebaixamento.

353

| MUNICIPIO | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | P_AN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ESTADO DO PIAUI | | | | | | | | |
| CASTELO DO PIAUI | 6,2 | 4,5 | 4,0 | 4,0 | 3,0 | 4,3 | 5,0 | 4,1 | 6,3 | 6,6 | 6,8 | 6,1 | 984 |
| JAICÓS | 4,5 | 4,1 | 4,2 | 3,9 | 4,5 | 6,5 | 5,0 | 5,6 | 6,4 | 6,6 | 6,4 | 5,5 | 669 |
| PAULISTANA | 6,3 | 6,4 | 5,7 | 5,3 | 4,5 | 4,0 | 4,1 | 5,0 | 5,9 | 6,5 | 6,7 | 6,7 | 546 |
| PEDRO II | 4,9 | 4,2 | 3,4 | 3,7 | 3,4 | 3,7 | 4,3 | 5,1 | 5,3 | 5,5 | 5,9 | 5,4 | 1.134 |
| PICOS | 4,5 | 4,1 | 4,2 | 3,9 | 4,5 | 4,8 | 5,0 | 5,6 | 6,4 | 6,6 | 6,4 | 5,5 | 691 |
| PIO IX | 5,2 | 4,2 | 3,7 | 3,5 | 3,3 | 3,6 | 3,9 | 4,9 | 5,8 | 6,3 | 6,4 | 5,8 | 630 |
| PIRACURUCA | 5,0 | 4,4 | 3,9 | 4,0 | 3,6 | 4,0 | 4,5 | 5,4 | 6,2 | 6,3 | 6,2 | 5,7 | 1.407 |
| PIRIPIRI | 5,0 | 4,4 | 3,9 | 3,8 | 3,6 | 4,0 | 4,5 | 5,4 | 6,2 | 6,3 | 6,2 | 5,7 | 1.718 |
| S.JOÃO DO PIAUI | 6,3 | 6,4 | 5,7 | 5,3 | 4,5 | 4,0 | 4,1 | 5,0 | 5,9 | 6,5 | 6,7 | 6,7 | 664 |
| SÃO R.NONATO | 6,3 | 6,4 | 5,7 | 5,3 | 4,5 | 4,0 | 4,1 | 5,0 | 5,9 | 6,5 | 6,7 | 6,7 | 666 |
| SIMPLÍCIO MENDES | 4,5 | 4,1 | 4,2 | 3,9 | 4,5 | 4,8 | 5,0 | 5,6 | 6,4 | 6,6 | 6,4 | 5,5 | 681 |

353

ESTADO DO CEARÁ

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ACOPIARA | 6.1 | 5.8 | 5.3 | 4.9 | 4.4 | 4.3 | 4.6 | 5.2 | 5.9 | 6.3 | 6.3 | 6.2 | 748 |
| ANTONINA DO NORTE | 6.2 | 5.1 | 4.5 | 4.2 | 4.0 | 4.0 | 4.6 | 5.2 | 5.9 | 6.1 | 6.5 | 6.4 | 1.044 |
| ARAÇOIABA | 6.0 | 5.2 | 4.2 | 4.1 | 3.9 | 4.1 | 4.7 | 5.6 | 6.2 | 6.5 | 6.5 | 6.4 | 1.042 |
| ARARIPE | 5.2 | 4.2 | 3.7 | 3.5 | 3.4 | 3.6 | 3.9 | 4.9 | 5.8 | 6.3 | 6.4 | 6.1 | 592 |
| ASSARÉ | 6.2 | 5.1 | 4.5 | 4.2 | 4.0 | 4.0 | 4.6 | 5.2 | 5.9 | 6.1 | 6.5 | 6.4 | 676 |
| AURORA | 6.0 | 4.9 | 4.3 | 3.8 | 4.0 | 4.0 | 4.6 | 5.2 | 5.9 | 6.2 | 6.4 | 6.4 | 874 |
| BOA VIAGEM | 6.6 | 6.3 | 5.4 | 4.7 | 4.4 | 4.6 | 5.1 | 5.6 | 6.2 | 6.5 | 6.6 | 6.6 | 699 |
| CAMPO SALES | 5.2 | 4.2 | 3.7 | 3.5 | 3.4 | 3.6 | 3.8 | 4.8 | 5.8 | 6.3 | 6.4 | 6.1 | 684 |
| CANINDÉ | 6.2 | 5.7 | 4.8 | 4.3 | 4.1 | 4.4 | 5.0 | 5.6 | 6.2 | 6.5 | 6.5 | 6.3 | 755 |
| CARIDADE | 6.2 | 5.7 | 4.8 | 4.3 | 4.1 | 4.4 | 5.0 | 5.6 | 6.2 | 6.5 | 6.5 | 6.3 | 814 |
| CATARINA | 5.8 | 5.5 | 5.1 | 4.7 | 4.2 | 4.1 | 4.3 | 4.9 | 5.8 | 6.0 | 6.0 | 5.9 | 1.277 |
| CEDRO | 6.2 | 5.8 | 5.4 | 5.0 | 4.5 | 4.4 | 4.6 | 5.2 | 5.9 | 6.3 | 6.3 | 6.2 | 803 |
| CACOCI | 6.4 | 5.3 | 4.2 | 3.9 | 3.9 | 4.4 | 4.7 | 5.5 | 6.1 | 6.5 | 6.7 | 6.5 | 590 |
| CRATEÚS | 6.4 | 5.3 | 4.2 | 3.9 | 3.9 | 4.4 | 4.8 | 5.5 | 6.1 | 6.5 | 6.7 | 6.5 | 706 |
| GENERAL SAMPAIO | 6.2 | 6.7 | 4.8 | 4.3 | 4.1 | 4.4 | 5.0 | 5.6 | 6.2 | 6.5 | 6.5 | 6.3 | 722 |
| ICÓ | 6.6 | 5.7 | 4.7 | 4.2 | 4.1 | 4.3 | 4.9 | 5.5 | 6.2 | 6.6 | 6.8 | 6.7 | 719 |
| IGUATU | 6.6 | 5.7 | 4.7 | 4.2 | 4.1 | 4.3 | 4.9 | 5.5 | 6.2 | 6.6 | 6.8 | 6.7 | 767 |
| INDEPENDÊNCIA | 6.4 | 5.3 | 4.2 | 3.9 | 3.9 | 4.4 | 4.7 | 5.5 | 6.2 | 6.5 | 6.7 | 6.5 | 607 |
| IPUEIRAS | 6.4 | 5.4 | 4.2 | 3.9 | 3.9 | 4.4 | 5.7 | 5.1 | 6.1 | 6.5 | 6.7 | 6.5 | 913 |
| IRACEMA | 3.6 | 5.7 | 4.7 | 4.2 | 4.1 | 4.2 | 4.6 | 5.3 | 6.1 | 6.5 | 6.6 | 6.5 | 722 |
| IRAUÇUBA | 6.0 | 5.2 | 4.2 | 4.1 | 3.9 | 4.1 | 4.7 | 5.6 | 6.2 | 6.5 | 6.5 | 6.3 | 529 |
| ITAPIPOCA | 5.1 | 4.7 | 4.3 | 3.9 | 3.8 | 3.9 | 4.3 | 4.9 | 5.3 | 5.6 | 5.5 | 5.3 | 1.105 |
| ITATIRA | 6.1 | 5.8 | 5.3 | 4.9 | 4.4 | 4.3 | 4.6 | 5.2 | 5.9 | 6.3 | 6.3 | 6.2 | 805 |
| JAGUARIBE | 6.2 | 5.3 | 4.5 | 4.3 | 4.0 | 4.0 | 4.2 | 4.9 | 5.8 | 5.9 | 6.6 | 6.4 | 648 |
| JAGUARUANA | 5.6 | 5.2 | 4.2 | 3.7 | 4.3 | 4.0 | 4.3 | 5.4 | 5.9 | 5.9 | 5.9 | 6.1 | 233 |
| JARDIM | 6.1 | 5.8 | 5.3 | 4.9 | 4.4 | 4.3 | 4.6 | 5.2 | 5.9 | 6.3 | 6.3 | 6.2 | 657 |
| MASSAPÉ | 5.9 | 5.1 | 4.2 | 3.9 | 3.9 | 4.3 | 4.9 | 5.6 | 6.3 | 6.5 | 6.4 | 6.2 | 972 |
| MILAGRES | 6.0 | 4.9 | 4.3 | 3.8 | 4.0 | 4.0 | 4.6 | 5.2 | 5.9 | 6.2 | 6.4 | 6.4 | 929 |
| MOCAMBO | 5.9 | 5.1 | 4.2 | 4.0 | 4.0 | 4.3 | 4.9 | 5.6 | 6.3 | 6.6 | 6.5 | 6.4 | 1.087 |
| MOMBAÇA | 6.3 | 5.4 | 4.7 | 4.5 | 4.0 | 4.0 | 4.5 | 5.1 | 5.8 | 6.0 | 6.5 | 6.4 | 822 |
| MONSENHOR TABOLA | 6.5 | 5.8 | 4.8 | 5.3 | 4.1 | 4.5 | 4.9 | 5.6 | 6.2 | 6.5 | 6.6 | 6.6 | 642 |
| MORADA NOVA | 6.0 | 5.3 | 4.3 | 4.2 | 3.9 | 3.9 | 4.6 | 5.5 | 6.1 | 6.5 | 6.5 | 6.5 | 744 |
| PALHANO | 5.6 | 5.2 | 4.2 | 3.7 | 4.3 | 4.0 | 4.3 | 5.6 | 5.9 | 5.9 | 5.9 | 6.1 | 649 |
| SANTA QUITÉRIA | 6.1 | 5.2 | 4.2 | 3.9 | 3.9 | 4.3 | 4.8 | 5.6 | 6.2 | 6.5 | 6.6 | 6.3 | 777 |
| S.JOÃO DO JAGUARIBE | 6.1 | 5.3 | 4.3 | 4.2 | 3.9 | 3.9 | 4.6 | 5.5 | 6.1 | 6.5 | 6.5 | 6.5 | 689 |
| SENADOR POMPEU | 6.3 | 5.4 | 4.7 | 4.5 | 4.0 | 4.0 | 4.5 | 5.2 | 5.8 | 6.0 | 6.5 | 6.4 | 720 |
| TAUÁ | 6.3 | 5.4 | 4.7 | 4.5 | 4.0 | 4.0 | 4.5 | 5.2 | 5.8 | 6.0 | 6.5 | 6.4 | 615 |
| VIÇOSA DO CEARÁ | 4.5 | 3.9 | 3.2 | 3.0 | 3.0 | 3.3 | 3.7 | 4.3 | 4.8 | 5.0 | 4.9 | 4.7 | 1.318 |

ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ACARI | 5.7 | 5.5 | 4.2 | 4.1 | 3.7 | 3.9 | 3.9 | 4.6 | 3.6 | 6.0 | 6.4 | 6.2 | 501 |
| AÇU | 6.0 | 5.5 | 4.7 | 4.2 | 4.1 | 4.2 | 4.4 | 4.4 | 5.8 | 5.7 | 5.8 | 5.7 | 551 |
| AFONSO BEZERRA | 5.7 | 5.5 | 4.8 | 4.1 | 3.8 | 3.8 | 4.3 | 4.6 | 5.5 | 5.8 | 6.4 | 5.8 | 484 |
| ALEXANDRIA | 6.2 | 5.5 | 4.5 | 4.2 | 4.0 | 4.1 | 4.4 | 5.2 | 5.6 | 6.2 | 6.4 | 6.3 | 756 |
| ANGICOS | 5.8 | 5.5 | 4.7 | 4.1 | 3.9 | 4.0 | 4.1 | 5.2 | 5.9 | 5.3 | 5.8 | 5.9 | 524 |
| APODI | 6.0 | 5.6 | 4.7 | 4.1 | 4.0 | 4.1 | 4.4 | 5.2 | 6.1 | 6.4 | 6.5 | 6.3 | 776 |
| AUGUSTO SEVERO | 6.1 | 5.6 | 4.7 | 4.2 | 4.0 | 4.1 | 4.3 | 5.2 | 6.0 | 6.3 | 6.4 | 6.4 | 741 |
| CAICÓ | 5.7 | 5.5 | 4.5 | 4.1 | 3.7 | 3.9 | 3.9 | 4.6 | 5.4 | 6.0 | 6.0 | 6.2 | 630 |
| CRUZETA | 5.7 | 5.5 | 4.5 | 4.1 | 3.7 | 3.9 | 3.9 | 4.6 | 5.4 | 6.0 | 6.0 | 6.2 | 537 |
| CURRAIS NOVOS | 6.0 | 5.6 | 4.6 | 4.2 | 3.8 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 5.7 | 6.1 | 6.2 | 6.3 | 395 |
| EQUADOR | 5.3 | 5.1 | 4.2 | 3.8 | 3.4 | 3.6 | 3.6 | 4.2 | 5.0 | 5.6 | 5.6 | 5.7 | 387 |
| GOV.DIX-SEPT ROSADO | 6.0 | 5.6 | 4.7 | 4.1 | 4.0 | 4.1 | 4.4 | 5.2 | 6.1 | 6.4 | 6.5 | 6.3 | 713 |
| JARDIM DE ANGICOS | 5.1 | 5.1 | 4.5 | 3.8 | 3.4 | 3.3 | 3.8 | 4.6 | 5.4 | 5.2 | 5.9 | 6.0 | 510 |
| JARDIM DO SERIDÓ | 5.7 | 5.5 | 4.5 | 4.1 | 3.7 | 3.9 | 3.9 | 4.6 | 5.4 | 6.0 | 6.0 | 6.2 | 532 |
| JURUCUTU | 6.2 | 5.7 | 4.6 | 6.0 | 3.9 | 4.0 | 4.1 | 5.0 | 3.9 | 6.2 | 5.4 | 6.2 | 975 |
| MOSSORÓ | 5.8 | 5.6 | 5.2 | 4.4 | 3.8 | 3.5 | 3.5 | 4.1 | 5.0 | 5.8 | 6.0 | 6.0 | 619 |
| PATU | 6.2 | 5.5 | 4.5 | 4.2 | 4.0 | 4.1 | 4.4 | 5.2 | 5.6 | 6.2 | 6.4 | 6.3 | 846 |
| PAU DOS FERROS | 6.2 | 5.7 | 4.8 | 4.3 | 3.9 | 4.0 | 4.2 | 5.1 | 5.9 | 6.2 | 6.4 | 6.4 | 710 |
| PEDRA AVELINO | 5.5 | 5.3 | 4.6 | 4.0 | 3.7 | 3.7 | 3.8 | 4.5 | 3.3 | 5.6 | 5.6 | 5.7 | 414 |
| SANTA CRUZ | 5.3 | 5.2 | 4.5 | 3.9 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 7.3 | 4.9 | 3.7 | 5.3 | 5.5 | 490 |
| SANTANA DO MATOS | 5.8 | 5.5 | 4.7 | 4.1 | 3.9 | 4.0 | 4.1 | 4.8 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 5.9 | 718 |
| S.PAULO DO POTENGI | 5.9 | 5.8 | 5.3 | 4.5 | 4.0 | 3.7 | 3.6 | 4.3 | 5.2 | 5.6 | 5.4 | 5.8 | 552 |
| SÃO TOMÉ | 5.9 | 5.8 | 5.0 | 4.3 | 3.9 | 3.9 | 3.9 | 4.6 | 5.4 | 5.9 | 5.9 | 6.2 | 402 |
| S. NEGRA DO NORTE | 5.7 | 5.5 | 4.4 | 4.1 | 3.7 | 3.9 | 3.9 | 4.6 | 5.4 | 6.0 | 6.0 | 6.2 | 701 |

353

ESTADO DA PARAÍBA

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ARARUNA | 5.2 | 5.1 | 4.5 | 3.8 | 2.9 | 2.5 | 2.6 | 3.2 | 4.2 | 4.9 | 5.2 | 5.2 | 850 |
| AREIA | 4.0 | 3.8 | 3.4 | 3.8 | 2.2 | 1.9 | 2.0 | 2.4 | 3.1 | 3.8 | 4.0 | 4.0 | 1.309 |
| BANANEIRAS | 5.1 | 5.0 | 4.7 | 4.0 | 3.3 | 2.9 | 2.9 | 3.3 | 4.1 | 4.8 | 5.0 | 5.1 | 1.173 |
| BARRA DE STA.ROSA | 5.7 | 5.5 | 4.4 | 4.1 | 3.7 | 3.9 | 3.9 | 4.6 | 5.4 | 6.0 | 6.0 | 6.2 | 327 |
| BREJO DO CRUZ | 6.2 | 5.5 | 4.5 | 4.2 | 4.0 | 4.1 | 4.4 | 5.2 | 5.6 | 6.2 | 6.4 | 6.3 | 813 |
| CAJAZEIRAS | 5.5 | 5.7 | 5.2 | 4.7 | 3.8 | 3.6 | 3.5 | 4.2 | 4.6 | 3.2 | 5.6 | 5.7 | 286 |
| CAMPINA GRANDE | 5.2 | 5.1 | 4.5 | 3.8 | 2.9 | 2.5 | 2.6 | 3.2 | 4.2 | 4.9 | 5.2 | 5.2 | 775 |
| CATOLÉ DA ROCHA | 6.2 | 5.5 | 4.5 | 4.2 | 4.0 | 4.1 | 4.4 | 5.2 | 5.6 | 6.2 | 6.2 | 6.3 | 881 |
| CONCEIÇÃO | 6.3 | 5.4 | 4.3 | 4.3 | 4.0 | 4.0 | 4.4 | 5.3 | 6.0 | 6.4 | 6.5 | 6.6 | 911 |
| CONDADO | 6.2 | 5.5 | 4.5 | 4.2 | 4.0 | 4.1 | 4.4 | 5.2 | 5.6 | 6.2 | 6.4 | 6.3 | 866 |
| CUREMAS | 6.3 | 5.4 | 4.3 | 4.3 | 4.0 | 4.0 | 4.4 | 5.3 | 6.0 | 6.4 | 6.5 | 6.6 | 821 |
| GUARABIRA | 5.1 | 5.0 | 4.5 | 4.0 | 3.4 | 2.9 | 3.3 | 4.1 | 4.8 | 5.0 | 5.1 | | 1.239 |
| ITABAIANA | 5.5 | 5.3 | 4.9 | 4.1 | 3.4 | 2.9 | 3.0 | 3.5 | 4.3 | 5.1 | 5.4 | 5.4 | 765 |
| ITAPORANGA | 6.3 | 5.4 | 4.3 | 4.3 | 4.0 | 4.0 | 4.4 | 5.3 | 6.0 | 6.4 | 6.5 | 6.6 | 837 |
| MONTEIRO | 5.6 | 4.8 | 3.8 | 3.8 | 3.5 | 3.6 | 3.9 | 4.7 | 5.3 | 5.7 | 5.8 | 5.9 | 594 |
| OLHO D'ÁGUA | 6.3 | 5.4 | 4.3 | 4.3 | 4.0 | 4.5 | 4.4 | 5.3 | 6.0 | 6.4 | 6.5 | 6.6 | 1.133 |
| PATOS | 6.2 | 5.5 | 4.4 | 4.2 | 4.0 | 4.1 | 4.4 | 5.3 | 5.8 | 6.3 | 6.5 | 6.5 | 804 |
| PIANCÓ | 6.3 | 5.4 | 4.4 | 4.3 | 4.0 | 4.0 | 4.4 | 5.3 | 6.0 | 6.4 | 6.5 | 6.6 | 764 |
| PICUÍ | 5.7 | 5.0 | 4.4 | 4.1 | 3.7 | 3.9 | 3.9 | 4.6 | 5.4 | 5.4 | 6.0 | 6.2 | 324 |
| POMBAL | 6.2 | 5.5 | 4.4 | 4.3 | 4.0 | 4.1 | 4.4 | 5.3 | 5.8 | 6.3 | 6.5 | 6.5 | 702 |
| PRINCESA ISABEL | 5.6 | 4.8 | 3.8 | 3.8 | 3.5 | 3.6 | 3.9 | 4.7 | 5.3 | 5.7 | 5.8 | 5.9 | 792 |
| SANTA LUZIA | 5.7 | 5.5 | 4.4 | 4.1 | 3.7 | 3.9 | 3.9 | 4.6 | 5.4 | 6.0 | 6.1 | 6.2 | 509 |
| SÃO GONÇALO | 6.3 | 5.4 | 4.3 | 4.3 | 4.0 | 4.0 | 4.4 | 5.3 | 6.0 | 6.4 | 6.5 | 6.6 | 806 |
| S. JOÃO DO CARIRI | 6.7 | 6.4 | 5.8 | 4.8 | 3.8 | 3.2 | 3.4 | 4.2 | 5.3 | 6.2 | 6.6 | 6.6 | 387 |
| S.JOÃO DO TIGRE | 5.7 | 5.6 | 5.0 | 3.9 | 3.1 | 2.6 | 2.8 | 3.5 | 4.5 | 5.8 | 6.2 | 6.2 | 432 |
| S.JOSÉ DE PIRNHAS | 6.2 | 5.2 | 4.3 | 4.1 | 4.0 | 4.0 | 4.5 | 5.2 | 6.0 | 6.2 | 6.5 | 5.5 | 924 |
| SOLEDADE | 5.6 | 5.4 | 4.9 | 4.1 | 3.1 | 2.7 | 2.8 | 3.4 | 4.3 | 5.6 | 5.6 | 5.5 | 365 |
| SOUZA | 6.3 | 5.4 | 4.3 | 4.3 | 4.0 | 4.0 | 4.4 | 5.3 | 6.0 | 6.4 | 6.5 | 6.6 | 727 |
| SUMÉ | 5.6 | 4.8 | 3.8 | 3.8 | 3.5 | 3.6 | 3.9 | 4.7 | 5.3 | 5.7 | 5.8 | 5.9 | 498 |
| TAPEROÁ | 6.3 | 6.1 | 5.4 | 4.6 | 3.5 | 3.0 | 3.1 | 3.8 | 5.0 | 5.9 | 6.2 | 6.2 | 540 |
| TEIXEIRA | 5.2 | 5.1 | 4.5 | 3.8 | 2.9 | 2.5 | 2.6 | 3.2 | 4.2 | 4.9 | 5.2 | 5.2 | 689 |

ESTADO DE PERNAMBUCO

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AFOG DA INGAZEIRA | 6.6 | 6.6 | 5.3 | 4.6 | 3.8 | 3.4 | 3.6 | 3.8 | 5.4 | 6.4 | 7.0 | 7.0 | 555 |
| ARARIPINA | 5.2 | 4.2 | 3.7 | 3.5 | 3.4 | 3.6 | 3.9 | 4.9 | 5.8 | 6.3 | 6.4 | 6.1 | 620 |
| BELÉM S.FRANCISCO | 6.6 | 6.4 | 5.7 | 5.2 | 4.4 | 3.9 | 3.9 | 5.0 | 5.9 | 6.0 | 6.9 | 6.5 | 416 |
| BETÂNIA | 6.4 | 6.2 | 5.3 | 4.5 | 3.9 | 3.4 | 3.5 | 4.5 | 5.5 | 6.3 | 6.6 | 6.6 | 498 |
| BOM CONSELHO | 5.6 | 5.6 | 5.0 | 3.9 | 2.9 | 2.2 | 2.3 | 2.5 | 3.4 | 4.8 | 5.6 | 5.4 | 459 |
| BOM JARDIM | 5.2 | 5.1 | 4.6 | 4.0 | 3.3 | 3.0 | 3.0 | 3.5 | 4.1 | 4.7 | 5.1 | 5.2 | 2.180 |
| BREJO DA M.DEUS | 5.3 | 5.3 | 4.7 | 4.0 | 3.1 | 2.6 | 2.6 | 3.2 | 4.1 | 5.1 | 5.5 | 5.6 | 852 |
| BUIQUE | 4.7 | 4.4 | 4.1 | 3.4 | 2.7 | 2.4 | 2.3 | 2.9 | 3.7 | 4.3 | 4.7 | 4.7 | 1.180 |
| CABROBÓ | 6.3 | 6.4 | 5.7 | 5.3 | 4.5 | 4.0 | 4.1 | 5.0 | 5.9 | 6.5 | 6.7 | 6.7 | 468 |
| CARUARU | 5.0 | 5.0 | 4.4 | 3.8 | 3.0 | 2.6 | 2.3 | 3.0 | 3.8 | 4.6 | 5.1 | 5.3 | 509 |
| CUSTÓDIA | 6.6 | 6.3 | 5.5 | 4.7 | 4.1 | 3.5 | 3.6 | 4.6 | 5.6 | 6.4 | 6.7 | 6.7 | 817 |
| EXU | 4.0 | 4.9 | 4.2 | 3.8 | 4.0 | 4.0 | 4.6 | 5.2 | 5.9 | 6.2 | 6.4 | 6.4 | 813 |
| FLORESTA | 6.8 | 6.4 | 5.8 | 5.0 | 4.4 | 3.8 | 3.8 | 4.9 | 5.9 | 6.6 | 7.0 | 6.9 | 455 |
| GRAVATÁ | 6.5 | 6.5 | 5.7 | 4.9 | 3.9 | 3.4 | 3.2 | 3.9 | 4.9 | 6.0 | 6.6 | 6.9 | 410 |
| GARANHUNS | 4.6 | 4.4 | 4.0 | 3.3 | 2.3 | 1.9 | 1.8 | 2.2 | 3.1 | 4.0 | 4.5 | 4.7 | 684 |
| LIMOEIRO | 5.0 | 5.0 | 4.7 | 4.1 | 3.5 | 3.0 | 2.9 | 3.2 | 3.9 | 4.5 | 4.9 | 5.0 | 888 |
| MOXOTÓ | 6.8 | 6.0 | 5.9 | 5.0 | 4.0 | 3.4 | 3.3 | 8.4 | 5.3 | 6.3 | 6.8 | 6.8 | 355 |
| CURICURI | 6.1 | 5.7 | 5.1 | 4.5 | 4.2 | 4.1 | 4.2 | 5.0 | 5.8 | 6.5 | 6.8 | 6.5 | 628 |
| PARNAMIRIM | 6.3 | 6.4 | 5.7 | 5.3 | 4.5 | 4.0 | 4.1 | 5.0 | 6.0 | 6.5 | 6.7 | 6.5 | 609 |
| PESQUEIRA | 5.0 | 5.6 | 5.0 | 4.1 | 3.1 | 2.6 | 2.8 | 3.5 | 4.5 | 5.6 | 6.2 | 6.0 | 638 |
| PETROLÂNDIA | 6.8 | 6.4 | 5.8 | 5.0 | 4.4 | 3.8 | 3.8 | 5.9 | 5.9 | 6.6 | 7.0 | 6.9 | 407 |
| SANTA CRUZ | 5.9 | 5.3 | 4.8 | 4.3 | 4.1 | 4.0 | 4.2 | 5.0 | 5.8 | 6.4 | 6.7 | 6.4 | 654 |
| STª Mª DA B.VISTA | 6.4 | 6.4 | 5.6 | 5.1 | 4.6 | 4.2 | 4.2 | 5.0 | 6.0 | 6.6 | 6.9 | 6.7 | 451 |
| S.BENTO DO UNA | 5.0 | 4.8 | 4.4 | 3.7 | 2.7 | 2.3 | 2.6 | 2.7 | 6.6 | 6.4 | 5.0 | 5.1 | 591 |
| S.J.DO BELMONTE | 6.4 | 6.0 | 5.4 | 4.7 | 4.1 | 3.6 | 3.6 | 4.6 | 5.5 | 6.2 | 6.6 | 6.4 | 536 |
| S.JOSÉ DO EGITO | 6.1 | 5.7 | 4.8 | 3.8 | 3.2 | 2.9 | 3.2 | 4.2 | 5.4 | 6.4 | 6.7 | 6.7 | 429 |
| SERRA TALHADA | 6.4 | 6.0 | 6.1 | 4.7 | 4.1 | 3.6 | 3.6 | 4.6 | 5.5 | 6.2 | 6.6 | 6.4 | 599 |
| SERRITA | 5.9 | 6.0 | 5.3 | 5.0 | 4.3 | 3.8 | 3.8 | 4.7 | 5.5 | 6.2 | 6.3 | 6.3 | 531 |
| SERTÂNIA | 6.0 | 6.0 | 4.8 | 4.0 | 3.4 | 3.1 | 3.3 | 4.1 | 5.1 | 6.0 | 6.3 | 6.3 | 511 |
| SALGUEIRO | 6.3 | 6.4 | 5.7 | 6.3 | 4.5 | 4.0 | 4.1 | 5.0 | 5.7 | 6.5 | 6.7 | 6.7 | 578 |
| SURUBIM | 5.1 | 5.3 | 4.5 | 4.4 | 3.6 | 3.4 | 3.3 | 3.9 | 4.3 | 4.8 | 5.2 | 5.3 | 589 |
| TERRA NOVA | 5.9 | 5.9 | 5.2 | 4.7 | 4.2 | 3.9 | 3.9 | 4.8 | 5.3 | 5.9 | 6.0 | 6.1 | 747 |
| TRIUNFO | 5.5 | 4.4 | 3.9 | 3.1 | 2.3 | 2.8 | 2.4 | 3.5 | 4.7 | 5.7 | 5.7 | 6.3 | 1.132 |

353

ESTADO DE ALAGOAS

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ÁGUA BRANCA | 6.1 | 5.7 | 6.0 | 4.2 | 3.3 | 2.8 | 2.9 | 3.8 | 5.1 | 3.2 | 6.3 | 6.2 | 983 |
| MAJOR ISIDORO | 5.6 | 5.5 | 4.7 | 3.9 | 3.1 | 2.6 | 2.7 | 3.2 | 4.6 | 5.6 | 6.0 | 5.8 | 654 |
| MATA GRANDE | 6.1 | 5.7 | 5.1 | 4.2 | 3.3 | 2.8 | 2.9 | 3.8 | 5.1 | 3.2 | 6.6 | 6.2 | 1.035 |
| PÃO DE AÇUCAR | 6.1 | 5.7 | 5.1 | 4.2 | 3.3 | 2.8 | 2.9 | 3.8 | 5.1 | 3.2 | 6.6 | 6.2 | 603 |
| PIRANHAS | 6.1 | 5.7 | 5.1 | 4.2 | 3.3 | 2.8 | 2.9 | 3.8 | 5.1 | 3.2 | 6.3 | 6.2 | 485 |
| POÇO DAS TRINCHEIRAS | 6.1 | 5.7 | 5.1 | 3.9 | 3.3 | 2.8 | 2.9 | 3.8 | 5.1 | 3.2 | 6.3 | 6.2 | 373 |
| P.REAL DO COLÉGIO | 5.8 | 5.8 | 5.3 | 4.2 | 3.1 | 2.6 | 2.6 | 3.1 | 4.1 | 5.1 | 5.7 | 5.9 | 702 |
| S.DO IPANEMA | 5.6 | 5.5 | 4.7 | 4.0 | 3.1 | 2.6 | 2.7 | 3.2 | 4.3 | 5.6 | 6.0 | 5.8 | 882 |
| TRAIPU | 5.8 | 5.1 | 5.3 | 4.2 | 3.1 | 2.6 | 2.6 | 3.1 | 4.1 | 5.0 | 5.7 | 5.9 | 878 |

ESTADO DE SERGIPE

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AQUIDABA | 5.8 | 5.8 | 5.3 | 4.1 | 3.1 | 2.6 | 2.6 | 3.2 | 4.1 | 5.1 | 5.7 | 5.9 | 874 |
| CANINDÉ DE SÃO FRANCISCO | 6.1 | 5.7 | 5.1 | 4.1 | 3.3 | 2.8 | 2.9 | 3.8 | 5.1 | 6.1 | 6.6 | 6.2 | 473 |
| FREI PAULO | 5.8 | 5.8 | 5.3 | 4.2 | 3.1 | 2.6 | 2.6 | 3.1 | 4.1 | 5.2 | 9.7 | 5.9 | 806 |
| N.S.DA GLÓRIA | 5.8 | 5.8 | 5.3 | 4.2 | 3.1 | 2.6 | 2.6 | 3.1 | 4.1 | 5.2 | 5.7 | 5.9 | 668 |
| N.S.DAS DORES | 5.8 | 5.8 | 5.3 | 4.2 | 3.1 | 2.6 | 2.6 | 3.1 | 4.1 | 5.2 | 5.7 | 5.9 | 1.035 |
| POÇO VERDE | 6.2 | 6.0 | 5.6 | 5.1 | 3.9 | 3.6 | 3.4 | 3.8 | 4.4 | 5.5 | 5.6 | 5.8 | 813 |
| PORTO DA FOLHA | 6.1 | 5.7 | 5.1 | 4.2 | 3.3 | 2.8 | 2.9 | 3.8 | 5.1 | 6.3 | 6.6 | 6.2 | 527 |
| SIMÃO DIAS | 6.2 | 6.0 | 5.6 | 5.1 | 3.9 | 3.6 | 3.4 | 3.8 | 4.4 | 5.5 | 5.6 | 5.8 | 848 |
| TOBIAS BARRETO | 6.2 | 6.0 | 5.6 | 5.1 | 3.9 | 3.6 | 3.4 | 3.8 | 4.4 | 5.5 | 5.6 | 5.8 | 770 |

ESTADO DA BAHIA

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BARRA | 6.3 | 6.0 | 5.4 | 4.9 | 4.6 | 4.2 | 4.2 | 4.9 | 5.9 | 6.7 | 6.8 | 6.1 | 753 |
| BARRA DA ESTIVA | 4.5 | 4.5 | 4.0 | 3.4 | 2.9 | 2.7 | 2.8 | 3.6 | 4.7 | 3.4 | 4.7 | 4.5 | 973 |
| BARREIRAS | 5.0 | 4.4 | 4.1 | 3.6 | 3.5 | 3.5 | 3.9 | 4.5 | 5.6 | 6.4 | 5.6 | 4.9 | 999 |
| BOM JESUS DA LAPA | 5.6 | 5.3 | 4.9 | 4.5 | 4.2 | 4.0 | 4.2 | 4.9 | 5.9 | 6.7 | 6.0 | 6.5 | 815 |
| BONINAL | 4.4 | 4.2 | 3.9 | 3.5 | 3.1 | 3.1 | 2.8 | 3.4 | 4.2 | 4.8 | 4.5 | 4.4 | 571 |
| BRUMADO | 5.6 | 5.5 | 4.9 | 4.1 | 3.6 | 3.3 | 3.5 | 4.5 | 5.8 | 6.5 | 5.8 | 5.5 | 635 |
| CANSANÇÃO | 6.4 | 5.7 | 5.4 | 4.5 | 3.3 | 3.0 | 2.9 | 3.6 | 4.8 | 6.0 | 6.3 | 6.4 | 634 |
| CASA NOVA | 6.7 | 6.1 | 6.0 | 5.3 | 4.8 | 4.5 | 4.5 | 5.1 | 5.9 | 6.6 | 6.9 | 6.7 | 507 |
| CHORROCHÓ | 6.4 | 6.4 | 5.7 | 5.1 | 4.6 | 4.2 | 4.2 | 5.0 | 5.8 | 6.6 | 6.9 | 6.7 | 353 |
| CÍCERO DANTAS | 6.2 | 6.0 | 5.6 | 5.1 | 3.9 | 3.6 | 3.4 | 3.5 | 4.4 | 5.3 | 5.6 | 5.5 | 876 |
| EUCLIDES DA CUNHA | 6.2 | 6.0 | 5.4 | 4.3 | 3.2 | 2.9 | 2.8 | 3.4 | 4.6 | 5.7 | 6.0 | 6.2 | 745 |
| GUANAMBI | 5.8 | 5.7 | 5.1 | 4.3 | 3.7 | 3.4 | 3.6 | 4.6 | 6.1 | 6.8 | 6.1 | 5.7 | 632 |
| IBIPETUBA | 4.7 | 4.5 | 4.1 | 3.8 | 3.5 | 3.5 | 3.8 | 4.6 | 5.6 | 6.2 | 5.4 | 4.8 | 843 |
| IBIQUERRA | 4.7 | 4.5 | 4.1 | 3.8 | 3.5 | 3.5 | 3.8 | 4.6 | 5.6 | 6.2 | 5.4 | 4.8 | 566 |
| IBITIARÁ | 4.4 | 4.2 | 3.9 | 3.6 | 3.4 | 3.2 | 3.3 | 3.9 | 4.7 | 5.3 | 4.8 | 4.4 | 642 |
| IPIRA | 5.0 | 4.9 | 4.4 | 3.9 | 3.2 | 2.6 | 2.6 | 3.4 | 4.3 | 5.0 | 4.9 | 5.1 | 749 |
| IRECÊ | 5.3 | 5.2 | 4.5 | 4.0 | 3.4 | 3.1 | 3.1 | 3.8 | 4.5 | 5.5 | 5.7 | 5.1 | 573 |
| ITABERABA | 4.7 | 4.5 | 4.1 | 3.8 | 3.5 | 3.5 | 3.8 | 4.8 | 5.6 | 6.2 | 5.4 | 4.8 | 718 |
| ITARTÉ | 5.6 | 5.3 | 4.9 | 4.5 | 4.2 | 4.0 | 4.2 | 4.9 | 5.9 | 6.7 | 6.0 | 5.5 | 732 |
| ITAPICURU | 6.2 | 6.1 | 5.5 | 4.7 | 3.6 | 3.2 | 3.1 | 3.6 | 4.4 | 5.3 | 5.7 | 6.0 | 708 |
| JACOBINA | 5.9 | 5.8 | 5.2 | 4.2 | 3.2 | 2.9 | 2.9 | 3.6 | 4.7 | 5.7 | 5.9 | 5.9 | 842 |
| JEQUIÉ | 5.3 | 5.3 | 4.9 | 3.6 | 3.0 | 2.3 | 2.2 | 3.1 | 4.1 | 4.8 | 5.3 | 5.4 | 688 |
| JEREMOABO | 6.1 | 6.5 | 5.1 | 4.2 | 3.3 | 2.8 | 2.9 | 3.8 | 5.1 | 6.1 | 6.6 | 6.2 | 641 |
| JUAZEIRO | 6.6 | 6.4 | 5.8 | 5.0 | 4.7 | 4.4 | 4.4 | 5.0 | 5.8 | 6,6 | 7,0 | 6,6 | 435 |
| MACAJUBA | 6,3 | 6,2 | 5,6 | 4,9 | 4,1 | 3,3 | 3,3 | 4,3 | 5,4 | 6,3 | 6,2 | 6,5 | 728 |
| MONTE SANTO | 6,2 | 6,0 | 5,4 | 4,3 | 3,2 | 2,9 | 2,8 | 3,4 | 4,6 | 5,7 | 6,0 | 6,2 | 653 |
| MORRO DO CHAPÉU | 4,3 | 4,3 | 3,9 | 3,0 | 2,2 | 1,9 | 2,0 | 2,7 | 3,8 | 4,5 | 4,5 | 4,1 | 726 |
| MUNDO NOVO | 5,8 | 5,6 | 5,1 | 4,3 | 3,4 | 3,0 | 2,9 | 3,7 | 4,7 | 5,7 | 5,7 | 5,8 | 952 |
| OLIV.DOS BREJ. | 5,9 | 5,7 | 5,0 | 4,4 | 3,7 | 3,4 | 3,4 | 4,2 | 5,4 | 6,2 | 6,3 | 5,6 | 854 |
| PARAMIRIM | 6,2 | 6,0 | 5,0 | 4,1 | 3,4 | 3,3 | 3,3 | 4,0 | 4,9 | 5,5 | 5,3 | 4,9 | 707 |
| RIBEIRA DO POMBAL | 6,3 | 6,1 | 5,6 | 4,8 | 3,6 | 3,3 | 3,2 | 3,7 | 4,5 | 5,6 | 6,3 | 6,1 | 544 |
| S.DO BONFIM | 3,5 | 6,2 | 5,5 | 4,5 | 3,5 | 3,1 | 3,1 | 3,9 | 5,1 | 6,1 | 5,2 | 6,3 | 811 |
| SERRINHA | 5,3 | 4,7 | 4,2 | 3,4 | 2,5 | 2,2 | 2,3 | 2,8 | 3,7 | 4,7 | 5,0 | 5,0 | 868 |
| UAUÁ | 6,1 | 5,8 | 5,3 | 4,4 | 3,7 | 3,4 | 3,4 | 4,0 | 4,9 | 5,8 | 6,1 | 6,1 | 481 |
| V.DA CONQUISTA | 4,7 | 4,6 | 4,1 | 3,5 | 3,0 | 2,8 | 3,0 | 3,8 | 4,9 | 5,9 | 4,9 | 4,8 | 617 |
| XIQUEXIQUE | 6,3 | 6,0 | 5,4 | 4,9 | 4,6 | 4,2 | 4,2 | 4,9 | 5,9 | 6,7 | 6,8 | 6,1 | 621 |

## 4.2 Dados de evaporação do tanque classe A

A tabela seguinte fornece os valores mensais médios da evaporação do tanque classe A para alguns Municípios. Estes valores são utilizados para calcular a evaporação do açude (EVA) e seu rebaixamento (ver item B5-2).

**354**

| Município | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | TOT. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PATOS(PB) | 319 | 254 | 236 | 203 | 219 | 221 | 247 | 298 | 316 | 354 | 337 | 331 | 3334 |
| CRUZETA(RN) | 316 | 257 | 233 | 211 | 193 | 209 | 242 | 289 | 314 | 354 | 340 | 341 | 3299 |
| PETROLINA(PE) | 270 | 243 | 224 | 203 | 223 | 217 | 242 | 268 | 299 | 337 | 311 | 314 | 3151 |
| OURICURI(PE) | 229 | 191 | 190 | 169 | 163 | 184 | 205 | 261 | 308 | 314 | 312 | 270 | 2796 |
| IRECÊ(BA) | 227 | 223 | 212 | 187 | 200 | 197 | 223 | 261 | 293 | 304 | 282 | 249 | 2858 |
| BARBALHA(CE) | 218 | 175 | 174 | 174 | 186 | 186 | 218 | 271 | 288 | 281 | 275 | 258 | 2704 |
| SUMÉ(PB) | 289 | 231 | 234 | 220 | 192 | 167 | 188 | 228 | 254 | 291 | 300 | 298 | 2892 |
| TAUÁ(CE) | 266 | 235 | 236 | 314 | 208 | 220 | 252 | 277 | 296 | 326 | 306 | 311 | 3146 |
| FLORÂNIA(RN) | 267 | 217 | 208 | 181 | 179 | 181 | 210 | 267 | 287 | 306 | 293 | 287 | 2884 |
| CAICÓ(RN) | 300 | 232 | 234 | 205 | 213 | 211 | 240 | 266 | 314 | 326 | 314 | 328 | 3182 |
| SOUZA(RN) | 268 | 203 | 194 | 173 | 178 | 185 | 218 | 267 | 294 | 317 | 314 | 326 | 2936 |

## 4.3 Mapa de isoietas

A escala do mapa de isoietas homogeneizadas do Nordeste publicado pela SUDENE é de 1/1.000.000. Encontra-se no fim desse manual uma redução deste mapa, com escala aproximativa de 1:5.000.000, que somente será utilizada quando não se dispuser da primeira.

Atenção:

- O intervalo inter-isoieta do mapa anexo pode variar de 50 mm (sertão) a 200 mm (costa).
- Determina-se a situação do local no mapa a partir das cidades indicadas e da quadriculação.
- Calcula-se a pluviometria (P) por interpolação, como indicado no exemplo do Anexo 9.
- Quando as condições locais são excepcionais e não aparecem no mapa, devido a sua escala (pé de serra, por exemplo), verificar se se dispõe de uma informação pluviométrica local complementar à da rede da SUDENE.

# Anexo 5:
# Piscicultura

## 5.1 Principais estações de piscicultura do Nordeste

A figura 125 do item B4 mostra a repartição geográfica das principais estações de piscicultura do Nordeste. Fornecemos a seguir algumas informações suplementares a fim de facilitar o contato com essas estações.

**Tabela 355:**

| N° | Órgão | Estação | Município |
|---|---|---|---|
| *1* | *DNOCS* | *Jacurici* | *Itiúba (BA)* |
| *2* | *DNOCS* | *Bastos Tigre* | *Ibimirim (PE)* |
| *3* | *DNOCS* | *Estevão de Oliveira* | *Caicó (RN)* |
| *4* | *DNOCS* | *Pedro de Azevedo* | *Icó (CE)* |
| *5* | *DNOCS* | *Valdemar C.de França* | *Maranguape* |
| *6* | *DNOCS* | *Adhemar Braga* | *Piripiri* |
| *7* | *DNOCS* | *Centro Pesq.Ictiolog.* | *Pentecoste (CE)* |
| *8* | *CODEVASF* | *Gurutuba* | *Porteirinha/Janaúba(MG)* |
| *9* | *CODEVASF* | *Ceraima* | *Guanambi (MG)* |
| *10* | *CODEVASF* | *Bebedouro* | *Petrolina (PE)* |
| *11* | *CODEVASF* | *Betume* | *Neópolis (SE)* |
| *12* | *CODEVASF* | *Baixo São Francisco* | *P. R. do Colégio (AL)* |
| *13* | *DNOS* | *Pinheiros* | *Pinheiros (MA)* |
| *14* | *IBAMA* | *Paulo Vegas (Suape)* | *Cabo (PE)* |
| *15* | *IBAMA* | *Solonci Moura* | *Pacatuba (SE)* |
| *16* | *IBAMA* | | *Bananeiras (PB)* |
| *17* | *IBAMA* | | *Jequié (BA)* |
| *18* | *CHESF* | *Paulo Afonso* | *Paulo Afonso (BA)* |
| *19* | *IPA* | *Unid.Exec.Pesq.* | *Serra Talhada (PE)* |
| *20* | *IPA* | *Unid.Exec. Pesq.* | *Ipojuca (PE)* |
| *21* | *BAHIAPESCA* | *Pedra do Cavalo* | *Cachoeira (BA)* |
| *22* | *BAHIAPESCA* | *Joanes II* | *Camaçari (BA)* |

continua na pág. seguinte

| N° | Órgão | Estação | Município |
|---|---|---|---|
| *continuação da pág. anterior* | | | |
| *23* | *BAHIAPESCA* | *Almada* | *Uruçuca (BA)* |
| *24* | *BAHIAPESCA* | *Porto Novo* | *Boa Vista do Tupim (BA)* |
| *25* | *BAHIAPESCA* | *Santana* | *Santana (BA)* |
| *26* | *BAHIAPESCA* | *Itapicuru* | *Caldas do Cipó (BA)* |
| *27* | *Gov.Estado* | *Itaporanga* | *Itaporanga (PB)* |
| *28* | *Sec.Agr.PI* | *Nazária* | *Teresina (PI)* |
| *29* | *Gov.Ceará* | *Inhamuns* | *Tauá (CE)* |
| *30* | *Gov.Ceará* | *Cariri* | *Barbalha (CE)* |
| *31* | *Gov.Ceará* | *Quixeramobim* | *Quixadá (CE)* |
| *32* | *UFCE* | *Universidade* | *Fortaleza (CE)* |
| *33* | *UFRPE* | *Universidade* | *Recife (PE)* |
| *34* | *DPA* | *Cordeiro* | *Recife (PE)* |
| *35* | *PRIVADA* | *Divina Pastora* | *Igreja Nova (AL)* |
| *36* | *PRIVADA* | *Jundiaí* | *Propriá (SE)* |

**1.**
*Estação de Piscicultura de Jacurici*
*Açude Público Jacurici*
*48.850 - Itiúba, BA*

**2.**
*Estação de Piscicultura Bastos Tigre*
*Açude Público Eng° Francisco Sabóia*
*56.580 - Ibimirim, PE*

**3.**
*Estação de Piscicultura Estevão de Oliveira*
*Açude Público Itans*
*59.300 - Caicó, RN*
*Telefone: (084) 421.2033*

**4.**
*Estação de Piscicultura Pedro de Azevedo*
*Açude Público Lima Campo*
*63.430 - Icó, CE*

**5.**
*Estação de Piscicultura*
*Valdemar C. de França*
*Açude Público Amanari*
*61.900 - Maranguape, CE*

**6.**
*Estação de Piscicultura Adhemar Braga*
*Açude Público Caldeirão*
*64.260 - Piripiri, PI*
*Telefone da sede em Fortaleza: (085) 223.5289*

**7.**
*Centro de Pesquisas Ictiológicas Rodolpho von Ihering*
*Açude Público Pereira de Miranda*
*62.640 - Pentecoste, CE*

**8.**
*Estação de Piscicultura do Gorutuba*
*Caixa Postal 58*
*39.440 - Janaúba, MG*
*Fone: (038) 821.1133*

**9.**
*Estação de Piscicultura de Ceraíma*
*Perímetro Irrigado de Ceraíma*
*46.430 - Guanambi, BA - 46.430*
*Telefone: (073) 451.1011*
*(A unidade dista 15 km da cidade de Guanambi-BA)*

**10.**
*Estação de Piscicultura de Bebedouro*
*Perímetro Irrigado de Bebedouro,*
*a 50 km da cidade de Petrolina.*
*56.300 - Petrolina, PE*
*Telefone:*
*(081) 961./0253 - 961.2255*

**11.**
*Estação de Piscicultura de Betume*
*Perímetro Irrigado de Betume,*
*Município de Ilha das Flores*
*49.640 - Ilha das Flores, SE*
*Telefone:*
*(079) 344.1477 - 322.1401*

**12.**
*Estação de Piscicultura de Itiúba*
*Perímetro Irrigado de Itiúba,*
*a 3 km da cidade de Porto Real do Colégio*
*57.290 - Porto Real do Colégio, AL*
*Telefone: (082) 551.2265*

**13.**
*Estação Pinheiros*
*Pinheiros, MA*
*Telefone: (093) 236.5703*

**14.**
*Estação Paulo Vegas*
*Suape, Cabo, PE*
*Telefone:*
*(081) 224.3655 - 224.0185*

**15.**
*Estação de Piscicultura de Pacatuba*
*Município de Pacatuba,*
*a 144 km de Aracaju, SE*
*(Corresp. para a*
*Superint. Estadual do IBAMA em Sergipe)*
*Av. Rio Branco, 186 - 5° andar*
*49.000 - Aracaju, SE*
*Telefone: (079) 344.1462 (Estação)*
*(079) 222.6060 (Superintendência)*

**16.**
*Estação de Piscicultura de Bananeiras*
*(Correspondência para a Superintendência*
*Estadual do IBAMA na Paraíba):*
*Caixa Postal, 174*
*58.000 - João Pessoa, PB*
*Telefone: (083) 241.1020 - 241.2198*

**17.**
*Estação de Piscicultura de Jequié/BA*
*Caixa Postal 82*
*45.200 - Jequié, BA*
*Telefone: (073) 525.5105*

**19.**
*Unid.Exec.Pesq. Fazenda Saco*
*Serra Talhada, PE*
*Telefone: 831.1226*

**20.**
*Estação de Piscicultura de Ipojuca/PE*
*IBAMA*
*Av. 17 de agosto no 1057, Casa Forte*
*50.000 - Recife, PE*
*Telefone: (081) 268.9857 - 268.7753*

**21.**
*Estação Pedra do Cavalo*
*Cachoeira, BA*
*Telefone: (075) 724.1402*

**22.**
*Estação de Piscicultura Vale do Paraguaçu*
*Riacho dos Poços, Boa Vista do Tupim, BA*

**23.**
*Estação de Piscicultura de Itapicuru (em recuperação)*
*Bury, Caldas do Cipó, BA*

**24.**
*Estação de Piscicultura de Nazária*
*Povoado de Nazária, km 28 da Rodovia*
*Teresina/Palmerais*

**25.**
*Estação de Piscicultura de Itabuna (CEPLAC)*
*BR 415 Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 22*
*Caixa Postal 7*
*45.600 - Itabuna, BA*
*Telefone: (073) 214.3510*

## 5.2 Informações diversas

### ■ Timbó

Para comprar pó de timbó (com 5% de rotenona), informar-se no endereço seguinte:

*BENEFICIADORA DE PRODUTOS DA AMAZÔNIA LTDA, Travessa Magno de Araújo, 473, Belém, Pará. Fone: (091) 222.95.96 TELEX: (091) 1054*

### ■ Calcular a superfície média do açude

Para cálculo do número de alevinos a serem colocados no açude, deve-se estimar uma **superfície média** entre a superfície $S_o$ do açude, no momento do peixamento, e a superfície $S_1$, no início da despesca (3 a 5 meses depois, segundo o tamanho dos alevinos). Calcula-se, para este intervalo de tempo, o rebaixamento EVINF do açude, como indicado no item B5-2.

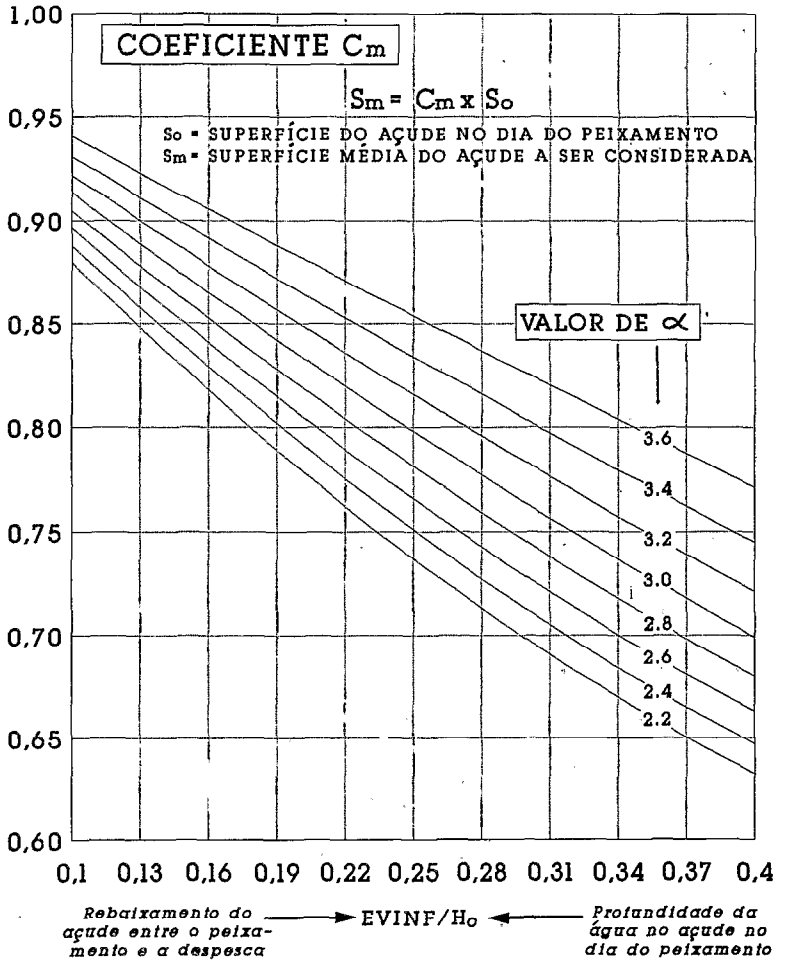
Obtém-se a superfície média do açude por $S_n = C_m.S_o$ onde $C_m$ é um coeficiente multiplicativo de correção favorecida pelo ábaco seguinte em função de ($\alpha$) e de $EVINF/H_1$ ($H_1$ é a profundidade no momento do peixamento). Caso não se conheça o valor do coeficiente de forma ($\alpha$), considerar o valor médio $\alpha = 2.70$.

**Exemplo:** A superfície do açude na hora do peixamento é 1.3 ha e a sua profundidade $H_o$ = 3.20 m. O açude é peixado com alevinos de 5 cm e prevê-se o início da despesca após 100 dias. O rebaixamento estimado EVINF do açude durante este período é de 90 cm. O coeficiente de forma ($\alpha$) do açude vale 2.90. O ábaco fornece o coeficiente de redução $C_m$ = .77, para $EVINF/H_1 = 0.9/3.2 = 2.8$ e $\alpha = 2.90$. Para cálculo do número de alevinos a serem colocados no açude, considera-se a superfície média $S_n = C_m.S_o$ = .77 x 1.3 = 1.00 ha.

## ■ Confecção de puçás

Puçás artesanais podem ser fabricadas como indicado a seguir para transferir alevinos dos recipientes para o açude, ou do viveiro para o açude.

356 *Ábaco Superfície Média*



**357**

*Confecção de Puçás*

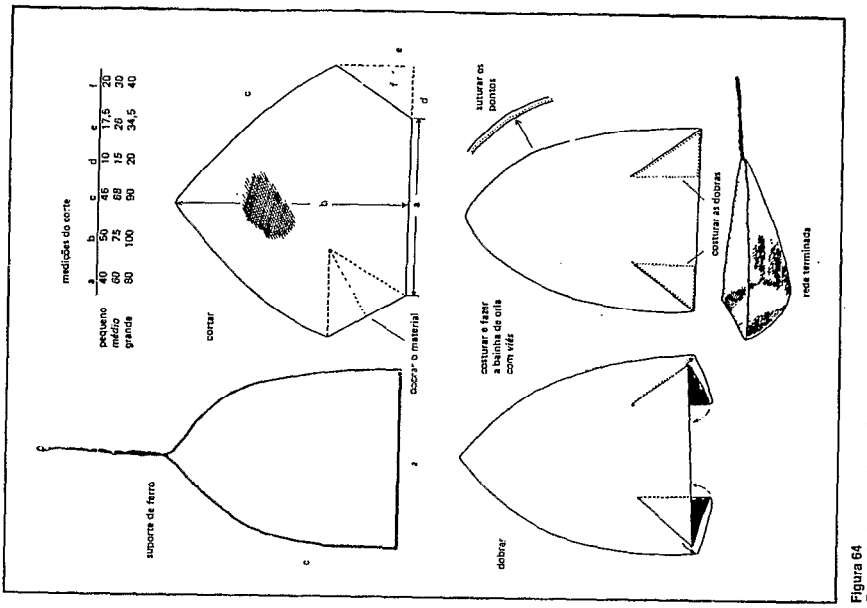



Figura 64
Fabricação de um puçá tipo pá

**358**

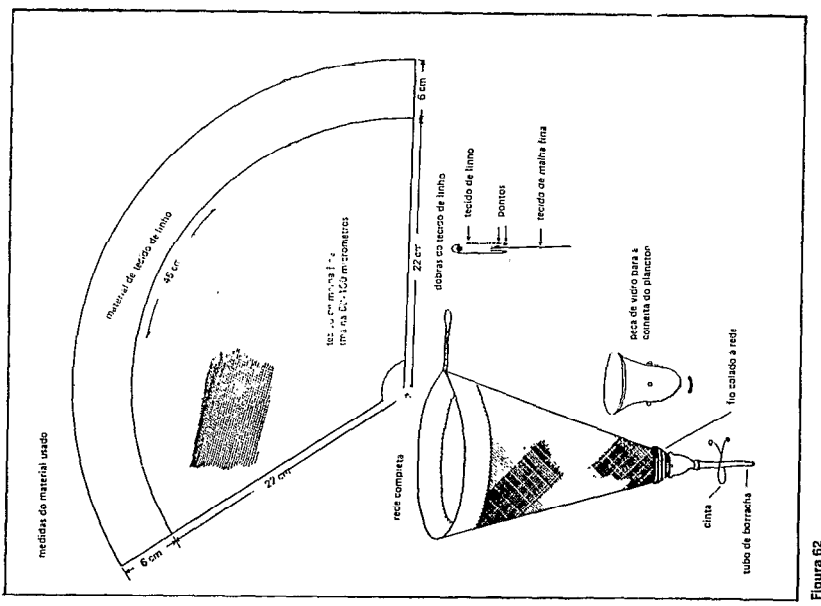



Figura 62
Fabricação de uma rede de plâncton usada nas operações de cultivo em viveiros

# Anexo 6
## Topografia

Um levantamento topográfico torna-se, às vezes, totalmente inaproveitável por falta de algumas informações específicas ou por não cobrir toda a área de interesse do projeto. Embora não seja objetivo deste manual abordar os métodos de levantamento, as observações seguintes poderão **melhorar o aproveitamento dos trabalhos de topografia.**

## Levantamento do boqueirão no local da barragem

O levantamento do perfil do vale no local escolhido para construção do açude é necessário para que se possa avaliar o volume do aterro a ser construído e orçar o projeto (ver exemplo, no Anexo 9).

Em vales não muito largos, este levantamento poderá ser realizado com um simples nível de mangueira (ver descrição mais adiante). O levantamento deve ser feito até uma altura superior à cota provável da crista do futuro açude (limite imposto pela topografia ou pelo capital disponível).

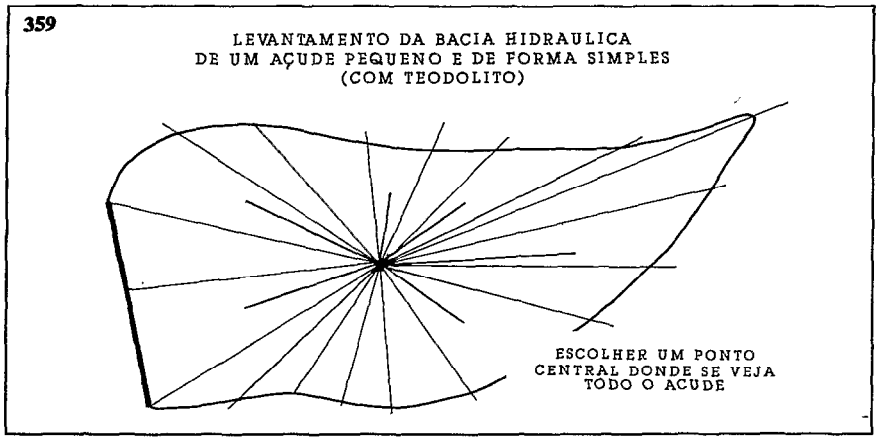
## Levantamento da bacia hidráulica do açude

Todos esses levantamentos devem ser realizados por técnicos em topografia dispondo do material necessário.

### ■ Açudes de pouca extensão

Quando a bacia hidráulica do açude (já existente) ou do futuro açude é de **extensão limitada** (de maior comprimento inferior a 300 m), procura-se um ponto central com **vista para a totalidade** desta bacia (figura 359).

Com o auxílio de um **teodolito**, levanta-se os pontos sucessivos indicados pelo porta-mira. A densidade dos pontos deve ser adequada ao relevo, devendo ser maior para topografias acidentadas.




### ■ Açudes de maior extensão

No caso de um açude maior, não haverá condição de realizar o levantamento a partir de uma única estação. Será necessário definir várias estações sucessivas, escolhidas de maneira a permitir o levantamento de toda a bacia, formando uma **poligonal** ou uma linha segmentada.

Para assegura uma boa qualidade do levantamento, é aconselhável limitar a **distância das visadas em 150 metros.** Isto implica que duas estações sucessivas não deverão estar afastadas em mais de 200-250 metros (figura 360).

Caso a bacia seja recoberta de vegetação densa que impeça o levantamento, abrir picadas e adotar o mesmo procedimento que no caso descrito na ilustração da página seguinte.

### ■ Levantamentos com apenas um nível de topografia

Quando se dispõe apenas de um nível e de uma trena, levanta-se uma **linha mestra** (figura 361), a qual fica materializada por piquetes espaçados de 20 em 20 metros, ou mais para bacias maiores e de relevo regular.

Na altura de cada uma dessas estacas, define-se uma **linha transversal perpendicular** à linha mestra, também materializada com estacas colocadas com espaçamento regular (10 metros em geral, para pequenos açudes).

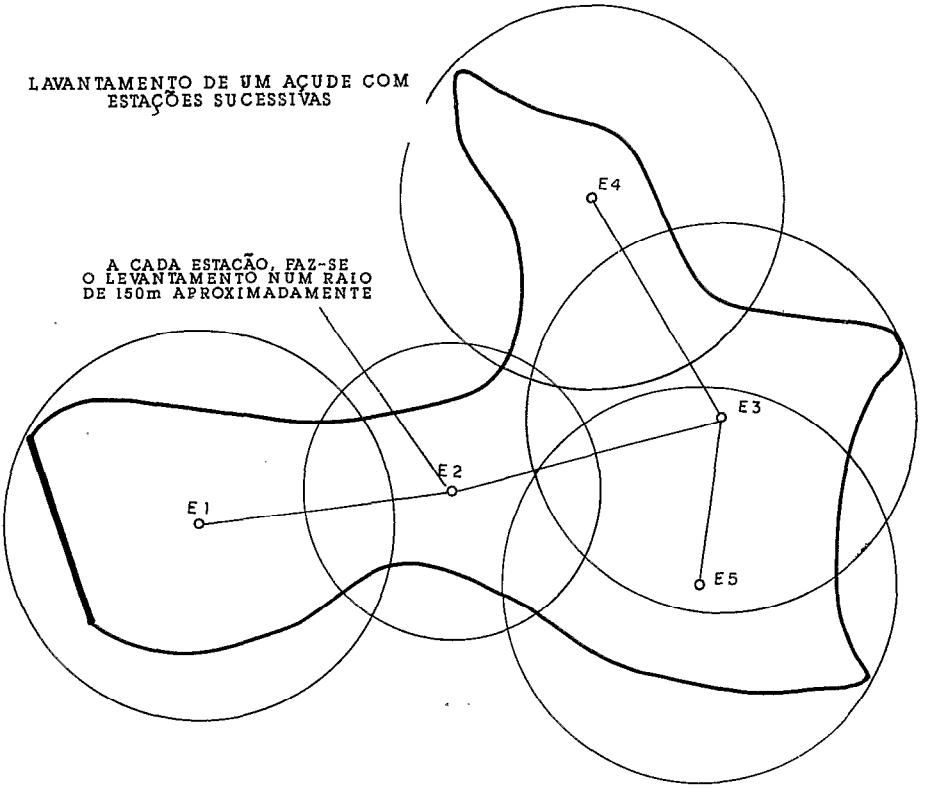
Quando a forma do açude é curva, desloca-se o nível para uma estação intermediária, como mostrado na figura 361. Levanta-se com o nível a cota de todos os pontos marcados pelas estacas.

## Delimitação da bacia hidrográfica (BHD)

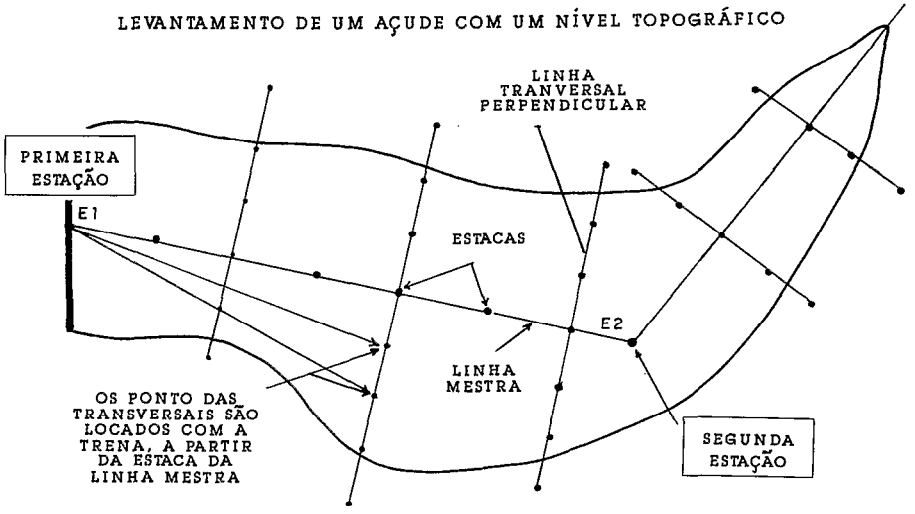
Quando não se dispõe de um mapa da bacia hidrográfica, pode-se determinar, junto aos moradores do local, alguns pontos visíveis e situados no limite da bacia ou próximos a esta (morro, pé de serra, ...).

Com duas visadas, pode-se determinar, por triangulação, a distância desses pontos e desenhar um esboço de mapa que permitirá ter uma estimativa da superfície da bacia.

360 *Levantamento do Açude*




361 *Nível fotográfico*



## Levantamento da área irrigável

O levantamento topográfico da área irrigável constitui um auxílio indispensável para uma boa definição do perímetro irrigado (sobretudo por gravidade) e permite determinar o traçado geral:

- dos sulcos (áreas de topografia regular e homogênea);
- do canal ou do adutor;
- dos drenos.

Ele pode ser realizado como no caso anterior, a partir de uma linha mestra e de várias secções transversais (com nível e trena) ou a partir das posições sucessivas indicadas pelo porta-mira (com teodolito). A forma e a extensão da área determinam o número de estações necessárias.

O porta-mira aumenta o número de pontos a ser levantados quando o terreno se torna mais irregular. **Ele deve fornecer ao topógrafo** indicações que **facilitarão o desenho da planta,** bem como sua **leitura futura no campo:** "fundo de riacho", "beira da calha do riacho", "formigueiro", "depressão", "lajedo", "mandacaru", "canto da cerca", etc...são **exemplos de indicações** que devem acompanhar o levantamento (sendo anotadas na caderneta do topógrafo), a fim de amarrá-lo a **elementos concretos e visíveis** da paisagem.

Para permitir o cálculo da vazão do sifão é indispensável, além do mais, que o ***levantamento do perímetro seja amarrado ao açude*** (ou ao local do futuro barramento). Isto deverá ser feito, em particular, quando a área irrigada for distante do açude: neste caso a melhor maneira de assegurar essa "amarração" é realizar um levantamento completo do percurso do adutor, o qual permitirá, ao mesmo tempo, traçar a linha de pressão e evitar que alguns trechos sejam submetidos à sub-pressão (ver item B5-6). Em todos os casos, escolher um RN seguro, fora da área de construção do açude.

O levantamento da área irrigável deverá ser, na medida do possível, **mais preciso** que o da bacia do açude, sendo necessário traçar curvas de nível com diferença de 25 ou 20 cm apenas (salvo em casos de terrenos declivosos).

## O nível de mangueira

Um nível de mangueira é um instrumento de trabalho muito barato e fácil de ser realizado. A sua precisão é boa para áreas pouco extensas (veja na página seguinte como constituir um nível com duas estacas e duas fitas métricas)

362

## NÍVEL DE CORDÃO

5 metros

1.20

1.40

DESNÍVEL:
1.40 - 1.20 = 20cm
DECLÍVE:
20cm/500cm = 4%

CORDÃO

ARGOLA

O NÍVEL DEVE ESTAR RIGOROSAMENTE. COLOCADO NO MEIO DO CORDÃO

REFORÇAR COM FITA ADESIVA

O FIO É AMARRADO COM TACHINHAS

A ÚLTIMA TACHINHA DEVE ESTAR A MESMA DISTANCIA DA BORDA QUE A DO OUTRO LADO

COMPRIMENTO DE 1.20 A 1.50m

FITA METRO

ESTACA DE MADEIRA

DEVE SER RETA E SE POSSIVEL DE SECÇÃO RETANGULAR PARA PERMITIR COLAR (PREGAR) O METRO COM MAIS FACILIDADE

## NÍVEL DE MANGUEIRA

DESNÍVEL: 1.40 - 1.20 = 20cm
DECLÍVE: 20cm/1000cm = 2%

1.20

1.40m

10m

MANGUEIRA DE PEDREIRO (10 - 20 metros)

FITA METRO

A MANGUEIRA É PRESA PELO ARAME

*Nível de mangueira*

# Anexo 7:
# Pedologia

## 7.1 Características adicionais dos solos

São as características das camadas dos solos que permitem estabelecer distinções entre solos do mesmo tipo (TS). Cada uma dessas características pode proporcionar aumento ou diminuição do $L_{600}$ padrão médio adotado para cada tipo de solo (TS). As principais características são as seguintes:

### Classe textural

Diz respeito às proporções de areia, silte e argila que ocorrem nas camadas do solo. No campo, pode-se identificar a textura do solo, amassando terra na mão com um pouco d'agua. Para efeito de subdivisão dos tipos de solos de acordo com a textura, foram consideradas as seguintes classes, ordenadas por permeabilidade crescente: muito argilosa, argilosa, siltosa, média e arenosa.

**Textura muito argilosa:** Mais de 60% de argila.

**Textura argilosa:** Entre 35% e 60% de argila

**Textura siltosa:** Mais de 50% de silte

**Textura média:** Entre 15 e 35% de argila

**Textura arenosa:** Menos de 15% de argila

**Textura Indiscriminada:** Grande heterogeneidade de textura. Para fins práticos, considerar uma textura média.

## Impedimentos

São camadas encontradas no solo que impedem ou dificultam a infiltração da água:

### □ Plíntico

O termo plíntico é utilizado para indicar a presença de plintita (pode ser identificada às vezes por manchas avermelhadas de consistência dura) no perfil do solo. Isto significa que a drenagem é impedida, favorecendo o escoamento.

### □ Fragipan

O fragipan, compreendendo um ou mais horizontes, é caracterizado por um aspecto maciço, com consistência dura a extremamente dura, não plástico e não pegajoso. Em decorrência destes fatores, a permeabilidade aparenta ser rápida nos horizontes superiores de textura arenosa, mas sofre uma grande redução nos horizontes seguintes, favorecendo o escoamento superficial quando o fragipan se encontra próximo à superfície.

### □ Duripan

O duripan ou "surraipa dura" é um horizonte subsuperficial cimentado a tal ponto que um fragmento seco não se desfaz após prolongada embebição em água.

### □ Encrostamento

É a formação de uma camada fina na superfície do solo. A formação dessa camada decorre do desmatamento de um determinado solo onde os teores de silte são muito elevados. O processo de vedação desta camada utiliza a energia cinética das chuvas. O silte preenche os poros, impedindo a infiltração da água e ocasionando, assim, um maior escoamento superficial.
A presença de um encrostamento deve ser apreciada no campo. Caso isto ocorra, os valores centrais indicados nos tipos de solos deverão ser alterados para um valor de $L_{600}$ padrão superior.

## Outras características

### □ Solódico

Caráter utilizado para tipos de solos tais como: Planossolos, Aluviais, Bruno Não Cálcico, etc. Indica que os solos possuem grande teor de sódio (100.Na+/T entre 6 e 20%, no horizonte subsuperficial B).
O sódio tende a dispersar as argilas, formando um horizonte quase impermeável e proporcionando um escoamento muito alto, principalmente quando este se situa próximo à superfície do solo.

### □ Litólico

Indica que os solos são intermediários para os Solos Litólicos, sendo mais rasos e apresentando um escoamento maior.

### □ Planossólico

Indica que o solo apresenta algumas características próprias do Planossolo, ou seja, uma camada superior arenosa com um horizonte mais profundo impermeável, favorecendo o escoamento.

### ☐ Vértico

Utilizado para indicar que se trata de um solo que possui argilas expansivas, com fendas aparentes (quando seco), característica comum aos Vertissolos.
Nas primeiras chuvas, as fendas dos solos vérticos armazenam um volume d'água muito grande, limitando o escoamento superficial. Mas quando saturados, suas fendas se fecham, proporcionando um escoamento muito forte.

### ☐ Raso

Indica que os solos desta classe têm profundidade igual ou inferior a 50 cm.

### ☐ Erodido

A erosão é um fenômeno de desgaste e/ou arrastamento das partículas do solo pelas águas das chuvas, ventos, ou outro agente. Indica que os solos apresentam-se sem as camadas superficiais, que são as mais ricas em matéria orgânica, e/ou com estas camadas já apresentando um estágio avançado de desgaste, ocasionando, assim, um maior escoamento superficial. A erosão e/ou truncamento de um solo é o resultado de um manejo inadequado.

### ☐ Truncado

É um estágio mais avançado de erosão, ficando por vezes exposta a própria rocha em alteração. Quanto maior o grau de truncamento, maior será o escoamento superficial neste solo.

## 7.2 Fichas de descrição dos principais tipos de solos

## NC - Bruno Não Cálcico

363 *Solo Bruno Não Cálcico*

## Elementos para classificação

- *Espessura:*
  De 50 a 100 centímetros.
- *Camada superficial:*
  De coloração marrom escura. Textura argilosa a média. Endurecida quando seca. Apresenta geralmente pedregosidade na superfície, sendo muito comum a presença de sulcos de erosão, principalmente na beira das estradas.
- *Camada mais profunda:*
  Coloração mais avermelhada e textura mais argilosa, podendo apresentar rachaduras (NC. vértico ou NC.planossólico).

## Outras características

- *Substrato:*
  Rochas cristalinas (micaxisto ou gnaisse)
- *Situação na paisagem:*
  Ocorrem geralmente em relevo suave ondulado e ondulado com encostas não muito acidentadas.
- *Escoamento superficial:*
  Apresentam um escoamento médio ($L_{600}$ = 37 mm). No entanto, quando erodidos ou truncados, apresentam um $L_{600}$ de 60 mm ou até mais, quando aparecem encrostamentos.
- *Fertilidade e aptidão para irrigação :*
  A drenagem dos Brunos Não Cálcicos tem que ser verificada (ver item B5-3). Boa fertilidade. Geralmente cultivados com algodão, palma, milho e feijão.
- *Qualidade do material para construção de açudes:* Excelente.
- *Possíveis variações do solo:*
  — Bruno Não Cálcico vértico
  — Bruno Não Cálcico planossólico
  — Bruno Não Cálcico litólico
  — Bruno Não Cálcico erodido ou truncado

# R - Solos Litólicos

## Elementos para classificação

- *Espessura:*
  Solos rasos com profundidade inferior a 50 centímetros.
- *Camada superficial :*
  Coloração clara a avermelhada com pouco escurecimento. A textura é muito variável, podendo apresentar pedregosidade na superfície.
- *Camada mais profunda:*
  Pouco comum, pois nos Solos Litólicos geralmente ocorre apenas uma camada; todavia, quando presente é de coloração mais clara do que a camada superficial, porém, de textura idêntica, podendo apresentar também pedregosidade.

## Outras características

- *Substrato*:
  Rochas cristalinas (gnaisse, granitos, migmatitos etc).
- *Situação na paisagem:*
  Geralmente associados a áreas de relevo forte ondulado a montanhoso; no entanto, são encontrados também em relevo até plano.
- *Escoamento superficial*:
  A presença de Solos Litólicos na BHD é um fator favorável para o escoamento. Esses solos apresentam um escoamento médio ($L_{600}$=37 mm), mas, quando erodidos, o escoamento é muito alto ($L_{600}$=60 mm).
- *Fertilidade e aptidão para irrigação:*
  Podem apresentar baixa ou alta fertilidade segundo o material de origem do solo. Solos geralmente inaptos para irrigação e, por serem rasos e pedregosos, geralmente não cultivados.
- *Qualidade do material para construção de açudes:*
  Boa quando não são pedregosos ou arenosos demais.
- *Possíveis variações de solo*:
  — Solo Litólico de textura arenosa
  — Solo Litólico de textura arenosa a média
  — Solo Litólico truncado ou erodido
  — Solo Litólico de textura argilosa
  — Solo Litólico de textura média
  — Solo Litólico indiscriminado

364 *Solo Litólico*

# AF - Afloramentos de rocha

## Elementos para classificação

■ *Descrição:*

Os afloramentos constituem um tipo de terreno e não são propriamente solo. Correspondem a exposições de diferentes tipos de rochas, brandas ou duras, nuas ou com reduzidas porções de materiais detríticos geralmente arenosos não classificáveis como solo.

O relevo em que ocorrem os afloramentos de rocha é muito variável, podendo se apresentar desde superfícies planas ou suaves onduladas, bem como, mas com maior frequência, nas encostas íngremes ou dorsos das elevações, onde dominam relevos acidentados (forte ondulado a montanhoso).

Sobre os afloramentos de rocha de maior tamanho, desenvolve-se a vegetação rala, constituindo formações rupestres.

O escoamento gerado pelas zonas de afloramento de rocha é muito variável e depende de dois fatores principais:

— A proporção da zona de afloramento efetivamente constituído de rocha descoberta.

— A permeabilidade e a espessura do solo associado à rocha e geralmente situado a jusante ou a seu redor. Quando é arenoso, este solo pode absorver a maior parte do escoamento de montante.

## Outras características

- *Escoamento superficial*:
  Os afloramentos de rocha estão sempre associados com outros solos em proporções variáveis, os quais podem reter o escoamento oriundo da parte rochosa; apesar disto, são zonas que, geralmente, produzem um escoamento alto.
- *Qualidade do material para construção do açude:*
  Evitar construir açudes em áreas de lajedos (ver item A1).

# P - Podzólicos

■ **Elementos para classificação**

- *Espessura:*
  Solos geralmente profundos (mais de 150 centímetros), mas podendo ser rasos.
- *Camada superficial:*
  De textura muito variável, escurecida pelo teor de matéria orgânica.
- *Camada mais profunda:*
  De textura média a argilosa e coloração amarela (PA), vermelha (PE,PV,P) ou acinzentada (PCZ).
  Estes solos podem apresentar, nestas camadas, manchas avermelhadas endurecidas e chamadas de mosqueado, às vezes constituído de plintita (Podzólicos plínticos). A

variação de textura, geralmente muito marcante, entre a camada superficial e a mais profunda é uma característica que distingue os solos Podzólicos.

## Outras características

365 *Podzólico*

- *Situação na paisagem:*
  Presentes em todas as situações.
- *Substrato:*
  Gnaisse ou granito, nas regiões cristalinas; ocorrem também, em regiões sedimentares, desenvolvidos de siltitos, argilitos, folhelhos e/ou arenito.
- *Escoamento de superfície:*
  Os solos Podzólicos rasos, plínticos, argilosos e ou cinzentos proporcionam um escoamento elevado.
  Para os demais, o escoamento é fraco. Quando os Podzólicos são solódicos, pode haver problemas de salinidade.
- *Fertilidade e aptidão para irrigação:*
  Na região semi-árida os P e PV são de baixa fertilidade enquanto os PE, PCZ e PA apresentam fertilidade natural mais elevada.
  Os podzólicos quando de boa drenagem interna, são solos aptos para irrigação.
- *Qualidade do material para construção de açudes :*
  Boa, quando não são arenosos demais.
- *Possíveis variações de solo:*
  — Podzólico Vermelho Amarelo PV ou PE
  — Podzólico Acinzentado PCZ
  — Podzólico Amarelo PA
  Todos podem ainda ser: erodidos (truncado) e/ou plínticos e/ou solódicos e/ou rasos.

# C - Cambissolo

## Elementos para classificação

- *Espessura:*
  São solos geralmente espessos; sua espessura varia de 50 a 200 centímetros ou mais
- *Camada superficial :*
  Apresenta coloração amarelada a avermelhada e textura média a argilosa.

- *Camada mais profunda:*
  Geralmente de mesma coloração e com a mesma textura que a camada superficial.

Solos com pequena variação de textura e, por serem ricos, apresentam uma grande quantidade de material primário visível a olho nu (feldspato e calcáreo).

## Outras características

- *Substrato:*
  Ocorrem geralmente em áreas sedimentares (calcáreo), podendo ser encontrados em áreas cristalinas.
- *Situação na paisagem:*
  Em áreas sedimentares ocorrem geralmente em relevo plano; em áreas cristalinas, podem ocorrer em relevo ondulado, forte ondulado a montanhoso.
- *Escoamento superficial:*
  São solos geralmente de textura média que apresentam um escoamento muito fraco quando profundos, sendo este mais elevado quando rasos, erodidos, truncados ou argilosos. Somente estes últimos tipos de solo fornecerão um escoamento suficiente para construção de açudes.
- *Fertilidade e aptidão para irrigação :*
  Normalmente boa fertilidade natural. São aptos para irrigação. Cuidado com a drenagem dos Cambissolos mais argilosos.
- *Qualidade do material para construção de açude :*
  Boa.
- *Possíveis variações de solo:*
  — Cambissolo vértico
  — Cambissolo erodido (ou truncado)
  — Cambissolo raso

# PL - Planossolo

## Elementos para classificação

- *Espessura:*
  São solos pouco espessos cuja profundidade média dificilmente ultrapassa 100 cm.
- *Camada superficial:*
  Geralmente de textura arenosa ou média, e de consistência solta nesta camada.
- *Camada mais profunda :*
  De textura média ou argilosa e muito dura (presença de rochas degradadas no material argiloso, transição abrupta entre a camada arenosa superficial e a camada argilosa que aparece antes da rocha alterada)
- *Elementos de reconhecimento:*
  *a.* São áreas que encharcam (durante o período chuvoso);
  *b.* Os agricultores dizem que são solos arenosos que apresentam um salão (impedimento argiloso muito duro) sob a superfície.
  *c.* Apresentam vegetação natural rala;
  *d.* São plantados geralmente com capim.

366 *Planossolo Solódico*

*e.* São áreas muito semelhantes aos Solonetz Solodzados, porém com teor de sódio inferior.

*f.* Ocorrem freqüentemente na região do Agreste.

## Outras características

- *Situação na paisagem:*
  Ocorrem nas partes mais baixas do relevo, em situação plana a suave ondulada.
- *Substrato:*
  Ocorrem nas regiões cristalinas com predominância de gnaisse e micaxisto.
- *Escoamento superficial:*
  A espessura da camada arenosa superficial condiciona o escoamento, o qual será bastante variável mas geralmente suficiente para construção de açude. Quando são espessos e situados na parte baixa das toposeqüências, os Planossolos podem reter uma grande parte do escoamento proveniente das partes mais altas. Quando os Planossolo da BHD são solódicos, deve-se esperar uma água salinizada.
- *Fertilidade e aptidão para irrigação:*
  Média a alta nos PL, sendo, no caso dos solódicos, impróprios para a maioria das culturas, devido à presença do sódio.
- *Qualidade do material para construção de açudes:*
  Não recomendada.
- *Possíveis variações de solo:*
  — Planossolo - PL
  — Planossolo solódico - PLS (o mais comum)

# SS - Solonetz Solodizado

367 *Solonetz solodizado (SS) textura arenosa média*

## Elementos para classificação

- *Espessura:*
  São solos pouco espessos cuja profundidade média dificilmente ultrapassa 100 centímetros.
- *Camada superficial:*
  De textura normalmente arenosa a média e transição abrupta para a camada mais profunda.
- *Camada mais profunda:*
  De textura média ou argilosa, endurecida, quase impermável e coloração acinzentada.

A vegetação sobre estes solos é muito rala, com espécies adaptadas a condições de alto teor de sódio.

## Outras características

- *Substrato:*
  Ocorrem sobre gnaisse ou granito.
- *Situação na paisagem:*
  Áreas abaciadas ou aplainadas de acúmulo de água próximas a riachos.
- *Escoamento superficial:*
  Variável com a espessura da camada superficial, porém, de água salinizada.

- *Fertilidade e aptidão para irrigação:*
  Imprópria para a agricultura em virtude dos altos teores de sódio e das dificuldades de drenagem.
- *Qualidade do material para construção de açudes:*
  Deve ser descartada.

## V - Vertissolo

368 *Superfície fendilhada dos vertissolos*

## Elementos para classificação

- *Espessura:*
  varia de 100 a 200 centímetros.
- *Camada superficial:*
  De textura argilosa, dura e coloração marrom, vermelha ou cinzenta escura, apresentando fendas no período seco.
- *Camada mais profunda:*
  De textura muito argilosa, muito dura, fendilhada e com as mesmas colorações.
  — Geralmente apresentam-se cobertos de caatinga. Observa-se também concentração de pinhões (arbusto ou erva comum nos Vertissolos).
  — São solos conhecidos vulgarmente como massapê.

## Outras características

- *Substrato:*
  Calcários, diabásio, basalto, gnaisse, micaxistos e anfibolitos.

- *Situação na paisagem:*
  Relevo plano a suave ondulado.
- *Escoamento superficial:*
  São solos que apresentam um escoamento fraco ou médio no início das chuvas, período em que estão rachados, mas, quando saturados com água, podem provocar um escoamento muito elevado.
  Os Vertissolos aumentam a irregularidade dos escoamentos.
  As BHDs com forte proporção de Vertissolos não são muito boas para construção de açudes.
  Pode haver problemas de salinidade.
- *Fertilidade e aptidão para irrigação:*
  São solos muito ricos embora a textura seja excessivamente argilosa, dificultando o manejo de máquinas. A drenagem é ruim, restringindo a irrigação para alguns cultivos.
- *Qualidade do material para construção de açude:*
  Deve ser descartada, em razão das fendas e rachaduras.
- *Possíveis variações de solo:*
  Vertissolo Solódico

# A - Solo Aluvial

## Características marcantes

- *Espessura:*
  São solos geralmente profundos com mais de 150 centímetros.
- *Camada superficial:*
  De textura muito variável.
- *Camada mais profunda:*
  De qualquer textura.

São áreas sujeitas a inundações constantes devido à proximidade dos rios. Geralmente são muito cultivadas.

## Outras características

- *Situação na paisagem:*
  Ocorrem nas várzeas junto ao leito do rio sob relevo plano a suave ondulado.
- *Substrato:*
  Sedimentos depositados pelos rios.
- *Escoamento superficial:*
  O escoamento dos aluviões varia muito.
  Quando profundos e de textura arenosa, apresentam um escoamento fraco, mas, quando de textura argilosa e/ou solódicos, apresentam um escoamento muito alto.
  Estes solos recobrem geralmente uma pequena parte da BHD.
- *Fertilidade e aptidão para irrigação:*
  São solos geralmente férteis e adaptáveis à irrigação, mas, quando de textura argilosa, apresentam dificuldade de drenagem.

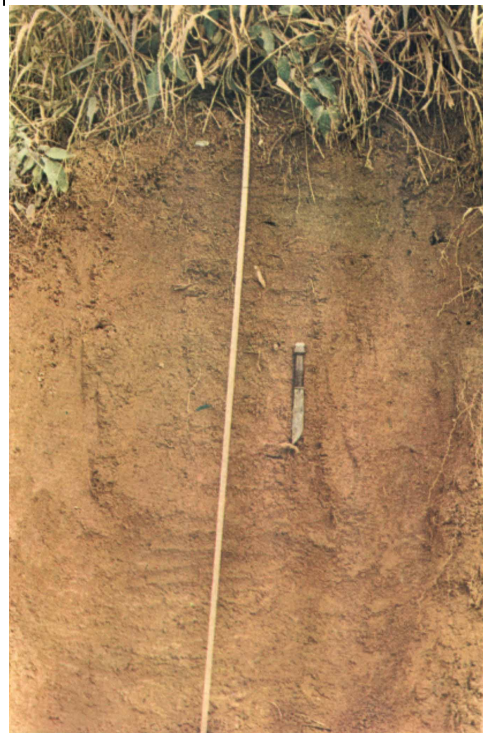
- *Qualidade do material para construção de açude:*
  Depende da textura e do teor de sódio.
- *Possíveis variações de solo*
  — Solo Aluvial Solódico

## L - Latossolo

### Elementos para classificação

- *Espessura:*
  São solos sempre muito profundos (mais de 200 centímetros).
- *Camada superficial:*
  Pode ser de textura arenosa, média ou argilosa, escurecida ou não em função da matéria orgânica.
- *Camada mais profunda:*
  De textura arenosa, média ou argilosa, apresentando coloração amarela, vermelha ou roxa, com possíveis concreções ferruginosas de coloração vermelha denominadas de concreções lateríticas.
  São solos profundos que não apresentam, praticamente, mudança de cor e de textura desde a superfície até as camadas mais profundas.

369 *Latossolo vermelho amarelo médio*



### Outras características

- *Substrato:*
  São geralmente de orígem sedimentar podendo ser originados a partir de granitos.
- *Situação na paisagem:*
  Ocorrem em relevo plano, tanto nos sopés das chapadas, quanto no seu topo.
- *Escoamento superficial:*
  Geralmente o escoamento é muito fraco. No caso dos solos de textura argilosa ou Laterítico, o escoamento pode apresentar valores médios.
- *Fertilidade e aptidão para irrigação:*
  Apresentam fertilidade baixa a média, e são aptos para irrigação.
- *Qualidade do material para construção de açudes:*
  Podem ser permeáveis demais.

- *Possíveis variações de solo*
  — Latossolo Roxo
  — Latossolo Vermelho Escuro
  — Latossolo Vermelho Amarelo
  — Latossolo Amarelo
  — Latossolo Vermelho Amarelo laterítico

## RE - Regossolo

### Elementos para classificação

- *Espessura:*
  Varia geralmente de 50 a 150 centímetros.
- *Camada superficial:*
  De textura arenosa, solta e pouco escurecida pela matéria orgânica.
- *Camada mais profunda:*
  De textura arenosa, pouco coesa, podendo ocorrer um impedimento (fragipan).

Ocorre geralmente na região do agreste (transição entre o litoral e a região semi-árida); são muito cultivados com mandioca, feijão ou fruteiras (Caju).

### Outras características

- *Substrato:*
  Rochas cristalinas (granitos e alguns gnaisses leucocráticos).
- *Situação na paisagem:*
  Geralmente ocupam as encostas sob relevo suave ondulado a ondulado.
- *Escoamento superficial:*
  Quando a camada de fragipan não existe, o escoamento superficial é praticamente nulo. Se esta camada existir, o escoamento dependerá da profundidade em que ela ocorra. Geralmente não existe escoamento suficiente para a construção de açudes nas BHDs com predominância de Regossolos.
- *Fertilidade e aptidão para irrigação:*
  São solos aptos para irrigação e de boa fertilidade natural.
- *Qualidade do material para construção de açudes:*
  A ser descartado, por ser arenoso demais (exceto para barragens de alvenaria e/ou concreto).
- *Possíveis variações de solo:*
  Regossolo com fragipan (o mais comum).

## AQ - Areia Quartzosa

### Elementos para classificação

- *Espessura:*
  Apresentam geralmente espessura superior a 200 centímetros.

- *Camada superficial:*
  Grãos de areia soltos, pobres em matéria orgânica.
- *Camada mais profunda:*
  Grãos de areia soltos. São solos muito arenosos, profundos, com presença marcante de quartzo.

## Outras características

- *Situação na paisagem:*
  Ocorrem geralmente sob relevo plano a ondulado.
- *Substrato:*
  Sedimentos arenosos.
- *Escoamento superficial:*
  A textura arenosa destes solos significa uma baixa capacidade de retenção d'água e uma infiltração muito elevada, não havendo, praticamente, escoamento superficial. Quando são situados em trechos inferiores de uma BHD, as areias quartzosas retêm uma parte importante do escoamento proveniente das partes mais altas.
- *Fertilidade e aptidão para irrigação:*
  Baixa.
- *Qualidade do material para construção de açude:*
  Imprópria para construção de açudes (exceto para barragens de alvenaria e/ou concreto).

## Outros solos

Na região semi-árida, outros solos, para os quais não foi elaborado nenhuma ficha de descrição, ocorrem em proporções pequenas, mas foram enquadrados na classificação hidropedológica (Tabela - A completa do anexo 8). São eles:

*RZ - Rendzina*
*BV - Brunizem Avermelhado*
*D - Dunas (Areias Quartzosas)*
*G - Gleissolo*
*SK - Solonchak*
*HC - Hidromórfico Cinzento*
*SH - Solos Halomórficos*
*TRS - Terra Roxa Similar*
*TR - Terra Roxa*
*PT - Plintossolo*
*LH - Laterita Hidromórfica*

# 7.3 Nomes comuns dos principais solos do Nordeste

Os solos do Nordeste são conhecidos pelos agricultores por denominações comuns que variam muito segundo a região.
Não existe uma correspondência exata e precisa entre esses nomes locais e usuais e os nomes técnicos (usadas nas fichas de solo apresentadas anteriormente e no texto do manual, por terem esses termos definição fixa).

Algumas denominações abrangem vários tipos de solos com características semelhantes e que não podem ser associados a um só tipo de solo. As correspondências citadas, todavia, poderão facilitar o diálogo entre técnicos e agricultores na identificação dos solos.

- **Massapê:**

  Solo muito argiloso, apresentando rachaduras quando seco; trata-se geralmente de Vertissolo ou, às vezes, de solo Podzólico com argila de atividade alta ou ainda Bruno Não Cálcico Vértico.

- **Salão:**

  Solonetz (ou Planossolo)

- **Baixio:**

  São solos de aluviões, geralmente argilosos, mas que podem apresentar camadas de areia e gleissolos.

- **Crôa:**

  Pequenas ilhas, por vezes temporárias, seguindo o nível de águas do rio e resultantes de processos de assoreamento.

- **Areia, terra de areia:**

  terras arenosas, geralmente Regossolo ou Areia Quartzosa.

- **Barro Vermelho ou Vermelho do sertão:**

  Bruno não Cálcico, Bruno não Cálcico Vértico, Terra Roxa Similar e Latossolo Vermelho Escuro, Podzólico vermelho.

- **Caruaru:**

  Planossolo.

- **Campina:**

  Regossolo.

- **Chão ou Terras de chapada:**

  Geralmente Latossolo, Areia Quartzosa ou Podzólico Vermelho Amarelo de textura média.

- **Carrasco:**

  Terrenos pedregosos: Bruno não Cálcico ou Podzólico raso e pedregoso e Litólicos.

- **Solo de tabuleiro (zona do litoral e mata):**

  Latossolo Podzólico Vermelho Amarelo, Podzólico Acizentado com fragipan. Areia Quartzosa Distrófica e Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico.

- **Tabuleiros (na zona semi-árida):**

  Correspondem às terras elevadas adjacentes aos baixios e podem ser Solo Litólico, Regossolo e Bruno não Cálcico e Latossolo na região do litoral.

- **Terreno de arisco:**

  Regossolo ou Areia Quartzosa.

- **Alto de pedra:**

  Litólico.

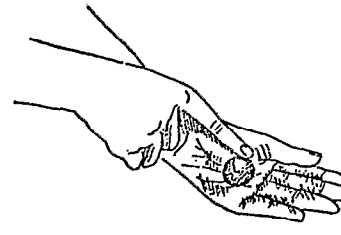
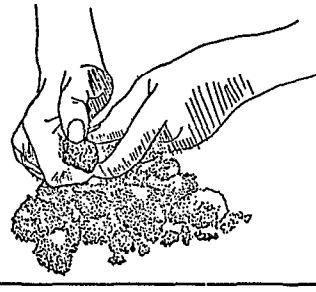
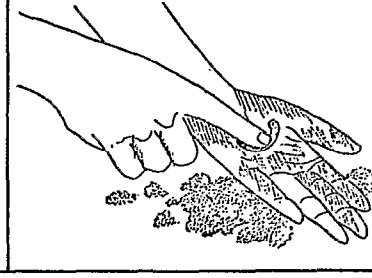
- **Lageiro:**

  Afloramento de rocha.

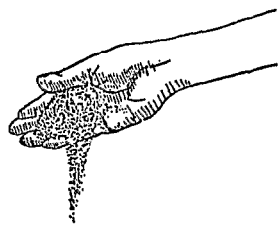
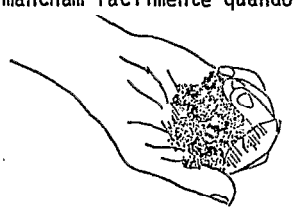
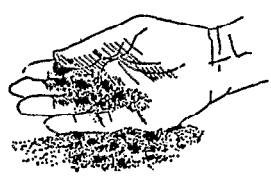
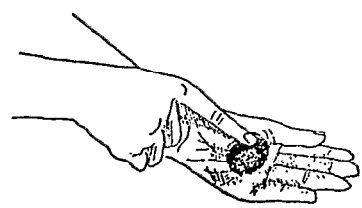
## 7.4 Determinação da textura dos solos

A textura do solo, ou seja, a proporção de argila, siltes e areia, pode ser determinada a partir de uma análise granulométrica em laboratório. No entanto, essa textura pode também ser avaliada pelo tato. Pegar um pouco de terra na mão e comparar o aspecto da amostra com as informações do quadro abaixo, distinguindo-se o caso de um solo seco e o de um solo úmido.

370a

| Tipo do solo | Solo seco | Solo úmido |
|---|---|---|
| ARGILO ARENOSO | Forma torrões que podem ser quebrados, mas são duros. | É um pouco pegajoso. Forma cilindro que se quebra quando se tenta curvá-lo. Forma bolas firmes.  |
| ARGILOSO | Forma torrões muito duros que dificilmente são quebrados entre os dedos.  | É muito pegajoso e facilmente forma cilindros que podem ser curvados em forma de "C".  |

370b

| Tipo de solo | Solo seco | Solo úmido |
|---|---|---|
| ARENOSO | A terra é solta, e se pode ver e sentir facilmente os grãos nos dedos.  | Dá a sensação de atrito. É moldado com dificuldade mas ao ser tocado se desmancha. |
| ARENO ARGILOSO | Pode-se sentir os grãos entre os dedos. Formam crostas que se desmancham facilmente quando tocadas  | É possível sentir os grãos entre os dedos. Pode ser moldado, mas desmancha-se com pouca pressão. |
| SOLO FRANCO | Apresenta torrões que se quebram com alguma pressão e se transformam em torrões menores.  | Apresenta, ao mesmo tempo, sensações de aspereza e pegajosidade, entre os dedos. Na palma da mão é possível se notar um brilho (silte). Pode formar bolas que se desmancham com pouca pressão.  |

# Anexo 8:
# Hidrologia

## 8.1 Considerações sobre os regimes hidrológicos do Nordeste Semi-Árido

### Clima

Simplificando, o Nordeste semi-árido pode ser subdividido em três grandes zonas climáticas:

1) O Sertão Norte, caracterizado por um período chuvoso único, com ocorrência aproximativa entre os meses de fevereiro a abril.

2) O Sertão Sul, de regime pluviométrico mais complexo, onde se observa, geralmente, dois períodos chuvosos: o primeiro concentrado nos meses de março-julho e o segundo nos meses de novembro-dezembro. Nos Sertões Norte e Sul, as fortes chuvas apresentam grandes intensidades e durações relativamente curtas (chuvas ditas convectivas).

3) A zona de transição, situada entre a zona litoral atlântica leste e o sertão, na qual algumas precipitações são muito intensas e semelhantes às do Sertão, e outras oriundas de frentes chuvosas oceânicas atenuadas pela distância. Este segundo tipo de precipitação apresenta, geralmente, duração maior e intensidades menor que o primeiro e ocorre durante o período de abril a agosto; são chuvas mais favoráveis para a agricultura mas que provocam, em média, escoamentos menores que as chuvas convectivas de mesma importância.

### Geologia

Em termos geológicos, existem duas regiões principais:

1) As zonas de origem cristalina, cujo subsolo é, via de regra, impermeável e desprovido de aquífero generalizado. Nessas zonas os rios são sempre intermitentes pois a parte principal dos escoamentos provém do escoamento de superfície; os escoamentos de base (água infiltrada que volta para o riacho) são, geralmente, de pouca importância e limitados a alguns dias depois das fortes cheias. Essas zonas serão mais propícias à construção de açudes, principalmente porque não existe outra forma de armazenar água mas, também, porque permitem a construção de açudes estanques.

2) As zonas de origem sedimentar, mais heterogêneas, onde existem, geralmente, grandes aquíferos.

Existem dois tipos principais de zonas sedimentares:

- As chapadas, restos da cobertura sedimentar inicial do embasamento cristalino que foram poupadas pela erosão e se elevam acima das zonas cristalinas. As chapadas do Araripe e do Apodi são exemplos desse tipo de formação.
- As regiões sedimentares, onde os sedimentos cobrem grandes superfícies e onde existem aquíferos extensos e de grande potencial. Essas zonas são, geralmente, desprovidas de açudes, pois são permeáveis (os açudes perderiam sua água) e os escoamentos superficiais menores.

## Irregularidades do regime hidrológico

O regime dos escoamentos é sempre mais irregular que o das precipitações. Esta irregularidade constitui a principal característica do regime das pequenas bacias hidrográficas do Nordeste Brasileiro Semi-Árido, cujos rios são quase sempre intermitentes:

### ■ Irregularidade interanual dos escoamentos.

A série de escoamentos observada durante 10 anos consecutivos numa bacia hidrográfica do Ceará (região de Tauá) e apresentada a seguir permite conscientizar-se da grande irregularidade dos escoamentos.

| ANO | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Lâmina escoada (em mm)* | *6.7* | *169* | *212* | *16* | *.9* | *15* | *266* | *92* | *11* | *101* |

No Sertão:

- A lâmina assegurada, a cada dois anos, vale aproximadamente a metade do escoamento anual médio.
- A lâmina escoada (anual) garantida por dois anos em cada três anos varia apenas entre 25% e 40% da média.
- A lâmina decenal seca é praticamente nula.

### ■ Irregularidade sazonal dos escoamentos

Os escoamentos estão distribuídos de forma muito irregular no decorrer do ano. 80 a 90% do volume anual escoa, geralmente, em menos de quinze dias. Essa irregularidade se acentua nos anos secos, nos quais a falta de água é ainda mais cruciante.

### ■ Irregularidade no espaço

Os escoamentos nas pequenas bacias do Semi-árido podem variar muito em função dos solos, da vegetação, da geologia e do relevo.
Sem considerar casos extremos, observamos freqüentemente escoamentos variando numa relação de 1 a 5 entre diversos tipos de bacias.
Esta irregularidade espacial é maior, evidentemente, nas pequenas BHDs que podem ser mais heterogêneas.

Outro tipo de irregularidade espacial está ligada à irregularidade da chuva: um açude pode encher graças a uma forte chuva enquanto outro, a poucos quilômetros de distância, fica com pouca água.

## Intensidade das chuvas

Nas pequenas bacias do Semi-árido, as maiores cheias são geralmente provocadas por fortes chuvas de origem convectiva. A distribuição estatística dessas fortes chuvas (que têm, geralmente, a mesma origem climática) é bastante homogênea em todo o Nordeste Semi-Árido.

**Alturas da chuva em função da freqüência (mm)**

| Ocorrência | Duração | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *24 h* | *2 h* | *1 h* | *30'* | *10'* | *5'* |
| *1 vez a cada 2 anos* | *63 a 80 mm* | *60* | *45* | *32* | *16* | *10* |
| *1 vez a cada 10 anos* | *100 a 115* | *80* | *60* | *41* | *20* | *13* |
| *1 vez a cada 100 anos* | *140 a 165* | *110* | *80* | *52* | *27* | *17* |

Observar que mais de 50% do total de chuva em 24 h cai em menos de uma hora.

## Cheias

As fortes cheias têm duas características principais:

a) Os volumes ou as lâminas totais escoados.
b) O tempo durante o qual o volume da cheia se escoa.

Estas duas características permitirão o cálculo da vazão máxima chamada vazão ou descarga de pico que constitui a característica da cheia mais importante (e mais perigosa), pois é esta vazão de pico que provoca inundações, arrombamento de açudes e de pontes.

**De maneira esquemática, podemos dizer que a vazão de pico será proporcional ao volume total escoado e inversamente proporcional à duração da cheia.**

### ■ Volume escoado durante as enchentes

A maioria dos solos, salvo os muito permeáveis, tem um comportamento relativamente homogêneo frente às precipitações excepcionais: uma vez saturado o solo, toda precipitação suplementar terá que escoar. Simplificando, pode-se dizer que os escoamentos provocados pelas fortes chuvas serão iguais ao volume da chuva menos uma quantia fixa que corresponde à capacidade de retenção do solo.

As intensidades das fortes chuvas, são, também, relativamente homogêneas em todo o Nordeste Semi-Árido. Podemos, então, deduzir que a lâmina escoada das fortes cheias apresentará uma variação relativamente pequena na maior parte do Nordeste, pelo menos nas bacias de permeabilidade média a baixa.

Por conseqüência, os volumes escoados das fortes cheias serão principalmente determinados pela superfície da BHD.

### ■ Tempo de escoamento das cheias

Os tempos de escoamento das cheias (tempo de base e tempo de subida) dependerão do tempo de transferência das águas precipitadas e escoadas até o exutório da bacia.

Esses tempos dependerão, principalmente de:

**a.** Tamanho da BHD (Superfície e forma).

**b.** Velocidade de escoamento nos leitos dos rios que será função do relevo, da declividade e dos obstáculos nos leitos (curvas, pedras, vegetação).

**c.** Forma da rede hidrográfica de drenagem: muitos riachos pequenos gerarão cheias mais perigosas quando convergirem simultaneamente para o exutório da bacia, em vez de serem repartidas ao longo de um curso d'água principal.

## ■ Período de retorno

A maior parte dos parâmetros anteriores, que caracterizam cada cheia são suscetíveis de análises em termos estatísticos para determinação das características das cheias de freqüência ou período de retorno determinado.

Assim, por exemplo, o valor do período de retorno decenal do volume, da vazão de pico de uma cheia ou da intensidade de chuva em 10 minutos, será o valor do referido parâmetro que será igualado ou ultrapassado em média uma vez cada dez anos (ou seja, por exemplo, 10 vezes em cada cem anos, etc...).

Os parâmetros das cheias decenais das pequenas Bacias Hidrográficas Representativas estudadas pela SUDENE foram sistematicamente determinados e são relativamente bem conhecidos.

## ■ Cheia de projeto

O dimensionamento das obras de proteção contra as cheias deve ser realizado para freqüências bem superiores a dez anos, pois não é admissível a construção de açudes ou pontes que arrombem a cada dez anos.

Proporemos arbitrariamente, para as cheias de projeto, valores da vazão de pico e do volume escoado correspondendo ao dobro dos valores decenais. O período de retorno teórico destes valores oscila entre 100 e 150 anos, o que corresponde a uma norma habitualmente admitida para pequenos aproveitamentos.

## ■ Outras características das cheias

Os volumes escoados e as lâminas escoadas das cheias de projeto podem ser calculados (para BHDs de superfície superior a 5 km$^2$) pelas equações:

$$Ve\ (m^3) = 102.000\ S^{0.85}$$

$$Le\ (mm) = 102\ S^{-0.15}$$

A tabela seguinte mostra a relação do tempo de base ($Tb_{med}$) das fortes cheias em função da superfície.

**Tempo de base médio das cheias em função da superfície**

| *Superfície (km)* | *5* | *10* | *20* | *50* | *100* | *200* | *500* | *1.000* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Tempo de base* | *7h* | *8h30* | *10h* | *13h30* | *16h* | *18h* | *22h* | *25h* |

O tempo de subida médio $Ts_{med}$ varia entre:

$Ts_{med} = 0.1\ Tb_{med}$ e
$Ts_{med} = 0.2\ Tb_{med}$

O tempo de subida é utilizado para o cálculo da amortização da cheia na represa.

## Fórmulas de Aguiar

Fornecemos a seguir as fórmulas propostas por F.C.AGUIAR (1940); estas fórmulas devem ser usadas para BHDs de tamanho superior a 500 km$^2$.

### ■ Volume anual escoado médio

F.G. AGUIAR propõe o cálculo das lâminas escoadas através da fórmula:

$$L(p) = U(28.53H - 112.95H^2 + 351.91H^3 - 118.74H^4)$$

sendo, H a altura da chuva anual em metros e U um coeficiente de correção, definido como indicado na tabela seguinte:

| Tipo | Bacia Hidrográfica | U |
|---|---|---|
| *1* | *Pequena, íngreme e rochosa* | *1.3 a 1.4* |
| *2* | *Bem acidentada, sem depressões evaporativas* | *1.2* |
| *3* | *Média* | *1.0* |
| *4* | *Ligeiramente acidentada* | *0.8* |
| *5* | *Idem, com depressões evaporativas* | *0.7* |
| *6* | *Quase plana, terreno argiloso* | *0.65* |
| *7* | *Idem, terreno variável* | *0.6* |
| *8* | *Idem, terreno arenoso* | *0.5* |

Para U = 1 podemos calcular os valores seguintes de L(p):

**Lâminas escoadas em função da pluviometria (Aguiar) calculadas para um coeficiente U = 1**

| $P_{anual}$ *(mm)* | *500* | *600* | *700* | *800* | *900* | *1000* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *L(P) AGUIAR* | *23* | *37* | *57* | *82* | *113* | *149* |

### ■ Vazão de cheia

Para BHDs de superfície superior a 500 km$^2$, aconselha-se utilizar a fórmula de F.G. de AGUIAR, a qual foi calibrada em grandes bacias:

$$Q_x = \frac{1.150 \times S}{\sqrt{LC}\,(120 + KLC)} \ (m^3/s)$$

sendo,

S = área da bacia hidrográfica, em km$^2$;

L = linha de fundo, em km (igual ao comprimento do riacho, do local do barramento até as nascentes);

K, C = coeficientes que dependem do tipo da bacia.

■ **Coeficiente hidrométrico**

| Bacia hidrográfica | coeficiente | | |
|---|---|---|---|
| | tipo | K | C |
| *Pequena, íngreme, rochosa* | *1* | *0.10* | *0.85* |
| *Bem acidentada, sem depressão evaporativa* | *2* | *0.15* | *0.95* |
| *Média* | *3* | *0.20* | *1.00* |
| *Ligeiramente acidentada* | *4* | *0.30* | *1.05* |
| *Ligeiramente acidentada, apresentando depressão evaporativa* | *5* | *0.40* | *1.15* |
| *Quase plana, terreno argiloso* | *6* | *0.65* | *1.30* |
| *Quase plana, terreno variável ou ordinário* | *7* | *1.00* | *1.45* |
| *Quase plana, terreno arenoso* | *8* | *2.50* | *1.60* |

## 8.2 Delimitação e avaliação da superfície da BHD

### ■ Localizar o lugar do barramento

Para locar o lugar do barramento no mapa (ou na fotografia aérea), orienta-se a partir das informações do mapa, tais como : estrada, grupo de habitações, nomes de fazenda, pistas, pontos altos e, sobretudo, a partir do relevo e da rede hidrográfica que não variam no tempo. De fato, as estradas podem mudar de percurso, os nomes indicados podem ter locação aproximativa e até os açudes mapeados podem ter desaparecido!

Para melhor evidenciar a rede hidrográfica, ou seja, a rede formada pelos riachos (simbolizados por linhas interrompidas azuis), destaca-se todos os cursos de água indicados no mapa com um lápis de cor.

Em caso de dúvida, é aconselhável utilizar uma bússola para orientar-se com relação aos pontos altos mais visíveis do relevo ou à direção dos riachos principais.

É também aconselhável anotar numa caderneta o roteiro de acesso, registrando no carro a quilometragem percorrida a partir de pontos de refêrencia de fácil identificação e anotando cada riacho ou povoado, cercas, cruzamentos e outros pontos que possam servir de referência.
Um croqui simples realizado no campo ajudará a reencontrar no mapa topográfico o lugar escolhido para a barragem.

### ■ Delimitação da BHD no mapa ou na fotografia aérea

A delimitação da bacia hidrográfica de drenagem consiste em traçar os divisores de água da bacia. Orienta-se pelas dicas seguintes, as quais são ilustradas na figura 371.

1) Traçar ou destacar no mapa a rede hidrográfica a montante do lugar de barramento. Identificar e destacar (com lápis de cor) as redes hidrográficas das bacias vizinhas para evitar confusões e determinar os divisores de água entre as bacias.

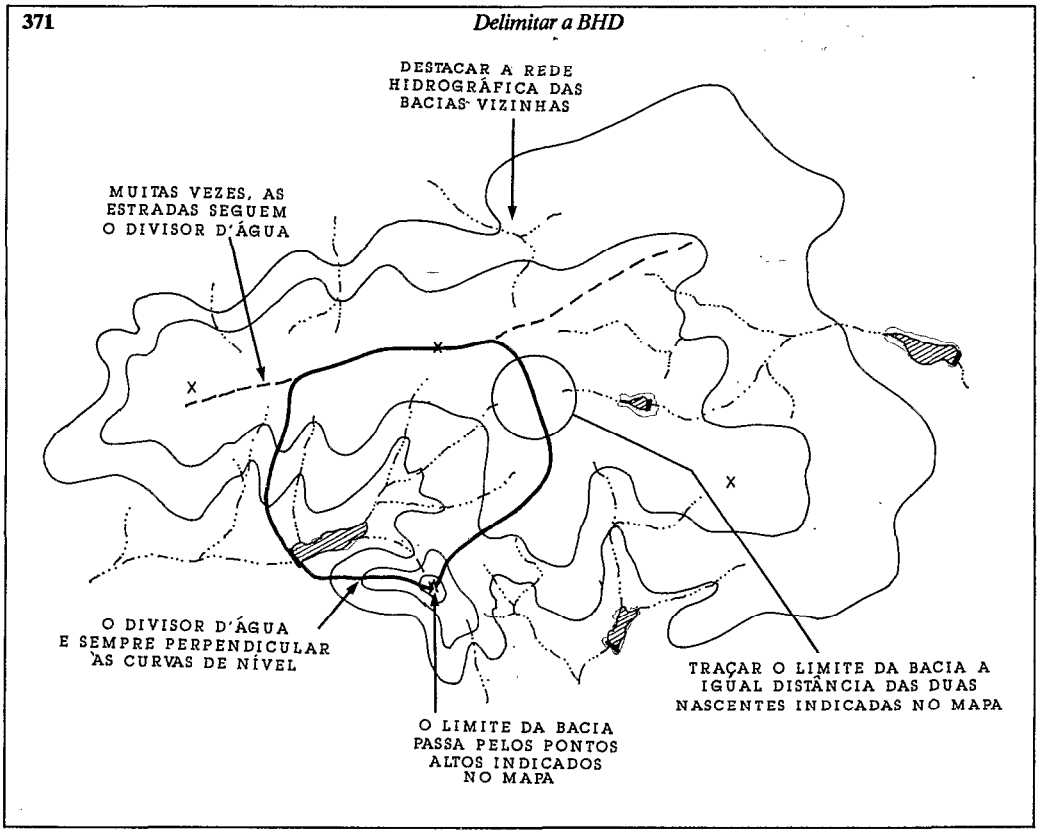
2) Quando o relevo é suave e não há curvas de nível perto das cabeceiras, traça-se a linha do divisor a igual distância da extremidade dos dois riachos pertencentes a duas bacias vizinhas.

3) Os divisores de água devem sempre ficar perpendiculares às curvas de nível e no local de maior encurvação. O traçado deve seguir a linha que junta as "pontas" sucessivas formadas pelas curvas de nível.

4) O divisor de água sempre passa pelos pontos altos mais próximos (indicados no mapa por uma cruz e uma cota altimétrica).

5) Muitas vezes as estradas seguem as cristas do relevo, podendo indicar os divisores de água.

6) O traçado do limite da BHD sempre se fecha na parede do açude.




**Atenção:**

- Um divisor de água nunca pode atravessar um riacho, por menor que ele seja.
- Efetuar uma visita ao campo para aprimorar o desenho nas partes duvidosas.
- As calhas de beira de estrada podem modificar artificialmente os limites da BHD.

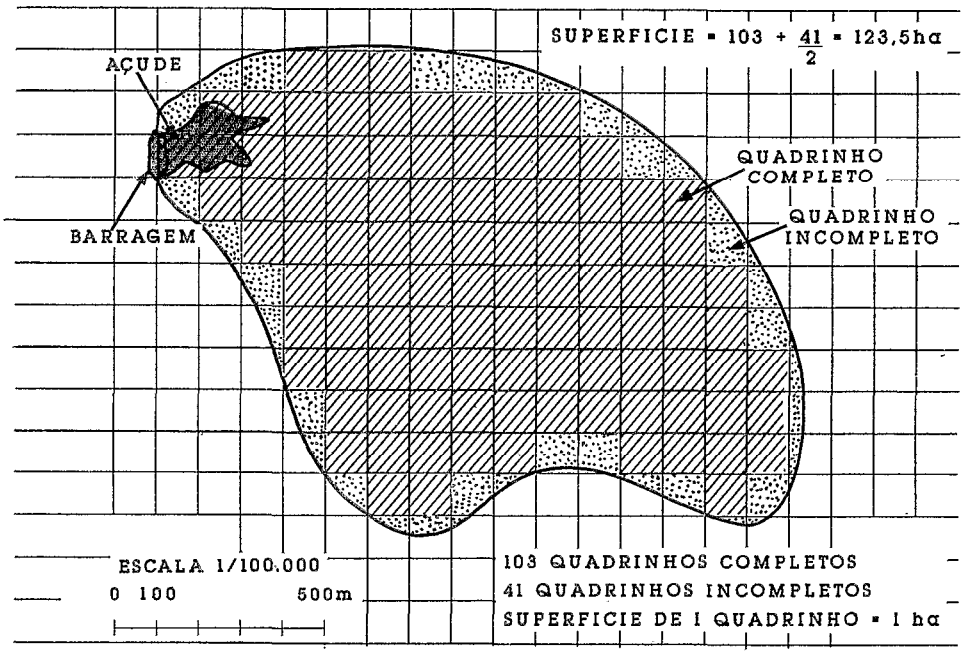
## ■ Calcular a superfície da BHD

Uma vez delimitada a bacia hidrográfica, calcula-se a sua superfície. Isso pode ser feito com um planímetro ou quadriculando-se a planta, ou o mapa, e contando os quadradinhos contidos na superfície a ser determinada; para um quadradinho que somente tem uma parte dele dentro, conta-se um meio (no final há compensação entre os que têm mais da

metade e os que têm menos da metade da sua superfície incluída na área a ser medida). Conhecendo a superfície do quadradinho (atenção à escala!!), calcula-se a superfície total (figura 372).

Exemplo de avaliação da superfície da BHD por quadriculação.

372




- Quadradinhos completos dentro da área: 103
- Quadradinhos com somente uma parte deles dentro da área : 41
- Área total: 103 + 41/2 = 123.5 quadradinhos
- Área do quadradinho: Atenção à escala: 1.0 cm x 1.0 cm = 100 m x 100 m = 1 ha (escala 1/100.000)
- Área estimada : 123.5 x 1 ha = 123.5 ha

### ■ Medir o comprimento do riacho principal

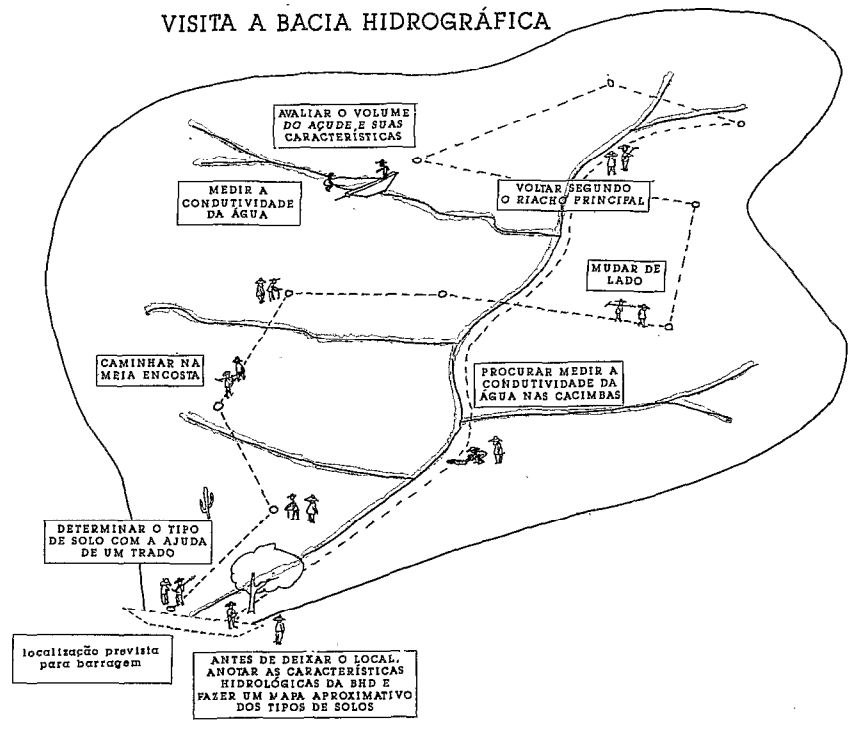
O comprimento (L) do riacho corresponde à distancia da secção do barramento até as nascentes do riacho, seguindo-se o percurso do seu leito. É necessário verificar no campo ou na foto aérea se o lugar da nascente corresponde ao fim da representação do riacho no mapa. O valor do comprimento (L) do riacho principal é utilizado para o fator corretivo da cheia $C_{form}$.

Quando não se dispuser de um curvímetro, medir o comprimento do riacho decompondo seu percurso em pequenos trechos retos.

### ■ A visita da bacia hidrográfica

A visita de campo pode permitir efetuar um reconhecimento dos solos (ou confirmá-lo) e, ao mesmo tempo, conferir os limites da BHD.

373




- Andar sempre acompanhado por um ou vários agricultores, moradores antigos do local. Estes poderão ajudar na identificação dos solos e na compreensão da hidrologia, já que, geralmente, conhecem a aptidão dos solos à agricultura, sua fertilidade, sua drenagem (identificar zonas de retenção) e se lembram das sangrias dos açudes, da altura alcançada pelas enchentes nos riachos, etc....
- Percorre-se a bacia a partir do local escolhido para o barramento em direção às cabeceiras (quando a vegetação o permite), cruzando o riacho e caminhando tranversalmente até alcançar e verificar os límites da BHD (figura 373), anotando em particular informações sobre :
- a rede hidrográfica (distância, no riacho principal, entre os confluentes com os riachos secundários).
- a posição dos principais morros;
- a posição dos caminhos e estradas;
- a situação e o volume estimado dos açudes e barreiros existentes na bacia (avaliação dos riscos de arrombamento); ver neste anexo como utilizar a informação fornecida pelos outros açudes;
- a vegetação (culturas, pastos, matas, caatinga, etc);
- os tipos de solo e os afloramentos (lajedos).

*Para isso, precisa-se da participação de um pedólogo ou de um técnico com conhecimento em pedologia.*

Com essas informações, pode-se constituir um mapa esquemático da pedologia e da topografia da bacia.

## 8.3 Escolha do solo como fator de classificação hidrológica

As características hidrodinâmicas dos solos foram escolhidas como principal fator de classificação das BHDs, pelas razões seguintes:

a) Nas regiões semi-áridas, a vegetação e os primeiros centímetros ou decímetros do solo são os principais fatores que condicionam a importância respectiva dos escoamentos e das infiltrações.

b) O tipo de solo encontra-se fortemente dependente das outras características fisiográficas, tais como: geologia, declividade, vegetação e clima, os quais passam, indiretamente, a ser levados em conta.

c) Existem, para todos os Estados do Nordeste, mapas pedológicos, cujas escalas variam entre 1:400.000 e 1:1.000.000. A tabela A (ver item 8.4) relaciona as lâminas escoadas de todos os tipos de solos dos relatórios dos levantamentos exploratórios de solos de cada Estado do Nordeste.

Esses mapas poderão ser utilizados para a classificação hidropedológica das BHDs, apesar da imprecisão devida a sua escala e às variações das características hidrodinâmicas dos principais tipos de solo (TS) e UMPs.

Apresentamos a seguir uma versão completa da Tabela "A" da qual foi colocada uma versão resumida no item A2.

## 8.4 Tabela "A" (completa)

**Valor do coeficiente $L_{600}$ dos solos do Nordeste Semi-Árido**

| Tipo de Solo (TS) | Características Adicionais | $L_{600}$ padrão | % do NE Semi árido |
|---|---|---|---|
| *NC, R, BV, e RZ: Bruno não cálcico, Litólico, Brunizem Avermelhado e Rendzina* | * | *37* | *25.50* |
| | *Vértico ou Planossólico* | *25* | *3.20* |
| *AF: Afloramento de rocha* | | *90* | *3.30* |
| *P,PE e PV: Podzólicos* | *Textura média a arenosa ou média ou Textura média a arenosa plíntico* | *15* | *5.66* |
| *TRS, TR: Terra Roxa* | *Textura média a argilosa ou média plíntico* | *25* | *3.52* |
| | *Textura média a argilosa plíntico* | *30* | *0.40* |
| | *Textura argilosa, ou Raso* | *37* | *4.5* |
| | *Erodido (Truncado)* | *60* | *0.01* |
| | *Solódico* | *125* | *0.01* |

*Continua na página seguinte*

**Valor do coeficiente $L_{600}$ dos solos do Nordeste Semi-Árido** (continuação)

| Tipo de Solo (TS) | Características Adicionais | L600 padrão | % do NE Semi árido |
|---|---|---|---|
| *V: Vertissolo* | | *25* | *1.33* |
| *A: Aluviões* | *Textura arenosa a média* | *10* | *0.10* |
| | *Textura média ou indiscriminada ou Textura média a argilosa* | *25* | *0.10* |
| | *Textura argilosa* | *70* | *0.10* |
| | *Solódico* | *125* | *0.10* |
| *C: Cambissolo* | *Textura média a arenosa* | *5* | *0.10* |
| | *Textura média a argilosa ou média* | *15* | *1.78* |
| | *Textura argilosa ou Raso* | *37* | *2.10* |
| | *Erodido Raso ou Textura argilosa Erodido* | *60* | *0.06* |
| | *Vértico* | *25* | *0.33* |
| *SS: Solonetz Solodzado LH, HC, SK, e SH* | | *125* | *3.50* |
| *PLS: Planossolo solódico* | | *70* | *7.90* |
| *PT* | *Erodido (truncado)* | *70* | *0.01* |
| | * | *50* | *0.20* |
| | *Solódico* | *125* | *0.01* |
| *G, PCZ, PL.* | * | *25* | *0.08* |
| | *Com impedimento* | *70* | *0.20* |
| *AQ: Areia Quartzosa* | * | *0* | *11.10* |
| | *Com impedimento ou plíntico* | *3* | *0.10* |
| *RE: Regossolo* | * | *3* | *0.60* |
| | *Com fragipan* | *5* | *2.50* |
| *LR, LE, LV e LA: Latossolos* | *Textura Média* | *5* | *15.10* |
| | *Textura Média a Argilosa* | *10* | *2.82* |
| | *Textura Argilosa* | *15* | *2.30* |
| | *Laterítico* | *25* | *0.14* |
| *D: Dunas* | | *0* | *0.00* |

* Quando o solo não apresenta nenhuma das características adicionais mencionadas.

## 8.5 Como utilizar a informação sobre o comportamento dos açudes já existentes na região

Os cálculos a seguir requerem uma certa prática em hidrologia. Em caso de dúvida, consultar especialistas.

Um açude construído há vários anos pode permitir que se avalie se ele está bem ou mal dimensionado.

Essa avaliação deve se basear nas observações do número de anos que apresentaram sangrias e dos níveis e vazões máximos atingidos.

Quando existe um (ou vários) açude(s) vizinhos cuja BHD apresente semelhança fisiográfica com a BHD do projeto, deve-se proceder da seguinte forma:

### Verificação do dimensionamento do(s) açude(s) já existente(s)

**a) Tentar recolher as informações seguintes para cada um dos "açudes já existentes"**

- Estimar a superfície $S_{alim}$ (em $km^2$) da BHD do açude já existente e seu volume $V_x$ (em $m^3$).
- Calcular a lâmina escoada equivalente $L_{eq}$ (em mm) que corresponde ao volume deste açude

$$L_{eq}(mm) = V_x(m^3)/(S_{alim}(km^2) \times 1000)$$

- Medir a largura e a altura da lâmina de sangria máxima do sangradouro (ou procurar informações históricas a este respeito, no caso de um arrombamento).
- Reunir informações sobre a pluviometria e os escoamentos dos anos passados, dando uma atenção especial às chuvas que provocaram as maiores sangrias (ou arrombamentos).
- Avaliar a freqüência ou ocorrência de sangria Fs, calculada sobre um período maior possível (se for possível com mais de 10 anos) pela fórmula:

$$Fs = \frac{\text{Número de anos nos quais o açude sangrou}}{\text{Número total de anos observados}}$$

**b) Verificação do dimensionamento do volume do açude já existente:**

**Fs** pode ser diretamente utilizada para estimar se o açude está sub ou superdimensionado. Assim o gráfico 33 do item A2-4 indica que:

- Para um dimensionamento do açude de 50% de $V_{esc}$, Fs deve variar entre 0.6 e 0.7.
- Para um dimensionamento do açude de 100% de $V_{esc}$, Fs deve variar entre 0.3 e 0.4.

**c) Verificar o dimensionamento do sangradouro do açude já existente:**

- Pedir informação ou tentar avaliar a cota de sangria alcançada cada dois anos ($H_2$) e cada dez anos ($H_{10}$).
- Calcular as vazões de sangria correspondentes a Q2 e Q10 aplicando as fórmulas de cálculo da vazão de um sangradouro apresentadas no item A.2.5.
- **Verificação do dimensionamento do sangradouro:**
  Quando Q2 está próxima de 25% da vazão máxima admissível no sangradouro ou Q10 próximo de 50% desta vazão máxima admissível, pode-se considerar que este sangradouro está bem dimensionado.

## Aplicação para o dimensionamento do açude projetado

Confirmar ou corrigir os cálculos do dimensionamento do açude projetado com as conclusões dos itens b e c anteriores.

Assim, quando esses itens demonstrarem que o açude já existente na região foi corretamente dimensionado, poderá ser efetuado um dimensionamento "por analogia" que permitirá verificar o dimensionamento realizado com o presente método.

■ **Dimensionamento por analogia do açude projetado, a partir de um açude já existente, corretamente dimensionado.**

*Volume do açude projetado = Leq x 1000 x S*

*Vazão da cheia de projeto Qx:*

Quando a superfície S da BHD do açude projetado e Salim são superiores à superfície do açude já existente (5 km$^2$), temos:

$Qx = 4 . Q2 . (S/S_{alim})0,58$ ou $Qx = 2 \times Q10(S/S_{alim})0,58$

e quando S e $S_{alim}$ são inferiores a 5 km$^2$, temos:

$Qx = 4 . Q2 . (S/S_{alim})0,8$ ou $Qx = 2 \times Q10(S/S_{alim})0,8$

Sendo S a superfície da BHD do açude projetado.

— Quando os itens b) e c) (anteriores) mostram erros no dimensionamento dos açudes da região, os valores acima passam a constituir limites superiores ou inferiores ao dimensionamento do projeto.

## 8.6 Método de cálculo de $L_{600}$: informações complementares

Este método foi elaborado para calcular lâminas escoadas ($L_{600}$), baseado em aspectos ambientais.
Entre os documentos existentes em toda a região Nordeste, que melhor se prestam para este fim, estão os Levantamentos Exploratórios e/ou de Reconhecimentos de Solos, inicialmente elaborados pelo convênio MA/DNPEA-SUDENE/DRN e executados pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS) EMBRAPA.

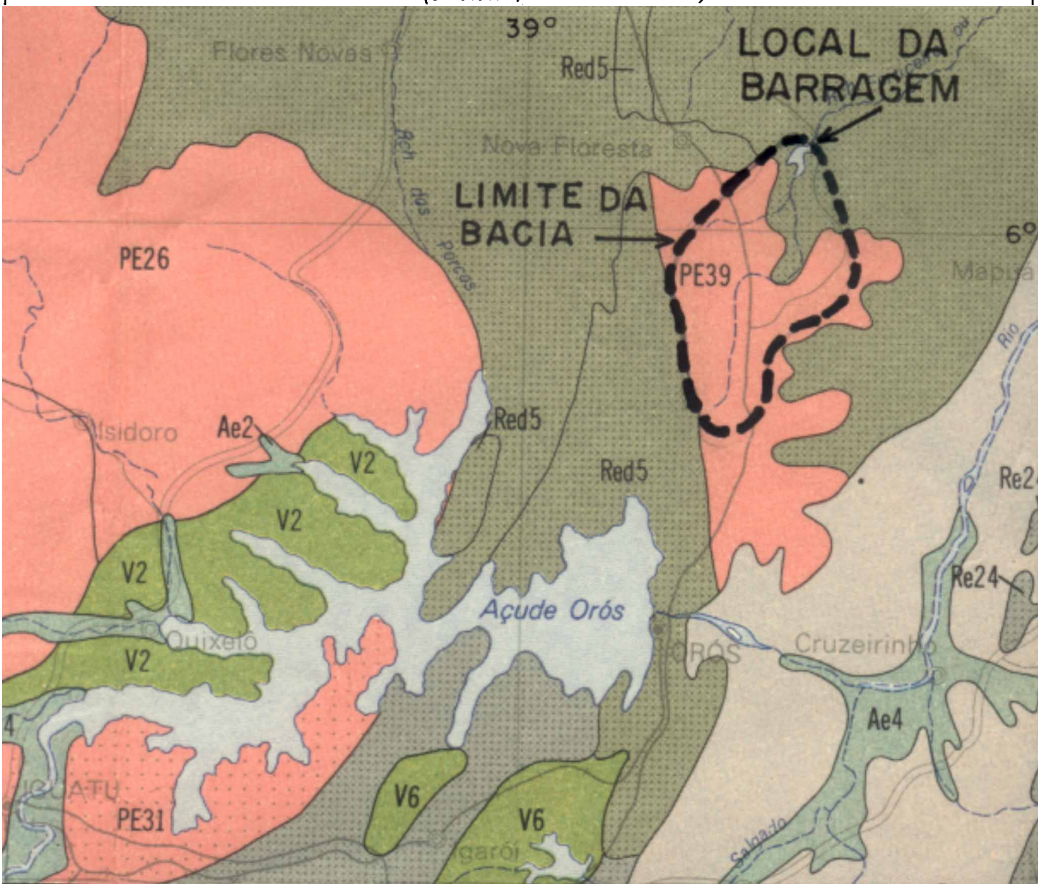
Estes documentos, confeccionados para cada estado do Nordeste, incluindo o norte do estado de Minas Gerais, contêm informações muito valiosas sobre os solos, vegetação, agroecossistemas, etc. A partir dessas informações, estudos foram realizados a fim de se estabelecer as lâminas de escoamento das bacias.

### Precisão destes levantamentos de solos

Estes levantamentos exploratórios são constituídos de dois tipos de documentos: o primeiro apresentado sob a forma de relatórios com 1 ou 2 volumes de acordo com a dimensão do Estado; o segundo sob a forma de mapa onde são mostrados os limites e ocorrência dos solos sob a forma de unidade de mapeamento (UMP) tendo como base aspectos ambientais.
Em virtude destes documentos terem sido elaborados em escala que varia de 1:1.000.000 a 1:400.000, de acordo com a dimensão do estado, não é possível esperar uma precisão muito grande, a nível de pequenas áreas e bacias, sobre a ocorrência dos solos.

A figura 374 apresenta uma parte do mapa do Estado do Ceará e a figura 375 uma das unidade de mapeamento descritas na p.286 do volume 1 do relatório estadual do Ceará, no capítulo denominado "Legenda Ampliada".

374 *Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Ceará (SUDENE/EMBRAPA-SNLCS)*




### O que é uma UMP, um TS e o $L_{600}$ padrão

Uma unidade de mapeamento (UMP) é uma área (mancha no mapa) onde foi observado um ou mais tipos de solos (TS) que, em virtude da escala do mapeamento, não foi possível

separar. Fala-se em associação de solos, grupamento indiscriminado ou associações complexas, esta última quando não foi possível quantificar a proporção dos diversos tipos de solos.

Na figura 375, está representado um corte da página 286 do volume I do levantamento de solos do Estado do Ceará.

**375** *Extrato da legenda do mapa de solos do EMBRAPA do Estado do Ceará*

**Red10** - Associação de: *SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS e DISTRÓFICOS* A fraco textura arenosa e média *fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e ondulado substrato gnaisse e granito + AFLORAMENTO DE ROCHA + SOLONETZ SOLODIZADO* A fraco textura arenosa/média e argilosa *fase caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado.*

Localiza-se em áreas das zonas dos sertões Central e Médio Jaguaribe, compreendendo partes dos municípios de Jaguaretama, Jaguaribe, Solonópole, Jaguaribara e Orós. Os dois primeiros componentes arranjam-se de maneira indiscriminada em toda a área, concentrando-se principalmente nas partes mais erodidas, enquanto que o terceiro ocupa áreas rebaixadas, planas, acompanhando geralmente os cursos d'água, onde há maior possibilidade de concentração de sódio ou nos topos planos de elevações de cotas mais baixas.

*Proporção dos componentes - 45-35-20 %*

*Extensão e percentagem - 1.641,25 km2*, correspondendo a 1,090 % da área mapeada.

***Extrato da legenda do mapa de solos do EMBRAPA do Estado do Ceará***

Este extrato do volume 1, fornece a informação disponível a respeito da UMP Red10. Esta unidade apresenta os seguintes Tipos de Solos (TS):

- Solos Litólicos de textura arenosa e média (R)
- Afloramentos de Rochas (AF)
- Solonetz Solodizado (SS)

com as seguintes proporções: 45% (R) + 35% (AF) + 20% (SS). Com estes elementos é possível estimar diretamente o valor do $L_{600}$ padrão desta UMP, utilizando a informação da tabela A resumida do item A2.2, como também a tabela A completa do anexo 8.4.

Na tabela B do mesmo item A2.2 são apresentados os valores das lâminas escoadas ($L_{600}$ padrão) precalculados para cada uma das UMPs que ocorrem na região semi-árida, de acordo com os levantamentos de solos mencionados.

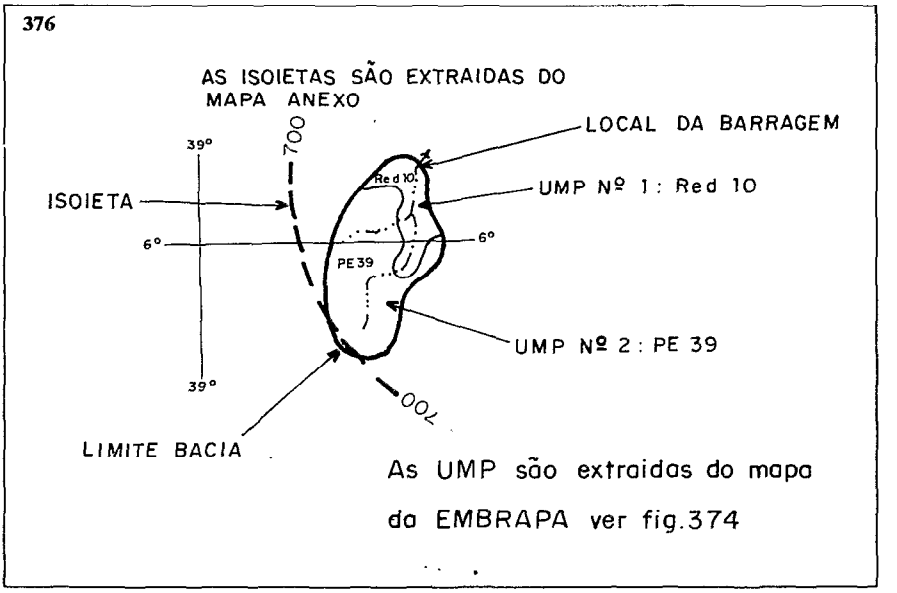
## Quando usar a tabela A ou a tabela B

A tabela B deve ser utilizada nas bacias hidrográficas de drenagem (BHD) que ocupam grandes áreas e que podem ser delimitadas nos levantamentos de solos, ou seja, quando não se tem dúvida sobre a localização da bacia. A tabela B pode ser utilizada sem restrição para BHDs de tamanho superior a 100 km$^2$.

A tabela A é utilizada quando se dispõe de levantamentos de solos mais detalhados onde, geralmente, os solos foram mapeados sob a forma de tipos de solo (TS) e não de unidades de mapeamento (UMP), proporcionando assim, maior segurança dos limites e dos tipos

de solos que ocorrem numa determinada bacia. Para BHDs de superfície inferior a 10 km$^2$ é sempre necessário determinar a proporção dos TS efetivamente presentes.

## 8.7 Exemplo de cálculo do $L_{600}$ padrão de uma bacia




A figura 376 representa a bacia hidrográfica do Riacho Feiticeiro, delimitada no mapa de solos do estado do Ceará.

O quadro 377 apresenta as principais características desta bacia (ver página seguinte).

UMPs que ocorrem na bacia; precipitação média; proporções (%) de cada UMP; tipos de solos com suas respectivas proporções (% na UMP); valor $L_{600}$ correspondente a cada tipo de solo (TS) obtido na tabela A.

Detalhamos a seguir os cálculos necessários para preeencher esta tabela:

**a)** Delimitar a bacia hidrográfica no mapa de solos. Deve-se primeiramente recorrer a mapas planialtimétricos de escala 1:100.000 para BHD entre 25 e 500 km$^2$; e escala mais precisa, quando existe, para BHD menores, conforme explicado no item 8.2 deste mesmo anexo. Em seguida, deve-se repassar o contorno da BHD para o mapa de solos, utilizando-se as coordenadas geográficas e a rede hidrográfica de drenagem.

*Os itens "e", "f", "g", e "h" detalham os cálculos de eleboração da Tabela B, na qual os valores de 34 e 73 mm podem ser encontrados diretamente.*

**b)** Delimitar dentro da BHD, as UMPs ou TS. Preencher a linha 1 do quadro 377;

**c)** Determinar, com a ajuda de um mapa de isoietas, a pluviometria local (calcular a precipitação média de cada UMP se a bacia for muito grande) e preencher a linha 2;

**d)** Planimetrar as UMPs (ou TS) e calcular a percentagem de cada uma delas na bacia (linha 3);

**e)** Recorrer à "Legenda Ampliada" (do relatório de solos do estado e verificar o(s) tipo(s) de solos (TS) que ocorrem na bacia e a proporção dele(s), em cada UMP (linhas 4 e 5);

377

## QUADRO 377
## CÁLCULO DA LÂMINA ESCOADA MÉDIA ANUAL DE UMA BHD
### Exemplo da Bacia do Feiticeiro

| | UMP nº 1 | | | UMP nº 2 | | | Modo de calcular origem dos dados |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Origem dos dados: |
| 1. Nome da UMP | PE 39 | | | RED10 | | | Mapa Pedológico |
| 2. Precipitação média (P) | 718 mm | | | 718 mm | | | Mapa isoietas |
| 3. % da UMP na bacia | 78,8 % | | | 21,2 % | | | Mapa Pedológico |
| 4. Tipo de Solo de cada UMP (TS) | Podzólico vermelho-amarelo. Eutrófico raso(PE) | Litólico arenoso e médio (R) | Podzólico vermelho-amarelo. Eutrófico arenoso/ argiloso (PV) | Litólico arenoso e médio (R) | Afloramento de rocha (AF) | Solonetz Solodizado (SS) | Mapa Pedológico |
| 5. % do TS nas UMP | 40 % | 35 % | 25 % | 45 % | 35 % | 20 % | Mapa Pedológico |
| 6. $L_{600}$ padrão dos TS | 37 mm | 37 mm | 25 mm | 37 mm | 90 mm | 125 mm | Tabela "A" |
| | | | | | | | Modo de cálculo: |
| 7. Contribuição dos TS | 14,80 mm | 12,95 mm | 6,25 mm | 16,65 mm | 31,50 mm | 25,00 mm | 25 = $\frac{125 \times 20\ \%}{100}$ |
| 8. $L_{600}$ padrão das UMP | | 34,00 mm* | | | 73,00 mm* | | 73 = 16,65 + 31,5 + 25,0 |
| 9. Contribuição das UMP | | 26,79 mm | | | 15,47 mm | | 15,47 = 73 x 21,2%/100 |
| 10. Lâmina escoada L(P) das UMP | | 39,50 mm | | | 22,80 mm | | 22,80 = 5,47 x $e^{0,0033(718-600)}$ |
| 11. Lâmina total da BHD | | | 62,30 mm | | | | 62,3 = 22,8 + 39,5 mm |

**Obs**: (*) Estes valores de 34,00 e 73,00 mm podem ser encontrados diretamente na tabela B.

**f)** Recorrer à tabela A e preencher a linha 6 com o valor de $L_{600}$ correspondente aos tipos de solo (TS);

**g)** Multiplicar a proporção do TS pelo valor do $L_{600}$ cor-respondente (linha 7).
*Exemplo:*
40% de Podzólico vermelho Amarelo Eutrófico raso x 37 mm = 0.4 x 37 mm = 14.8 mm
Fazer esta operação para todos os tipos de solos e para todas as UMPs existentes na bacia preenchendo a linha 7.

**h)** Calcular o valor da linha 8, somando os valores do TS para cada UMP, ou seja, somando os valores da linha 7 de cada UMP.

**i)** Preencher a linha 9 multiplicando os valores da linha 8 pelos valores correspondentes da linha 3, obtendo-se a contribuição da UMP em função da % de ocorrência na bacia. Esta é a contribuição do escoamento de cada UMP da Bacia.

**j)** Calcular a lâmina corrigida pela precipitação L(P) (linha 10) utilizando a precipitação média de cada UMP da linha 2 e aplicando a fórmula $L(P) = L_{600} \times e^{(0.0033\ P-600)}$, com P = 718 mm

**l)** Finalmente para se obter o L(P) total da bacia, basta somar os valores das L(P) de cada UMP, que no exemplo anterior é igual a 62.30 mm (escoamento da bacia do Riacho Feiticeiro).

# Anexo 9:

## Exemplo de cálculo de um projeto de construção e utilização produtiva de um pequeno açude

## 9.1 Localização

O local escolhido para o barramento está situado no pé do Serrote São Gonçalo, vizinho à cidade de Catolé do Rocha-PB (6°19'40"L. Sul/ 37° 39'20"L. Oeste).

■ **Relevo da BHD:**

Encontra-se na bacia uma associação de baixios largos e encostas de relevo ondulado e suave ondulado.

■ **Clima:**

A zona climática é a zona "Sertão". A pluviometria média anual foi calculada por interpolação entre a isoieta de 800 mm e a de 700 mm e estimada em 740 mm (ver mais adiante).

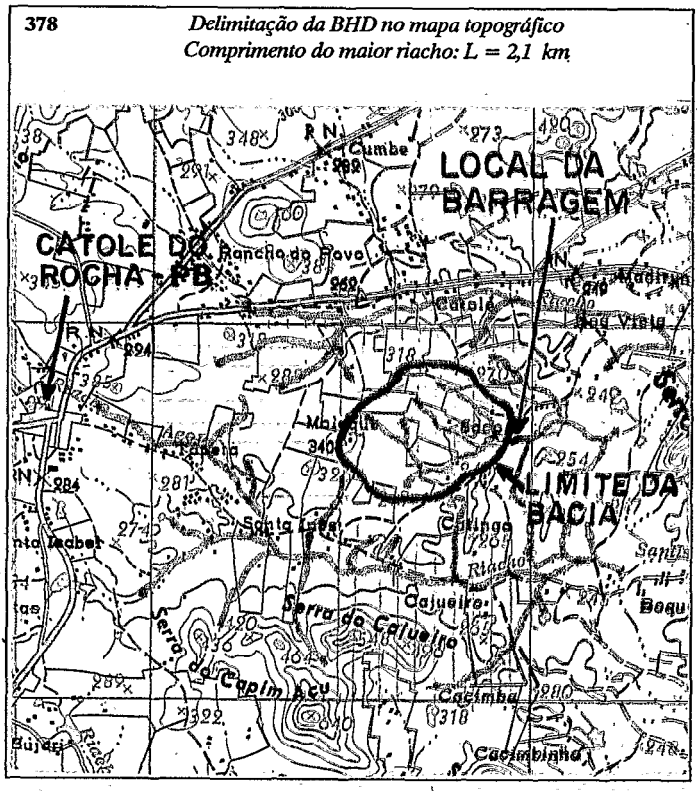
■ **Vegetação da BHD:**

Caatinga hiperxerófila nas áreas não desmatadas das encostas e de campos de várzeas nos baixios quando não cultivados.

■ **Solos da BHD:**

O levantamento pedológico da bacia deu os resultados seguintes (ver mapa esquemático da BHD, fig. 378)

| | | |
|---|---|---|
| *Solo podzólico vermelho-amarelo (PE):* | *120 ha* | *(50% de S)* |
| *Solo litólico eutrófico (Re):* | *90 ha* | *(40% de S)* |
| *Solo de baixio- aluvial eutrófico (Ae):* | *20 ha* | *( 9% de S)* |
| *Afloramentos de rocha (AF):* | *2.5 ha* | *( 1% de S)* |




*Delimitação da BHD no mapa topográfico*
*Comprimento do maior riacho: L = 2,1 km*

### ■ Presença de açudes na BHD

Apesar de aparecer no mapa topográfico SUDENE SB24Q1-1965(figura 378), um açude de certo porte à montante do açude São Gonçalo, este já não existia, quando foi realizado o levantamento da bacia hidrográfica. Esta represa foi provavelmente arrombada ou destruída, o que fornece um bom exemplo do cuidado que se deve ter com as informações dos mapas. Existem na BHD, um barreiro pequeno de 3.000 $m^3$ e três barreiros menores de menos de 1.000 $m^3$ (a superfície controlada por essas pequenas represas é de 20 ha, o que corresponde a *8.5%* da superfície total (S) da BHD).

### ■ Delimitação da BHD

Após localizar no mapa o local do futuro barramento, o traçado das redes hidrográficas permite separar a BHD do futuro açude das outras bacias vizinhas (figura 378).

Uma delimitação mais precisa foi realizada a partir de fotografias aéreas (escala 1:20.000), que permitiram mapear o levantamento pedológico (ver figura 379).

### ■ Avaliação da superfície da BHD

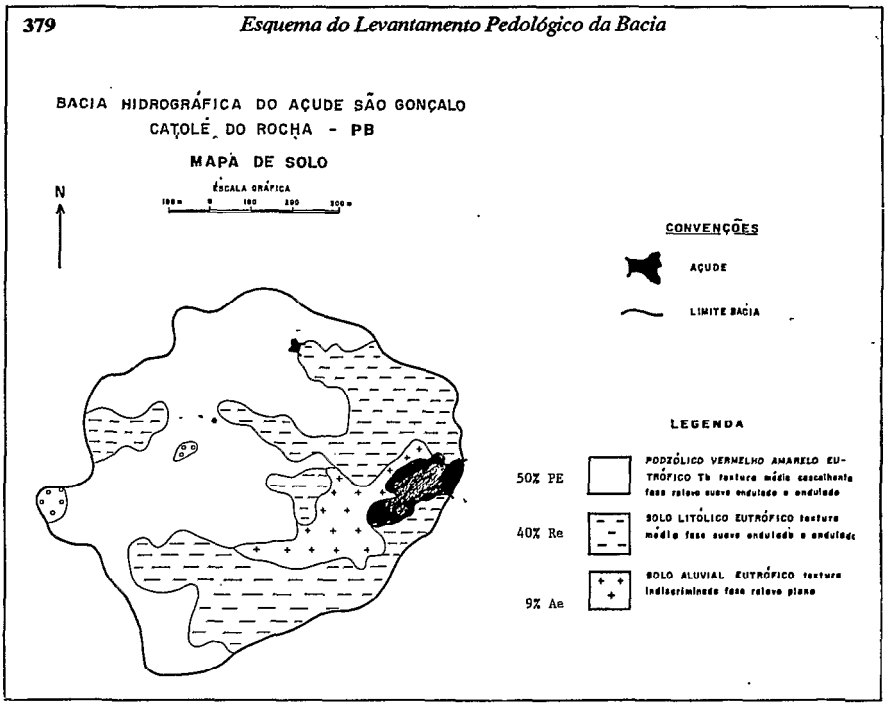
A avaliação, por quadriculação, da superfície da BHD no mapa de escala 1:100.000 (ver figura 379), deu 40 quadrinhos de 2,5 mm de lado, ou seja, 2.5 $km^2$ (0,0625 $cm^2$ corresponde a 0,0625 $km^2$ no campo).

A avaliação da superfície por planimetragem a partir de sua delimitação numa fotografia aérea deu 2,35 $km^2$, ou seja, 235 ha, incluindo a superfície do espelho d'água.

## 9.2 Determinação do volume escoado médio $V_{esc}$:

### ■ Determinação do $L_{600}$ Padrão

A bacia sendo pequena, procurou-se fazer um levantamento pedológico (figura 379) e utilizou-se o método dos Tipos de Solos (TS)




Procura-se na tabela A o $L_{600}$ correspondente a cada um dos quatro tipos de solo identificados:

| | | |
|---|---|---|
| *Solo podzólico (PE)* | $L_{600} = 15\ mm$ | $S_{PE} = 0.5\ x\ S$ |
| *Solo litólico (Re)* | $L_{600} = 37\ mm$ | $S_{Re} = 0.4\ x\ S$ |
| *Aluvião Arenoso (Ae)* | $L_{600} = 10\ mm$ | $S_{Ae} = 0.09\ x\ S$ |
| *Afloramento (AF)* | $L_{600} = 90\ mm$ | $S_{Af} = 0.01\ x\ S$ |

**$L_{600}$ padrão** = (15 mm x 0.5) + (37 mm x 0.4) + (10 mm x 0.09) + (90 mm + 0.01) = **24.1 mm**

## ■ Determinação dos fatores de correção

| | |
|---|---|
| *CV (vegetação): desmatamento médio* | *CV = 1.0* |
| *CA (quase ausência de açudes na BHD)* | *CA = 1.5* |
| *CL (há 9% da área com aluviões arenosos)* | *CL = 0.8* |

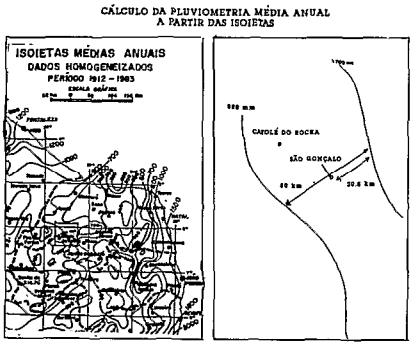
**$L_{600}$ corrigido = $L_{600}$ padrão x CV x CA x CL**

$L_{600}$ corrigido = 24.1 x 1 x 1.5 x 0.8 = **28.92 mm**

## ■ Estimativa da pluviometria:

O açude vai ser construído num local situado entre as isoietas 800 mm e 700 mm, porém mais perto dessa segunda. Para estimar a pluviometria média, desenha-se a menor reta que liga as duas curvas passando pelo local considerado (nos casos mais simples as curvas aproximam-se de duas retas paralelas e esta reta fica quase perpendicular às duas curvas

**380** *Determinação da pluviometria por interpolação a partir do mapa de isoietas.*




(ver figura 380). No entanto, existem casos complicados nos quais se deve considerar três isoietas diferentes, em todos os casos procura-se entender a lógica das variações indicadas pelas isoietas.

Mede-se a distância $D_{700}$ do local à isoieta 700 mm e a distância entre as duas isoietas ($D_{800\text{-}700}$). A diferença entre as duas isoietas sendo de 100 mm, calcula-se o acréscimo X a ser adicionado a 700 mm para obter a pluviometria no local considerado ($X = D_{700}/D_{800\text{-}700} \times 100$ mm).

As duas distâncias medidas são $D_{700}$ =20.5 km e $D_{800\text{-}700}$=50 km, X=20.5 km/50 km x 100mm=40 mm. A pluviometria média anual estimada para o local é: **P = 740 mm.**

■ **Cálculo da lâmina escoada da bacia L(p)**

$$\mathbf{L(p) = C \times L_{600}\ corrigido \times e^{A(P-600)}}$$

Na zona Sertão: C = 1 e A = 0.0033 (15 mm < $L_{600}$ < 60 mm)

$L(p) = 1 \times 28.92 \times 2.72^{0.0033 \times (740 - 600)}$

$L(p) = 28.92 \times 1.587 =$ **45.90 mm**, 46 mm arredondado

■ **Cálculo do volume escoado anual médio $V_{esc}$**

$$\mathbf{V_{esc} = S \times L(p) \times 1000}$$

$V_{esc} = 2.35 \times 46.0 \times 1000 =$ **108.100 m³**, 110.000 m³, arredondando.

## 9.3 Cálculo da vazão máxima da cheia de projeto

■ **Determinação de Sc**
**superfície de contribuição de cheia**

$$\mathbf{Qx = 17\ Sc^{0.8} \times Fc}$$

*Para S < 5 km²*

Sc = $S_3$ (solos com $L_{600}$ > 30 mm) + 0.5 x $S_2$ (solos com 30 mm > $L_{600}$ >5 mm) + 0,1 x $S_3$ (solos com $L_{600}$ < 5 mm)

$S_3 = S_{Re} + S_{Af} = (40\% + 1\%) \times 2.35\ km^2$

$S_2 = (S_{PE} + S_{Ae}) \times 0.5 = (50\% + 9\%) \times 2.35\ km^2 \times 0.5$

$S_1 = 0$

$Sc = (0.41 \times 2.35) + 0.5 \times (0.59 \times 2.35) =$ **1.65 km²**

■ **Correções**

$$\mathbf{Fc = C_{form} \times C_{dren} \times C_{rel} \times C_{degr} \times C_{clim}}$$

$C_{form} = L^2/S = 4.41/2.35 = 1.87$ ; $C_{form} = 1$
$C_{dren} = 1$ (forma da rede de drenagem não exepcional)
$C_{rel} = 1$ (relevo dominante ondulado e suave-ondulado)
$C_{degr} = 1$ (ausência de áreas de solos degradados)
$C_{clim} = 1$ (zona climática Sertão)

$$Fc = 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 1$$
$$S < 5\ km^2 \quad Q_x = 17 \times S_c^{(0.8)} \times F_c$$
$$Q_x = 17 \times 1.65^{(0.8)} \times 1$$

$$\mathbf{Q_x = 25.4\ m^3/s}$$

A correção devida à amortização da cheia só poderá ser feita após serem conhecidas as características geométricas do açude. Antes dessa determinação conservamos este valor de $Q_x$.

## 9.4 Dimensionamento da barragem

■ **Cálculo dos coeficientes geométricos, $\alpha$ e K**

Um levantamento topográfico do local da barragem bem como da futura bacia hidráulica permite calcular os coeficientes geométricos do futuro açude, utilizando-se o "método dos dois espelhos" (na realidade o levantamento topográfico permite determinar todas as superfícies e obter a tabela PSV, a qual possibilita uma estimativa mais precisa desses coeficientes). Utilizamos as curvas de nível correspondentes às profundidades de 3 e 2 metros respectivamente (os níveis mais altos são os mais representativos e deve haver no mínimo um metro entre os dois). Utilizou-se um planímetro para medir as superfícies destes dois espelhos.

$$H_1 = 2m \qquad S_1 = 13.824\ m^2$$
$$H_2 = 3m \qquad S_2 = 40.608\ m^2$$

**Coeficiente $\alpha$**

$$\mathbf{\alpha = 1 + Log\ (S_1/S_2)/Log(H_1/H_2)}$$

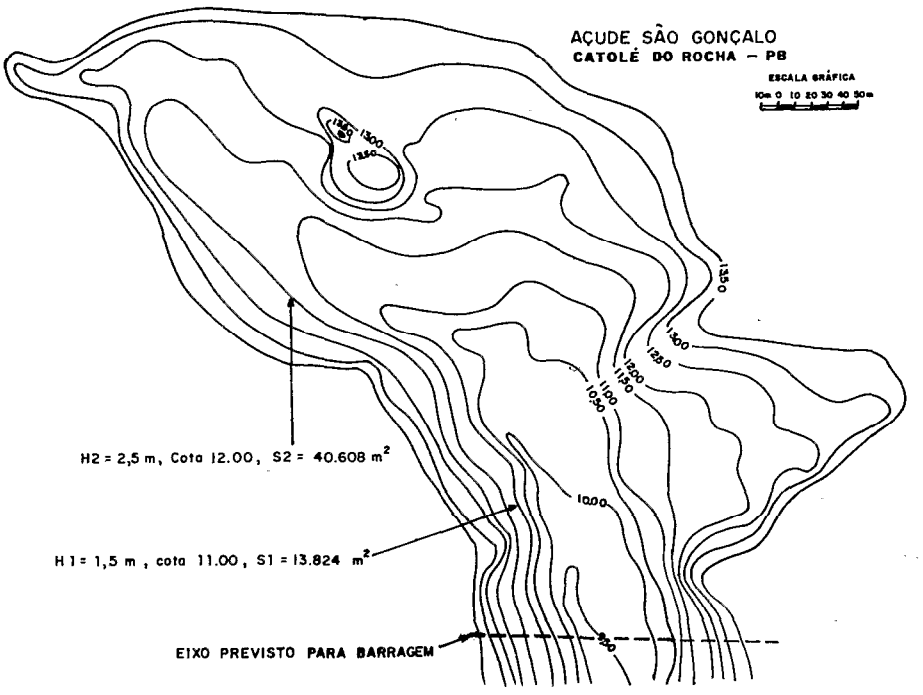
$\alpha$ = 1 + Log (13824/40608)/Log (2/3)
= 1 + Log 0.34 / Log 0.666
= 1 + 0.468/0.176
= 1 + 2.66 = 3.66
**= 3.66**

**Coeficiente K:**

$$\mathbf{K = S_1/\alpha.H_1^{(\alpha-1)}}$$

$$K = 40.608/(3.66 \times 3.0^{(2.66)}) = \mathbf{597}$$

381 *Esquema da bacia hidráulica (levantamento topográfico)*




## ■ Dimensionamento:

### Volume e cota máxima da represa

Lembramos que estimamos o volume escoado médio da BHD em $V_{esc} = 110.000\ m^3$. Para um pequeno açude que sera utilizado para irrigação recomenda-se dimensionar o volume do açude:

$V_x = 0.5\ V_{esc} = 110.000 \times 0.5 = 55.000\ m^3$.

A altura da soleira do sangradouro será:

$$\boxed{H_x = (V_x/K)^{(1/\alpha)}}$$

$H_x = (55.000/597)^{1/3.66} = \mathbf{3.44\ m}$, arredondado para 3.40 m

É sempre recomendável efetuar uma última verificação da coerência dos cálculos de $V_x$ a partir de $H_x$, K e $\alpha$:

Aplicar para isso a fórmula:

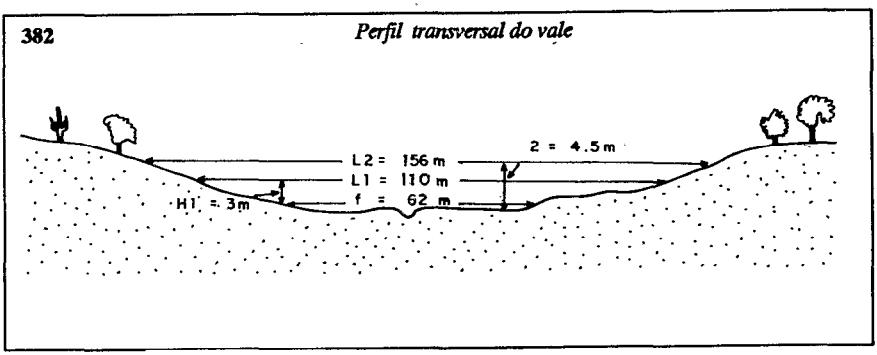
$$\boxed{V_x = K.H_x^{\alpha}}$$

$\alpha = 3.66$, $K = 597$, $H_x = 3.40$ m

$V_x = 597 \times (3.40)^{3.66} = \mathbf{52.624\ m^3}$

A diferença entre 52.624 e 55.000 $m^3$ decorre dos arredondamentos.

■ **Estimativa do volume de terra da barragem para diversas alturas**




Após realizar o levantamento topográfico do local escolhido para construção (perfil transversal do vale figura 382), estima-se o volume de terra compactada e o custo da construção. Tendo-se um fundo quase plano (baixio largo) e encostas marcadas, pode-se utilizar a fórmula seguinte:

$$V_{terra} = (L\text{-}f)H(2H/3+C/2) + H.f(C + 2H)$$

*L = comprimento total da barragem (m)* *f = comprimento do fundo (m)*
*H = altura da barragem (m)* *C = largura da crista (m).*

No exemplo considerado temos: comprimento do fundo = 62 m; largura da crista = 3 m.

H = 3.0 m, L = 110 m,
V = (110-62) x 3 x (2+1.5) + 3 x 62 x (3+6) = 2178 $m^3$

H = 4.0 m, L = 143 m,
V = (143-62) x 4 x (8/3+1.5) + 4 x 62 x (3+8) = 4078 $m^3$

H = 4.5 m, L = 156 m,
V = (156-62) x 4.5 x (9/3+1.5) + 4.5 x 62 (3+9) = 5251 $m^3$

## 9.5 Dimensionamento do sangradouro

■ **Cálculo do comprimento e da altura do sangradouro**

O sangradouro será lateral e escavado no terreno natural.

□ **Fórmula a utilizar**

Podemos utilizar as fórmulas seguintes:

$$Q_x = 1.4\ L_{sang} \times H_v^{3/2} \qquad H_v = (Q_x/(1.4 \times L_{sang}))^{2/3}$$

$Q_x$ = Vazão máxima da cheia de projeto
$L_{sang}$ = comprimento do sangradouro
$H_v$ = lâmina d'água vertente máxima no vertedouro

### □ Cálculo de $H_v$ para diversas possibilidades de comprimento da parede

Sendo conhecida a vazão máxima da cheia de projeto ($Q_x$ = 25.3 $m^3/s$), calcula-se as lâminas ($H_v$), correspondentes a diversos pares ($L_{sang}$, $H_v$):

$$L_{sang} = 20\,m, H_v = (25.3/1.4 \times 20)^{0.666} = 0.93\,m$$
$$L_{sang} = 30\,m, H_v = (25.3/1.4 \times 30)^{0.666} = 0.71\,m$$
$$L_{sang} = 35\,m, H_v = (25.3/1.4 \times 35)^{0.666} = 0.64\,m$$
$$L_{sang} = 40\,m, H_v = (25.3/1.4 \times 40)^{0.666} = 0.58\,m$$

### □ Escolha final de $H_v$ e $L_{sang}$

A inclinação da encosta no lado escolhido para o sangradouro e a altura prevista para a cota de sangria limitam a largura do sangradouro em 35 m. Admitindo-se uma folga de 0.50 m, a altura total do sangradouro (revanche) será:

$$\boxed{H_{sang} = H_v + f = 0.64 + 0.50 = 1.10\ m}$$

## ■ Amortecimento da cheia e riscos de ruptura dos açudes situados montante.

### □ Amortecimento

Tendo-se estimado as características geométricas do açude e do sangradouro, pode-se levar em conta a redução da vazão devida ao amortecimento das cheias na represa.

$$X_o = \frac{S}{H_v \times S_{amort}}$$

Com, S = 235 ha, $H_v$ = 0.6 m , $\alpha$ = 3.66, K = 597

$$S_{amort} = S_x = \alpha . K . H^{(\alpha-1)} = 5.66\ ha$$
$$X_o = S/S_x = 235/5.66 = 41.5$$

O ábaco 30 indica, $X_{amort}$ = 1

### □ Rutura dos açudes situados a montante

Neste exemplo, do único açude situado a montante do local do barramento possuir um volume inferior a 50 % do volume máximo $V_x$ do açude projetado torna desnecessário que se tome precauções excepcionais com respeito ao risco de ruptura deste açude.

*Para resumir, constata-se que este tipo de açude não proporcionará amortecimento das cheias.*

## ■ Altura total final da barragem

A altura total do sangradouro devendo ser de 1.10 m e a altura da soleira de 3.40 m, a altura da barragem será de:

**1.10 + 3.40 = 4.50 m.**

## 9.6 Dimensionamento do perímetro irrigado

O cultivo projetado é uma cultura de cebola (ciclo de 105 dias irrigáveis).

Para dimensionar o perímetro irrigado, procura-se estimar a área de cebola que poderá ser irrigada a partir do açude, depois da estação chuvosa (de julho a outubro), num ano em que o açude sangrou no mês de junho.

Admite-se que o agricultor procura conservar o nível da água acima de 1.20 m para garantir a permanência da água até o inverno seguinte e preservar uma reserva para os peixes e as culturas de vazantes (a água da caixa poderá ainda dar uma segurança adicional).

Utiliza-se a fórmula seguinte:

$$S = (V_{disp} - V_{abas} - V_{perdas})/V_{ha}$$

■ **Cálculo do $V_{disp}$:**

Conhecendo a profundidade inicial e final da água no açude, calcula-se o volume disponível.

$V_{disp} = V_{inicial} - V_{final} =$
$V\ 3.4\ m - V\ 1.2\ m = 597 \times 3.4^{3.66} - 597 \times 1.2^{3.66} = 51.460\ m^3$

■ **Calculo do $V_{abas}$:**

25 bovinos bebem regularmente no açude (40 l/dia/bovino). O consumo doméstico é estimado em 200 l por dia.

$V_{abas/dia} = (25 \times 40\ l/dia) + 200\ l/dia = \mathbf{1.2\ m^3/dia}$
$V_{abas/período\ de\ irrigação} = 1.2\ m^3 \times 105 = \mathbf{126\ m^3}$

■ **Cálculo de $V_{ha}$:**

Considera-se a ETP da região por quinzena e os valores de Kc do cultivo escolhido.
Utilizamos a ETP (Hargreaves) da estação meteorológica mais próxima (Catolé do Rocha).
A lâmina de irrigação necessária[1] por quinzena é igual ao valor do ETP versus o valor do Kc da quinzena (Ver quadro 383).

$V_{ha} = (R^{n}_{i-1}\ ETP_i \times Kc_i) \times 10/\text{Eficiência}$

$V_{ha} = [(66 \times 0.50) + (66 \times 0.75) + (78 \times 0.75) + (78 \times 0.90) +$
$(84 \times 0.90) + (84 \times 0.85) + (93 \times 0.80)] \times 10/0.5$

$V_{ha} = 432.6 \times 10/0.5 \qquad \mathbf{V_{ha} = 8.652\ m^3}$

Aconselhamos, na prática, a realização destes cálculos com o auxílio de um quadro semelhante a este a seguir.

[1] *Sem considerar as possíveis chuvas neste caso, porque as possibilidades são muito reduzidas nesta época, no Sertão.*

**QUADRO 383**
**Cálculo da ETP local , do Kc da cebola e das necessidades de água**

| Ms | Julho | | Agosto | | Setembro | | Outubro | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *ETP/dia* | *4.4* | *4.4* | *5.2* | *5.2* | *5.6* | *5.6* | *6.2* | |
| *ETP(mm) quinzenal* | *66* | *66* | *78* | *78* | *84* | *84* | *93* | *549* |
| *Kc cebola (105 dias)* | *50* | *0.75* | *0.75* | *0.90* | *0.90* | *0.85* | *0.80* | |
| *Lâmina de irrigação (mm)* | *33* | *49.5* | *58.5* | *70.2* | *75.6* | *71.4* | *74.4* | *432.6* |
| *Uso consuntivo $m^3/ha$* | *330* | *495* | *585* | *702* | *756* | *714* | *744* | *4.326* |
| *$V_{ha}(m^3/ha)$ irrigação por sulco (Ef.= 0.5) = 4.326/0.5* | | | | | | | | *8.652* |

## ■ Cálculo de $V_{perdas}$

Cálcula-se o rebaixamento EVINF devido à evaporação e às infiltrações a partir da ETP da estação mais próxima.

Durante o período de irrigação (3.5 meses de julho a outubro) o total da ETP 549 mm. Utiliza-se a fórmula seguinte:

$$\mathbf{EVINF = C_1 . C_2 . 1.65 . ETP}$$

$C_1 = 0.9$ ($S_x < 5$ ha, situação normal)
$C_2 = 1.25$ (infiltração média, açude a ser construído)

EVINF = 0.9 x 1.25 x 1.65 x 549 = **1019 mm = 1.02 m**

O volume das perdas calcula-se pela fórmula :

$$V_{perdas} = EVINF \times (S_x + S_{final}) \times 0.54$$

$$S_x = a.K.H_x^{(e-1)} = 3.66 \times 597 \times (3.4)^{2.66} = 56.648\ m^2$$

$$S_{final} = a.K.H_{final}^{(e-1)} = 3.66 \times 597 \times (1.2)^{2.66} = 3.548\ m^2$$

$$V_{perdas} = 1.02 \times (56.648 + 3.548) \times 0.54 = \mathbf{33.156\ m^3}$$

## ■ Cálculo de $S_{pot}$:

$S_{pot} = (V_{disp} - V_{abas} - V_{perdas})/ V_{ha}$

$S_{pot} = (51.460\ m^3 - 126 - 33.156)/ 8.652\ m^3$

$S_{pot} = (18.178 / 8.652) = \mathbf{2}$ **ha**

## ■ Cálculo final de superfície do perímetro irrigado ($S_{peri}$)

A profundidade máxima do açude $H_x$ sendo próxima de 3 m e a razão $V_x/V_{esc}$ sendo de 0.5, utiliza-se um coeficiente de 0.65 intermediário entre a situação normal e a situação de açudes com $H_x < 3$ m (ver B5-4 página 285).

A superfície do perímetro irrigado finalmente aconselhada $S_{peri}$ é assim:

$$S_{peri} = 0.65\ S_{pot} = 1.30\ ha$$

## 9.7 Dimensionamento do sifão e do adutor

### ■ Cálculo da vazão necessária a partir de $S_{peri}$ x $V_{ha}$

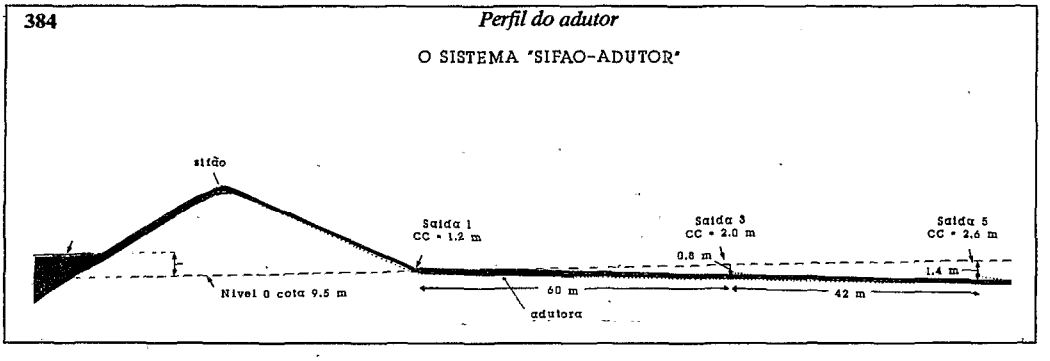
#### □ Determinação dos diâmetros do sifão e do adutor

Devemos considerar uma carga mínima ou crítica equivalente à profundidade final que o agricultor quer conservar no açude ($H_{final}$= 1.2 m, a saida do sifão fica no nível 0). Conhecendo-se o comprimento do sifão, pode-se estabelecer uma primeira hipótese de diâmetro do sifão utilizando-se a tabela do capítulo B5-5. Observamos que um sifão completo, de 03" com 30 m de comprimento, dá uma vazão (Q) de 16.6 $m^3$/hora com CC = 1.0 m e uma vazão de 19.9 $m^3$/hora com uma CC = 1.5 m. Devemos proceder por tentativas sucessivas: primeiramente deve-se efetuar os cálculos do dimensionamento do sistema com um sifão de 3" verificando ainda qual será a melhor combinação sifão/adutor.

De início, mede-se o comprimento necessário do adutor e levanta-se o perfil do terreno ao longo do seu caminho. Para dimensionar o adutor, verifica-se quais diâmetros e conjunto de peças podem garantir a vazão mínima nas diversas saídas do sistema, no caso mais desfavorável, isto é, quando a água esta na altura final $H_{final}$.

Para simplificar a escolha do diâmetro do adutor calcula-se somente a vazão mínima em 3 pontos do adutor (no início do adutor ao pé de parede, na segunda saída que fica proxima do centro do adutor e no final do adutor, na última saída).

384 *Perfil do adutor*




#### □ Cálculo da vazão mínima do sifão e do adutor

*A demanda crítica KC x ETP = 75.6 mm*

O sistema deve poder garantir a distribuição em 8 horas de trabalho por dia (durante 6 dias por semana) do volume de água necessário para repor as necessidades do cultivo durante o período de maior demanda de água da cultura.

| | |
|---|---|
| *ETP /dia no período crítico:* | *5.6 mm* |
| *Kc da cebola neste mesmo período crítico:* | *0.90* |
| *Eficiência do sistema de distribuição:* | *0.5* |
| *Lâmina a ser distribuída por semana:* | |
| *(5.6 x 0.90)/0.5 x 7 dias =* | *75.6 mm* |

*Lâmina a ser distribuída a cada dia de trabalho:*
*75.6/6 =* *12.6 m*

*Superfície do perímetro =* *1.3 ha*

*Volume a distribuir num dia de trabalho:*
*12.6 x 1.3 x 10 =* *163.8 $m^2$*

Considerando-se um dia de 8 horas de trabalho, a vazão do sifão nessas condições deve ser próxima a:

Q = 163 $m^3$/8 **arredondado para 20 $m^3$/hora** : é a vazão mínima que deve ser garantida.

□ **Comprimento do sifão:**

Quando o açude já existe, é necessário medir a distância real entre a posição real da válvula de pé e o registro. Antes da construção da barragem, pode-se estimar esta distância a partir da inclinação prevista dos taludes. O comprimento dos taludes é :

*A altura da parede* **a** *é de 4.5 m.*
*A largura da crista* **c** *é de 3 m.*

$l = [a^2 + (2a)^2]^{1/2} = 1.73\,a$

$l$ = **10.06 m.**

Portanto, consideramos o comprimento de 12 m com uma margem de segurança (para o caso de um talude menos inclinado a montante).

Arredondando, o comprimento "estimado" será de:

$2l + c = 2 \times 12 + 3 = 27$ m.

□ **Vazão de uma saída situada no pé da parede**

A primeira saída ficando na saída do sifão estima-se a vazão na posição de carga mínima ($H_{final}$ = 1.20m). Nesta posição temos 27 m de tubo PE 3" uma valvula de pé 3" + um tê 3" + 1 registro 3".

Calcula-se o coeficiente X.

X = 16 + 0.2 + 0.2 + 2 = 18.4

— 16: válvula de pé
— 0.2: registro
— 0.2: tê
— 2: coeficiente complementar

A= X/CC = 18.2/1,2 = 15.2

B= 188/CC (L/ $D^{4.87}$)= 188/1.2 (27/211) = 20.05

O ábaco pg 315 fornece Q = 19 $m^3$/hora o que confirma que se poderá utilizar um sifão de 3", se o perfil do terreno não exigir um adutor com uma vazão maior.

□ **Vazão de uma saída situada numa posição intermediária**

A 60 m do pé da parede, a terceira saída está 0.8 m abaixo da saída do sifão (CC = 1.2 + 0.8 m = 2.2 m). Para distribuir a água nesta saída a água passa por dois cotovelos de 90°,

um tubo de subida de PVC 3" de 1m e um adutor secundário de 6 m. (Calcula-se os coeficientes A e B).

$$X = (16 + 0{,}2 + 0{,}2) + (1 + 1) + 2 = \mathbf{20.4}$$

cotovelos 90°

$$A = X/CC = 20.4/2.0 = \mathbf{10.2}$$

Neste caso o comprimento do sistema sifão-adutor é de:

27 m (sifão) + 60 m (adutor) + 1 m (saída) + 6 m (secundário) = 94 m

B= 188/2.0 x 94/211 = **41.8**

O ábaco pag. 315 fornece **Q = 16.2 m$^3$/hora**

Esta vazão é insuficiente. A parte inicial do sifão deverá então, ser feita com tubos de 4" de diâmetro. Vejamos como calcular o comprimento, do trecho inicial (o PE do sifão sendo menos econômico ficará em 3").

Tem-se que considerar dois elementos adicionais, um de alargamento (3"/4") e um de estreitamento (4"/3").

X = (16 + 0,2 + 0,2) + (0.88 + 0.44) + (1 + 1) + 2= 21.7 elementos de mudança de diâmetro

A = X/CC = 21.7/2.0 = **10.8**

Efetuamos o cálculo para dois valores do comprimento de tubo em 4":

**a) Caso de 30 m de 4"**

B = 188/2.0 x ( 30/855 + 64/211 ) = **31.8**
O ábaco fornece Q = 17.8 m$^3$/h o que não é suficiente.

**b) Caso de 42 m de 4"**

B= 188/2.0 ( 42/855 + 52/211) = **22.7**
**O ábaco fornece Q = 19,8 m$^3$**/hora. Esta vazão é suficiente.
Não é necessário testar outros comprimento.

### □ Vazão no fim do adutor

A 100 metros do pé da parede, a última saída do adutor fica 0.6 m abaixo da saída intermediária e 1.4 m abaixo da saída do sifão (CC = 1.2 + 1.4 m = 2.6 m).

Calcula-se os coeficientes A e B.

X = (16 + 0,2 + 0,2) + (1 +1) + (0,88 + 0,44) + 2 = **21,7**
A = X/CC = 21,7/2.6 = **8,3**

Neste caso o comprimento do sistema sifão-adutor é de :

27 m (sifão) + 102 m (adutor) + 1 m (saída) + 6 m (secundário) = 136 m

B = 188/2.4 (42/855 + 94/211) = **38.7**

O ábaco pg 315 fornece Q = **17.3 m$^3$/hora**

A vazão obtida não é suficiente sendo inferior à vazão mínima; no entanto pode-se considerar que os 6% que faltam serão assegurados graças à margem de segurança, e pode-se ainda aumentar o trecho do adutor para 4" se se quiser ter maior segurança.

## 9.8 Cálculos econômicos :

Apresentamos a seguir alguns cálculos simples que utilizam dados médios da região Nordeste[2] para dar uma idéia dos resultados deste tipo de projeto. É preferível, quando for possível, utilizar diretamente dados regionais ou locais.

### ■ Os investimentos:

#### □ Avaliação do custo da barragem:

Com uma altura de 4.5 m, o volume de terra compactada do maciço foi estimado em 5.251 $m^3$. Utiliza-se as fórmulas simplificadas (uma hora de trator D4 = 20 US$ e o custo do trabalho em Homem por Dia (= HD) sendo avaliado em US$ 2.5):

| | | | |
|---|---|---|---|
| *1. Aterro do maciço:* | $C_{aterr} = 1.33\ V_{terra}$ | = | *6.983 US$* |
| *2. Fundação :* | $C_{fundação} = 0.2\ V_{terra}$ | = | *1.050 US$* |
| *3. Umedecimento da terra (+5% de 1+2)* | | = | *400 US$* |
| *4. Escavação do sangradouro + proteção lateral (+15% [1+2+3])* | | = | *1.265 US$* |
| *5. Mão-de-obra de apoio, ou seja, 2 HD x n° Horas Máquina[3] x 2.5 US$* | | = | *240 US$* |
| **Sub total:** | | = | **9.938 US$** |

#### □ Avaliação do custo das cercas e do desmatamento

Uma área de 7 ha (5.5 ha de bacia hidráulica + 1.5 ha de área irrigada) tem que ser desmatada e cercada. A partir do mapa topográfico pode-se medir a extensão das cercas.

| | | |
|---|---|---|
| *6. Cercas de arame:(1200 m; 3 fios; 32.5 US$/100 m) 1200 x 32.5 /100* | = | *390 US$* |
| *7. Desmatamento : (7 ha, 30 HD/ha, média muito variável) 30 x 2.5 x 7* | = | *525 US$* |

#### □ Avaliação do custo do sistema de irrigação

Utilizando-se um sistema sifão PE de 3" um adutor PVC enterrado de 4" e 3" de 100 m de comprimento, com 4 saídas com engate rápido e um conjunto de 6 tubos de PVC 3" como canalização secundária, o custo estimado do sistema é:

| | |
|---|---|
| *8. Sifão:(27 m PE 4") + (1 tê + 1 válvula de pé + 1 registro + 4 niples + 4 abraçadeiras) = (13.6US$/m x 27 m)+(20+75+80+32+16)US$ =* | *590 US$* |
| *9. Adutor: (90 m PVC 3" + 42 m PVC 4") + (4 tês PVC 3" + 4 tubos 1 m PVC 3" + 4 engates rápidos + 6 tubos PVC 3") = (15 tubos x 10 US$ + 7 tubos x 16 US$) + (28.8 + 8 + 46.4 + 66) US$ =* | *411 US$* |

---

[2] *Para a piscicultura e os cultivos de forragens de vazantes, os dados utilizados não são "mêdias" da região Nordeste, mas dos obtidos em 1990 no Projeto Pintadas.*

[3] *Uma estimativa do número de horas/máquina na construção da barragem é dada por $V_{terra}/15m^3$ por hora.*

*10. Instalação do sistema:*
*escavação, colocação do sifão e do adutor:*
*40 HD x 2.5 US$ =* *100 US$*

*11. Drenagem:*
*devido ao declive lateral e longitudinal*
*do baixio irrigado, só será necessária a*
*escavação de um pequeno dreno de 50 m (28 HD)*
*para evacuar até o riacho as águas que poderiam*
*ficar retidas numa pequena depressão localizada*
*4O HD x 2.5 US$ =* *100 US$*

**Custo Total do investimento:** **12.054 US$**

Este custo corresponde à instalação do perímetro irrigado de 1.3 ha, mas permite também uma valorização da piscicultura, das culturas de vazante (5 ha). A construção deste açude induzirá, finalmente, uma média de 6 ha cultivados por ano.

## ■ Resultados por produção

### □ Situação "ex-ante":

Antes do projeto o baixio era utilizado como pasto natural. O valor da renda líquida obtida nesta área antes do projeto poderia ser estimado a partir do valor do aluguel de pastos da mesma natureza na região. Na realidade, a forragem oriunda dos restos de cultivos irrigados e das culturas de vazantes é, no mínimo, equivalente à forragem natural da situação anterior. Por isso, não será considerado nos cálculos, o valor da produção antes do projeto, nem o valor da forragem proporcionada pelos restos de cultivos irrigados e de vazante.

### □ As culturas irrigadas:

A cultura da cebola, foi escolhida para o cálculo de $S_{pot}$ neste exemplo[4]

**Resultados dos cultivos irrigados em US$[5]**

| | Área ha | Rendim. t/ha | Renda bruta $ US | Custos produção $ US | Renda líquida $ US | Mão-de obra HD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *cebola* | *1.3* | *15* | *4.875* | *1.620* | *3.255* | *234* |

### □ Culturas de vazante:

As áreas de vazante, devido à importância da pecuária na região, serão inteiramente utilizadas para plantío de capim de vazante. Considera-se uma produção de 100 t/ha /ano em dois cortes, o que permite a alimentação de 6 bovinos adultos, ou seja, 6 UA(Unidade Animal)/ha/ano (45 kg/dia x 365 dias/UA). O custo de alimentação de uma UA é estimado

[4] *Não foi considerada a cultura de inverno que pode receber uma irrigação de complemento por causa da grande irregularidade das necessidades em água dessas culturas. A segurança obtida para as culturas de inverno representará um ganho adicional que só será estimado neste exemplo no caso de enchimento parcial da represa.*

[5] *Fonte: Anexo 3 - Custos e Resultados.*

em 110 US$/ ano. Uma estimativa do valor do capim produzido numa área de 3 ha (limitação imposta pela quantidade de mão-de-obra necessária para a colheita e o transporte do capim) dá o resultado seguinte :

**Renda bruta do capim de vazante :**

3 ha x 6 UA/ha x 110 US$/ano = **1 980 US$/ano**

Os custos de produção do capim de vazante são custos de plantio (1.5 HD/1000m$^2$) e de corte/distribuição (1 HD/1.35 t).

**Plantio:** 30.000 m$^2$/1.000 x 1.5 HD x 2.5 US$/HD = 112.5 $US

**Corte/distrib.:** $\frac{(100t/ha \times 3\ ha) \times 2.5\ US\$/HD}{1.35t/HD} = 555.5\ US\$$

**Custo produção capim/vazante** = 112.5 + 555.5 = **668 US$/ano**

**Renda líquida** = 1.980 - 668.0 = **1.312 US$/ano**

### □ Piscicultura

Procurando comprar cada ano os alevinos necessários para uma criação semi-intensiva (média de 2.500 alevinos/ha de espelho de água médio), fertilizando a água e distribuindo uma alimentação complementar, a produção média de peixe por ano será de 1.500 kg/ha de espelho de água médio).

Se o açude for utilizado sobretudo para irrigação, estará quase vazio depois de 4 meses de irrigação; portanto, deve-se considerar que durante os 8 meses de crescimento dos peixes o espelho d'água passa de 5.0 ha iniciais para 0.3 ha ($H_{final}$ = 1.2 m, $S_{final}$ = 0.3 ha), ficando nessa superfície durante mais 4 meses.

Portanto o espelho d'água médio, pode ser avaliado assim:

$$\frac{[(5.0 - 0.3)/2] \times 4 + 0.3 \times 4}{8\ meses} = \mathbf{1.3\ ha}$$

**Renda bruta piscicultura:** 1.3 x 1500 x 1.0 US$ = **1.950 US$**

Os custos de produção incluem:

- o peixamento (2.500 x 1.3 = 3.250 alevinos ao custo de 20US$/1000 alev. + 16 US$ transporte) = 81 US$
- a fertilização da água : 60 HD/ha de transporte e espalhamento do esterco: 60 x 1.3 x 2.5 US$ = 195 US$
- a alimentação (20HD/ha de transporte de restos de culturas e 55 US$/ha de outros alimentos diversos) = 136.5 US$
- a pesca (16HD/ha) 16 x 1.3 x 2.5 = 52 US$

**Total custos de produção = 464 US$**

**Renda líquida piscicultura:** 1.950 - 464 = **1.486 US$**

### ■ Benefícios por produção

Dada a irregularidade das precipitações e dos escoamentos, deve-se calcular a produção do açude nos anos normais e nos anos desfavoráveis.

O dimensionamento escolhido nesse exemplo ($V_x/V_{esc}$ = 0.5) permite considerar que o açude sangrará em média sete anos em cada dez anos (ver o ábaco da página 204). Consideramos assim, para cálculos econômicos, 7 anos de enchimento completo e dividimos os outros 3 anos em 2 anos de enchimento intermediário e um ano de escoamento nulo ou desprezível.

□ **Situação normal:**

**Tabela 385**
**Benefícios por produção num ano com enchimento normal do açude**
**(em US$)**

| | Renda bruta | Custos produção | Renda líquida | Amortecimento sobre 10 anos (Sistema irrigação e barragem) |
|---|---|---|---|---|
| *Cultivos irrigados (cebola)* | *4 875* | *1 620* | *3 255* | |
| *Cultivos de vazante* | *1 980* | *668* | *1 312* | |
| *Piscicultura* | *1 950* | *464* | *1 486* | |
| *TOTAL* | *8 805* | *2 752* | *6 053* | *1 200* |

□ **Situação de restrição**

Três anos em cada dez, o açude não sangra e o enchimento é só parcial, mas é suficiente para pemitir a salvação da cultura de inverno (1.3 ha). O cultivo de vazante será reduzido (2.5 ha). Nenhum peixamento será realizado e a atividade de piscicultura não será considerada.

**tabela 386**
**Benefícios por produção num ano com enchimento intermediário:**

| | área (ha) | Renda Bruta | Custos produção | Renda líquida | Amortecimento sobre 10 anos |
|---|---|---|---|---|---|
| *Cultivos Irrigados* | | | | | |
| **milho** | *0.3* | *162* | *128* | *34* | |
| **feijão** | *1.0* | *960* | *386* | *574* | |
| *Cultivo de capim/vazante* | *2.5* | *990* | *232* | *758* | |
| *TOTAL* | | *2 112* | *746* | *1 366* | *1 200* |

*(*) Neste ano a água disponível só permitiu um ciclo cultural de milho e feijão (irrigação de salvação).*

[6] *Não constam os custos financeiros (Ver Quadro 387)*

## ■ Cálculo de rentabilidade

Apresentamos a seguir apenas um indicador entre os mais difundidos, a relação Benefícios/Custos (B/C).

### □ Cálculo da relação Benefício/Custo (B/C)

$$B/C = \frac{(\text{Financiamento} + \text{Produção} + \text{Valor residual})^{7}}{(\text{Custos operacionais} + \text{Investimento} + \text{Serviço da dívida})}$$

*Capital total investido e financiado : 12.054 US$*
*Valor da produção (7 x 8805 + 2 x 2112 + 0): 65 859.00 US$*
*Custos operacionais (7 x 2.752 + 2 x 746 + 0): 20 756.00 US$*
*Serviço da dívida: 26 949.00 US$*

Para simular situação de um projeto recorrendo ao crédito total, tomamos o caso de um empréstimo sobre 10 anos, com os 3 primeiros anos de carência e uma taxa de juros de 9 % ao ano do investimento total.

Conservamos neste cálculo os valores dos resultados no caso de 7 anos normais e 3 anos secos sobre 10 anos.

**Tabela 387. Custos financeiros em US$**

| Anos | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Juros* | 1085 | 1085 | 1085 | 1085 | 987 | 890 | 792 | 694 | 597 | 499 | 8.799 |
| *Principal* | | | | 1722 | 1722 | 1722 | 1722 | 1722 | 1722 | 1722 | 12.054 |
| *Total* | 1085 | 1085 | 1085 | 2807 | 2709 | 2612 | 2514 | 2416 | 2319 | 2221 | 20.853 |

$$B/C = \frac{12.054 + 65.859}{20.756 + 12.054 + 20.853} = \frac{77.913}{53.663} = 1.45$$

### □ Síntese dos resultados econômicos

Apresentamos, a seguir, resultados médios e arredondados calculados sobre dez anos, incluindo o amortecimento do conjunto dos investimentos e considerando os custos financeiros correspondentes a um financiamento do investimento com empréstimo reembolsável em 10 anos, com juros de 9 %/ano.

| Renda Bruta das Produções US$ | Custos de produção US$ | Custos financeiros (amortecimento + juros) | | | | Renda Líquida US$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Barragem + desmatamento | Sistema de irrigação | Cercas | Total US$ | |
| *5.700* | *1.800* | *(1.600)* | *(330)* | *(60)* | *2.000* | *1.900* |

[7] *Não vamos considerar nenhum valor residual, apesar de a barragem ter ainda quase o mesmo valor depois de 10 anos, tempo de amortização pouco significativo para este tipo de obra, que pode agüentar 50 a 100 anos de vida útil.*

Apesar de um investimento importante devido ao volume da barragem e de um amortecimento calculado sobre um periodo de 10 anos, os resultados obtidos a partir de indicadores e criterios médios para a região do Sertão, confirmam a rentabilidade excelente deste tipo de projeto.

# Glossário

## A

**ALEVINOS** (pag.151) :
embrião ou filhote de peixe.

**ALICERCE** (pag. 90):
fundação da barragem (ver figura 05 pag. 21).

## B

**BACIA HIDRÁULICA** (pag. 32) ou bacia do açude :
Área ocupada pelas águas do açude (bacia delimitada pelo nível máximo das águas represadas pelo açude a montante da barragem, pela altura da cota de sangria)

**BACIA HIDROGRÁFICA (abrev. BHD)** (pag. 24, 38, 41, 62):
Bacia Hidrográfica de Drenagem = bacia vertente, ver definição pag. 30 e 38.

**BAIXIO** (pag. 27) :
terreno úmido sobre solos aluviais, situado no fundo de um pequeno vale. Ver pag. 190 a 202.

**BALDO** (pag. 13) :
parede ou maciço da barragem, ver figura 05 pag. 21

**BHD:**
Ver Bacia Hidrográfica.

**BOMBA** (pag. 85/108) :
Galeria que se forma progressivamente através do maciço .(ver definição pag. 113).Uma bomba pode provocar a destruição de um açude.

**BOQUEIRÃO** (pag. 30) :
Garganta ou estreitamento de um vale por onde corre um rio, é um sitio favorável à construção de barragem.

**BULLDOZER** (pag. 83) :
Trator de esteira.

# C

**CAIXA (ou PORÃO)** (pag. 30) :
Escavação ao pé da parede da barragem a montante, realizada com o fim de extrair material para o levantamento do maciço, e que pode aumentar sensívelmente a profundidade e a permanência da água armazenado na bacia hidraúlica. Ver figura 44 pag. 86

**CALAGEM** (pag. 174) :
Adubação do solo ou da água com cal para reduzir a acidez, neste caso trata-se da água do açude para a criação de peixes.

**CARGA CRÍTICA** (pag. 298) :
Carga mínima utilizada para dimemsionar um sifão , uma galeria ou um adutor: No caso do sifão depende da colocação e da altura das suas extremidades. No caso da motobomba corresponde à vazão máxima para uma turbina dada.

**CARGA HIDRÁULICA** (pag. 28) :
Distância vertical em relação a um plano de referência padrão até o ponto em que a água sobe ou desce num tubo vertical ou sistèma de irrigação. Aqui, seria a diferença de nível entre a superfície de água no açude e a saída do sifão (ver pag. 297).

**COLUVIÕES** (pag. 88) :
Sedimentos grosseiros de origem torrencial depositados no sopé das encostas.

**COURO DE ARRASTE** (pag. 83) :
Lona de couro puxada por uma junta de bois e utilizada antes, na construção de barragens, para transportar e amontoar a terra.

**COROAMENTO (OU CRISTA)** (pag. 84) :
Cume de uma barragem (ver figura 5 pag. 21).

# D

**DESARENADOR** (pag. 96) :
Dispositivo num canal para captar a areia e o silte, transportados pela água, os sedimentos coletados pelo desarenador deverá ser evacuados periodicamente.

**DESCARGA DE FUNDO** (pag. 75) :
Sistema de evacuação das cheias pelo fundo da bacia hidráulica através do maciço da barragem.

# E

**EFICIÊNCIA DA IRRIGAÇÃO** (pag. 280) :
Rendimento global da irrigação. É calculada pela razão ou percentagem entre água de irrigação consumida pelas culturas e a água desviada da fonte de abastecimento.

**ESCORVAR sifões** (pag. 293) :
É a operação que consiste em retirar o ar do sifão, colocando água nele.

## G

**GOLPE DE ARÍETE (ou "carneiro hidráulico"):**
Fenômeno hidráulico sob forma de onda de choque que tem sua origem nas variações de pressão nos condutos forçados, causadas por parada brusca ou partida de uma bomba, ou fechamento rápido de uma comporta que fecha o conduto de recalque ou de distribuição, gerando uma energia capaz de levantar uma coluna d'água.

## I

**ISOIETA** (pag. 42) ou linha isoieta :
Linha que liga pontos de igual total pluviométrico.

## L

**LAVAGEM** (pag. 74) :
Lixiviação, dissolução e remoção de matérias em solução. Também: Lavagem (da parede): Quando ocorre o transbordamento das águas do açude passando por cima da parede.

$L_{600}$ (pag. 39, 45):
Lâmina escoada de referência (ver página 48).

## M

**MICROMHOS** (pag. 72) :
Unidade de medição da condutividade elétrica (CE) para indicar o seu teor em sais, utiliza-se também o microsiemens.

**MONTANTE** (pag. 27) :
Na direção da nascente de um rio ou de um vale. (Ver figura 5 pag. 21). Contrário : jusante (pag.34).

## N

**NIPLE** (pag. 295):
Peça rosqueada utilizada no acoplamento de luvas e tubos.

## P

**PEDOLOGIA** (pag. 11) :
Ciência que estuda os solos.

**PEIXAMENTO** (pag. 152):
Colocar alevinos para promover a piscicultura. (Ver pag. 166).

**PERENE**
(ou Permanente) (pag. 194) :

- Hidrologia:
  Rio ou fonte de água que apresenta um escoamento ininterrupto
- Agronomia:
  cultivo perene : cultivo permanente por oposição aos cultivos anuais, como por exemplo plantações de árvores fruteiras, capim, etc...

**PÉS DE CARNEIRO** (pag. 83) (do francês "*pied de mouton*") :
Máquina cujo cilindro metálico apresenta dentes em forma de "pé de carneiro", para compactar a terra.

**POÇO TUBULAR** (pag. 14) :
Poço circular de diâmetro reduzido, contendo um tubo ou um conduto enterrado para captar a água subterrânea;
(chamado também de poço perfurado, furo, forage).

# R

**REVÊNCIA** (pag. 130) :
Área do vale situada abaixo da barragem dos açudes e que é molhado pela infiltração das águas, por extensão : a própria infiltração ou minação de água no pé da parede do açude.

# S

**SANGRADOURO** (pag. 13 e 24) (ver def. pag. 31) :
Estrutura ou passagem para a evacuação da água excedentária de uma barragem;
(ver também vertedouro, descarregador ou desaguadouro).

**SOLEIRA** (pag. 101) :
Estrutura baixa construída através do sangradouro ou do canal extravasor para reduzir os escoamentos e limitar a erosão do solo pelas águas descarregadas = cordão de fixação = vertedouro (ver fig. 05 pag. 21).

# T

**TRINCHEIRA** (pag. 92) :
Escavação longa e estreita; no caso da barragem = alicerce = fundação = fenda.
A trincheira objetiva impedir as perdas d'água por baixo da parede do açude.

# U

**USO CONSUNTIVO** (pag. 492) :
Volume de água necessário por hectare = quantidade de água utilizada pelo vegetal, numa área determinada, para a transpiração e o desenvolvimento da planta o uso consuntivo inclua a água evaporada diretamente do solo e as precipitações interceptadas.

Expresso em mm de lâmina d'água ou em $m^3$/ha.

## V

**VAZÃO DE PICO** (pag. 39) :
Maior vazão durante uma enchente
vazão máxima admissível = cheia de projeto; (ver definição pag. 61).

**$V_X$:**
Volume máximo do açude.

**$V_X/V_{esc}$:**
Fator de dimensionamento.

## Principais Siglas e Abreviações

### α

Coeficiente de forma do açude

## B

**BHD**
Bacia Hidrográfica de Drenagem

## C

**CC**
Coeficiente de carga crítica utilizado para o cálculo das perdas de carga do sifão (em m) ou coeficiente de concentração dos sais

**CE**
Condutividade elétrica (em micromhos)

**CH**
Carga hidráulica (em m)

**CL**
Fator de correção hidrológica que depende da presença de zonas de retenção d'água

**CV**
Fator de correção hidrológico que depende da cobertura vegetal

**CA**
Fator de correção hidrológico que depende da presença de açudes

## D

**D**

Diâmetro (mm,cm, m ou polegadas)

## E

**EF**
Eficiência da irrigação

**ETP**
Evapotranspiração potencial (em mm por dia, por mês)

**EVA**
Evaporação do açude (em mm por dia, por mês)

**EVB**
Evaporação do tanque (classe A) (em mm por dia, por mês)

**EVINF**
Rebaixamento do açude (evaporação + infiltração) (em mm por dia, por mês)

## F

**F**
Folga de segurança da barragem, em relação com o sangradouro (m)

**Fc**
Fator corretivo hidrológico para a vasão de pico das cheias

**FL**
Fração de lixiviação

**Fs**
Frequência de sangria

## H

**Hsang**
Altura do Sangradouro (m)

**Hv**
Altura máxima da água no sangradouro (m)

**Hx**
Profundidade máxima do açude (m)

## I

**i ou I(%)**

Declive (de um canal, de um sulco)

## K

**K:**

Coeficiente de abertura do açude

**$K_{amort}$**
Fator de amortecimento de cheia

**Kc**
Coeficiente cultural: proporção da ETP requerido pelo cultivo

## L

**$L_{eq}$**
Lâmina escoada equivalente (mm)

**$L_{esc}$**
Lâmina escoada (mm)

**L (P)**
Lâmina escoada média anual (mm)

**$L_{sang}$**
Comprimento do sangradouro (m)

**$L_{600}$**
Lâmina escoada de referência

## P

**P**
Altura da precipitação ou da chuva anual média (em mm)

**PSV**
Tabela de Profundidade, Superfície e Volume de um açude

## Q

**$Q_a$**
Vazão máxima admissível ($m^3/s$ ou $m^3/h$)

**$Q_x$:**
Vazão máxima (cheia, sifão, motobomba, etc...) ($m^3/s$ ou $m^3/h$)

## R

**R**
Raio hidráulico

**RAS**
Razão de a bsorção de sódio = $\dfrac{Na^+}{\sqrt{\dfrac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$

## S

**S**
Superfície total da BHD ou do espelho d'água do açude ($m^2$, ha ou $Km^2$)

**$S_{alim}$**
Superfície da BHD que alimenta o açude ($Km^2$)

**$S_c$**
Superfície de contribuição da cheia ($Km^2$)

**$S_{dreg}$**
Proporção da BHD que se encontra degradada ($Km^2$ ou ha)

**$S_{ir}$**
Superfície irrigável (ha)

**$S_{peri}$**
Superfície do perímetro instalado (ha)

**$S_{plant}$**
Superfície que se poderá plantar dentro do perímetro

**$S_{pot}$**
Superfície potencialmente irrigável (ha)

**$S_X$:**
Superfície máxima da bacia hidráulica (espelho d'água).

## T

**Tb, $Tb_{med}$**
Tempo de base de uma cheia (h)

**TINF**
Taxa de infiltração de um açude

**TS**
Tipos de solo

**Ts, $Ts_{med}$**
Tempo de subida de uma cheia (h)

## U

**UA**
Unidade animal - serve de referência para a produção ou o consumo dos animais de criação

**UMP**
Unidade de Mapeamento Pedológico

## V

$V_{abas}$

Volume necessário para o abastecimento humano e animal ($m^3$)

$V_{disp}$

Volume disponível no açude ($m^3$)

$V_{esc}$

Volume escoado ($m^3$)

$V_{ha}$

Volume de água necessário para irrigar um hectare ($m^3$/ha)

$V_{perda}$

Volume das perdas de água no açude ($m^3$)

$V_{terra}$

Volume de terra ($m^3$)

**Vx:**

Volume máximo do açude

**$V_x/V_{esc}$:**
Fator de dimensionamento do açude

## X

**X**

Coeficiente utilizado para o cálculo das perdas de carga

# Referências Bibliográficas

## Generalidades

ALMEIDA, José Américo de. **As secas do Nordeste.** 2.ed. [s.l.:s.n] 1981, 124p. (Col. Mossoroense, 177 série C).

ALVARGONZALEZ, R. **O desenvolvimento do Nordeste árido,** Fortaleza DNOCS, 1986, 462p.

ALVES, Joaquim. **História das secas.** [s.l.] Instituto do Ceará, (Monografia, 23), 1953, 242p.

CALDAS, R.S. de. **Aspectos do problema das seccas (1939).** In: Memorial da seca. 1981, p. 123-150 (Col. Mos., 123).

CRANDALL, Roderic. **Geografia, geologia, suprimento d'água, transporte e açudagem nos estados orientais do norte do Brasil: Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba.** 4.ed. Mossoró, F.G.D., 1982. 131p. (Col. Mossoroense, 201; série C).

DUQUE, J.G. - **Algumas questões da exploração de açudes públicos.** In: - Solo, Água no Polígono das secas. 4 Ed. Fortaleza: DNOCS, 1973. p. 129-56.

DUQUE,J.G. **Solo e água no Polígono das Secas.** 5 ed. [s.l.], ESAM, CNPq, 1980. 171p. (Col. Mossoroense, 142; série C).

DUQUE, J.G. **Coletânea de artigos e estudos.** Mossoró; ESAM, 1987, 136p. (Col. Mossoroense, 373; série C).

GUERRA, Otto. **A Batalha das secas.** In: ROSADO, Vingt-un, (Org.) Memorial da seca. Brasilia, Centro gráfico do Senado Federal, ESAM, 1981. p. 151-196. (Col. Mossoroense, 163).

GUERRA, Paulo de Brito. **A civilização da seca.** Fortaleza; DNOCS, 1981, 324 p.

GUERRA, Phelippe. **Ainda o Nordeste.** Mossoró; [s.n.], 1976 184p. (Col. Mossoroense, 37; série C).

GUERRA, Phelippe. **Importância social e econômica do açude.** In: GUERRA, Otto (Org.) Vigésimo livro das secas. Mossoró; ESAM, F.G.D., 1989. p. 93-95 (Col. Mossoroense, 472; série C).

GUERRA, Phelippe. **Nordeste semi-árido; velhos problemas sempre atuais.** Mossoró; ESAM, 1980. 62p. (Col. Mossoroense, 153; série C).

GUERRA, Phelippe. **Pequena açudagem.** In: GUERRA, Otto (Org.) Vigésimo primeiro livro das secas. Mossoró, ESAM, 1989. p. 49-51. (Col. Mossoroense, 473; série C).

GUERRA, Phelippe. **Secas do Nordeste - Resumo histórico** - In: Memorial da Seca.

GUERRA, Phelippe; GUERRA Theophilo. **Seccas contra as seccas.** Mossoró; [s.n.], 1980. 313p. (Col. Mossoroense, 29; série C).

LAMARTINE, Oswaldo. **Os açudes dos sertões do Seridó.** Mossoró; [s.n.], 1978. (Col. Mossoroense, 56; série C).

MOLLE, François. CADIER Eric. **Potencialidades dos açudes e dimensionamento das áreas irrigadas.** Rev. ITEM. ABID, n. 27, p. 32-36, 1986.

MOLLE, François. **Marcos Históricos e reflexões sobre a açudagem e seu aproveitamento.** Mossoró. ESAM, 1991. (Col. Mossoroense, 653; série C).

MOLLE, François. Caractéristiques et potentialités des açudes du Nordeste brésilien. Thèse de doctorat. Montpellier, França, 1991. 381 p.

POMPEU Sobrinho, Thomaz. **História da seca. Século 20.** Mossoró; 1982. (Col. Mossoroense, 226; série C).

ROSADO, Vingt-un. (Org.). **Livros da seca.** (Coleção Mossoroense, 3,7,9,10,12,14,16; Série C).

SOUZA, Eloy de. **Milagres da açudagem.** In: GUERRA, Otto, (Org.). Vigésimo livro das secas. Mossoró; ESAM, FGD, 1989. p.52-54. (Col. Mossoroense, 472; série C).

SUDENE. **Os recursos naturais do Nordeste: investigação e potencial.** Recife, 1982.

SUDENE. TAPI. CISAGRO. Estudo da pequena açudagem na região do Alto Pajeú-PE. Recife, 1988, 117 p.

## Açude - Construção e Manejo

CARVALHO, L.H. **Curso de barragens de terra.** Fortaleza; DNOCS, 1983, 173p.

CEMAGREF. **"Petits barrages en Terre - Etude et construction"** - Département d'Hydraulique agricole, 1990.

DNOCS - Ministério do Interior. **"Roteiro para projeto de pequenos açudes".** 1979.

DUPRE, Hugues; LEENER, Philippe de . **"Les chemins de l'eau".** Terres et vie. 1990.

EMBRAPA. **Seleção de Áreas e Construção de Barreiros para Uso de Irrigações de Salvação no Trópico Semi-árido.** Petrolina, 1981. Circular Técnica 3.

ESTADOS DA BAHIA. **"Construção de Pequenas Barragens"** Programa especial de combate às Secas. 1984.

ESTADOS UNIDOS. Bureau of Reclamation Publications. **Design of Small Dams.** 3 rd. 856 p. il. 1987.

FALCÃO, José de Almeida. **"Cartilha do Construtor de Pequenas Barragens de Terra".** DNOCS, 1981.

FRANÇA. Ministère de l'Agriculture. Groupe de travail permanent pour les barrages en aménagement rural. **Techniques des barrages en aménagement rural.** Paris, 1977, 325 p.

GRESILLON, J.M. **"Petits Barrages en terre en Afrique Occidentale",** IER, 1976.

HIDROSERVICE ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA. **"Projeto Sertanejo - Manual Básico de Procedimento"** - 1984.

MOLLE, François. **Geometria dos pequenos açudes.** Recife; SUDENE-DPP-DPG, 1992. 100p. (Brasil. SUDENE. Hidrologia, 29). SUDENE/ Cooperação Francesa.

MOLLE, François. **Perdas por evaporação e infiltração em pequenos açudes.** Recife; SUDENE-DPG-PRN-GT.HME, 1989. 172p. (Brasil. SUDENE. Hidrologia, 25). SUDENE/ Cooperação Francesa.

QUIRINO Filho, José. **Estudos, projetos e construção da barragem de terra, utilizando-se apenas trator de esteiras.** CISAGRO - Recife, PE. 1988.

## Agronomia e Irrigação

BARBOSA, A.R. et al. **As vazantes e a tecnologia de produção no Rio Grande do Norte. Natal,** EMATER/RN, 1980. 17 p.

BOOHER, L.J. **L'irrigation de surface.** Agriculture N95, 1974, 148p. Col. FAO: Progrès et mise en valeur.

DUQUE, J.G. **Ligeiro estudo sobre irrigação no Nordeste.** Fortaleza; BNB. ETENE, 1959, 129p.

E. SOBRINHO, Francisco et al. **Sistema do pequeno agricultor do Seridó Norte-Rio-Grandense: a terra, o homem e o uso.** Brasília, [s.n.] 1983. 200p. (Col.Mossoroense, 276, Série C).

FERNANDES, J.B.; OLIVEIRA, J.F;. de HOLANDA, J.S. de. - **Sistemas de cultivo para feijão Vigna e batata doce em vazantes de leitos de rio.** Caicó: EMBRAPA-EFPAE de Caicó, 1980. 4 p. (EMBRAPA-UEPAE de Caicó - Comunicado Técnico, 3).

FRANÇA, Ministère de la Coopération. **Evaluation des quantités d'eau nécessaires aux irrigations.** 1979, 205 p. Col. Techniques rurales en Afrique.

GUERRA, P. de B. - **Agricultura de vazantes - um modelo agronômico nordestino.** In: SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 3 Fortaleza, 1974. Anais... Fortaleza: MINTER/DNOCS-ABID, 1975. v.4, p. 325-30

GUIA RURAL **"Quatro estações".** Editora Abril, São Paulo, 1991.

HOLANDA, J.S. de, et al. **Recomendações técnicas para agricultura de vazantes.** Natal: EMPARN, 1981, 23 p. (EMPARN - Boletim técnico, 3).

LIMA, M.L. de, et al. **Otimização de sistemas de cultivo em vazantes de rios. Natal: EMPARN,** 1987, 20 p. (EMPARN - Boletim de pesquisa, 15).

OLIVEIRA, J.F. de; et al. **Níveis econômicos de adubação orgânica no cultivo de feijão Vigna e batata doce, em leitos de rios.** Caicó: EMBRAPA-UEPAE de Caicó, 1980, 6 p. (EMBRAPA, UEPAE de Caicó - Comunicado técico, 4).

PROVARZEAS: **"Programa Nacional para Aproveitamento de Várzeas Irrigáveis".**

SALLASSIER, Bernardo; **Manual de irrigacão,** 5.ed. Viçosa, UFV, Impr. Univ., 1989. 569p. ilust.

SENAR. **Manual do irrigante.** CBR Coleção Básica Rural, 1986.

SILVA, A. de S. et al. **Uma técnica simples de exploração de vazantes de açudes.** - In: Pequena Irrigação para o Trópico Semi-árido: vazantes e cápsulas porosas. Petrolina, 1981. p. 1-19 (EMBRAPA/CPATSA - Boletim de pesquisa, 3).

SORATO, A. et al. **Recomendações técnicas para a cultura de feijão com Irrigação suplementar.** 2 ed. Goiânia, 1983. 22 p. (EMBRAPA/CNPAF, Circular técnica, 16).

SUDENE/COOPERAÇÃO FRANCESA. **"Seminário Franco Brasileiro de Pequena Irrigação "Pesquisa e Desenvolvimento".** Anais do Seminário", 1990.

SUDENE. Recursos Hídricos. **"Manual de Avaliação das Necessidades de Água das Culturas Irrigadas para o Brasil."** 1990.

## Hidrologia

AGUIAR, F.G. de. **Estudo hidrométrico do Nordeste Brasileiro.** IFOCS.B., Rio de Janeiro, jan/mar, 1940. V. 13, n. 1.

BAHIA. SEPLANTEC. **Açudes públicos da Bahia; disponibilidades hídricas em reservatórios de grande e médio porte.** Salvador, 1985. 186 p.

BERTON, S. **La maîtrise des crues dans les bas-fonds. Petits microbarrages en Afrique de l'Ouest.** Paris, 1988. 474 p. il. Dossier no 12. GRET (Groupe de Recherche et d'échanges Technologiques).

BORGES, M.C. de A. **Estudo hidro-agronômico de 47 açudes no Nordeste Brasileiro. Recursos Naturais, Meio ambiente e poluição.** Rio de Janeiro, SUPREN, IBGE, 1977. v. 1. p. 123-40.

Brasil.SUDENE. **Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil.** (PLIRHINE), Recife, 1980. Fase I, 33 volumes.

Brasil.SUDENE.Divisão de Hidrogeologia. **Mapa hidrogeológico do Nordeste** (Folha 9). Recife, 1968.

Brasil.SUDENE.GEVJ. **Estudo Geral de Base do Vale do Jaguaribe.** Recife, 1967. SUDENE/ASMIC, v.5, Monografia Hidrológica, Bibliografia.

CADIER, E. Hydrologie des petits bassins du Nordeste Brésilien semi-aride. Thèse de doctorat. Montpellier, França,1991. 396 p.

CADIER, E. **Método de avaliação dos escoamentos nas pequenas bacias do Semi-árido.** Recife, SUDENE-DRN-HME, 1984. 75 p. il. (Brasil. SUDENE. Hidrologia, 21). "Convênio SUDENE/ORSTOM".

CADIER, E. et al. **Dimensionamento de pequenos reservatórios superficiais do Nordeste semi-árido.** In: Simpósio Basileiro de Recursos Hídricos, 6, 1989, Foz do Iguaçu. Anais do ... Foz do Iguaçu: ABRH, 1989. v.1, p. 202-213.

CASENAVE, A.; VALENTIN, C. **Les eaux de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration.** Paris, 1989. Editions de l'ORSTOM. 229 p.

DNAEE (Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica). **Mapa de disponibilidade hídrica do Brasil.** Recife, 1984.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agricultural Research Service. Soil and water conservation Research Division. **Field manual for research in agricultural hydrology.** Washington D.C., 1986, 214 p. (Agricultural Handbook, 224).

ESTADOS UNIDOS Department of Agriculture. Soil Conservation Service. **Urban Hydrology for small watersheds technical Release 55.** 1975.

HARGREAVES, G. **Monthly precipitation probabilities for Northeast Brazil.** S.L. University Utah State, Departement of Agricultural and Irrigation Engineering, 1973. 423 p.

LEPRUN, J.C. **Manejo e conservação de solos do Nordeste.** Recife, SUDENE, 1983, 271p. "Convênio SUDENE/ORSTOM".

LEPRUN, J.C. **Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo do Nordeste brasileiro.** Recife, SUDENE-DRN, 1983. 91 - 141p. "Convênio SUDENE/ORSTOM".

MOLINIER, M. **Homogeneização e zoneamento da pluviometria anual no Nordeste.** Recife, SUDENE-DRN, 1992. (Em elaboração). "Convênio SUDENE/ORSTOM".

MOLLE, François. **Perdas por evaporação e infiltração em pequenos açudes.** Recife; SUDENE-DPG-PRN-GT.HME, 1989. 172p. (Brasil. SUDENE.Hidrologia, 25). "Convênio SUDENE/ Cooperação Francesa".

PFAFSTETTER, O. **Chuvas intensas no Brasil.** Departamento Nacional de Obras de Saneamento, 1957.

PUECH, C.; CHABI-GONNI, D. **Méthode de calcul des débits de crue décennale pour les petits et moyens bassins versants en Afrique de l'Ouest et Centrale 2.** éd.Ouagadougou: CIEH, 1984. 91p.

RODIER, J.A. **La transposition des résultats des bassins représentatifs et ses problèmes.** Cah. ORSTOM, sér. Hydrol. Paris, 1982. v. 19, n. 2, p. 115-127.

RODIER, J.A. **Ecoulement de surface dans les bassins perméables du Sahel. Comparaison avec d'autres bassins perméables tropicaux.** Hydrol. continent. Paris: ORSTOM. v. 4, n. 2, p. 123-138, 1990.

RODIER, J.A. **Evaluation de l'écoulement annuel dans le Sable tropical africain.** Paris, ORSTOM, 1975. 121 p. il. (Travaux et Documents de l'ORSTOM, 46).

THORNTHWAITE, C.W; MATHER, J.C. **Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and water ballance. Centertan.** 1957. Drexel Institut of Technology (Publications in Climatology, 3).

## Qualidade da Água

ARAÚJO Filho, José Bezerra de. **Efeito da salinidade do solo no crescimento inicial de diferentes cultivares de bananeiras.** Tese mestrado UFPB, Campina Grande. 83 p. jan. 1991.

AUDRY, Pierre & SUASSUNA, João. **A qualidade da água na irrigação do trópico semi-árido. Um estudo de caso.** SEMINÁRIO FRANCO-BRASILEIRO DE PEQUENA IRRIGAÇÃO. PESQUISA E DESENVOLVIMENTO. Anais do ... p. 147/153. SUDENE, Recife, 1990.

DAKER, Alberto. **A Água na agricultura.** São Paulo, Freitas Bastos S.A, 1983. 3 v.

FAO. **La qualité de l'eau en agriculture.** Bulletin d'irrigation et de drainage n° 29, 1986.

FAO. **La salinité.** In: SÉMINAIRE DE BAGDAD. Bulletin d'irrigation et de Drainage n. 7. 1972, 270p.

GHEYI, H.R. & SANTOS, J. G.R. dos. **Efeito da qualidade da água no crescimento inicial da bananeira nanica (resumo).** In: SEMINÁRIO FRANCO-BRASILEIRO DE PEQUENA IRRIGAÇÃO. PESQUISA E DESENVOLVIMENTO. Anais do ... p. 154/160. SUDENE, Recife, 1990.

GHEYI, H.R. et alii. **Efeito da salinidade do solo em cresimento inicial de diferentes cultivos de bananeira.** In: SEMINÁRIO FRANCO-BRASILEIRO DE PEQUENA IRRIGAÇÃO. PESQUISA E DESENVOLVIMENTO. Anais do ..., p. 161/167. SUDENE, Recife, 1990.

LARAQUE, Alain. **Estudo e previsão da qualidade química da água dos açudes do Nordeste.** Recife; SUDENE-DPG-PRN-GT.HME, 1989. 97p. (Brasil. SUDENE. Hidrologia, 26). "Convênio SUDENE/ORSTOM.

LARAQUE, Alain. **Comportements hydrochimiques des "açudes" du Nordeste brésilien semi-aride. Evolutions et previsions pur un usage en irrigation.** Thèse de doctorat. Montpellier, França, 1991, 325 p.

MOLLE, François. **Alguns aspectos do processo de salinização dos açudes.** Recife; SUDENE, 1990, 45p.

RODRIGUES dos Santos, José Geraldo. A Banana Nanica (musa sp.) sob diferentes qualidades de água de irrigação. Tese de mestrado, UFPB, Campina Grande, 78 p. Nov. 1990.

VALLES, V.; VALLES, A.M.; DOSSO, M. **Méthodes actuelles d'études des problèmes de salinité liées à l'irrigation.** Rapport d'études à la mission ORSTOM de Tunisie, 72 p.

## Solos (Pedologia)

Brasil. Ministério da Agricultura. **Levantamento Exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco.** Recife, 1973, Boletim Técnico, 26. (359 p. v.1.)/(354 p. v.2).

Brasil. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Ceará.** 1973, Boletim Técnico, 28, (301 p. v.1)/(502 p. v.2).

Brasil. Ministério da Agricultura. **Levantamento Exploratório-reconhecimento de solos do Estado da Paraíba.** II Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba. 1972, 683 p. (Boletim Técnico, 15).

Brasil. Ministério da Agricultura. **Levantamento Exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte.** 1971. 531 p. (Boletim Técnico, 21).

Brasil. Ministério da Agricultura. **Levantamento Exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Alagoas.** 1975, 532 p. (Boletim Técnico, 35).

Brasil. Ministério da Agricultura. **Levantamento Exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Sergipe.** 1975, 506 p. (Boletim Técnico, 36).

Brasil. Ministério da Agricultura. **Levantamento Exploratório-reconhecimento de solos da margem esquerda do Rio São Francisco,** Estado da Bahia. 1976, 604 p. (Boletim Técnico, 38).

Brasil. Ministério da Agricultura. **Levantamento Exploratório-reconhecimento da margem direita do Rio São Francisco, Estado da Bahia.** 1979, 2 vol. (Boletim Técnico, 52).

Brasil. Ministério da Agricultura. **Levantamento Exploratório-reconhecimento de solos do norte de Minas Gerais: área de atuação da SUDENE,** 1979. 407 p. (Boletim Técnico, 60).

Brasil. Ministério da Agricultura. **Levantamento Exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Maranhão.** 1986. 2 vol. (Boletim Técnico, 35).

Brasil. Ministério da Agricultura. **Levantamento Exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Piaui,** 1986. 2 vol. (Boletim Técnico, 36).

S.B.C.S. (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo). **Manual de Método de trabalho de campo.** Campinas, SP. 1983

LEPSL, Igor et alii. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade.** Campinas, SP. 1983.

## Piscicultura

BARD, J. et al. **Manuel de pisciculture tropicale.** Nogent-sur-Marne, Centre Technique Forestier Tropical, 1974. 209p.

CHACON, J. de O. **O timbó (rotenona usado como inseticida e tóxico para peixes.** Bol.Tec., Fortaleza, DNOCS, 31 n. 2, p. 111-119, jul/dez. 1973.

COELHO, Sérgio. **Piscicultura. Curral Aquático.** Globo Rural, 52-62, dez. 1989.

DOURADO, O.F.; CHACON, J.O; DAVIS, W.D. **Idade e crescimento da curimatã comum, "*Prochiladus cearensis steindachner*", no açude "Pereira de Miranda",** Pentecoste, Ceará, Brasil. Bol. Tec., Fortaleza, DNOCS, v. 29 n. 2. p. 95-109, jul/dez. 1971.

DOURADO, Odilo Freire. **Principais peixes e crustáceos dos açudes controlados pelo DNOCS.** Fortaleza, 1981. 39p. Convênio SUDENE/DNOCS.

FAO. **Manual sobre manejo de reservatórios para a produção de peixes.** Brasília, 1988.ONU/DNOCS,

FONTENELE, O & DUARTE, E.A. **Resultado da pesca comercial no açude "Francisco Saboia" ex. poço da cruz** (Ibimirim, PE.Brasil). Bol.Tec., Fortaleza, DNOCS, v. 41 n. 2, p. 187-200, jul/dez., 1983.

FONTENELE, Osmar; PEIXOTO, José T. **Apreciação sobre os resultados da introdução do tucunaré comum, *cichla ocellaris* (Bloch & Schneider, 1801), nos açudes do nordeste brasileiro, através da pesca comercial.** Bol.Tec. Fortaleza, DNOCS, v. 37 n. 2, p. 109-134, jul/dez. 1979.

FONTENELE, Osmar; VASCONCELOS, E.A.de. **Avaliação dos resultados da disseminação da curimatã-pacu, *prochilodus argenteus* spix in spix & Agassiz, em açudes do nordeste do Brasil.** Bol.Tec. Fortaleza, DNOCS, v. 35 n. 2, p. 121-139, jul/dez. 1977.

FREITAS, J.V.F. & GURGEL, J.J.S. **Estudos experimentais sobre defumação de pescado de água doce dos açudes do nordeste.** Bol.Tec., Fortaleza, DNOCS, v. 32 n. 2, p. 125-146, jul/dez. 1974.

FREITAS, J.V.F. & GURGEL, J.J.S. **Sobre o aproveitamento de resíduos do pescado dos açudes do nordeste, na elaboração de subproduto.** Bol.Tec. Fortaleza, DNOCS, v. 34 n. 2, p. 139-147, jul/dez. 1976.

FREITAS, J.V.F.; GURGEL, J.J.S.; MACHADO Z.L. **Estudos sobre a melhoria do processamento da salga e sacagem da tilápia do Nilo, *sarotherodon niloticus*, no açude Araras,** Bol.Tec. Fortaleza, DNOCS, v. 39 n. 2, p. 71-87, jul/dez., 1981.

GALLI, L. F; TORLONI, C. E. **Criação de peixes.** Ed. Nobel, São Paulo 1984, 120 p.

GURGEL, J.J.S.; FREITAS, J.V.F. **Estudos experimentais sobre a preparação de peixes salgados-secos no nordeste brasileiro.** Bol.Tec. Fortaleza, DNOCS, v. 29 n. 2, p. 1-118, jul/dez. 1971.

JENSEN, J.W. & CARNEIRO SOBRINHO, A. **Cartilha do criador de peixe.** 2ed. Fortaleza, DNOCS, 1974. 4p.

JENSEN, J.W. & CARNEIRO SOBRINHO, A. **Cartilha do criador de peixe n° 1.** 4ed. Fortaleza, DNOCS, 1985. 50p.

MACHADO, Cirilo E. de Mafra. **Criação prática de peixes: carpa, apaiari, tucunaré, peixe-rei, bla :k-bass, tilápia.** 8 ed. São Paulo: Nobel, 1989. 117 p. Biblioteca Rural.

NASCIMENTO JUNIOR, João Alves do. **Vias de acesso a informações técnico-científicas em piscicultura e pesca artesanal.** SUDENE/PAPP/RHD, Recife, 1988, 75p.

NEPOMUCENO, Francisco Hilton; PAIVA, Melquíades Pinto. **Mortalidade de alevinos durante o transporte para peixamento no nordeste brasileiro.** Coleção Mossoroense. Série A, n°26, 1986. 11p.

OSÓRIO, Francisco M.F.et al. **Manual programado de piscicultura (generalidades).** Brasília: SUDEPE/DEFOP, 1979, v. 1. 1979. 522p.

PAIVA, C.M. et al. **Rações para piscicultura intensiva no nordeste do Brasil.** Bol.Tec. Fortaleza, DNOCS, v. 29 n. 2, p. 61-69, jul/dez. 1971.

PAIVA, Melquíades Pinto. **Açudagem pública federal e a Pesca no sistema do Piranhas. (Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte - Brasil).** Série A, 1979. 10p. Coleção Mossoroense n. 16.

PAIVA, Melquíades Pinto. **Alternativas e metas para a produção de pescado nas águas interiores do nordeste do Brasil.** 1981. 42p. Coleção Mossoroense. Série A, n° 23.

PAIVA, Melquíades Pinto. **Crescimento, alimentação e reprodução da traíra, *Hoplias malabaricus* (Bloch) no nordeste brasileiro.** UFCE/CCA/DEP, Fortaleza, 1974. 32p.

PINHEIRO, Jorge Luiz Pessoa; SEIXAS, Zélia Patrocínio Oliveira. **Manual de Rizipiscicultura.** Brasília: CODEVASF 1984. 48p.

ROSA, Albert Bartolomeu de Sousa; et al. **Guia prático para criação de peixes.** 3 ed. Brasília: CODEVASF 1987. 28p.

WOYNAROVICH, E. & HORVATH, L. **A propagação artificial de peixes de águas tropicais. Manual de Extensão.** Brasília: FAO/CODEVASF/CNPq, abril de 1989. 225p.

WOYNAROVICH, Elek. **Manual de Piscicultura.** Brasília: CODEVASF. 1988. 68p.

## Economia

MEIRA, José Cláudio. **Aspectos agroeconômicos do Cabrobó.** In: ROSADO, Vingt-un; ROSADO, América, (Org.) Décimo Livro das Secas. Natal; UFRN, 1985, p. 225-240 (Col. Mossoroense, 254).

MEIRA, Olyntho José. **As secas no Nordeste, suas causas e remédios (questões físicas e sociais).** [s.l.:s.n.], 1982. 110p. (Col. Mossoroense, 179; série C).

MENEZES, Djacir. **O processo econômico nas zonas semi-áridas do Nordeste.** In ROSADO, Vingt-un; ROSADO, América, (Org.) Décimo segundo livro das secas. Natal; Ed. Universitária da UFRN, 1986. p. 39-50. (Col. Mossoroense, 306).

SABLAYROLLES, P. **"Resultados econômicos do Projeto Pintadas".** In: SEMINÁRIO FRANCO-BRASILEIRO SOBRE PEQUENA IRRIGAÇÃO. Recife; SUDENE, 1990, 10p.

SUDENE/PAPP. **"Sistemas integrados de exploração para o trópico semi-árido brasileiro - Coeficientes técnicos e custos."** 1989. 87 p.

SUDENE/PAPP. **"Coeficientes técnicos para pecuária e agricultura do Nordeste".** v.2: Agricultura zona semi-árida. v.3: Agricultura sona de transição. Projeto PNUD/SUDENE/BANCO MUNDIAL/CPATSA. Recife, 1990. 712 p.

SDR - SUDENE

DIRETORIA DE PLANEJAMENTO GLOBAL

PRN - HME

# ISOIETAS MÉDIAS ANUAIS

## DADOS HOMOGENEIZADOS

## PERÍODO 1912 - 1983

ESCALA GRÁFICA

52 Km 0 52 104 156 Km

SÃO LUIS · Parnaíba · Acaraú · Granja · Mundaú · Itapipoca · FORTALEZA · Pindaré-Mirim · Esperantina · Piripiri · Sobral · Sta. Quitéria · Canindé · Ipueiras · Quixadá · Russas · Quixeramobim · Morada Nova · Mossoró · Macau · Assu · Apodi · Touros · Ceará Mirim · NATAL · TERESINA · Castelo do Piauí · Independência · Sen. Pompeu · Jaguaribe · Tauá · Arneiroz · Iguatu · Icó · Pau dos Ferros · Caicó · Currais Novos · Jardim do Seridó · Picuí · Bananeiras · Campina Grande · Itabaiana · JOÃO PESSOA · Floriano · Picos · Campos Sales · Cajazeiras · Patos · Teixeira · Crato · Barbalha · Araripina · Bonito de Sta. Fé · Piancó · Princesa Isabel · Afogados da Ingazeira · Cabaceiras · Limoeiro · RECIFE · S. Raimundo das Mangabeiras · Simplício Mendes · Salgueiro · Sertânia · Arcoverde · Caruaru · Garanhuns · Afrânio · Cabrobó · Floresta · Ibimirim · Petrolândia · Palmares · Caranhuns · Bom Conselho · Pta. Calvo · B. Jesus · Sta. Maria da Boa Vista · Petrolina · Palmeira dos Índios · Pilar · Piranhas · Arapiraca · Remanso · Uauá · Canindé do S. Francisco · Gilbués · Parnaguá · Tripu · MACEIÓ · N. S. da Glória · Propriá · Penedo · Barra · Xique Xique · Euclides da Cunha · Jeparatuba · Lagarto · ARACAJU · Quemadas · Tucano · Irecê · Estância · Inhambupe · Barreiras · R. Barbosa · Ipirá · Feira de Santana · Macaúbas · Andaraí · Cruz das Almas · SALVADOR · B. Jesus da Lapa · Correntina · Caetité · Jequié · Carinhanha · Brumado · Vitória da Conquista · Itabuna · Belmonte · Porto Seguro · Caravelas · Salinas · Pirapora

**Gráfica e Editora Liceu Ltda.**

RUA DO LIMA, 173 — Fones: 222.0366 · 222.0468

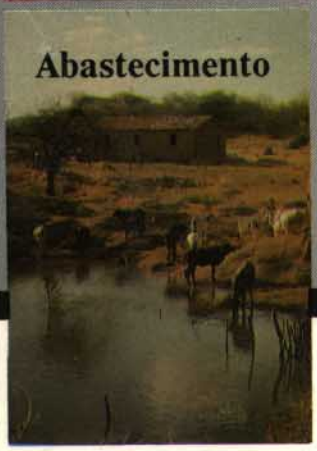
Recife-PE.

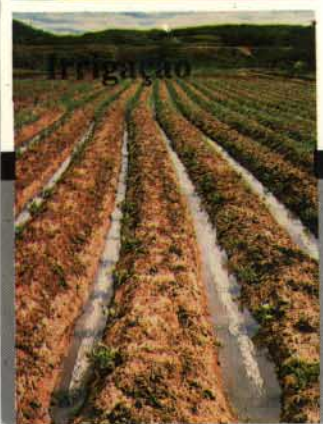
*La cuestion del agua siempre ha sido un problema crucial para el Nordeste del Brasil. Numerosas presas de tierra de todo tamaño, llamadas "açudes", construidos desde el inicio de este siglo, constituyen un rasgo marcante del paisaje Sertanejo, llegando a sumar un total de cerca de 70.000 embalses. Tradicionalmente limitado, en la mayoria de los casos, al abastecimiento de agua de las poblaciones y de los rebaños, el aprovechamiento de este potencial hídrico se encuentra aún muy lejos de las posibilidades ofrecidas.*

*Este Manual reune metodologias detalladas para construir, mantener y aprovechar pequeños y medianos "açudes". Un método hidrológico inedito y elaborado a partir de datos regionales establece normas precisas para el dimensionamiento de los embalses. Tres principales ejes de utilización produtiva son desarrollados de manera profundizada: los cultivos rivereños, la piscicultura, y el riego, con énfasis particular para este último aspecto, presentando de manera más global diversos temas como, por exemplo, el de la salinización. Este Manual constituye una herramienta indispensable para todos los técnicos que trabajam para el desarrollo rural y la valorización de los recursos hídricos del Nordeste, permitiendo, así, evitar errores, levantar dudas y responder a muchas questiones concretas y práticas.*

*Water has always been a crucial factor in the history of the Northeast of Brazil. Numerous dams of all sizes, called "açudes", constructed since the beginning of this century, total approximatly 70.000 reservoirs, becoming a remarkable feature of the arid landscape of the Sertão. Traditionally built for the water supply of the population and livestock, the exploitation of their hidraulic potential is still very distant from the available possibilities.*

*This Manual presents detailed methods for building, maintaining and best utilizing small and medium dams. An original hydrologic method, based on regional information establishes precise standards for determining the dimensions of reservoirs. Three principles for increasing a productive utilization of these dams are presented in a very detailed way: receding irrigation, semi-intensive fishery and, most importantly, irrigation for which related problems such as salinity are adressed. This Manual is, in fact, an indispensable tool for technicians involved in rural development and water resource projects in the Northeast. It not only helps prevent technical errors, but also raises relevant questions and offers concrete and practical solutions.*






*A questão da água sempre constituiu um problema cruciante para o Nordeste brasileiro. Açudes de todos os tamanhos, construídos em grande número desde o início deste século, representam uma feição marcante da paisagem sertaneja, perfazendo um total de cerca de 70.000 reservatórios. Historicamente limitado, em grande parte, ao abastecimento das populações e dos rebanhos, o aproveitamento desse potencial hídrico ainda se encontra muito aquém das possibilidades oferecidas.*

*Este Manual apresenta metodologias detalhadas para construir, conservar e aproveitar pequenos e médios açudes. Um método hidrológico inédito e elaborado com dados regionais estabelece normas precisas para o dimensionamento dos reservatórios. Três eixos principais da valorização são detalhados e aprofundados: o cultivo de vazantes, a piscicultura semi-intensiva e a irrigação, com ênfase particular para este último, abordando-se de modo abrangente problemas como, por exemplo, o da salinização. Este Manual é a ferramenta indispensável para os técnicos empenhados no desenvolvimento rural e na valorização dos recursos hídricos do Nordeste, permitindo evitar erros técnicos, levantando dúvidas e respondendo a muitas questões concretas e práticas.*

*L'eau a toujours été un problème crucial pour le Nordeste du Brésil. Les barrages en terre de toute taille, appelés "açudes" et construits en grand nombre depuis le début de ce siècle, constituent un des traits marquants du paysage du Sertão: on dénombre aujourd'hui environ 70.000 de ces réservoirs. La valorisation de ces ressources hydriques, traditionnellement limitée, dans la plupart des cas, à l'approvisionnement en eau des populations et des troupeaux, reste bien en deçà des potentialités réelles d'utilisation.*

*Ce Manuel réunit des propositions méthodologiques détaillées permettant de construir, entretenir et mettre en valeur les petits et moyens "açudes". Une méthode hydrologique inédite, élaborée à partir de données régionales, établit des normes précises pour le dimensionnement des réservoirs. Trois principaux axes de mise en valeur sont abordés de façon détaillée: les cultures de décrue, la pisciculture semi-intensive et l'irrigation, ce dernier aspect étant particulièrement développé, afin d'aborder de façon plus globale divers thèmes comme celui, par exemple, de la salinisation. Cet ouvrage constitue un outil indispensable pour tous techniciens engagés dans le développement rural et la mise en valeur des ressources hydriques du Nordeste, leur permettant d'éviter des erreurs techniques et répondant à de nombreuses questions concrètes et pratiques.*