

SUDENE
SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO
DO NORDESTE
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURAIS
DIVISÃO DE RECURSOS RENOVAVEIS

O.R.S.T.O.M.
OFFICE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
OUTRE-MER
(FRANÇA)

A EROSÃO, A CONSERVAÇÃO E O MANEJO DO SOLO
NO NORDESTE BRASILEIRO

BALANÇO, DIAGNÓSTICO E NOVAS LINHAS DE PESQUISAS

Jean-Claude LEPRUN
Maître de Recherches Principal no ORSTOM
Docteur ès Sciences

Trabalho realizado mediante convênio SUDENE e ORSTOM

A EROSÃO, A CONSERVAÇÃO E O MANEJO DO

SOLO NO NORDESTE BRASILEIRO

Balanço, diagnóstico e novas linhas de pesquisas

"É que o mal é antigo. Colaborando com os elementos meteorológicos, com o Nordeste, com a secção das estradas, com as canículas, com a erosão eólica, com as tempestades subitâneas. O homem fez-se um componente nefasto entre as forças daquele clima demolidor... Deu um auxiliar à degradação das tormentas... Fez, talvez, o deserto."

(EUCLIDES DA CUNHA. Os Sertões, 1902).

SUMÁRIO

	Pág.
APRESENTAÇÃO	7
RESUMO	9
<u>1 - SITUAÇÃO DOS ESTUDOS DE CONSERVAÇÃO E MANEJO DOS SOLO NO NORDESTE</u>	11
1.1 - HISTÓRICO	11
1.2 - ESTUDOS E TRABALHOS JÁ REALIZADOS NO NORDESTE	12
1.3 - ESTUDOS EM ANDAMENTO	12
1.3.1 - <u>Quadro - Características físicas e pesquisas desenvolvidas sobre conservação e manejo dos solos no Nordeste (até o fim do ano de 1980) através dos convênios</u>	13
1.3.2 - <u>Fig. - Mapa - Localização das pesquisas de conservação e manejo do solo no Nordeste</u>	15
1.4 - ESTUDOS EM PROJETOS	16
1.5 - CONCLUSÕES	16
<u>2 - A EQUAÇÃO DE PERDAS DO SOLO DE WISCHMEIER</u>	19
2.1 - INTRODUÇÃO	19
2.2 - OS DIFERENTES FATORES DA EQUAÇÃO	19
2.2.1 - <u>O fator erosividade da chuva ou agressividade climática: R</u>	19
2.2.1.1 - Tabela - Dados tirados do pluviograma da chuva do dia 22/02/1969 em Glória do Goitá	20
2.2.1.2 - Fig. - Pluviograma da chuva analisada	21
2.2.1.3 - Tabela - Energia cinética da chuva natural em t métricas-m/ha por mm de chuva	22
2.2.1.4 - Fig. - Curvas de distribuição dos valores médios do índice de erosão R	24
2.2.1.5 - Fig. - Curvas de distribuição dos valores médios do índice de erosão	25
2.2.2 - <u>O fator erodibilidade do solo ou susceptibilidade do solo à erosão: K</u>	26
2.2.2.1 - Fig. - <u>Nomógrafo de WISCHMEIER et alii (1971) para avaliação do fator K de erodibilidade do solo</u>	27
2.2.3 - <u>Os fatores comprimento de rampa e grau de declive: LS (juntos = fator topográfico)</u>	28
2.2.4 - <u>O fator uso e manejo do solo: C (chamado também fator de cobertura vegetal e técnicas culturais)</u>	29
2.2.5 - <u>O fator prática conservacionista: P (ou também índice de conservação do solo e da água)</u>	29
2.3 - <u>APLICAÇÃO, INTERESSE E LIMITES DA EQUAÇÃO DE WISCHMEIER</u>	30
2.4 - <u>EXAME CRÍTICO DOS FATORES DA EQUAÇÃO DE WISCHMEIER E PRECAUÇÕES DE USO</u>	31
2.4.1 - <u>O fator R</u>	31
2.4.1.1 - Tabela - <u>Relações chuvas-erosão em Glória do Goitá (PE)</u>	33

2.4.1.2 - Tabela - Irregularidades da pluviometria e do fator R de WISCHMEIER no Nordeste	34
2.4.2 - <u>O fator K</u>	35
2.4.3 - <u>Os fatores L e S</u>	37
2.4.3.1 - O fator L	37
2.4.3.2 - O fator S	38
2.4.3.3 - Os fatores L e S associados	38
2.4.3.3.1 - Fig. - Ábaco da determinação do coeficiente topográfico LS	39
2.4.4 - <u>Os fatores C e P</u>	40
2.5 - <u>CONCLUSÕES</u>	41
3 - <u>BALANÇO DOS ESTUDOS DE CONSERVAÇÃO DOS SOLOS NO NORDESTE</u>	43
3.1 - <u>RESULTADOS JÁ OBTIDOS</u>	43
3.1.1 - <u>O fator R</u>	43
3.1.1.1 - O Convênio SUDENE/C.C.A. de Areia	43
3.1.1.1.1 - Quadro - Postos climáticos do Nordeste tratados ou em via de tratamento	45
3.1.1.2 - Os outros convênios nacionais	46
3.1.1.3 - Nossos trabalhos sobre a erosividade das chuvas do Nordeste (Convênio SUDENE/DRN/ORSTOM)	46
3.1.1.3.1 - Metodologia e objetivos	46
3.1.1.3.2 - Estudos e resultados	48
3.1.1.3.3 - Tabela - Comparação dos R calculados em [21] e dos R de WISCHMEIER	50
3.1.1.3.4 - Fig. - Correlações entre a pluviometria anual média e o fator R de erosividade da chuva de WISCHMEIER no Nordeste brasileiro	51
3.1.1.3.5 - Fig. - Diagrama para determinar a pluviometria erosiva anual média e o número anual médio das chuvas erosivas a partir da pluviometria anual total média no Nordeste	57
3.1.1.3.6 - Fig. - Retas de regressão entre os índices de erosividade das chuvas R de WISCHMEIER $KE > 25$ de HUDSON	59
3.1.1.4 - Conclusões sobre o fator R	60
3.1.2 - <u>O fator K erodibilidade do solo</u>	61
3.1.2.1 - Convênio SUDENE/C.C.A. de Areia	61
3.1.2.2 - Convênio SUDENE/IPA	62
3.1.2.3 - Conclusões sobre o fator K	62
3.1.3 - <u>O fator SL</u>	63
3.1.4 - <u>Os fatores C e P</u>	63
3.2 - <u>RESULTADOS ESPERADOS</u>	64
3.2.1 - <u>C.C.A. de Areia (PB)</u>	64
3.2.2 - <u>Convênios do Ceará</u>	65
3.2.3 - <u>Convênio do IPA (Pernambuco)</u>	65

3.2.4 - <u>Outros trabalhos</u>	65
3.2.5 - <u>Conclusões</u>	66
4 - <u>ESTIMAÇÃO DO PERIGO DE EROSÃO HÍDRICA NO NORDESTE</u>	67
4.1 - <u>INTRODUÇÃO</u>	67
4.2 - <u>ASPECTO MORFOLÓGICO DA EROSÃO NO NORDESTE</u>	67
4.3 - <u>ASPECTOS QUANTITATIVOS DA EROSÃO NO NORDESTE ESTIMADOS A PARTIR DOS DADOS EXISTENTES - COMPARAÇÃO COM AS OUTRAS REGIÕES DO BRASIL E DO MUNDO</u>	69
4.3.1 - <u>A erosividade das chuvas</u>	69
4.3.1.1 - Tabela - Valores comparativos das intensidades-durações das chuvas	69
4.3.1.2 - Tabela - Valores comparativos do fator R de WISCHMEIER entre o Nordeste (N.E) e a África do Oeste (A.V. = Alto Volta, C.d.M. = Costa do Marfim)	70
4.3.2 - <u>A erodibilidade dos solos</u>	70
4.3.3 - <u>O fator topográfico: comprimento de rampa e declividade</u>	71
4.3.4 - <u>A cobertura vegetal do solo (Fator C)</u>	71
4.3.4.1 - Tabela - Valores comparativos do fator C cobertura vegetal	72
4.3.5 - <u>As práticas conservacionistas (Fator P)</u>	72
4.3.5.1 - Tabela - Valores comparativos do fator P	72
4.3.6 - <u>Comentário</u>	73
4.3.6.1 - Tabela - Valores comparativos dos diferentes fatores da erosão	73
4.4 - <u>CONCLUSÕES SOBRE O PERIGO DE EROSÃO NO NORDESTE</u>	74
5 - <u>PROPOSIÇÕES E ORIENTAÇÃO DE NOVAS LINHAS DE PESQUISAS</u>	77
5.1 - <u>PESQUISAS SOBRE A EROSÃO CLIMÁTICA E A AGRESSIVIDADE DAS CHUVAS</u>	77
5.1.1 - <u>Com chuvas naturais</u>	77
5.1.1.1 - <u>Pesquisas sobre o fator R de erosividade das chuvas</u>	77
5.1.1.1.1 - Tabela - Densidade da população e dos cultivos no Nordeste	79
5.1.1.2 - Estudos necessários a uma melhor avaliação do fator R de WISCHMEIER	79
5.1.2 - <u>Com chuvas simuladas</u>	80
5.1.2.1 - <u>A aparelhagem</u>	80
5.1.2.2 - <u>Problemas de funcionamento</u>	80
5.1.2.3 - <u>Problemas de medida</u>	80
5.1.2.4 - Fig. - Bacia Representativa do Riacho do Navio - Hietogramas das chuvas bienal e decenal	82
5.1.2.5 - Fig. - Intensidades máximas em função da duração para vários períodos de retorno - Bacia Representativa do Riacho do Navio	83
5.1.2.6 - Fig. - Curvas intensidade-duração das chuvas	84
5.1.2.7 - Fig. - escoamento sob chuva com intensidade constante	86

5.1.2.8 - Fig. - Evolução do escoamento, da turbididade e da erosão durante uma chuva	86
5.1.2.9 - Conclusão sobre os estudos com o simulador de chuva	87
5.2 - PESQUISAS SOBRE A ERODIBILIDADE DOS SOLOS	88
5.3 - PESQUISAS SOBRE A INFLUÊNCIA DO FATOR TOPOGRÁFICO (LS) SOBRE A EROSÃO E O ESCOAMENTO	89
5.4 - PESQUISAS SOBRE A INFLUÊNCIA DA COBERTURA VEGETAL	90
5.5 - PESQUISAS SOBRE A INFLUÊNCIA DAS PRÁTICAS CULTURAIS E CONSERVACIONISTAS SOBRE A CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA	91
5.5.1 - <u>Tabela - Efeitos do sistema de preparo do solo sob as perdas em terra e água e sob a produção de milho</u>	91
5.5.2 - <u>Tabela - Efeitos de algumas práticas conservacionistas</u>	92
6 - <u>CONCLUSÕES GERAIS</u>	93
7 - <u>ABSTRACT</u>	96
8 - <u>RÉSUMÉ</u>	96
9 - <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	97
Relação das publicações editadas da Série: Brasil.SUDENE.Recursos de Solos	106
10 - <u>ANEXO</u> - MAPA DESDOBRÁVEL (EM BOLSO).	

APRESENTAÇÃO

O convênio celebrado entre a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e o Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM), visando a assistência técnica da França aos estudos de conservação e manejo de solos no Nordeste brasileiro a partir de 1980, resultou de uma missão francesa de cooperação técnica nos domínios da pesquisa e do desenvolvimento agrícola (outubro-novembro de 1975) e da missão de setembro de 1976, relativa a possíveis atuações em matéria de conservação dos solos do Nordeste (J.C. DELWAULLE 1976).

Esta última missão propôs um projeto de estudos em matéria de defesa e restauração dos solos, com um especialista permanente junto à SUDENE. Foi escolhido JEAN-CLAUDE LEPRUN, o autor do presente relatório, pedólogo do ORSTOM, doutor em Ciências, que trabalhou doze anos em zona tropical seca, na África.

Este relatório, de acordo com os objetivos do convênio, busca tomar conhecimento e fazer uma avaliação da situação real do desenvolvimento dos estudos e trabalhos sobre a conservação dos solos no Nordeste, formular um diagnóstico e propor novas linhas de pesquisas.

O volume do trabalho foi maior do que aquele previsto, pois, para fazer o diagnóstico, foi necessário realizar um estudo analítico e estabelecer um mapa da erosividade das chuvas no Nordeste, a partir dos dados existentes na Região. Esse estudo básico, que permite um melhor conhecimento dos riscos erosivos no Nordeste, está incluído nas metas do convênio.

O Autor agradece, sinceramente, a todas as pessoas que o ajudaram e, em particular:

- ao seu colaborador, colega e amigo, J. M. GOMES,
- ao Dr. ISAIAS VASCONCELOS DE ANDRADE, chefe da Divisão de Recursos Renováveis,
- aos Drs. VALDIR DE ARAUJO BELTRÃO, JURANDIR G. REIS e JOSÉ BENITO M. SAMPAIO, pedólogos da SUDENE,
- aos Drs. ERIC CADIER, OLÍVIO R. CAMPOS FILHO e PEDRO A. SANGUINETTI FERREIRA, da D.H.M. da SUDENE, ao Sr. VITAL DO CARMO, desenhista da D.R.R., pelos mapas e gráficos, e M. J. CAVALCANTI, pela datilografia e ajuda na tradução.

RESUMO

Trata-se da avaliação dos estudos sobre a erosão e o manejo dos solos do Nordeste brasileiro até o fim do ano de 1980. Abordam-se, sucessivamente: a natureza e a localização dos estudos; os diferentes fatores da equação de perdas de solos de WISCHMEIER, a aplicação desta equação, seu interesse, suas críticas e seus limites; o balanço dos estudos com os resultados obtidos e esperados; a avaliação do risco da erosão hídrica no Nordeste, comparando-se esta com outras regiões do mundo, e, enfim, a proposta de novas linhas de pesquisa possíveis em função do balanço e do diagnóstico realizados. Colocam-se, particularmente, em evidência: a) a importância dos dados acumulados, mas que são pouco utilizados e, sobretudo, não divulgados; b) o perigo do uso exclusivo da equação de WISCHMEIER que se aplica melhor às formas de erosão laminar, enquanto que a erosão é mais frequentemente linear e os fatores não foram testados em regiões tropicais; c) a relativa e boa conservação dos solos do Nordeste devida, em particular, ao estado em que se encontra a cobertura vegetal, embora haja fortes riscos erosivos no caso de explorações intensivas e mecanizadas.

1 - SITUAÇÃO DOS ESTUDOS DE CONSERVAÇÃO E MANEJO DO SOLO NO NORDESTE

1.1 - HISTÓRICO

Os delitos da erosão são reconhecidos, temidos e revelados desde muito tempo no Brasil. EUCLIDES DA CUNHA, em 1902, já os menciona, seguindo-se, depois, a calamidade erosiva da América do Norte no início dos anos de 1930, quando se tomou consciência do problema e dos meios de combatê-lo (CARDOSO, 1939; RAMOS, 1939; H. D. de FREITAS, 1940...).

O Nordeste não ficou atrás, pois que a obra "A erosão", de J. de D. O. DIAS, editada no Recife, data de 1942.

A necessidade de criar um serviço público de conservação dos solos e estabelecer os primeiros princípios de conservação logo se fez sentir (BALLY, 1941; MARQUES, 1941; PAIVA, 1941...) e um código de defesa e conservação do solo foi publicado, em 1951 pelo Departamento Nacional de Obras contra as Secas (DNOCS) de Fortaleza (C. B. TIGRE).

Na década de 40, desenvolveram-se os primeiros estudos e medições de campo em Minas Gerais e, sobretudo, no Sul do país, devidos à iniciativa de MARQUES (1946a, 1946b, 1946c) e aos trabalhos de BERTONI, sobre as primeiras parcelas de erosão em São Paulo, em fins de março de 1943 (BERTONI, 1949; 1959...).

Depois, numerosos trabalhos foram feitos pela Seção de Conservação dos Solos do Instituto Agrônomo de Campinas (BERTONI, LOMBARDI NETO, PASTANA, BENATTI Jr., BARRETO e outros), de Londrina, no Paraná (MONDARDO, G.S. de FARIAS, C. de C. FILHO), do Rio Grande do Sul (COGO, CASSOL, GUERRA, WUNSCH, DENARDIN) e dos outros Estados, provando a grande vitalidade dessas equipes de pesquisas no Sul do país, onde o perigo erosivo é muito relevante e já se manifesta.

O Brasil possui uma legislação agrícola de conservação do solo. Pode-se citar a Resolução nº 10, de 29/05/1959, da Câmara dos Deputados, a Lei nº 6225, de 14/07/1975, e o Decreto 76470, de 16/10/1975.

Criou-se o Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos (SNLCS), no Rio de Janeiro, e uma Comissão Estadual de Conservação dos Solos em cada Estado (por exemplo, CECOSA-AL em Alagoas).

Congressos e encontros nacionais sobre a conservação do solo sucedem-se periodicamente: Campinas, em 1960, Londrina, em 1975, Passo Fundo, em 1978, Recife, em julho de 1980, Brasília, em outubro de 1980, etc.

Tudo o que foi mencionado constitui um conjunto extremamente favorável ao desenvolvimento da noção e do estudo da conservação do solo.

Consideremos agora a situação do Nordeste pertinente ao assunto.

1.2 - ESTUDOS E TRABALHOS JÁ REALIZADOS NO NORDESTE

Vimos que o Nordeste não se atrasou no domínio de conservação e do manejo. É mesmo possível que, no Brasil, *esta região tenha sido a primeira a aplicar medidas de defesa contra a erosão*, como, por exemplo, na fazenda "Jardim", na zona do Agreste de Pernambuco, *desde 1928*. Tentou-se, a partir deste ano, graças à ação do engenheiro agrônomo M.B. de FREITAS, a cultura do tomate seguindo as curvas de nível. Em 1945, as primeiras parcelas de erosão foram instaladas nessa fazenda, e vários resultados em perdas de terra e água, com diferentes tratamentos de manejo (faixas de vegetação com rotação, adubação verde, enterrio, "mulch") foram publicados (FREITAS, M.B. de, 1951 e 1958). Os últimos dados de 1958, estabelecidos em 13 anos, permitem preconizar desde esse momento as práticas de "mulch" e capoeira, dos sulcos permanentes, dos terrenos pouco lavrados, mas com preferência do comprimento médio ao pequeno.

Ao mesmo tempo, a partir de 1945, um agrônomo, de volta da Inglaterra, instalou 15 parcelas de erosão cimentadas (13 de 20x5m, 1 de 40x5m) no campo experimental de Alagoinha (Agreste da Paraíba). Essas parcelas são ainda utilizáveis e conservadas em bom estado pela EMBRAPA.

Infelizmente, porém, os dados desde 1945 desapareceram e não deram lugar a *nenhuma publicação conhecida*.

Um programa de conservação do solo foi elaborado em Pernambuco (DIAS, 1949). Esse mesmo autor publicou, em 1959, um manual de conservação dos solos. As atividades foram muito negligenciadas durante os anos 50 e 60. De 1963 a 1966, alguns recursos da SUDENE permitiram ao Instituto de Pesquisas Agronômicas (IPA) começar alguns trabalhos limitados.

A partir de 1954, o Departamento de Defesa do Solo (DDS), hoje extinto, iniciou algumas pesquisas de conservação no Estado de Pernambuco. Depois, a SUDENE se preocupou mais com o problema de conservação. J. REIS ficou encarregado de redigir uma análise da situação atual e apresentar sugestões para o equacionamento do problema de conservação no Nordeste (não publicado).

A Missão Francesa de conservação, no Nordeste, data de 1976, e os convênios da SUDENE com o IPA e a UFPB iniciaram-se em 1976-1977 (ver quadro 1.3.1) e estão ainda em andamento.

Um mapa de graus de erosão hídrica, na escala de 1:2.500.000 (SUDENE DRN/Geotécnica 1977/1979), foi elaborado com base nas informações de mais de 1.000 perfis de solos descritos durante os levantamentos do Nordeste. Apesar da utilidade desse trabalho, sobretudo para a planificação em pequena escala, críticas podem ser feitas sobre a metodologia e a credibilidade desse mapa (ver cap. 3).

1.3 - ESTUDOS EM ANDAMENTO

O quadro 1.3.1 resume, de maneira mais prática do que uma longa explicação, os diferentes Convênios nos domínios de conservação dos solos no

QUADRO 1.3.1

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E PESQUISAS DESENVOLVIDAS SOBRE CONSERVAÇÃO
E MANEJO DOS SOLOS NO NORDESTE (Até o fim do ano de 1980) ATRAVÉS
DOS CONVÊNIOS

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E TIPO DE TRABALHO	CONVÊNIOS	SUDENE/1PA/UFRPE (Pernambuco)	SUDENE/CCA/UFPB (Paraíba)	CNPq/FCPC/UFCE (Ceará-Ibiapaba)	CNPq/SUDENE/UFCE (Ceará-Quixadá)
Zona Ecológica		Agreste-Sertão	Agreste-Sertão	Planalto(floresta)	Sertão
Pluviometria (intervalo, a média)		1.000 - 400	1.200 - 400	1.200 - 1.000	700
Relevo		Plano a ondulado	Plano a ondulado	Ondulado	Plano a suave
Tipo de solo (1)		PLS-RE-NC-LVD-LVE	Diversos	LVD-AQD	PE
Declividade das parcelas (%)		3 - 16	Diversas (5-15)	3 - 10	4 - 5
Ano inicial das pesquisas		1963-66	1977	1979	1978
Verba total (estimada em 1.000 Cr\$)		9.400 desde 1977	3.650 desde 1977	?	?
Número de pessoas da equipe técnica		16	16	16	13
CONSERVAÇÃO DOS SOLOS (perdas por erosão)					
Pesquisas sobre fatores da equação de WISCHMEIER (R. K. SL.C.P) (2)		K.SL.C.P.	R(na Paraíba e todo o NE) K dir. e indir.	R.K. dir. e indir.	R.K. dir. e ind.
Pesquisas sobre o balanço hídrico (BH) a evapotranspiração (ETP) e a permeabilidade (Pr)		-	Pr	BH, Pr	BH, ETP, Pr
Determinação das perdas por erosão:					
Com chuva natural		-	6 Parc. (21x3,5m)	-	-
Efeito de sistemas de preparo do solo		6 Parc. (20x50m)	-	*	*
Efeito de cobertura (C)		16 Parc. (10x25m)	-	*	*
Efeito de comprimento de rampa (L)		3 Parc. (10x25, 50, 100 m)	-	10 Parc. (21x4m)	8 Parc. (22x3,5m)
Efeito das práticas conservacionistas (P)		5 Parc. (20x50m)	-	*	*
Com chuva simulada		(11 x 3,5 m)	(11 x 3,5 m)	(11 x 3,5 m)	(11 x 3,5 m)
Efeitos de sistemas de preparo do solo		-	-	-	4 tratam. 8 parc.
Efeito de tipo de solo (avaliação de K)		*	Sobre 7 tipos solos	*	*
Efeito de comprimento e da declividade (SL)		*	-	-	-
Efeito de cobertura (C)		9 tratamentos	-	*	*
Efeito de práticas conservacionistas (P)		4 tratamentos	-	-	-
Plantas testadas (3)		AA-AH-CB-CVS-F-L-M-MA-MD-MU P.S.	-	C.F.	AA-M-F-SO
MANEJO DOS SOLOS (efeito sobre a produção)					
Determinação do efeito de práticas conservacionistas sobre a produção agrícola		(6 x 10 m)	-	-	-
Efeito de rotação cultural		12 tratam.36 parc.	-	-	-
Efeito de adubação verde		5 tratam.25 parc.	-	-	-
Efeito de cobertura morta		5 tratam.25 parc.	-	-	-
Efeito de sulcos e camalhões em contorno		4 tratam.20 parc.	-	-	-
Determinação do efeito do preparo do solo sobre a produção agrícola		(10 x 20 m)	-	-	-
Efeito do tipo de preparo do solo		24 parcelas	-	-	-
Efeito de direção de preparo e plantio		4 tratam.20 parc.	-	-	-
Efeito do tipo de aração		4 tratam.20 parc.	-	-	-
Efeito de subsolagem		5 tratam.20 parc.	-	-	-
Sistemas de cultivo com aproveitamento do escoamento superficial		-	-	-	*
Número de parcelas fixas previstas		220	-	10	16
Número de simulador de chuvas		1	1	1	1

(1) PLS = Planossol Solódico. RE = Regossol. NC = Solos Bruno não Cálcicos. LVD = Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico. LVE = Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico. AQD = Areias Quartzosas Distróficas. PE = Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico.

(2) R = Fator de erosividade das chuvas. K = Fator de erodibilidade do solo. SL = Fator topográfico. C = Fator uso e manejo do solo. P = Fator práticas conservacionistas.

(3) AA = Algodão arbóreo. AH = Algodão herbáceo. C = Cafê. CB = Capim bufell. CVS = Capim sempre verde. F = Feijão. L = Lab lab. Ma = Mamona. M = Milho. MD = Mandioca. MU = Mucuna. P = Palma. S = Soja. So = Sorgo.

* PESQUISAS PREVISTAS.

Nordeste, com seus respectivos objetivos, meios e localizações. O mapa (fig. 1.3.2) permite situar essas ações.

Em princípio, cada convênio deve fazer um relatório técnico anual. Mas, na maioria dos casos, os relatórios dos convênios são *mais relatórios de acompanhamento do que de dados* e os mesmos, às vezes, faltam, ou não contêm todos os dados obtidos e informações interessantes sobre medições, metodologia, condições de experimentação... Estas lacunas constituem uma das maiores razões da *dificuldade da coleta dos dados* necessários.

Felizmente, os convênios deram lugar a alguns artigos publicados (ver Referências bibliográficas, item 9).

Instituto de Pesquisas Agronômicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco (IPA-UFRPE)

MARGOLIS, E. e ALBUQUERQUE I. de A. (1971)
MARGOLIS, E. et alii (1975)
N. FILHO, J. e SOUZA, A.R. de (1980)
MARGOLIS, E. e CAMPOS FILHO, O.R. (1980)

Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba na cidade de Areia (C.C.A. Areia)

CHAVES, I. de B. e FREIRE, O. (1978)
CHAVES, I. de B. e DINIZ, E. J. (1980a)
CHAVES, I. de B. e DINIZ, E. J. (1980b)
SILVA, A. A. da et alii (1980)
CAVALCANTE, L. V. et alii (1980a)
CAVALCANTE, L. V. et alii (1980b)
CAVALCANTE, L. V. et alii (1980c)
CHAVES, I. de B. et alii (1980)
SILVA; i: de F. da et alii (1980)

Universidade Federal do Ceará (UFCE)

SILVA, J. R. C. et alii (1980a)
SILVA, J. R. C. et alii (1980b)
SAUNDERS, L. C. U. et alii (1980a)
SAUNDERS, L. C. U. et alii (1980b)

O meu próprio convênio não aparece no quadro 1.3.1, e seus objetivos e metas são os seguintes:

Objetivo: Assessorar a execução dos trabalhos de pesquisa sobre manejo e conservação do solo na região e propor novas linhas de pesquisa com base em diagnóstico a ser efetuado.

Metas: a) Diagnóstico da pesquisa sobre manejo e conservação do solo no Nordeste.

b) Assessorar a execução das pesquisas em andamento.

c) Estabelecer novas linhas de pesquisa a partir dos trabalhos em execução e baseadas no diagnóstico.

d) Desenvolver estudos para a determinação da erosividade das chuvas no Nordeste (Fator R da equação universal de perdas do solo).

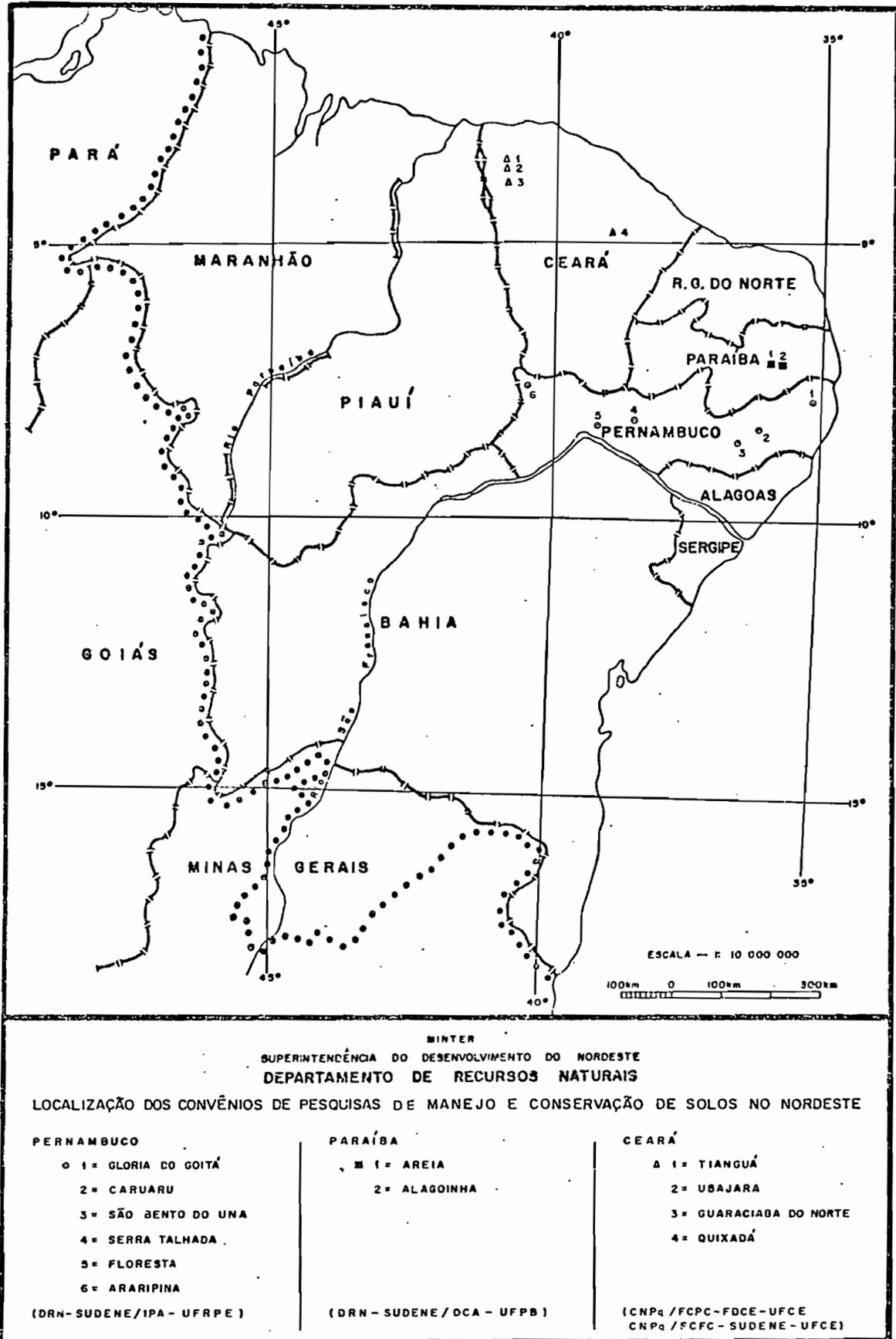


Fig. 1.3.2 - LOCALIZAÇÃO DOS CONVÊNIOS DE PESQUISAS DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS DO NORDESTE

1.4 - ESTUDOS EM PROJETOS

- a) Projeto de Estudo de Bacia Experimental (Convênio SUDENE/CNPq através do DRN/HM da SUDENE)

Objetivo: Avaliar o balanço hídrico de pequenas bacias de uma ou de várias bacias representativas já estudadas. Paralelamente ao balanço, será feito o manejo do solo e da água (testes de infiltração, disponibilidade para práticas irrigantes não convencionais, determinações de perdas de terra e água, técnicas de proteção do solo e de conservação do solo e da água).

A bacia representativa de Sumé (sertão da Paraíba), já estudada pela DHM e bem conhecida no plano da hidrografia, com solos bem representativos do Nordeste, com boa acessibilidade e contando com um Núcleo do Projeto Sertanejo e um perímetro de irrigação do DNOCS, *já foi escolhida*. O início do estudo está previsto para o ano de 1981, com a cooperação da UFPB e da UFPE.

- b) Modelo de Aproveitamento Hidroagrícola das Bacias Representativas

Objetivo: Aproveitamento dos recursos naturais e sócio-econômicos do Trópico Semi-árido (Convênio CNPq/CPATSA/SUDENE, com colaboração de outras entidades: CNPA, IPA, ICRISAT, UNIVERSITY OF ARIZONA, Colégio CHAPINGO, ORSTOM, etc).

Estudos: São previstos, entre outros, os estudos das precipitações, dos processos erosivos, dos sedimentométricos, do coeficiente de escoamento superficial de diversos tipos de solos, de conservação e uso da água, do armazenamento da água, dos pequenos açudes, das normas de uso e da qualidade da água, etc. em diversas regiões do Nordeste. Início: 1981.

- c) Pedidos de projeto

Convênio SUDENE/C.C.A. de AREIA, para o estudo de conservação e manejo do solo no campo experimental da EMBRAPA de Alagoinha (Agreste da Paraíba, ver fig. 1.3.2) com vistas a aproveitar as 15 parcelas já instaladas.

Estudo do C.C.A. de AREIA (Paraíba), com respeito ao uso de técnicas simples de conservação do solo e da água nas fazendas particulares no Sertão da Paraíba (Patos, por exemplo).

- d) Outros projetos

Muitos outros planos iniciais de pesquisas e ensaios de conservação e manejo do solo em diferentes Estados, como Alagoas (J.S. MACHADO, 1980), Bahia (E. GILSON, EPABA) e Ceará.

1.5 - CONCLUSÕES

Do que precede, pode-se concluir:

- que a erosão é uma das maiores preocupações dos responsáveis pela agricultura brasileira;

- que as pesquisas começaram relativamente cedo e se desenvolveram rapidamente no Sul do país, onde o seu nível atual está elevado;

- que os estudos no Nordeste, após um início precoce, devido à iniciativa de algumas pessoas, passaram por um período de pouca atividade, mas que, a partir de 1976, o impulso foi restabelecido e deve ser intensificado ainda mais nos próximos anos;

- que os trabalhos de pesquisas estão todos sob a forma de convênios dirigidos pela SUDENE e o CNPq. Entretanto, *o papel de coordenação e de orientação da SUDENE deve se desenvolver;*

- que os convênios dizem respeito só a três dos nove Estados do Nordeste: Pernambuco, Paraíba e Ceará. Esta repartição geográfica, *deixa de lado os maiores Estados do Nordeste: Bahia, Piauí e Maranhão;*

- que é o IPA que possui, inegavelmente, *o programa mais ambicioso e mais completo*, com 220 parcelas repartidas em seis campos de experimentação em toda a extensão do território de Pernambuco;

- que, de todos os convênios que pesquisam os fatores da equação de WISCHMEIER, o C.C.A. de Areia se preocupa sobretudo com o fator R , ligado às chuvas, de K , ligado ao solo e não aborda o manejo do solo e as experimentações culturais. O IPA faz o inverso, e é o único a estudar o importante efeito no campo das práticas conservacionistas sobre a produção. Os dois convênios do Ceará envolvem estudos teóricos e experimentais associados. Assim, o leque de pesquisas, que aparece extenso e completo, *não o é*. Com efeito, nenhum campo experimental foi estabelecido *na zona da Mata*, que todavia é a mais populosa e a mais explorada com monoculturas industriais (ver cap. 3, tab. 5.1.1.1.1), *nem na zona de floresta pré-amazônicas (Hiléia) e nem nos cerrados ocidentais*. O Agreste e o Sertão monopolizam todos os estudos, porém os lugares mais secos do Sertão central estão fora destas pesquisas;

- que há um *problema real no que concerne à divulgação dos dados obtidos e à emissão dos relatórios;*

- que cada convênio tem seu próprio simulador de chuvas, mas que esse simulador, muito caro, *parece bem subutilizado*, pois serve apenas para a determinação de K e, de uma maneira parcial, para o efeito da cobertura vegetal. Veremos, adiante, que o seu emprego é bem mais amplo.

2 - A EQUAÇÃO DE PERDAS DO SOLO DE WISCHMEIER

2.1 - INTRODUÇÃO

A equação de WISCHMEIER é muito usada no Brasil (ver, entre outros, BERTONI et alii, 1975) e, particularmente, em todos os convênios de conservação do solo no Nordeste (quadro 1.3.1). Vamos, portanto, examinar cada fator dessa equação cujo maior objetivo é servir de guia para uma utilização mais racional da terra.

A equação de WISCHMEIER é uma equação empírica desenvolvida nos E.U. a partir de numerosos trabalhos realizados desde 1940 (SMITH, 1941; ZINGG, 1940). Chegou ao fim graças a uma análise estatística de mais de 10.000 dados anuais. O resultado final foi a equação dita universal de perdas do solo (WISCHMEIER e SMITH, 1960):

$$E = R \times K \times LS \times C \times P \quad [1]$$

estabelecida em função de diversas variáveis, onde:

E = perda de solo calculada por unidade de área

R = fator erosividade da chuva

K = fator erodibilidade do solo

L = fator comprimento do declive

S = fator grau de declive

C = fator uso e manejo do solo

P = fator práticas conservacionistas

às vezes juntos: LS:
fator topográfico

Dois publicações básicas expõem a essência dessa equação - os "Agriculture Handbook American" nº 282 (1965) e nº 537 (1978), escritos pelos dois pais da equação: WISCHMEIER e SMITH.

2.2 - OS DIFERENTES FATORES DA EQUAÇÃO

2.2.1 - O fator erosividade da chuva ou agressividade climática: R

A partir das correlações obtidas entre as perdas em terra medidas sobre as parcelas experimentais e diferentes características das chuvas, WISCHMEIER & SMITH (1958) encontraram o fator R, que é o valor do produto da energia cinética de cada chuva unitária e sua intensidade máxima em trinta minutos

$$R = E_c \times I_{30} \times 10^{-2} \quad [2] \quad \text{em unidades americanas.}$$

Esse produto é considerado por WISCHMEIER (1959) como a melhor expressão da potencialidade erosiva da chuva.

E_c se calcula chuva por chuva, graças à equação seguinte:

$$E_c = 916 + 331 \log_{10} \cdot I \quad [3] \quad (\text{WISCHMEIER e SMITH 1958})$$

onde E_c = energia cinética em tonelada-pé/acre por polegada de chuva e
I = intensidade em polegada por hora.

Em unidades decimais, essa equação [3] torna-se:

$$E_c = 210,3 + 89 \log_{10} \cdot I \quad [4]$$

onde E_c = energia cinética em t-m/ha - cm e I = intensidade em cm/h
(WISCHMEIER e MANNERING, 1969).

Para se fazer o cálculo de R, precisa-se dividir o diagrama de pluviôgrafo de cada chuva *em secções e declives uniformes* e determinar a energia cinética de cada secção, somar os valores das energias de todas as secções, multiplicar essa energia total pela maior quantidade de chuva registrada durante um período de 30 minutos consecutivos.

O gráfico (fig. 2.2.1.2) do pluviograma da chuva do dia 22 de fevereiro de 1969 em Glória do Goitã (PE) e a tabela 2.2.1.1 indicam o processo a seguir para a determinação do fator R. Nessa mesma tabela, as colunas 1 e 2 são dadas pelo pluviograma, 3 e 4 são deduzidas de 1 e 2 ; 5 e 7 são calculadas e a coluna 6 é dada pela tabela de CABEDA (1976) (tabela 2.2.1.3)

Tabela 2.2.1.1
Dados tirados do pluviograma da chuva
do dia 22/02/1969 em Glória do Goitã (PE)

1 Hora	2 Chuva (l/10mm)	3 Tempo (mn)	4 Chuva (mm)	5 Intensidade (mm/h) 4 x 60 3	6 7 Energia cinética	
					por mm (tabela)	6 x 4
(Pluviograma)						
7.05	0	-	-	-	-	-
7.14	5	09	0,5	3,33	16,8	8,4
7.25	10	11	0,5	3,33	16,8	8,4
7.34	13	09	0,3	2,00	14,8	4,4
7.50	13	16	0,0	-	-	-
8.07	13	27	0,0	-	-	-
8.15	15	08	0,2	1,50	13,7	2,7
11.05	15	170	0,0	-	-	-
11.15	17	10	0,2	1,20	12,8	2,5
11.21	21	06	0,4	4,00	17,5	7,0
11.30	26	09	0,5	3,33	15,5	7,7
12.39	26	09	0,0	-	-	-
12.45	35	06	0,9	9,00	20,6	18,5
12.54	88	09	5,3	35,33	25,9	137,3
15.50	88	176	0,0	-	-	-
15.55	97	05	0,9	10,80	21,3	19,2
15.58	111	03	1,4	28,00	25,0	35,0
TOTAL		535mn	11,1mm			251,1 tm/ha

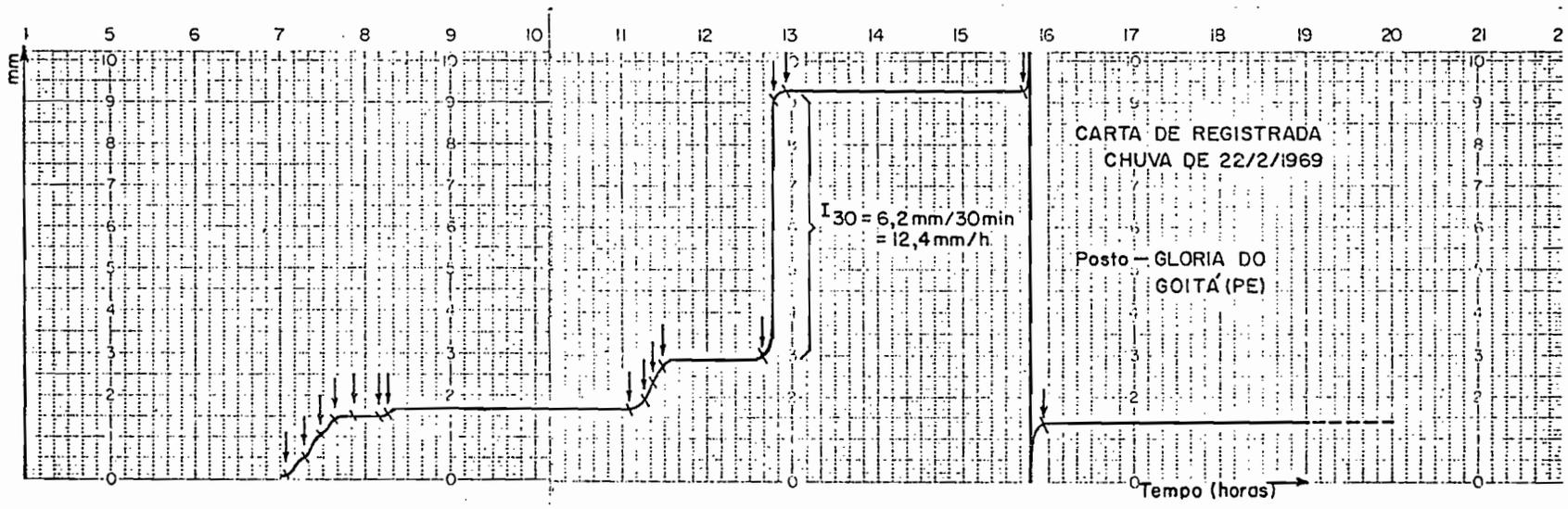


Fig. 2.2.1.2 - PLUVIOGRAMA DA CHUVA ANALISADA

Tabela 2.2.1.3

Energia cinética da chuva natural
em t.métricas-m/ha por mm de chuva

Intensidade mm/h	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	0	3,3	5,9	7,5	8,6	9,5	10,2	10,8	11,3	11,7
1	12,1	12,5	12,8	13,2	13,4	13,7	13,9	14,2	14,4	14,6
2	14,8	15,0	15,2	15,4	15,5	15,7	15,8	16,0	16,1	16,2
3	16,4	16,5	16,6	16,7	17,9	17,0	17,1	17,2	17,3	17,4
4	17,5	17,6	17,7	17,8	17,8	17,9	18,0	18,1	18,2	18,3
5	18,4	18,4	18,5	18,6	18,6	18,7	18,8	18,8	18,9	19,0
6	19,0	19,1	19,2	19,2	19,3	19,4	19,4	19,5	19,5	19,6
7	19,6	19,7	19,8	19,8	19,9	19,9	20,0	20,0	20,1	20,1
8	20,2	20,2	20,2	20,3	20,4	20,4	20,4	20,5	20,5	20,6
9	20,6	20,7	20,7	20,7	20,8	20,8	20,9	20,9	20,9	21,0

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	21,0	21,4	21,7	22,0	22,3	22,6	22,8	23,1	23,3	23,5
20	23,7	23,9	24,1	24,2	24,4	24,6	24,7	24,8	25,0	25,1
30	25,2	25,4	25,5	25,6	25,7	25,8	26,0	26,1	26,2	26,3
40	26,4	26,5	26,6	26,6	26,7	26,8	26,9	27,0	27,1	27,2
50	27,2	27,3	27,4	27,4	27,5	27,6	27,7	27,7	27,8	27,9
60	27,9	28,0	28,0	28,0	28,1	28,2	28,3	28,4	28,4	28,5
70	28,5	28,6	28,6	28,7	28,7	28,8	28,8	28,9	28,9	29,0
80	29,0	29,1	29,1	29,2	29,2	29,3	29,3	29,4	29,4	29,4
90	29,5	29,5	29,6	29,6	29,7	29,7	29,7	29,8	29,8	29,9
100	29,9	29,9	30,0	30,0	30,0	30,1	30,1	30,2	30,2	30,2
110	30,3	30,3	30,3	30,4	30,4	30,4	30,5	30,5	30,5	30,6
120	30,6	30,6	30,7	30,7	30,7	30,8	30,8	30,8	30,8	30,9
130	30,9	30,9	31,0	31,0	31,0	31,0	31,1	31,1	31,1	31,2
140	31,2	31,2	31,2	31,3	31,3	31,3	31,4	31,4	31,4	31,4
150	31,5	31,5	31,5	31,5	31,6	31,6	31,6	31,6	31,7	31,7
160	31,7	31,7	31,8	31,8	31,8	31,8	31,9	31,9	31,9	31,9
170	31,9	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,1	32,1	32,1	32,1
180	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,3	32,3	32,3	32,3	32,4
190	32,4	32,4	32,4	32,4	32,4	32,5	32,5	32,5	32,5	32,6
200	32,6	32,6	32,6	32,6	32,6	32,7	32,7	32,7	32,7	32,7
210	32,8	32,8	32,8	32,8	32,8	32,8	32,9	32,9	32,9	32,9

Fonte: Transformada de WISCHMEIER, W.H. Upslope erosion analysis. In: SHEN, H.W., publi. Environmental impact on rivers. Fort Collins, CSU, Colorado, 1972 (Capítulo 15), para CABEDA (1976).

Nesse exemplo, a energia cinética da chuva considerada foi de 251,1 t.m/ha e $R = EI = 3,11$

usando a fórmula $R = E_c \times I_{30} \times 10^{-3}$ [5]

que é a fórmula [2] pelas unidades decimais.

A soma dos resultados de todas as chuvas de um ano dá o fator R anual.

A metodologia de WISCHMEIER preconiza:

- computar o valor $R = EI$ para as chuvas com 12,7mm (0,5 inch.) ou mais de chuva,

- computar o valor $R = EI$ para as chuvas com menos de 12,7mm se a quantidade de chuva em 15 minutos é de 6,4 mm (0,25 inch.) ou mais,

- separar as chuvas, considerando que um período de 6 horas, ou de menos de 1,27mm (0,05 inch.), marca o limite entre duas chuvas. Esses algarismos no sistema internacional (12,7; 6,4; 1,27mm) são ordinariamente substituídos pelos seguintes, respectivamente: 10,0; 6,0 e 1,0mm.

No Brasil, a maioria dos técnicos segue a metodologia preconizada por CABEDA (1976), mas sem todas as modificações adaptadas por ele no que concerne, particularmente, à separação das chuvas.

A transformação da equação [3] no sistema decimal deu lugar a várias equações, algumas erradas, pois às vezes mal adaptadas. O erro vem, sobretudo, do fato de que nas fórmulas americanas ou espanholas o ponto substitui a vírgula das fórmulas portuguesas ou francesas. Notamos, na literatura, as equações seguintes escritas na forma integral:

- $E_c = 1214 + 90 \log.I$ [6] (Centre Technique Forestier Tropical, 1966)
onde $E_c = t\text{-m}/\text{km}^2$ - mm de chuva e $I = \text{mm}/\text{h}$

Essa fórmula usada pelos franceses é prática, pois pode ser comparada com as unidades da equação [3] com as mesmas ordens de dimensões.

- $E_c = 12,142 + 8877 \log.I$ [7] (BERTONI et alii, 1975)
onde $E_c = \text{kg-m}/\text{ha-mm}$ e $I = \text{mm}/\text{h}$

- $E_c = 12,142 + 8,877 \log.I$ [8] (FAO, 1967; CABEDA, 1976...)
onde $E_c = t\text{-m}/\text{ha-mm}$ e $I = \text{mm}/\text{h}$

mas encontra-se a mesma escrita assim:

$E_c = 12.142 + 8.877 \log.I$ [9] com as mesmas unidades (LOMBARDI NETO, 1977; ROVIRA et alii, 1981...) trata-se do caso citado mais acima, da vírgula.

- $E_c = 12,142 + 8,877 \log.I$ [10] com $E_c = \text{kg-m}/\text{ha-mm}$ e $I = \text{mm}/\text{h}$
(CHAVES, I. de B. e FREIRE, 1978; FREIRE e CASTRO, 1978).

Fig. 2.2.1.4 CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES MÉDIOS DO ÍNDICE DE EROÇÃO R

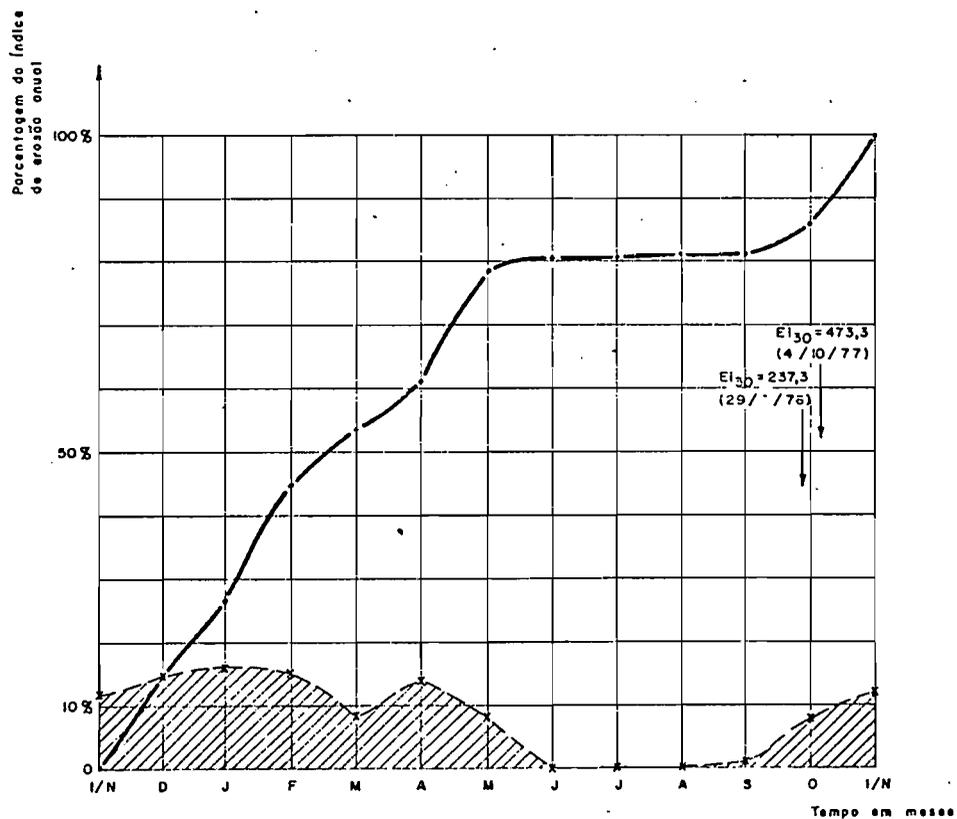
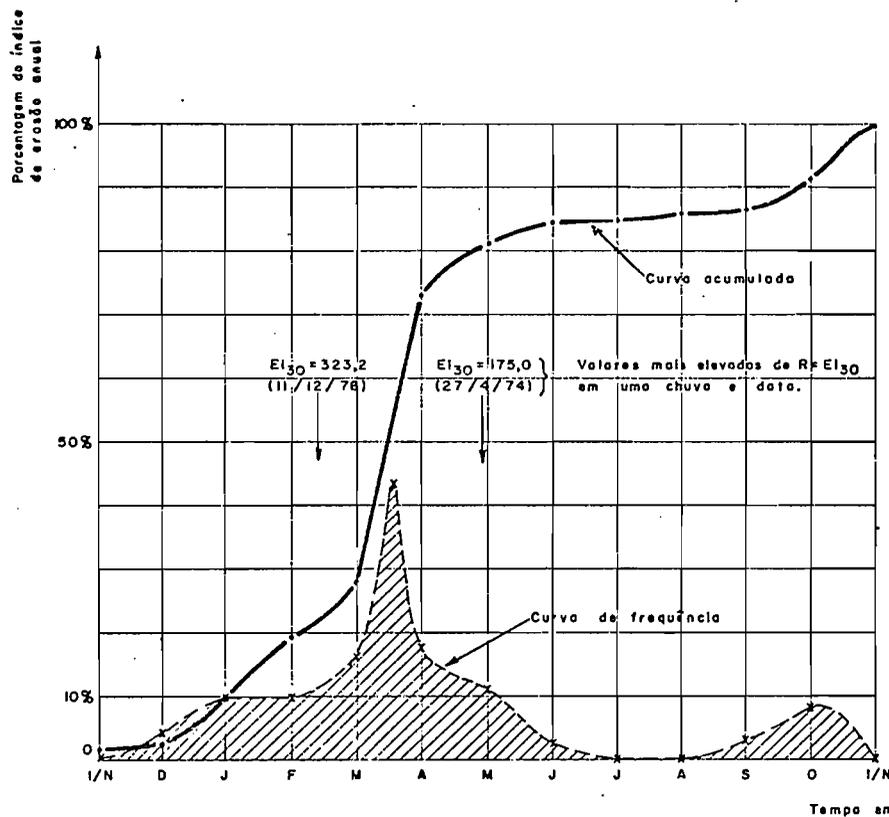
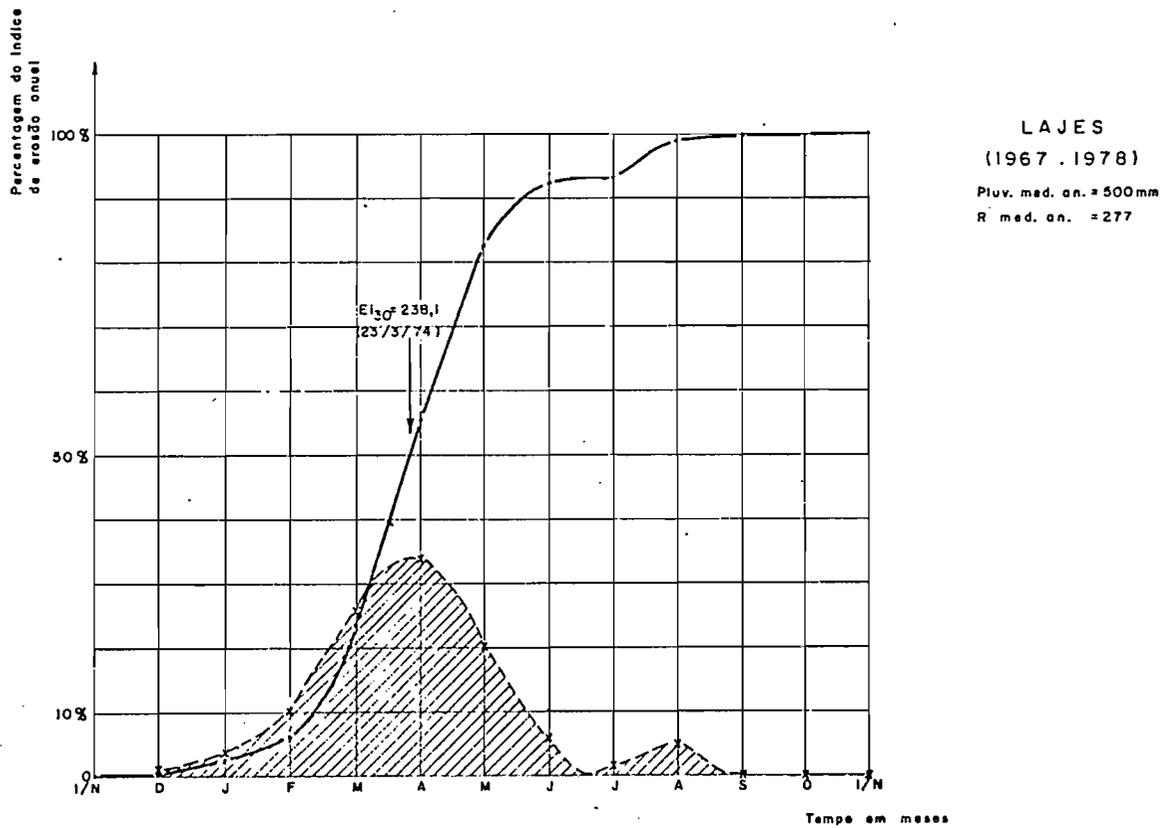
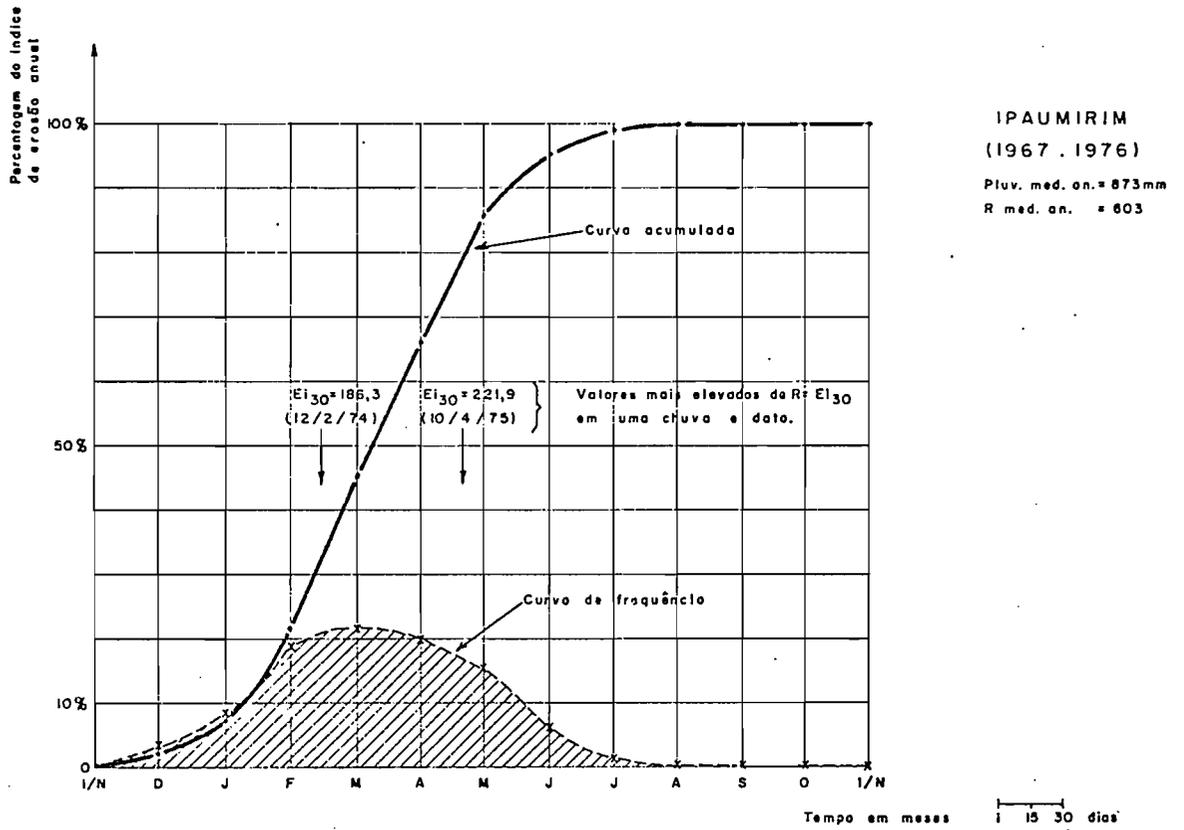


Fig. 2.2.1.5 CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES MÉDIOS DO ÍNDICE DE EROÇÃO R



- $E_c = 210,3 + 89 \log.I$ [11] (WISCHMEIER e MANNERING, 1969; WISCHMEIER e SMITH, 1958 e 1978; DEDECEK, 1978...) onde $E_c = t\text{-m/ha-cm}$ ou $\text{Joule/m}^2\text{-cm}$ e $I = \text{cm/h}$.

Em face do grande número das equações, das unidades e, portanto, dos riscos de enganos, o melhor é seguir a metodologia elaborada por CABEDA (1976), simples e muito usada no Brasil. O uso da equação [8] torna-se, neste caso, inútil, pois uma tabela transformada por CABEDA retirada da de WISCHMEIER dá diretamente a energia cinética em $t\text{-m/ha}$ por mm de chuva a partir da intensidade em mm/h (tabela 2.2.1.3).

Com os valores de R, é interessante fazer a curva de distribuição dos valores médios de índice de erosão (em porcentagem do índice de erosão anual para cada zona climática ou ecológica). As curvas acumuladas dos gráficos (figs. 2.2.1.4 e 2.2.1.5) dão essa distribuição para alguns postos pluviográficos do Nordeste, e permitem saber os períodos mais erosivos do ano e assim escolher os momentos mais favoráveis para plantar e colher (ver o fator C mais adiante).

2.2.2 - O fator erodibilidade do solo ou susceptibilidade do solo à erosão: K

Nas mesmas condições de clima e de declive sob a mesma cobertura vegetal ou com o mesmo preparo do solo, *solos diferentes*, mesmo próximos, *apresentam sensibilidades à erosão hídrica bem diferentes*.

WISCHMEIER então teve a idéia de comparar a erodibilidade de solos diferentes e manejo diferente sobre o mesmo tipo de parcela: a *parcela-padrão* ou "unit plot". Essa parcela pode ser instalada em todos os lugares do mundo.

É uma parcela de 72,6 pés de comprimento (22,1 m) e 9% de declividade, *mantida continuamente descoberta* (pousio) e preparada *com faixa reta arada no sentido do declive*. A parcela deve ser deixada *sem vegetação pelo menos dois anos* para que os resíduos da cultura anterior, raízes, etc, estejam decompostos. WISCHMEIER e SMITH (1978) preconizam *uma aração cada vez* que houver novos rebentos da vegetação ou quando a camada superficial formada necessitar disso.

O fator K é, portanto, um coeficiente, um valor quantitativo determinado experimentalmente. Para determiná-lo, é bastante buscar a *erosão máxima* de cada parcela-padrão e calcular K graças à fórmula de WISCHMEIER $K = \frac{E}{R}$ [12] em unidades decimais ($E = t\text{-m/ha-ano}$). Para passar às unidades americanas, um fator corretivo foi calculado: $K = 1,292 K_{USA}$. Na equação [12], *ou equação básica* de WISCHMEIER, os fatores SL, C e P têm cada um o valor unitário, pois é o caso da *parcela-padrão*.

O fator K situado entre 0 e 1 varia a maior parte do tempo entre

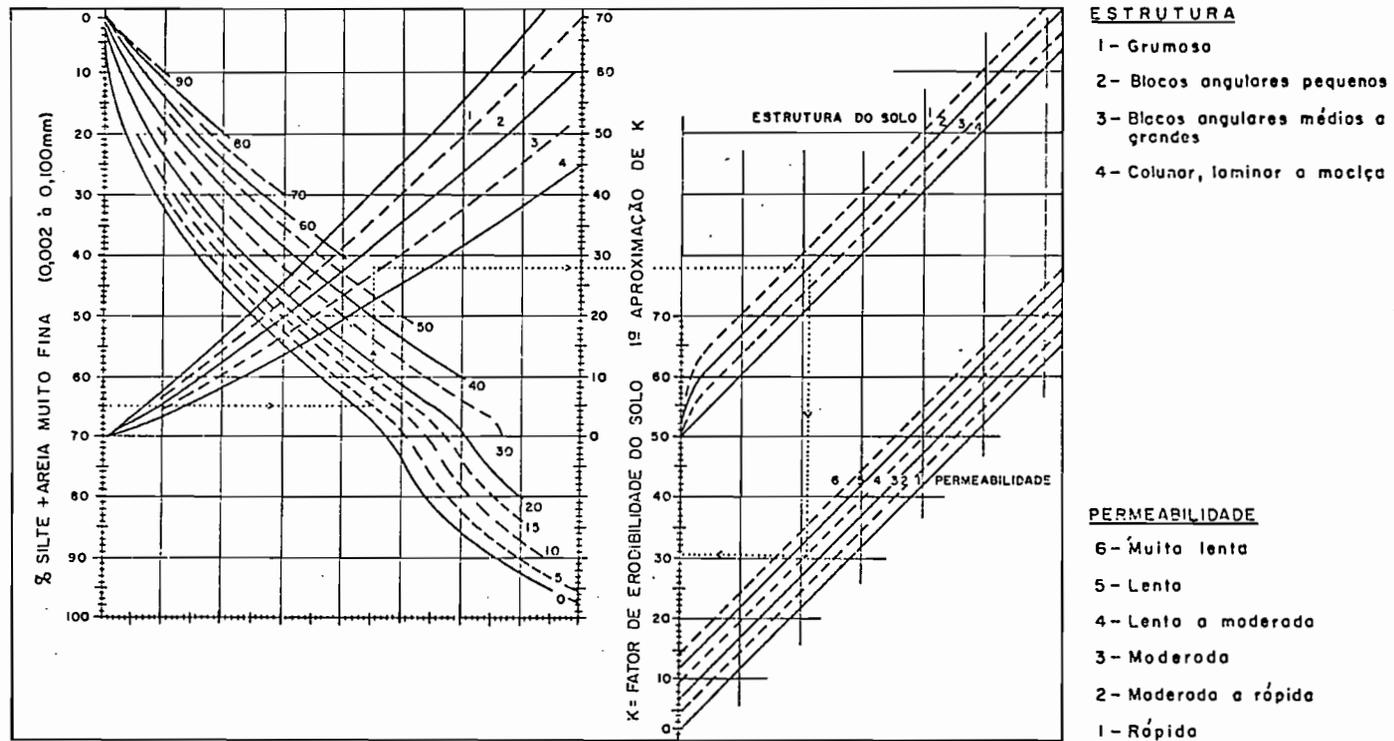


Fig. 2.2.2.1 - NOMOGRAFO DE WISCHMEIER et alii (1971) para avaliação do fator K de erodibilidade do solo

0,02 e 0,7.

Sendo de longa duração as medidas experimentais de K, nas condições-padrão requeridas, WISCHMEIER et alii (1971) estabeleceram *uma equação empírica* para a avaliação da erodibilidade dos horizontes superficiais do solo a partir dos cálculos estatísticos. Cinco parâmetros são considerados:

- a soma da porcentagem de silte e de areia muito fina (granulometria entre 0,002 e 0,100 mm),
- a porcentagem de areia grossa (entre 0,10 e 2 mm),
- a porcentagem de matéria orgânica,
- a estrutura
- a permeabilidade.

Esse método, dito nomográfico, é explicado no gráfico segundo WISCHMEIER et alii (1971). Seguindo-se as flechas, pode-se determinar um valor de K de 0,31 para um horizonte de superfície, nesta ordem, com 65% de silte mais areia fina, 5% de areia grossa, 2,8% de matéria orgânica, 2 de estrutura (granular pequena) e 4 de permeabilidade (lenta a moderada).

O nomógrafo (fig. 2.2.2.1) mostra que o método *não se aplica* para solos em que a porcentagem de silte mais areia fina é alta, isto é, mais de 70%. O processo mais rápido dando a primeira aproximação de K é usado para os solos agrícolas com estrutura em blocos angulares pequenos e permeabilidade moderada.

2.2.3 - Os fatores comprimento de rampa e grau de declive: LS (juntos = fator topográfico)

A perda de terra cresce quando o comprimento da rampa e o grau de declive aumentam. Na equação de WISCHMEIER, o fator LS é igual a 1 quando as condições da parcela-padrão - 22,1 m de comprimento, 9% de declividade, etc (ver o fator K) - estão reunidas.

WISCHMEIER e SMITH (1960) desenvolvera, após 17 anos de medidas, um ábaco único dando, ao mesmo tempo, o fator LS em função do comprimento e do grau de declive de acordo com a equação de segundo grau a seguir:

$$LS = \frac{\sqrt{L}}{100} \times (0,76 + 0,53S + 0,076S^2) \quad [13]$$

onde L = o comprimento da rampa em pé e S é o grau de declive em %.

Esse ábaco é válido só até 150 m de comprimento e 18% de declividade. Mas, além das determinações, ele supõe também um declive uni-

forme, pois declives côncavos ou convexos induzem efeitos de sedimentação de material nas zonas baixas ou, ao contrário, de maior erosão nas zonas altas. Veremos um pouco mais adiante o que se deve pensar de cada variável L e S.

2.2.4 - O fator uso e manejo do solo: C (chamado também fator de cobertura vegetal e técnicas culturais)

Na equação de WISCHMEIER (1960), o fator C é a razão entre a erosão medida sobre a *parcela-padrão usada para a determinação de K* (pouso mantido continuamente sem cobertura vegetal com aração morro abaixo) e a *parcela semelhante, mas cultivada*. O fator C deve portanto ser determinado experimentalmente. Ele se encarrega do efeito total da vegetação viva, dos restos culturais deixados no solo e do tipo e sistema de cultura. O fator C inclui, com efeito, as influências da planta cultivada e das práticas de manejo. O fator C muda em cada estágio de crescimento do vegetal e isso durante toda a estação das chuvas.

Cinco períodos de cultura usados para calcular os valores de C, num local dado, foram definidos por BERTONI et alii (1975):

- o preparo do solo
- o plantio
- o estabelecimento
- os crescimento e maturação
- o resíduo.

Esses mesmos períodos podem servir às zonas do Sertão e Agreste. Na zona da Mata, onde a duração da estação chuvosa permite duas culturas sucessivas, o número dos períodos pode crescer até 9 ou 10.

As intensidades das perdas do solo durante cada período podem ser justapostas com os valores estacionais do índice de erosão (ver figuras 2.2.1.4 e 2.2.1.5 e o fator R visto anteriormente). Os diferentes valores de C, no Brasil, serão examinados mais adiante.

2.2.5 - O fator prática conservacionista: P (ou também índice de conservação do solo e da água)

Esse fator é considerado, na equação de WISCHMEIER, como *uma variável independente das outras*, mas, de fato, ele não apenas é ligado a K, L e S, mas sobretudo *difficilmente é separado do fator precedente C*. Com efeito, é praticamente impossível separar o fator P do fator C uso e manejo, sendo já a maioria das práticas culturais e do manejo mais ou menos práticas conservacionistas.

O fator P é a razão das perdas de terra (ou de água) de um ter-

reno preparado com uma prática conservacionista e de outro terreno, análogo, preparado morro abaixo. Este último terreno pode ser a parcela-padrão que já serve de referência para a determinação de K e C, pois o preparo do solo pode ser o mesmo: aração com faixas retas em sentido de declive cada vez que for necessário.

As práticas conservacionistas mais comuns são, para BERTONI et alii (1975): preparo em contorno, plantio em faixas de contorno, terraceamento e alternância de capinas. Há muitas outras: plantio direto, aração mínima do solo ("minimum tillage"), faixas de vegetação permanente, uso de cobertura morta (restos de cultura em "mulch", enterradas, queimadas, palha, etc), sulcos e camalhões (com diferentes comprimentos, fechados ou abertos, com "mulch" ou não, etc). Mas é evidente que muitas dessas práticas podem entrar no fator C, como vimos acima.

2.3 - APLICAÇÃO, INTERESSE E LIMITES DA EQUAÇÃO DE WISCHMEIER

A equação de WISCHMEIER é, sem contestação, o modelo matemático mais usado no mundo para avaliar e prever as perdas na superfície do solo pela erosão hídrica. Ela tem um interesse prático evidente no domínio da conservação do solo, pois permite prognosticar, com bastante precisão, as perdas de terra com valores de declive, de manejo e cultivo diferentes.

Ela permite, também, isolar e medir cada fator separadamente, e assim controlar a erosão. Sua vocação e finalidade principal é orientar a escolha do manejo do solo e da água e da melhor técnica conservacionista. O interesse científico na determinação dos fatores R, K e C em cada meio ecológico, para maior conhecimento do clima, do solo, das plantas, é também evidente.

Uma aplicação muito útil da equação é a avaliação da tolerância de perdas do solo, isto é, qual é o maior nível de perdas de solo permissível com a conservação econômica e indefinida da produtividade. Essa avaliação autoriza um planejamento razoável e uma gestão refletida do uso da terra.

Todavia, essa equação tem limites. É WISCHMEIER (1976) quem diz: "Applying the equation to situation for which its factors values cannot be determined from existing data with acceptable accuracy is a misuse".

Estabelecida nos E.U. A., com o método das correlações, após milhares de medições estatísticas em parcelas, ela é perfeita nas condições da América do Norte. Mas deve ser usada com cuidado nos outros países.

No capítulo seguinte, vamos ver, fator por fator, detalhadamente, os limites e precauções para o melhor uso da equação.

Eis, no entanto, alguns limites da equação de WISCHMEIER:

- a) É uma equação de perdas de terra e não de erosão, porque só considera a erosão em lençol com pequenos sulcos, mas não, a erosão em sulcos numero-

sos, profundos e em voçorocas. Ela se encarrega da erosão devida ao impacto e salpicos das gotas, *mas não*, a erosão provocada pelo arrasto da lama do escoamento superficial, que pode ser muito importante no Brasil.

- b) Em consequência disto, a equação *não aborda o problema* do escoamento e não pode determinar a erosão em ravinas dominantes (zona de serras com fortes declividades), e mesmo, *a erosão linear (em sulcos) forte*, superior à erosão laminar (ver cap. 4).
- c) Ela se aplica sobretudo:
- aos cálculos de erosão *sobre parcela experimental* e não sobre terrenos de grandes dimensões e fortes declives (máximo de 150 m. de comprimento e 18% de declive);
 - aos solos com *argila caolinítica dominante* (os Vertissolos, por exemplo, foram pouco testados e reagem anormalmente (HEUSCH, 1971)). Dá-se o mesmo com *solos pedregosos*: Solos Brunos não Cálcidos por exemplo, cuja superfície de terra erosiva é tanto menor quanto maior é a quantidade de pedras;
 - *aos solos com afloramentos dos horizontes B ou C*, cujo comportamento não é semelhante a um solo com horizonte A. Com efeito, nesse caso a estabilidade estrutural está ligada aos óxidos e hidróxidos de ferro e não à *matéria orgânica* (ROTH et alii, 1974).
- d) Estabelecida com correlações estatísticas e grande número de chuvas, em mais de vinte anos, a equação não se aplica bem à determinação por uma chuva ou por chuvas isoladas. *Em zona semi-árida, com chuvas irregulares*, pouco numerosas, mas fortes, o uso da equação deve se fazer *com cuidado*.
- e) A equação deverá ser adaptada às condições locais, sobretudo no que concerne aos fatores R e C, muito variáveis segundo os lugares.

2.4 - EXAME CRÍTICO DOS FATORES DA EQUAÇÃO DE WISCHMEIER E PRECAUÇÕES DE USO

2.4.1 - O fator R

Todos os estudos indicam uma correlação estreita entre a erosão e a energia cinética da chuva (ELLISON, 1944; MIHARA, 1951; ROSE, 1960; WISCHMEIER e SMITH, 1960). A energia cinética depende ao mesmo tempo da massa das gotas e de sua velocidade de chegada ao solo. A massa das gotas e a velocidade de chegada *dependem da dimensão das gotas de chuva*. Então, a equação de WISCHMEIER e SMITH (1965) foi estabelecida nos E.U. nas grandes planícies do centro-sul do país, a partir das medidas do diâmetro das gotas de chuva de LAWS e PARSONS (1943).

Após o reagrupamento das determinações do diâmetro das gotas em

diferentes intensidades de chuvas em diversos países e trabalhos pessoais (VALENTIN, 1978; COLLINET e VALENTIN, 1979), constata-se que o diâmetro das gotas para mesmas intensidades (até 100 mm/h) é diferente segundo o lugar onde se encontra:

E.U.A e Alemanha > Rodésia > Trinidad > Abidjan > Japão
 ← zonas continentais → ← zonas litorâneas →

A energia cinética das gotas na equação de WISCHMEIER de acordo com as chuvas dos E.U.A. é então superior àquela encontrada em outras partes do mundo, e, em particular, pode-se dizer que as chuvas das regiões continentais têm energia cinética superior às chuvas das regiões litorâneas, porque os diâmetros das gotas são maiores.

Nenhuma medida do diâmetro das gotas de chuva e da energia cinética foi feita, até o presente, no continente sul-americano, particularmente neste imenso país que é o Brasil; é provável que não somente essas medidas serão diferentes no Norte, Centro e Sul do país, mas ainda, dentro de uma mesma região, o Nordeste, do litoral (Mata, Agreste) ao interior (Sertão), que têm climas muito diferentes.

Empregar o método de determinação do R de WISCHMEIER nas diferentes regiões do Brasil significa considerar que as chuvas do Brasil não somente são semelhantes àsquelas dos E.U.A., mas, ainda, são semelhantes entre si. Disto resulta sem dúvida um erro.

Deste modo, a velocidade das gotas que provêm das nuvens adquire muito rapidamente uma velocidade limite que é função de seu diâmetro e que representa o equilíbrio entre as forças de fricção do ar e o peso da gota. Esta velocidade, que é a velocidade de chegada ao solo, tem evidentemente uma ação sobre a erosão, e é então diferente com as mesmas intensidades segundo a região onde se encontra.

O fator R, sendo um dado essencial da equação de base de WISCHMEIER $E = R.K$ (caso da parcela-padrão onde $SL = C = P = 1$), uma vez que está em geral situado entre 100 e 1.000, K varia só de 0 a 1; dessa diferença resulta que um valor incorreto de R remete a uma estimação bastante inexata das perdas de terra E.

Um outro ponto litigioso e causa de erro é o do cálculo da energia cinética para intensidades de chuvas superiores a 76 mm/h. Com efeito, para certos autores (HUDSON, 1971; CARTER et alii, 1974) os diâmetros das gotas com intensidades superiores a 76 mm/h não aumentam mais, pois as gotas, então, se arrebentam em gotas pequenas e a energia cinética fica constante ($E_c \sim 28,8 \text{ t/m/ha-mm}$).

O fato dessa particularidade das chuvas ter sido encontrada na Rodésia (HUDSON, 1971) foi considerado por numerosos pesquisadores, inclusive no Brasil, como uma característica comprovada de todas as chuvas tropicais. De fato, a fig. 3.9 do livro de HUDSON (1973, p.57) mostra que em todas as outras regiões do mundo, mesmo tropicais (Índia, Trinidad...), o diâmetro das gotas continua a crescer após 100 mm/h.

À falta desses dados estabelecidos sob diferentes climas brasileiros, e para poder continuar a comparar os índices R brasileiros entre si e com os dos outros países, *é extremamente desejável* que o uso da tabela de CABEDA (1976) *seja mantido*.

Por outro lado, tendo as correlações que permitiram o estabelecimento da equação de WISCHMEIER sido feitas a partir destes dados cuja intensidade ultrapassa 76 mm/h, *é necessário continuar utilizá-los*, mesmo que o "Agriculture Handbook American" nº 537 (1978), adote a nova metodologia.

Da mesma maneira, devido ao fato de o método de cálculo do fator R ter sido estabelecido nas planícies dos E.U.A., *é impróprio o seu uso para chuvas orográficas* (ARNOLDUS, 1977), mesmo se se souber que as chuvas de altitude têm intensidades baixas. É o caso das zonas de altitude de "Brejo do Nordeste", analisadas mais adiante (cap. 3).

O cálculo de R, fator de erosividade da chuva, *só* leva em consideração o efeito do impacto e salpico das gotas e não leva em conta o poder erosivo do escoamento superficial da água e da lama, mesmo se for estabelecido (HUDSON, 1971) que a energia cinética do impacto seja maior do que a do "run-off" em condições de declive moderado.

Assim, *é fácil* verificar que o poder erosivo de uma chuva *não depende somente* da energia cinética das gotas, *mas, em larga medida*, do estado de umidade do solo no momento da chuva. O exemplo seguinte das perdas de terra sobre uma parcela de 100 m² e 12% de declividade, no campo experimental de Glória do Goitá (Agreste de Pernambuco), em 1978, coloca em evidência a importância da quantidade inicial da água do solo (tabela 2.4.1.1).

TABELA 2.4.1.1
Relações chuvas-erosão em Glória do Goitá (PE)

Exemplo	Mês	Dia	Chuva (mm)	Perda de terra (kg)
1	02	26	40,6	23,17
		27	72,9	95,14
2	03	14	13,3	1,14
		15	7,8	0,02
		16	7,5	0,01
3	04	08	20,8	6,37
		09	54,5	60,51
4	06	08	8,9	0,02
		12	5,7	0,01
		13	49,1	36,54
5	06	25	20,5	0,02
		27	13,8	0,01
	07	05	21,3	0,06
		07	27,8	202,99

Nos exemplos 1, 3 e 4 da tabela 2.4.1.1, após mais de 10 dias sem chuva, duas ou três chuvas sucessivas bastante abundantes provocaram uma erosão de média a fraca. No exemplo 2, três chuvas sucessivas um pouco abundantes ocasionaram perdas insignificantes. No exemplo 5, as três chuvas bastante abundantes (total de 55,6 mm elevado), seguidas de uma chuva bastante abundante (27,8 mm), provocaram perdas muito fortes. As intensidades das chuvas foram, em todos os casos, de fracas a médias. O exemplo 5 mostra que um solo *recebendo algumas chuvas sucessivas sem sofrer erosão* (0,02; 0,01; 0,06 kg/100 m²) pode bruscamente *perder uma quantidade importante de terra* (202 kg/100 m²) após uma última chuva não muito abundante. Então, não é a energia cinética das gotas das chuvas que, neste caso, provoca a perda em terra, mas o escoamento forte da água da última chuva provocado pela saturação em água do solo.

O emprego do fator R na equação de WISCHMEIER se justifica sobretudo se R representar a *média anual de vários anos*. O fator R na equação foi calculado sobre 22 anos. Mas, segundo WISCHMEIER (1976), *uma média em 10 anos* pode ser suficiente. Isso dependerá evidentemente da variabilidade interanual de R. Ora, veremos mais adiante que R está estreitamente correlacionado a P, pluviometria média anual, e que a variabilidade desta muda segundo as regiões onde se encontra.

Assim, a irregularidade do regime das chuvas do Nordeste brasileiro aumenta com o número de meses secos. O desvio pluviométrico médio anual em relação ao normal, bastante fraco na zona da Mata, litoral e nas zonas pré-amazônicas (Maranhão, Piauí), está situado entre 20 e 25%, aumenta na zona do Agreste para atingir 40-50% no Sertão central mais seco, representando esse último valor "um dos mais expressivos (desvios) do mundo" (NIMER, 1979).

A tabela 2.4.1.2 ilustra o acréscimo zonal desta irregularidade. As relações pluviometria (P_{mini}/P_{maxi})-erosividade (R_{mini}/R_{maxi}), respectivamente 4 e 17 no Sertão seco (Jaguaraci, BA), diminuem no Sertão mais úmido (Condeúba, BA) e passam a 2 e 3 nas zonas chuvosas do Ceará (Guaraciaba do Norte) e do litoral (Touros, RN).

Tabela 2.4.1.2

Irregularidades da pluviometria e do fator R de WISCHMEIER no Nordeste

Posto e número de anos	P max (mm)	P min (mm)	P.média (mm)	R max	R min	R.médio
JAGUARACI (6 anos)	517	131	372	280	16	209
CONDEÚBA (10 anos)	1162	495	748	682	183	447
GUARACIBA do Norte (9 anos)	1930	823	1342	1236	548	918
TOUROS (7 anos)	1874	790	1307	868	233	549

Essa irregularidade do regime de chuvas do Nordeste torna necessária a obtenção de um número *mais elevado de anos de medidas de R no interior* do Nordeste do que nas margens litorâneas e amazônicas (ver cap. 3).

2.4.2 - O fator K

O fator K, medido por WISCHMEIER sobre 23 dos principais solos dos E.U.A., a partir de parcelas experimentais, deixa praticamente de lado os *solos montmoriloníticos* (Vertissolos) e os *solos pedregosos* (WISCHMEIER e SMITH, 1965 e 1978). Foi graças às características desses 23 solos que a equação ligando os parâmetros de granulometria, teor de matéria orgânica, estrutura e permeabilidade pôde ser estabelecida.

Resulta, imediatamente, *que nada prova que essa expressão do fator K deduzida da equação de WISCHMEIER seja utilizável com segurança para os solos e as condições brasileiras*, nem que o emprego do nomógrafo seja possível. Seria necessário verificar isto. Alguns pesquisadores o fizeram em outras regiões tropicais e encontraram valores próximos (ROOSE, 1973).

Por outro lado, *na maior parte do Nordeste*, para solos pouco espessos, com montmorilonita dominante, com fase pedregosa freqüente, a equação de WISCHMEIER e o fator K provavelmente não poderão ser aplicados.

Para os solos com fragmentos grosseiros, ARNOLDUS (1977) preconiza reduzir os valores de K de 10 a 30% segundo o teor em pedras. Por razões práticas, recomendamos subdividir os valores já obtidos em solos brasileiros, e, para poder classificar estes solos segundo sua susceptibilidade erosiva, aconselhamos as categorias seguintes:

K < 0,1	susceptibilidade fraca a nula
0,1 < K < 0,3	susceptibilidade fraca a média
0,3 < K < 0,5	susceptibilidade média a forte
0,5 < K	susceptibilidade forte

Com efeito, em consideração a erros associados ao uso da equação fora de sua área de estudo, da estimação dos outros fatores e em particular de R e de sua variabilidade ligada ao clima (ver parágrafo precedente) e da própria variabilidade das medidas de K que vamos ver agora, a avaliação de K com aproximação de uma decimal e sua classificação nas categorias precedentes é o suficiente no primeiro estágio de prognóstico do risco de erosão.

Os valores de K medidos sobre parcelas experimentais *varia muito*:

- Ao longo do ano, em função de diferentes valores de E e R (equação de base $K = \frac{E}{R}$, sobretudo quando as seqüências chuvosas são irregu-

lares, como no Nordeste. Assim, no Brasil, sobre um Latossolo Vermelho Escuro, em Passo Fundo (RS), sob chuvas naturais, WUNCHE e DENARDIN (1978) acharam um K que varia de 0,00 a 0,93, isto é, do valor mínimo ao valor máximo possível, em um ano. Da mesma maneira, sobre um Latossolo da Costa do Marfim, durante um ano, K variou de 0,06 a 0,15 (ROOSE, 1973).

- *Ao longo do tempo e segundo os tratamentos.* Em 11 anos, um solo africano passa de um valor médio de K de 0,06 a 0,10 sob uma pluviometria média de 1.600 mm/ano (ROOSE, 1973). Numerosos autores mostraram que *K aumenta* quando o número de anos de trabalho do solo aumenta, isto é, *quando se afasta da época do desmatamento*. Isto é fácil compreender. Com efeito, a desagregação da estrutura que é responsável pela erosão e que depende da estabilidade estrutural diminui muito após o desmatamento e o cultivo, pois o teor de areia aumenta pelo empobrecimento da argila em superfície, o teor de carbono decresce e sobretudo a permeabilidade diminui muito. Essa redução da permeabilidade do solo cultivado pela diminuição da densidade é bem conhecida. No Brasil, MACHADO J.A., 1976; MACHADO e BRUM, 1978; SILVA I. de F. da, 1980; ANDRADE A.P. de et alii, 1980 colocaram isto em evidência. Este aumento da susceptibilidade à erosão permite explicar a constatação alarmista de PRIMAVESI (1980, p. 240), após observação em 15 anos, sob um mesmo clima, com a mesma cultura de algodão, em Campinas (SP), de que as perdas de terra e de água aumentaram progressivamente de maneira espetacular (medidas de LOMBARDI e PESTANA, 1972). Os exemplos precedentes mostram que é necessário, para poder comparar validamente as medidas de K, esperar alguns anos de trabalho do solo *para que este fator se estabilize*.

- *Em função do solo*, pois os solos de uma mesma unidade de classificação permitem apresentar um fator K bem diferente. Com efeito, os critérios de classificação *não são os mesmos* que os que regem a susceptibilidade à erosão: estabilidade estrutural, isto é, granulometria, teor de matéria orgânica, permeabilidade, etc. Também *não se pode atribuir* a cada classe de solo o mesmo fator K, e as tentativas de fazer a cartografia do fator K a partir do mapa pedológico à razão de uma ou duas determinações de K (com o nomógrafo), por classe de solo, só podem levar a um fracasso.

Da mesma maneira, "os valores de K obtidos com simulador de chuva demonstram a necessidade da realização de um maior número de testes com o simulador de chuvas e um estudo mais aprofundado das condições de solo e da chuva natural" (WUNCHE e DENARDIN, 1978).

Os testes de determinação do K com o simulador da chuva se deparam com várias dificuldades:

- . *o comprimento da parcela de 11 m em vez de 22,1 m, para aquela de WISCHMEIER, sobretudo quando se sabe a importância e a dificuldade de avaliar o fator corretivo sobre o comprimento (ver parágrafo seguinte);*

. as intensidades e os períodos de chuva utilizados para os testes segundo as recomendações do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (1975) inadequados para certos climas brasileiros (ver cap. 5);

. a dificuldade e mesmo a impossibilidade, por ocasião da instalação da parcela do simulador de chuva, de achar um terreno natural totalmente livre de sua vegetação. Na maior parte do tempo a parcela é somente limpa e às vezes rapidamente arada. Para que possam ser comparadas com as medidas de K em parcelas-padrões sob chuvas naturais, as parcelas sob chuvas simuladas deverão ser preparadas no sentido do declive e mantidas a descoberto um tempo suficiente para que K seja estabilizado e comparável.

2.4.3 - Os fatores L e S

2.4.3.1 - O fator L

Se todos concordam que a erosão aumenta com o comprimento da rampa, *não há, entretanto, unanimidade* em relação ao expoente da equação exponencial deste crescimento.

Para ZINGG (1940), $E = C.L^n$ [14], com $n = 0,6$ onde E = perda em solo, C = constante, L = comprimento. Para HUDSON (1971), nas condições de clima tropical, n deve ser mais elevado e perto de 2,0. WISCHMEIER et alii (1958) encontraram que n varia de 0,1 a 0,9 segundo a estação e o estado da superfície do solo. A Universidade de Perdue (EUA), após um estudo especial, fixou $n = 0,5$ em 1956.

No Sul do Brasil, os trabalhos de BERTONI (1959) permitiram encontrar, em diversos anos e em vários tipos de solo, a equação seguinte:

$$E = 0,166 \times L^{1,63} \quad [15] \quad \text{onde } E = \text{perda em terra e} \\ L = \text{comprimento.}$$

Por outro lado, DENARDIN et alii (1978) encontraram para um Latossolo Vermelho Escuro:

$E = 0,659 \times L^{1,719}$ [16], equação tirada de uma curva de três pontos (valores para 11,22 e 33 m). No Nordeste do Brasil, MARGOLIS e MELLO NETO, A.V. de (1977), no Agreste de Pernambuco, após medidas efetuadas durante 5 anos, chegaram a resultados interessantes, mas muito contraditórios, pois as perdas em terra não são proporcionais ao comprimento do declive.

No que diz respeito às perdas em água, os resultados

são igualmente contraditórios. Enquanto o escoamento é função do comprimento, DENARDIN et alii (1978) encontraram um escoamento constante para comprimentos diferentes e MARGOLIS e MELLO NETO, A.V. de (1977) constataram que o escoamento cresce quando comprimento passa de 50 para 25 e depois 100 m.

2.4.3.2 - O fator S

Todos os principais autores determinaram que a perda em terra aumenta com a declividade. Primeiramente, os americanos BORST e WOODBURN (1940) in ROOSE (1977) desenvolveram uma equação exponencial da forma $E = C \cdot D^{1,4}$, onde E = perda de terra, C = constante e D = declividade. HUDSON e JACKSON (1959) acharam na África um expoente mais forte situado entre 1,63 e 2, de acordo com os solos e as culturas. HUDSON (1973) preconiza este expoente igual a 2,0. Para LAL (1975), na Nigéria, sobre Latossolos (Alfisols) o expoente tem um valor de 1,2. SMITH e WISCHMEIER (1957), após medidas realizadas em 12 anos com várias declividades, estabeleceram uma equação do segundo grau:

$$E = \frac{1}{100} (0,76 + 0,53 S + 0,076 S^2) \quad [17], \text{ onde } E =$$

perda em terra (t/ha) e S = declividade em %. ROOSE (1973), na África úmida e sobre Latossolos, descobriu que as perdas em terra e as formas de erosão mudam abaixo e acima de uma declividade de 7%.

No Brasil, BERTONI (1959) descobriu uma equação exponencial de forma $E = 0,145 D^{1,18}$ [18], onde E = perda em terra em kg/unidade de comprimento e D = declividade em %.

No que diz respeito ao escoamento, este cresce e depois se estabiliza ao mesmo tempo que a declividade aumenta.

2.4.3.3 - Os fatores L e S associados

WISCHMEIER e SMITH (1960) propuseram um gráfico ligando L e S (fig. 2.4.3.3.1) segundo a equação

$$LS = \frac{L}{100} \times (0,76 + 0,53 S + 0,076 S^2) \quad [19],$$

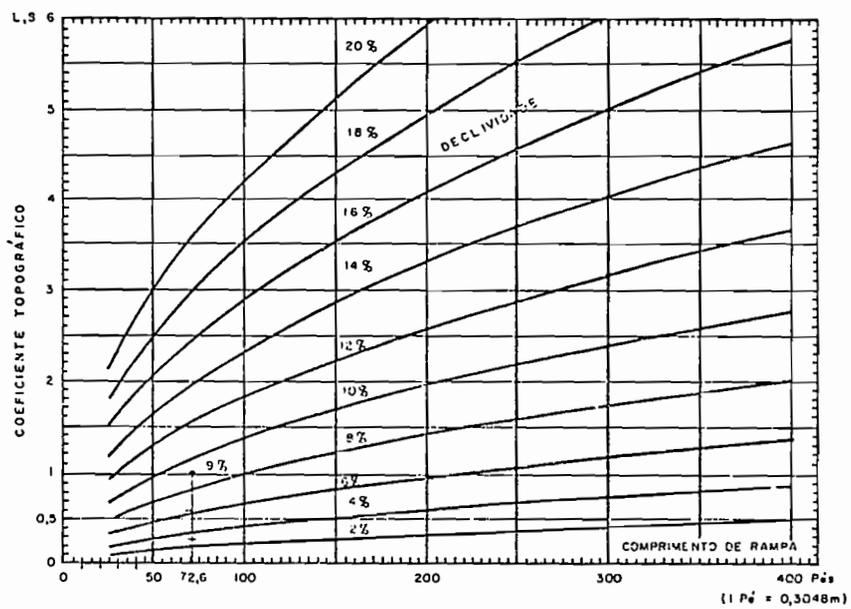
obtida a partir dos dados situados entre 3 e 18% de declividade e 30 e 300 pés de comprimento (~ 9 e 91 m). Acima de 20% e 150 m, existem outras fórmulas, mas elas não foram suficientemente testadas para assegurar a confiabilidade da predição (ARNOLDUS, 1977).

Para HUDSON (1973), a equação ligando L e S é da forma exponencial

$$S^{1,5} \times L^{0,5} \quad [20]$$

Como se pode ver pelo que precede, pelo número de fórmulas diferentes e resultados variados, e mesmo contraditórios, obtidos,

Fig. 2.4.3.3.1.- ÁBACO DA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE TOPOGRÁFICO L.S
 Segundo: WISCHMEIER e SMITH (1958)



o fator *L.S.*, dito fator topográfico, é um dos fatores fracos da equação de WISCHMEIER (ROOSE, 1973). O fator *L* parece o menos certo dos dois. Também, quando da escolha das parcelas experimentais, é melhor escolher "uma declividade típica para cada tipo de solo, mas conservar um comprimento da rampa uniforme de 22,1 m, para evitar as incertezas concernentes à influência do comprimento do declive em relação à erosão" (ROOSE, 1977).

Com efeito, é às vezes impossível encontrar na natureza a declividade de 9% da parcela-padrão, como por exemplo, para os Vertissolos e Solonetz, que são mais planos, porém será sempre possível adotar um comprimento de 22,1 m.

2.4.4 - Os fatores C e P

Na equação de WISCHMEIER, esses fatores aparecem como variáveis independentes das outras e, em particular, do solo. Na realidade, eles dependem das características do solo, e assim as manifestações de dois solos, um arenoso e outro argiloso, nas mesmas condições, não serão parecidas. As medidas dos fatores C e P obtidas experimentalmente não trazem problemas maiores. No estabelecimento da equação de WISCHMEIER, os fatores C e P foram determinados sobre parcelas experimentais, comparadas à parcela-padrão. Com efeito, no caso da parcela-padrão, e só neste caso, $C = P = 1$.

Todavia, outras dimensões de parcela podem ser tomadas; o essencial é que a parcela do experimento e a parcela-padrão sejam idênticas. No Sul do Brasil, numerosas determinações de C e P foram feitas a partir de parcelas-padrão de 25 m de comprimento (BERTONI et alii, 1975).

Entretanto, é preferível, na medida do possível determinar o fator P em parcelas de grande dimensões (iguais e superiores a 1 ha), de modo a obter resultados mais próximos daqueles de terrenos cultivados. Com efeito, a medida do coeficiente P das práticas conservacionistas sobre parcelas de 100 m² é dificilmente extrapolável por aquelas das mesmas práticas sobre terrenos realmente cultivados de maiores dimensões.

Assim, por exemplo, os experimentos em sulcos e camalhões em contorno e morro abaixo sobre pequenas parcelas podem conduzir a resultados contrários a todos os princípios conhecidos de conservação (MARGOLIS e MELLO NETO A.V. de, 1977), resultados devidos sem dúvida ao efeito das margens dessas pequenas parcelas (canalização das águas, ruptura dos camalhões, transbordamento do escoamento, etc.). Se por razões práticas ou da infra-estrutura existente, as parcelas experimentais têm dimensões médias (1.000 m² ou mais), haverá todo interesse em comparar as parcelas experimentais dos fatores C e P com a parcela testemunha, que será a parcela-padrão. Neste caso, com efeito, se o preparo da cultura se faz no sentido do declive, P será igual a 1. O preparo da parcela-padrão para a determinação de K não é sensivelmente o mesmo necessário à determinação de C e P. Para WISCHMEIER e SMITH (1978), a deter-

minação de K requer uma parcela ("unit-plot") "in continuous fallow, tilled up and down the slope... tilled as needed to prevent vegetative growth and severe surface crusting", e a medida de P uma parcela "with up-and-down-slope culture".

A escolha de uma mesma parcela-padrão preparada da mesma maneira *permitiria uma normalização de condições de experimentação*, e, então, a obtenção de resultados mais facilmente comparáveis e uma simplificação do número de parcelas e de seu trabalho e manutenção.

Numa região como o Nordeste, a cultura morro abaixo é o principal tipo de preparo do solo, senão o único, fora das zonas canavieiras da Mata. O preparo morro abaixo de parcela-padrão parece então *totalmente apropriado*: ele satisfaz às condições de WISCHMEIER, permite uma perda de terra máxima, pela determinação de K, e uma avaliação de P em condições ótimas ($P = 1$).

Tabelas de valores do fator C existem nos E.U.A., para as diferentes culturas (Agriculture Handbook American nº 282 e 537). Para as outras regiões do globo e no Brasil, onde essas tabelas de valores não existem, seria mais fácil, como preconizou ARNOLDUS (1977), fazer corresponder a relação de perdas em terra com a quantidade de matéria orgânica seca por unidade de superfície ou com a porcentagem da cobertura vegetal do solo.

2.5 - CONCLUSÕES

A equação de perdas do solo de WISCHMEIER, amplamente utilizada no Brasil, *tem limites e restrições de uso*, mas é a única equação de previsão de erosão que abrange quase todos os fatores responsáveis.

Estabelecida e válida nos E.U.A., ela não poderá ser considerada universal a não ser quando todos os fatores forem testados nas diferentes partes do mundo, notadamente nas zonas tropicais e em particular para os vários climas e solos brasileiros.

O fator R erosividade das chuvas requer um mínimo de 10 anos de dados para ser representativo. Ele varia segundo os lugares, o tamanho das gotas de chuva e o par intensidade-duração média das chuvas. Ele deve ser testado para os grandes tipos de clima brasileiros e, em particular, no que diz respeito ao Nordeste, nas zonas da Mata, Agreste, Sertão, "Brejo" e zonas pré-amazônicas.

O fator K erodibilidade do solo varia com o tempo e aumenta com o número de anos de cultivo, quando o solo se empobrece. São necessários vários anos para o solo se estabilizar.

O fator topográfico L.S é o ponto fraco da equação, sobretudo no que diz respeito a L. A determinação de L e S para as condições e os solos do Nordeste exigiria vários anos.

O fator C uso e manejo do solo e P práticas conservacionistas são os mais úteis aos agricultores. Sua avaliação, que necessita os experimentos de C em todas as principais plantas cultivadas no Nordeste e para cada estágio de seu crescimento e a pesquisa das mais eficazes práticas conservacionistas, somente se poderia fazer após vários anos de medidas e ensaios.

Resumindo, a determinação dos fatores WISCHMEIER, que é um trabalho de longa duração (10 anos em média), requer um pessoal numeroso e qualificado e verbas consideráveis. Pode-se ter uma idéia estimando o número de parcelas a implantar, sabendo-se que é necessário testar 10 grandes grupos de solos, duas dezenas das plantas mais cultivadas e 10 tipos de preparo do solo e práticas culturais, tudo isto para as 5 zonas climáticas principais do Nordeste, com as repetições de medidas impostas pelo rigor científico.

Este esforço muito importante só foi feito até o presente por um único país no mundo, os E.U.A.

O Nordeste deve se aplicar a um esforço semelhante? Tem os meios? Pode esperar durante todo o tempo necessário para a realização dos estudos, das medidas e dos experimentos, enquanto a superfície cultivada cresce sem cessar e com ela o perigo da erosão?

Tentaremos responder em parte a estas perguntas importantes, vendo, logo no capítulo seguinte, quais são os pontos positivos já obtidos no Nordeste e o balanço dos trabalhos realizados.

3 - BALANÇO DOS ESTUDOS DE CONSERVAÇÃO DOS SOLOS NO NORDESTE

No cap. 1, fizemos a lista dos estudos de erosão realizados graças aos convênios da SUDENE, desde 1976 (quadro 1.3.1) e assinalamos que existiam outros estudos antes desta data. Tentaremos agora fazer o balanço desses estudos.

3.1 - RESULTADOS JÁ OBTIDOS

Para maior facilidade, veremos estes resultados seguindo a ordem dos fatores de WISCHMEIER.

3.1.1 - O fator R

3.1.1.1 - O convênio SUDENE/C.C.A. de Areia

Os principais cálculos relativos à determinação do fator R da erosividade das chuvas no Nordeste se devem à iniciativa do C. C.A. de Areia, através do seu Convênio com a SUDENE (quadro 1.3.1). No início, foi previsto preparar 25 postos pluviográficos cada ano, ou seja, 100 postos em 4 anos. O primeiro subprojeto do Convênio tinha por objetivo a determinação da erosividade das chuvas da Paraíba. A partir dos pluviogramas disponíveis na divisão de Meteorologia da SUDENE, 10 postos (Guarabira, Areia, Barra de Santa Rosa, São Vicente de Seridó, Taperoá, Teixeira, Itaporanga, Bonito da Santa-Fé, Antenor Navarro e Catolé do Rocha) foram tratados (CHAVES, I. da B. e DINIZ, E.J., 1980a). Todos os exames dos pluviogramas e cálculos de R foram feitos a mão. Foi um trabalho muito longo e cansativo, mas, graças à ajuda dos técnicos da Missão Francesa da Divisão de Hidrometeorologia da SUDENE e às informações do Banco de Dados Hidroclimatológicos, foi elaborado um programa de computação para o cálculo do fator R de WISCHMEIER (GUSMÃO A. et alii, SUDENE, 1979). O trabalho de exame dos diagramas com o leitor de curva e da gravação dos dados nas fitas foi realizado com a ajuda do pessoal do Convênio SUDENE/C.C.A. de Areia (Coordenador I. de B. CHAVES).

No fim de 1980, isto é, após três anos de Convênio, o número de postos pluviográficos tratados era 27, com a seguinte distribuição:

Maranhão (1 posto)	: - Alto Parnaíba
Piauí (3 postos)	: - Oeiras - Itaaueiras - Urucuí
Ceará (4 postos)	: - Várzea Alegre - Itapebuçu - Antonina do Norte - Ipaumerim
Rio Grande do Norte (3 postos)	: - São Miguel - Lages - Açu
Paraíba (8 postos)	: - Taperoá - Barra de Santa Rosa - São Vicente do Seridó - Patos - Bonito de Santa Fé - Itaporanga - Catolé do Rocha - Antenor Navarro
Pernambuco (6 postos)	: - Glória do Goitá - Petrolina - Cabrobó - Floresta - Araripina - São Caetano
Bahia (2 postos)	: - Uauá - Carinhanha

Esta repartição por Estado, semelhante à dos trabalhos dos convênios no Nordeste (cap. 1, quadro 1.3.1) favorece os dois Estados orientais, Paraíba e Pernambuco, mas deixa de lado os grandes Estados, como Maranhão, Piauí e Bahia.

Outros postos foram tratados ou estão em via de tratamento. Ainda outros, como os das bacias representativas da Divisão de Hidrometeorologia da SUDENE, são disponíveis. Trata-se dos postos a seguir discriminados:

Quadro 3.1.1.1.1
Postos climáticos do Nordeste tratados ou em
via de tratamento

Posto	Tratado	Em via de tratamento	
		Em processamento	Em elaboração
PIAUÍ		Campo Maior S.R. Nonato Castelo do Piauí	
MARANHÃO			S.R. Amagabeira
CEARÁ	Guaraciaba do Norte Tauá	Granja Mr. Tabo- sa Ibicuã	Jati Lima Campos Itatira
RIO GRANDE DO NORTE	Pau dos Ferros Touros	Santa Cruz	S.J. do Sabuji Canguaretama
PARAÍBA	B.V. de Sumé		
PERNAMBUCO	Ouricuri Poço da Cruz Águas Belas Belo Jardim B.V. do Riacho do Navio B.V. Escada	Catende Vertentes Jutaí	
BAHIA	Condeúba Piatã Jaguaraci Ibipeba	Mitante Santana Boa Nova Itapetinga	Riacho de Santa- na Pindaí Jupaguá

Estes postos corrigem um pouco a má repartição precedente, notadamente para o Estado da Bahia. Enfim, são pouco mais de 40 postos que estão prontos atualmente e cerca de 20 que estão sendo elaborados.

Todos os postos precedentes apresentam dados para um período que *varia entre 5 e 13 anos*. Vários outros não possuem dados senão para 1 ou 2 anos, particularmente os postos do litoral (ver fig.3.1.1.3.4).

Sabendo-se do trabalho considerável que representa a coleta dos dados anuais para um posto pluviográfico (funcionamento e observação do pluviôgrafo, levantamento dos pluviogramas, exame do leitor de curva, computação, gravação, varificação e saída de computador na forma de R de WISCHMEIER), estes dados representam um *investimento muito importante para o serviço da conservação de solos no Nordeste*.

Ainda é necessário fazer frutificar esse investimento e torná-lo utilizável, pois, para o agricultor, e mesmo para o planejador e o agrônomo, uma média de 10 anos de fator R de WISCHMEIER de um posto, apesar das milhares de horas de trabalho que esta média demandou, *não representa senão um número abstrato* e o resultado de trabalhos dispendiosos,

sofisticados, acadêmicos e, portanto, criticáveis.

Veremos mais abaixo como resolvemos utilizar essa soma de dados e concretizar o uso desses valores de R. Dois artigos foram publicados graças aos dados precedentes. Estes artigos dizem respeito à erosão das chuvas no Estado da Paraíba e seu zoneamento climático de Köppen e à probabilidade de ocorrência de chuvas críticas no Estado da Paraíba (CHAVES, I. de B. e DINIZ, E.J., 1980a e 1980b).

3.1.1.2 - Os outros convênios nacionais

Além do trabalho precedente do Convênio SUDENE-DRN/C. A. de Areia, os dois Convênios do Ceará (ver quadro 1.3.1) têm um subprojeto tratando da determinação do fator R, em Quixadá (algumas chuvas foram examinadas e o R sazonal calculado graças a um método utilizando uma minicalculadora, SILVA, J.R.C. et alii, 1980a), e em três locais da chapada de Ibiapaba (Tianguá, Ubajara, Guaraciaba do Norte). Somente um cálculo de R anual está feito (SILVA, J.R.C. et alii, 1980b). Alguns valores de R em vários anos foram fornecidos pelo I.P.A. nos campos experimentais de Pernambuco (I.P.A., 1978, Relatório Anual).

3.1.1.3 - Nossos trabalhos sobre a erosividade das chuvas do Nordeste (Convênio SUDENE/DRN/ORSTOM) (ver cap. 1)

3.1.1.3.1 - Metodologia e objetivos

Vimos acima que cerca de 40 postos do Nordeste foram preparados com duração de 5 a 13 anos, dos quais vários com duração superior a 10 anos, e seus dados pluviográficos gravados. Infelizmente, para grande número desses postos, os dados de vários anos *estão incompletos*. Isto se deve a diversas razões: ausência e abandono do responsável pelos levantamentos dos pluviógrafos, defeitos mecânicos, fechamento momentâneo do posto... Conclui-se que, quando os dados são incompletos, o *total anual não pode servir para os cálculos*, e o ano está perdido. Com efeito, além dos desvios "naturais" devidos aos dados incompletos, o valor anual pode não significar muito. Alguns postos são, portanto, inúteis, porque não possuem nenhum, ou possuem apenas um ano completo, tendo os outros anos totalizado, cada um, dezenas de dias sem dados.

Lamentavelmente, apesar dessas carências, alguns desses postos foram utilizados para fazer os cálculos e médias de R, e os resultados foram publicados.

Eis o motivo de ter sido uma meta imposta por nosso Convênio, desde o início de nossa chegada ao Recife,

o desenvolvimento dos estudos sobre o fator R, fazendo um inventário dos postos corretos e dos anos completos destes postos, antes de efetuar as médias de R e de utilizar essas médias. O número de anos incompletos nos parece importante. Assim, o posto de Antenor Navarro (PB), em que o número de anos de dados é 13, possui, na realidade, 11 anos incompletos e, deste modo, não são utilizados no cálculo da média R no programa estabelecido pela Missão Francesa e a Divisão de Hidrometeorologia da SUDENE (Banco de Dados Hidroclimatológicos, A. GUSMÃO et alii, 1979), se bem que para este posto a média seja tomada da média de apenas 2 anos, o que não significa muito.

Outro exemplo, pior ainda, é o do posto de Açú (RN), cujo número de anos é 8, mas, destes, só um ano é completo; a média, neste caso, é então somente o valor deste ano (1970, R = 194,1), que, infelizmente, é o mais seco.

Ainda bem que alguns anos são estão incompletos em alguns dias. É possível saber quais são as alturas de água caída e o tipo de precipitação, pois, para cada pluviôgrafo da rede da SUDENE, e a alguns metros do mesmo, está instalado um pluviômetro.

Apresentam-se os seguintes casos:

- a) Durante o período não registrado pelo pluviôgrafo, não há chuva. É o caso mais simples, porém o mais raro. O total e a média anuais são bons e utilizáveis.
- b) Durante alguns dias sem registro, há chuva, mas o total desta chuva é inferior a 10 mm. Pode-se considerar este ano como válido, pois os casos de chuvas inferiores a 10 mm, com intensidades fortes, isto é, capazes de erodir, são bastante raros.
- c) Mesmo caso, mas a chuva é superior a 10 mm e o observador do posto anotou uma intensidade fraca. Então, pode-se ainda considerar o ano como bom.
- d) A chuva não é superior a 10 mm e é forte. Pode-se deixar passar uma ou duas chuvas inferiores a 20 mm, porém não mais. Nos casos 2 e 3, se o período não registrado ultrapassa 10 dias de chuvas, mesmo que a intensidade delas, estimado pelo observador, seja fraca, o ano deve ser abandonado.

Desta maneira, *vários anos deveriam ser recuperados*. Assim, para o posto de Antenor Navarro (PB), anteriormente citado, o número de anos úteis pôde passar de 2 a 6. Do mesmo modo, para o posto de Itaporanga (PB), onde o número de anos úteis passa para 13. Alguns postos estão, ao contrário, abandonados, porque o número de anos certos é fraco ou nulo. É o caso, por exemplo, do posto de Teixeira (PB), infelizmente, do posto

do Alto Parnaíba (MA), um dos raros deste Estado, e igualmente do posto de Açú (RN).

Após a recuperação de todos os anos possíveis, o cálculo do número médio dos anos utilizáveis dos postos do Sertão - os mais numerosos (mais de 3/4 dos postos) - é totalmente satisfatório e igual a 8.

Para poder comparar e tentar correlacionar os dados da pluviometria, facilmente disponíveis, com os do fator R da erosividade das chuvas, mais difíceis e demorados para calcular, foi preciso fazer o levantamento e corrigir os anos incompletos de pluviometria, da mesma maneira e no mesmo tempo em que foi feita aquela operação para a pluviografia.

Com efeito, para poder fazer uma comparação válida estatisticamente dos totais e médias anuais de R com os da pluviometria, é necessário que estes dados sejam comparáveis, isto é, correspondam entre si: dados emitidos de um pluviômetro e de um pluviômetro implantados no mesmo lugar e somente distantes de alguns metros, mesmos anos completos, etc.

Assim, quando várias chuvas inferiores a 10 mm, ou superiores a 10 mm, mas com intensidade fraca e então supostamente não erosivas, permitirem completar um ano pluviográfico, não se deve esquecer de somar estas alturas de chuva ao total da pluviometria para que R e P pluviometria anual média possam ser comparados.

3.1.1.3.2 - Estudos e resultados

(a) Correlação entre R e PI_{30} de cada chuva unitária

Este estudo, já preconizado por DELWAULLE (1976) para o Nordeste brasileiro, foi feito a fim de *tentar determinar uma equação que dá diretamente R em função do produto da altura da chuva P pela intensidade máxima em 30 minutos (I_{30}) ao nível de cada chuva*. Essa equação permitiria obter R *muito rapidamente*, pois como vimos no cap. 2, os cálculos são demorados e cansativos.

Para a pesquisa das correlações na zona do Sertão, cuja superfície é a maior do Nordeste e os dados são mais numerosos, foram testados quatro postos muito afastados entre si. A pluviometria média anual cresce de 500 mm para o primeiro e cerca de 1.000 mm para o último:

Petrolina (PE)
Carinhanha (BA)

Ipaumirim (CE)
Urucuí (PI)

- PETROLINA: número de chuvas superior a 10 mm para o cálculo = 122 (período de 1970 a 1977). O cálculo estatístico dos pares de variáveis R e PI_{30} (ajustamento linear) evidencia uma correlação altamente significativa entre o índice de erosividade das chuvas R de WISCHMEIER e o produto de P altura da chuva em milímetro por I_{30} , intensidade máxima em 30 minutos dessa chuva. A equação de regressão da fórmula $y = ax + b$ obtida é a seguinte:

$$R = 0,0258 P \times I_{30} - 0,99 \text{ com um coeficiente de correlação } r \text{ excelente de } 0,99.$$

- CARINHANHA: número de chuvas = 68 (anos 1970-71-72);

$$R = 0,0252 P \times I_{30} - 1,08, \text{ correlação altamente significativa com } r = 0,99.$$

- IPAUMIRIM: número de chuvas = 44 (anos 1970-71);

$$R = 0,0253 P \times I_{30} - 1,38, \text{ correlação altamente significativa com } r = 0,99.$$

- URUCUÍ: número de chuvas = 283 (período de 10 anos, 1967-1977); correlação altamente significativa, pois $r = 0,66$, o que, com o número de dados de 283, é bem inferior ao nível de 1%.

$$R = 0,0249 P \times I_{30} - 0,75$$

Existe, portanto, uma correlação estreita entre o índice de erosividade de uma chuva do Sertão e o produto $P \times I_{30}$. A regressão linear desta correlação pode-se escrever:

$$R = 0,0253 P \times I_{30} - 1,0 \quad [21]$$

fazendo-se a média dos termos das quatro equações precedentes.

Para testar esta equação, campamos os valores de R obtidos com ajuda desta equação [21] com os calculados pelo método de WISCHMEIER. Vários postos foram testados. Os resultados variam de $\pm 5\%$ e provam a validade da equação encontrada.

Por exemplo, para o ano de 1970 do posto de Ipaumirim, encontram-se os valores a seguir:

Tabela 3.1.1.3.3
 Comparação dos R calculados em [21]
 e dos R de WISCHMEIER

Mês	R mensal calculado (1)	R WISCHMEIER
Janeiro	45,8	40,2
Fevereiro	162,5	165,5
Março	105,8	103,2
Abril	32,0	29,1
Junho	28,0	28,6
TOTAL	374,1	366,6

(1) Soma dos R de cada chuva calculada, com a equação [21]

Esta equação pode ajudar a *ganhar um tempo considerável* no exame de diagramas e do cálculo de R, que são muito demorados (ver cap.2).

Para calcular R graças à equação [21], basta pesquisar o valor de I_{30} max., que é bastante fácil de determinar sobre os pluviogramas, pois ele corresponde à porção mais declivosa do registro (ver fig. 2.2.1.2).

As equações muito próximas dos quatro postos precedentes, situados em quatro pontos opostos do Sertão, revelam - e isto é importante - *que as chuvas desta zona climática têm as mesmas características, são do mesmo tipo e podem, portanto, ser comparadas, bem como os seus efeitos erosivos, em particular.*

Alguns autores já pesquisaram as mesmas correlações em Alto-Volta e no Niger (GALLABERT e MILLOGO, 1972; PIOT, 1974; DELWAULE, 1973), isto é, na África Ocidental seca, cujas características climáticas apresentam muitas semelhanças com as do Nordeste seco.

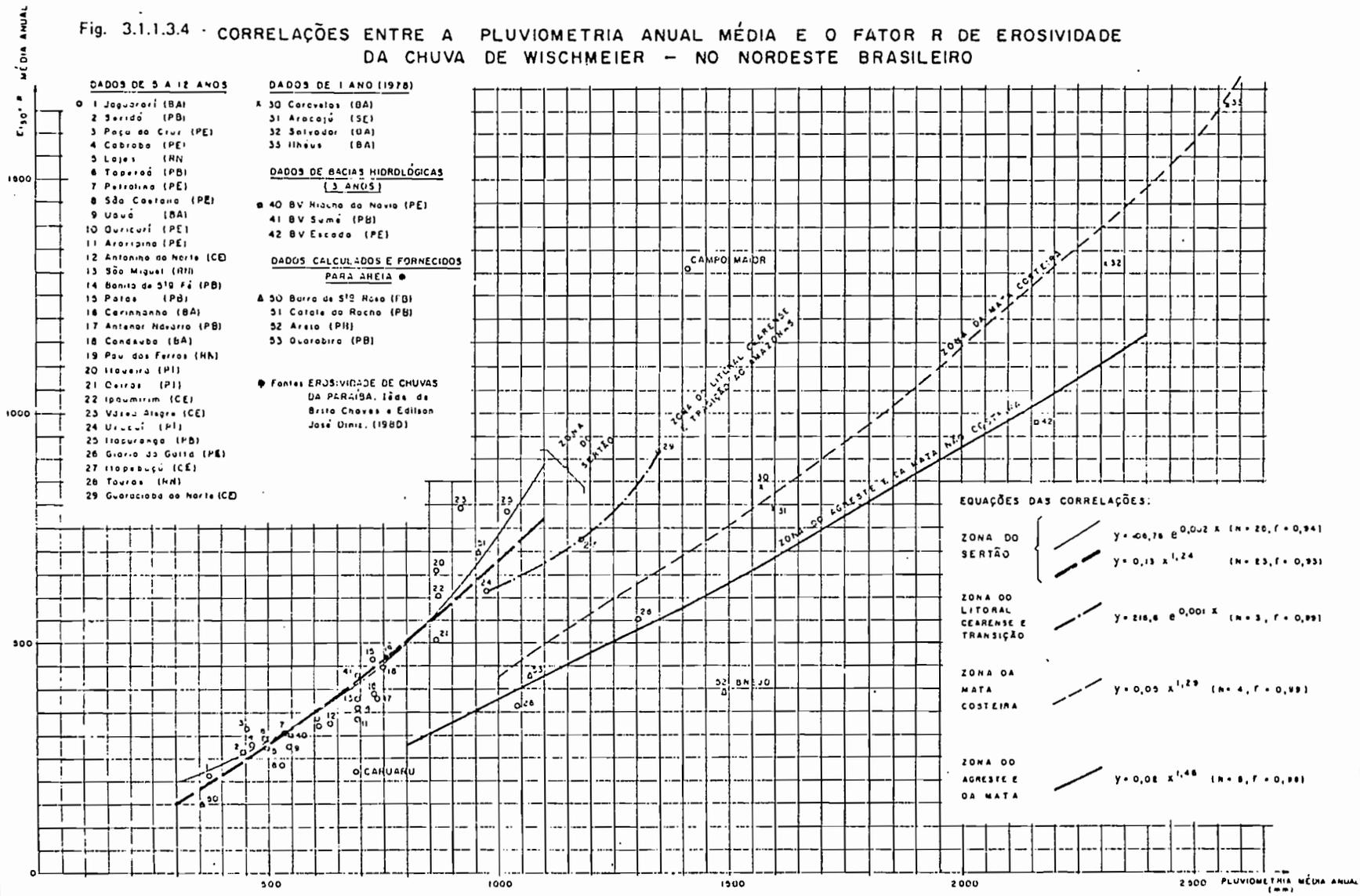
A equação encontrada na África é a seguinte:

$$R = 0,01572 P \times I_{30} - 1,179 \quad [22]$$

com $R = E_i$, onde $E = t-m/km^2/mm$ e $I = mm/h$.

Após o estabelecimento destas equações nas mesmas unidades, descobre-se, com surpresa, que elas são *muito próximas*, o que pode significar que as chuvas destas zonas secas da África são *do mesmo tipo das do Sertão*.

Fig. 3.1.1.3.4 - CORRELAÇÕES ENTRE A PLUVIOMETRIA ANUAL MÉDIA E O FATOR R DE EROSIVIDADE DA CHUVA DE WISCHMEIER - NO NORDESTE BRASILEIRO



Uma tentativa de pesquisa de correlação semelhante para as zonas do Agreste e da Mata deu uma equação do mesmo tipo, $R = a P.I_{30} + b$, mas com coeficientes a mais fracos e b diferentes. Cálculos complementares vão ser feitos, nas o número muito pouco elevado de postos e de anos destas zonas, vai limitar o valor das equações encontradas.

(b) Correlações entre R e P médias anuais

Parece interessante tentar ligar os fatores R anuais de WISCHMEIER a um fator mais facilmente disponível, e o único parece ser a pluviometria total anual. No item 3.1.1.3.1 Metodologia e objetivos, deste capítulo, foi explicado como os dados foram calculados e ajustados.

- Os postos do Sertão

As médias anuais do fator R de WISCHMEIER e do P pluviometria anual dos mesmos anos completos sobre uma média de 8 anos (entre 5 e 12 anos) de 25 postos, indo do posto mais seco, Jaguaraci (BA), com cerca de 370 mm/ano, ao mais úmido, Itaporanga (PB), com um pouco mais de 1.000 mm (ver lista dos postos, fig. 3.1.1.3.4), foram transportadas para o papel milimetrado, tendo como abcissa a pluviometria média anual em milímetro e como ordenada a média anual dos fatores $R = E.I_{30}$. Vê-se, em seguida, que os pontos se ajustam segundo uma curva e que o fator R de WISCHMEIER é então uma função da pluviometria. O método dos mínimos quadrados fornece duas regressões curvilineas:

- uma de forma exponencial

$$R = 106,76 e^{0,002P} \quad [23]$$

com um coeficiente de regressão de 0,94 altamente significativo, pois é inferior ao nível de 1% com $N = 25$;

- a outra de forma função de potência

$$R = 0,13 P^{1,24} \quad [24]$$

correlação, da mesma maneira altamente significativa, pois $r = 0,93$ para $N = 25$.

A primeira regressão tem um ajustamento melhor do que a segunda para o conjunto de pontos, mas, nos dois casos, os pontos mais chuvosos (superiores a 900 mm) são os pior ajustados.

Para tentar testar a validade das equações, transportamos os valores de um certo número de postos obtidos após o cálculo das equações, ou os valores tirados das bacias hidrologicas da Divisão de Hidrometeorologia da SUDENE, que não se prestaram para o estabelecimento das equações.

Exemplos: Sumé (PB), a média de 5 postos pluviográficos instalados na bacia, com 4 a 5 anos de dados cada um, dá os seguintes resultados:

P média anual = 688,5 mm, R média anual = 425,8, o que coloca esse posto sobre a curva de equação [24]. Com efeito, o cálculo de R a partir da equação 24 é igual a 429,5, ou seja, um pouco menos de 1% do valor de R fornecido pelo método de WISCHMEIER.

Do mesmo modo, para a bacia de Riacho do Navio (PE), a média dos dados de 8 postos pluviográficos durante 3 a 5 anos dá P_{ma} = 545, R_{ma} = 302,3. Esses valores ajustam muito bem este posto sobre a curva de equação [24]. Um bom ajustamento é obtido igualmente para os postos calculados recentemente, como, por exemplo, Mirante (BA), ou para alguns postos fornecidos pelo C.C.A. de Areia (Catolé do Rocha e mesmo Barra de Santa Rosa, ambos na Paraíba).

- Os outros postos (fig. 3.1.1.3.4)

Se se transportar para o mesmo papel milimetrado os valores médios anuais de R e de P de todos os postos disponíveis, percebe-se, com surpresa e interesse, que *estes postos se dispõem segundo curvas grosseiramente paralelas entre si e igualmente paralelas às curvas precedentes das equações [23] e [24]*.

- Os postos da zona do litoral cearense e de transição à zona amazônica, que, infelizmente, são pouco numerosos, alinham-se segundo uma curva de equação da forma função de potência

$$R = 0,05 P^{1,29} \quad (N = 4; \quad r = 0,99) \quad [25]$$

O traçado desta curva, cujos dados são somente de um ano, pode parecer temerário e inadequado. É preciso lembrar, contudo, que o desvio da irregularidade do regime das chuvas da zona da Mata é fraco e pode diminuir muito o número de anos de dados necessários às médias de R (ver cap. 2). De qualquer maneira, estes pontos só foram calculados para dar a *tendência geral da curva*, o que parece desde já interessante.

- Acontece o mesmo para os postos da zona do Agreste e da Mata interior, com, entretanto, um número de anos de dados mais elevado

$$R = 0,02 P^{1,45} \quad (\text{com } N = 5 \text{ e } R = 0,99) \quad [26]$$

Alguns postos recentemente tratados no Agreste de Pernambuco confirmam e precisam esta curva: Belo Jardim, com $P = 68$ e $R = 285$, e Caruaru, com $P = 693$ e $R = 211$ (I.P.A., 1978).

Um outro ponto interessante que foi colocado (fig. 3.1.1.3.4) é o do posto de Areia (PB), que representa a zona de altitude de Brejo (dados de CHAVES, I. de B. e DINIZ, E. J. 1980a).

Vê-se, então, que cinco zonas climáticas diferentes são colocadas em evidência na fig. 3.1.1.3.4 e caracterizadas pelas suas curvas de erosividade em função da pluviometria, cujas equações, para simplificar, podem ser escritas: $R = a P^b$. Essa equação tem suas bases que decrescem ao mesmo tempo que os expoentes b crescem na ordem seguinte:

Sertão - litoral cearense e transição ao Amazonas - Mata costeira - Agreste - Brejo.

Para uma mesma pluviometria (por exemplo, 1.000mm), o fator R erosividade das chuvas, cresce assim: Sertão > litoral cearense e transição > Mata costeira > Agreste e Mata interior. Então, não há gradiente de crescimento uniforme de erosividade entre o litoral e o interior do Nordeste, o Agreste, zona intercalada é a área de mais baixa intensidade. Duas posições geográficas parecem excepcionais:

- uma, a zona pré-amazônica, pelo valor elevado do fator erosividade. Nesta zona, a pluviometria aumenta em direção ao Nordeste e o valor do R de WISCHMEIER (ex.: Campo Maior, $P = 1405$ mm, $R = 1310$, médias de 8 anos) quase alcança o valor da pluviometria. Assim, para obter um R equivalente na zona da Mata, é necessário uma pluviometria bem superior (ex.: Salvador, $P \sim 2.200$ mm). Esta zona é caracterizada por chuvas de intensidade-duração muito elevada (São Luís, Teresina ~ 115 mm em 15 mn., PFAFSTETER, 1957), com erosividade unitária muito grande ($R = 473,3$ para a chuva do 4/10/1977 em Urucuí, Piauí, ver fig. 2.2.1.4);

- a outra, oposta, a zona de Brejo, com chuvas orográficas de intensidade muito fraca (ex.: Areia, PB, $P = 1506$ mm/ano, $R = 393$ média de 21 anos, segundo CHAVES I. de B. e DINIZ, E.J., 1980a). Para uma pluviometria quase semelhante, o índice de erosividade de Campo Maior (PI) é mais de três vezes o de Areia.

(a) O mapa de erosividade das chuvas do Nordeste

A correlação estreita, precedente, entre o índice R de WISCHMEIER e a pluviometria média anual pode permitir o estabelecimento de um mapa de erosividade das chuvas do Nordeste. Com efeito, embora exista uma relação estatística entre o índice R e o total de chuva P para um período de dados (mais ou menos entre 1967 e 1980) pode-se tomar como hipótese *que a mesma relação existe* para outros períodos, e, em particular, para o que vai dos anos de 1912 a 1967, e para o qual existe um mapa de isoietas do Nordeste - dados "in natura" SUDENE-DRN (ver mapa anexo).

Apresentada esta hipótese, e ela nos parece legítima, basta então calcular, graças às equações [23], [25], [26] precedentes das diferentes zonas climáticas, os valores de R correspondentes aos valores das isoietas, e se obtém um zoneamento dos índices de erosividade que se superpõem ao das chuvas. Este mapa de erosividade das chuvas do Nordeste encontra-se anexo.

Seis zonas foram assim delimitadas:

	R <	230	Sertão mais seco
230 <	R <	340	Sertão seco
340 <	R <	500	Sertão úmido, Agreste e Brejo
500 <	R <	730	Agreste úmido, zona pré-amazônica e Mata interior
730 <	R <	1.000	Mata litoral úmida
	R >	1.000	Mata litoral muito úmida

A zona do Agreste apresentou alguns problemas porque não está bem definida. As zonas de Brejo foram superpostas no mapa e delimitadas por diferentes critérios (altitude, solos, vegetação e informações diversas) e arbitrariamente consideradas como inferiores a $R = 230$, como é o caso de Areia. No entanto, o mapeamento relativo a estas últimas não é exaustivo. Na zona da Mata costeira, os limites das zonas de erosividade subdividem as faixas de isoietas. Enfim, toda a parte ocidental do Nordeste sem dados (Piauí, Maranhão, uma parte da Bahia e de Minas Gerais) - pois não dispõe de postos pluviográficos - delimitada pela isoietas de 1.000 mm, foi deixada em branco.

Este mapa de zoneamento de R, válido para toda a zona do Sertão, com exceção das zonas de altitude mal conhecidas, apresenta *numerosas imperfeições* quando se aproxima do litoral (zona do Agreste e da Mata), principalmente *por falta de postos* e de dados suficientes. Ele permite, até o presente, fazer uma idéia do perigo de erosão hídrica para todo o Nordeste. Ele permitirá, num futuro próximo, graças à ajuda de outros mapas (de solos, relevo, vegetação, etc.), estabelecer um mapa dos riscos de erosão, que é o objetivo final a alcançar.

(b) Outras correlações ligadas ao fator R de WISCHMEIER

A pesquisa das correlações precedentes utiliza-se de outros dados que seria interessante tentar correlacionar.

Trata-se:

- da pluviometria anual total (P) média, que é a média das somas anuais de todas as chuvas;

- da pluviometria erosiva (Per) média, que é a média da soma anual de todas as chuvas superiores a 10 mm ou inferiores a 10 mm, somente se a intensidade é superior ou igual a 6,4 mm em 15 mn (25 mm/h);

- e do número médio de chuvas erosivas anual, que é a quantidade de chuvas com as características precedentes, cada chuva estando separada da outra por um período de 6 horas sem chuva ou uma chuva menor do que 1,0 mm.

Foram encontradas:

- uma alta correlação entre a pluviometria total anual média P e a pluviometria erosiva anual média (Per) para 30 postos em todo o Nordeste (Sertão, Agreste, Mata) (Fig. 3.1.1.3.5).

A equação de regressão linear encontrada é a seguinte:

$$\text{Per} = 0,82 P - 47,16 \quad [27]$$

com $r = 0,96$

- uma alta correlação entre a pluviometria total anual média P e o número médio anual de chuvas erosivas (N) para 32 postos do Nordeste (fig. 3.1.1.3.5). A equação encontrada é a seguinte:

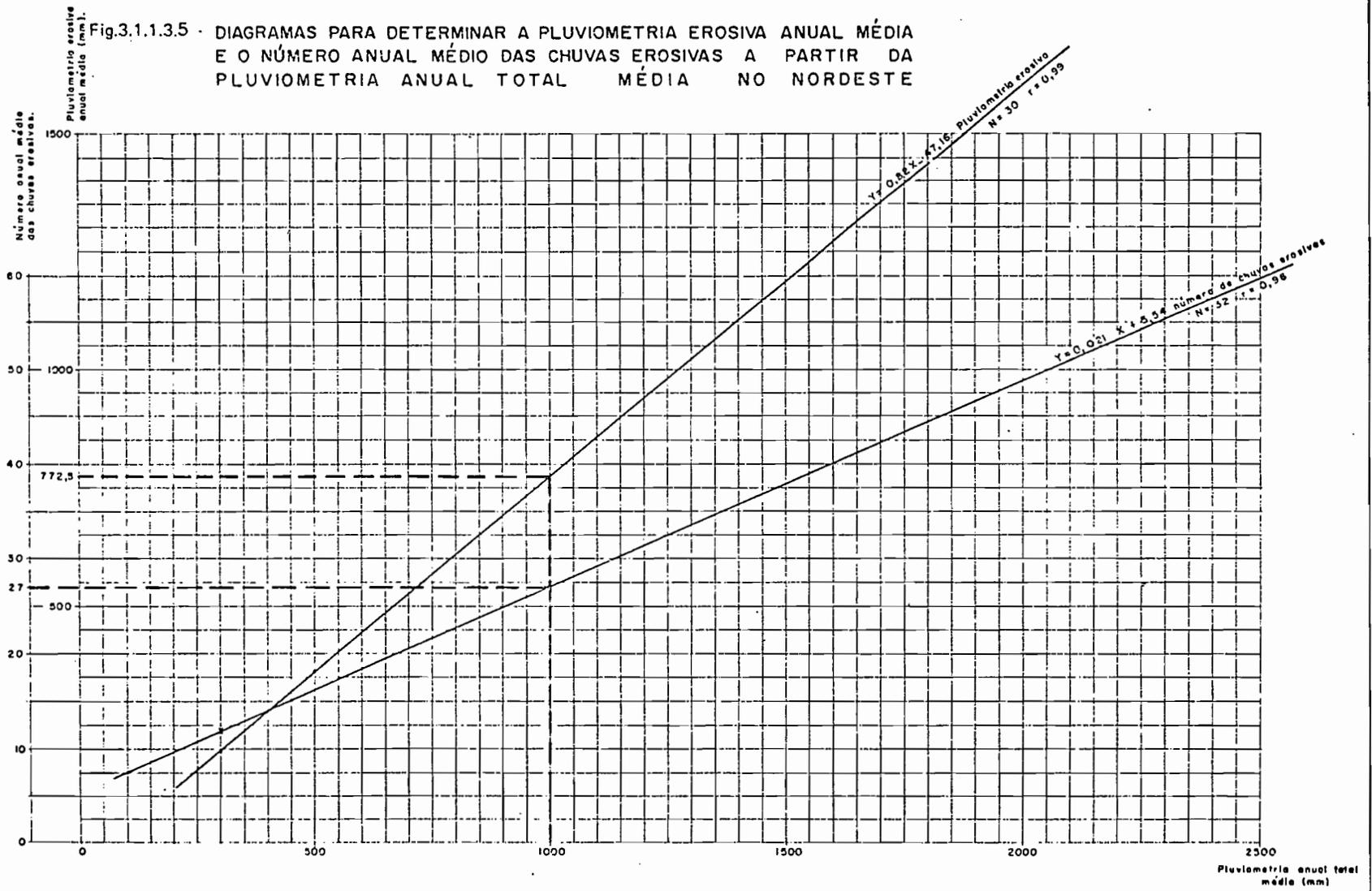
$$N = 0,021 P + 5,54 \quad [28]$$

com $r = 0,99$

Pode ser interessante para o agrônomo ou o técnico em conservação dos solos conhecer, em uma área do Nordeste de pluviometria conhecida, a pluviometria erosiva e o número de chuvas erosivas. O diagrama da figura 3.1.1.3.5 *permite obter estes dois dados*. O exemplo fornecido para 1.000 mm dá 772,8 mm de chuva erosiva e o número de chuvas 27, que é, com pequena diferença, o caso da Glória do Goitá (Agreste de Pernambuco), cujos dados pluviográficos dão $P = 1.038$ mm, $\text{Per} = 744$ mm e $N = 28$;

- as curvas de distribuição dos valores médios do índice de erosão R. As figuras 2.2.1.4 e 2.2.1.5 mostram a repartição de porcentagem do índice de erosão anual R para cada mês do ano e para os três dos quatro postos que serviram à pesquisa das

Fig.3.1.1.3.5 - DIAGRAMAS PARA DETERMINAR A PLUVIOMETRIA EROSIVA ANUAL MÉDIA E O NÚMERO ANUAL MÉDIO DAS CHUVAS EROSIVAS A PARTIR DA PLUVIOMETRIA ANUAL TOTAL MÉDIA NO NORDESTE



correlações entre R e PI_{30} : Petrolina (PE) e Urucuí (PI) (fig. 2.2.1.4), Ipaumirim (CE)³⁰ e Lages (RN) (fig. 2.2.1.5). A curva de frequência real deduzida da curva acumulada pela medida das tangentes em cada ponto da curva acumulativa é mais expressiva e permite determinar, imediatamente, os períodos com índice de erosividade elevado e crítico e, portanto, os melhores momentos para o preparo e cultivo do solo. A indicação das datas das chuvas erosivas é interessante, porque, frequentemente, cercam o "cume" de erosividade máxima (caso da Petrolina e de Ipaumirim), onde se confundem com ele (caso de Lages). Este tipo de curva deveria ser traçado por alguns postos bem escolhidos, nas diferentes zonas climáticas, de maneira a poder determinar os períodos dos "cumes" erosivos importantes para o agricultor.

(c) As correlações entre o índice de erosividade R de WISCHMEIER e o R' (ou KE) de HUDSON

HUDSON (1963, 1973), trabalhando na Rodésia, isto é, numa região da África Central com clima tropical contrastante, encontrou ótimas correlações por impacto e salpico (efeito "splash") e a energia cinética das frações de chuvas cuja intensidade é superior a 25 mm/h (índice $KE > 25$ de HUDSON). Para o referido autor, este índice adapta-se melhor que o índice $R = EI_{30}$ de WISCHMEIER para as regiões com chuvas muito fortes, isto é, as regiões tropicais.

Na verdade, HUDSON negligencia a influência, sobre a erosão, da umidade residual do solo, cuja importância verificamos no cap. 2, tabela 2.4.1.1 (ROOSE, 1977).

Para o cálculo de seu índice, HUDSON elimina, portanto, todas as frações de chuva que são inferiores a 25 mm/h, considerando que abaixo deste nível não há erosão. A energia cinética da chuva é medida da mesma maneira que a de WISCHMEIER, isto é, calcula-se graças à equação [8], ou, então, lê-se na tabela 2.2.1.3 de CABEDA. A energia total é igual ao valor do índice $KE > 25$, isto é, ela não é multiplicada pela intensidade em 30 minutos (I_{30}).

A metodologia está bem explicada na obra de HUDSON (1973, p. 67). Esta metodologia é a que foi empregada no que vem a seguir. Sendo os cálculos muito demorados, testou-se um programa em computador graças à ajuda de G. COCHONNEAU, técnico em informática. Com efeito, nos dados pluviográficos gravados no Banco de Dados, compreendendo as intensidades para cada minuto de chuva, pode-se selecionar as únicas frações de chuva superiores a 25 mm/h e adicionar suas energias cinéticas.

No exemplo da tabela 2.2.1.3 e da figura 2.2.1.2 da chuva de Glória do Goitá, as duas únicas frações cuja intensidade

é superior a 25 mm/h têm energias cinéticas de 137,3 mais 35, ou seja, 172,3 t-m/ha. Ainda que tenhamos visto que, para o cálculo de R de WISCHMEIER, foi necessário multiplicar EI_{30} por 10^{-3} , o que dá a esta chuva um KE (ou R') de 172,3, ainda que o R de WISCHMEIER seja de 3,11.

Os Índices R e R' de cinco postos bem diferentes do Nordeste foram calculados:

- Guaraciaba do Norte (CE), 5 anos: zona pré-amazônica
- Patos (PB), 4 anos: Sertão seco
- Várzea Alegre (CE), 3 anos: Sertão úmido
- Glória do Goitá (PE), 9 anos: Agreste
- Jaguaraci (BA), 5 anos: Sertão muito seco.

Uma ótima correlação entre R e R' obteve-se através de 26 anos dos 5 postos (fig. 3.1.1.3.6)

$$KE = 14,33 R + 177,23 \text{ com } r = 0,99**$$

Vê-se na figura 3.1.1.3.6 que, como para a correlação entre R e P (fig. 3.1.1.3.4), para os postos com forte pluviometria, em Guaraciaba do Norte, $P_{ma} = 1343$ mm/ano, o ajustamento *deixa de ser bom*.

O índice R' = KE de HUDSON é, portanto, para o Nordeste, muito superior ao R de WISCHMEIER. Assim, para um índice R de 1.000, corresponde um índice KE de 14512.

Portanto, é possível determinar, rapidamente, o KE a partir do R dos postos do Nordeste. Resta *comparar* as erosões estimadas, graças a estes valores, com as *erosões reais* obtidas no campo, para saber *qual dos dois índices é o melhor* para os diferentes regimes climáticos do Nordeste.

3.1.1.4 - Conclusões sobre o fator R

Depois deste longo desenvolvimento sobre os diferentes estudos do fator da erosividade das chuvas no Nordeste, parece oportuno tirar algumas conclusões a respeito do que foi exposto. Os dados pluviográficos estocados no Banco de Dados da Divisão de Hidrometeorologia da SUDENE representam um capital de primeira ordem para o conhecimento do fator R da erosividade das chuvas no Nordeste, fator muito importante na equação de WISCHMEIER.

O cálculo deste fator, habitualmente muito demorado,

está grandemente facilitado pela elaboração de um programa e seu processamento em computador.

As numerosas correlações de R com dados facilmente disponíveis permitiram o estabelecimento de um mapa da erosividade das chuvas do Nordeste. Este mapa torna possível a *avaliação regional dos riscos de erosão hídrica*. Se, para o Sertão, o número de postos processados *parece suficiente* no momento, os postos do Agreste, da Mata e da zona pré-amazônica *não são bastante numerosos*, e um sério esforço deve ser feito; veremos, no capítulo que segue, como efetuar os estudos para este fim.

3.1.2 - O fator K erodibilidade do solo

3.1.2.1 - Convênio SUDENE/C.C.A. de Areia

Foram feitos dois estudos sobre a erodibilidade dos solos:

- a) Um deles, efetuado pelo método indireto ou nomográfico (ver cap. 2), diz respeito aos solos da Paraíba (SILVA, I.F. da et alii, 1980). Setenta e quatro solos foram experimentados (5 Latossolos, 26 Podzólicos Vermelhos Amarelos, 3 Terras Roxas Estruturadas, 15 Bruno não Cálcidos, 5 Planossolos solódicos, 2 Cambissolos Entróficos Latossólicos, 4 Vertissolos, 1 Solonetz solodizados, 8 Solos Litólicos e 5 Regossolos) e cinco classes de valores de K estabelecidas.

Estas determinações nomográficas juntam-se aos problemas e críticas levantados no cap. 2. Não voltaremos, portanto, a este assunto. Um esboço de mapa da repartição de K do Estado da Paraíba, realizado com a ajuda de 40 determinações, foi apresentado, porém não foi publicado. Parece-nos impossível, de um ponto de vista pedológico, que uma ou mesmo duas ou três determinações de K por unidade de solo *possam ser suficientes* para elaborar um mapa adequado de K. Com efeito, os solos de uma mesma unidade podem ter as características físico-químicas diferentes, conduzindo a diferentes determinações de K. Assim, por exemplo, para os solos Pedzólicos Vermelhos Amarelos da Paraíba, K varia entre 0,03 e 0,23 e de 0,66 a 0,16 para os solos Bruno Não Cálcidos. Por outro lado, a presença de seixos (Solos Bruno não Cálcidos) falseia a determinação de K no nomógrafo (cap.2).

- b) O outro refere-se aos solos da Paraíba, mas foi efetuado por um método direto, o do simulador de chuva. Somente 10 solos foram testados (SILVA, I.F. da et alii, 1980). A comparação dos valores de K obtidos (médias das três chuvas simuladas) com os valores precedentes, para as mesmas unidades de solo do mesmo Município, reforça as dúvidas apresentadas sobre a validade do método anterior:

Podzólico Vermelho Amarelo - Patos	- Nomogr. = 0,14
	- Simul. = 0,018
Terra Roxa Estrutura - Al. Grande	- Nomogr. = 0,15
	- Simul. = 0,37
Vertissolo - Queimadas	- Nomogr. = 0,31
	- Simul. = 0,03

Pode-se ver que certos valores vão do simples ao cêntuplo (Vertissolo). Por outro lado, as determinações de K com a ajuda do simulador de chuvas vão de encontro às críticas formuladas em um dos parágrafos a seguir, como também às críticas do cap. 2 referentes à preparação das parcelas e ao estado de estabilidade de K. Aqui, as parcelas sofreram apenas o efeito de uma enxada e de um ancinho, o que parece um *tratamento bastante insuficiente* em comparação com o que preconiza WISCHMEIER. O fator K medido não terá muito a ver com o K do mesmo solo usado para a cultura e lavrado; este será um K potencial, *bem inferior* ao de um solo trabalhado durante vários anos.

Uma consequência interessante da utilização dos métodos de determinação de K é o desenvolvimento:

- das medidas que necessitam do método nomográfico, e, em particular, as da permeabilidade medida no campo e cujo número de medidas disponíveis sobre o solo do Nordeste é muito fraco (CAVALCANTE et alii, 1980 c);

- das medidas de infiltração sob chuvas simuladas, dados indispensáveis ao agricultor (CAVALCANTE et alii, 1980a).

3.1.2.2 - Convênio SUDENE/IPA

As medidas de K disponíveis são raras. Pode-se citar a do solo Podzólico Vermelho Amarelo de Glória de Goitá (PE), igual a 0,10 (MARGOLIS, E. e CAMPOS FILHO, O.R. 1980).

3.1.2.3 - Conclusões sobre o fator K

As medidas de K resultantes de parcelas experimentais sob chuvas naturais, as mais seguras, não existem, e as medidas sobre parcelas-padrão (22,1 m; 9% ; preparadas segundo WISCHMEIER) faltam inteiramente. Quanto às determinações com nomógrafo e sob chuvas simuladas nas condições empregadas, são duvidosas. Há, portanto, um setor de estudos a desenvolver.

3.1.3 - O fator SL

Os únicos dados que dizem respeito a este fator topográfico são os de MARGOLIS, E. e MELLO NETTO, A.V. de (1977), dos quais se obtiveram resultados surpreendentes. Se se admite, realmente, que os campos menos erodidos são os de 50 m de largura em comparação com os de 25 e 100 m, esta medida conservacionista *deveria ser preconizada* na zona do Agreste, porque FREITAS, M.B. de (1958), na mesma zona, já tinha colocado em evidência que as pequenas áreas de cultivo são as mais erosivas.

3.1.4 - Os fatores C e P

As determinações do fator C e P são pouco numerosas. MARGOLIS e CAMPOS FILHO, O.R. (1980), sobre os solos Podzólico Vermelho Amarelo de Glória do Goitã (Agreste de Pernambuco), fornecem os seguintes dados:

Fator C : algodão = 0,25; mandioca = 0,18; milho = 0,05 ; mucuna = 0,05 e capim-colonião = 0,01.

Fator P : rotação trienal milho/algodão/mucuna = 0,42; capinas alternadas = 0,29; plantio em contorno = 0,29; faixas de vegetação permanente = 0,26. Para o campo experimental de Caruaru (PE) (IPA, 1978), pode-se calcular $C \approx 0,25$ para o algodão e 0,03 para o milho.

Estes valores de C e P são mais fracos que os obtidos no Sul do Brasil (BERTONI et alii, 1975) e na África (ver capítulo seguinte).

Se fossem confirmados, estes dados forneceriam uma esperança para a conservação dos solos no Nordeste. Particularmente, a *prática de preparo em contorno*, que é tão eficaz no Sul do Brasil, onde, já se sabe, dá resultados espetaculares, *deverá ser imposta com urgência* no Nordeste. Porém, os melhores resultados do Agreste são devidos, talvez, ao fato de serem solos submetidos a um número de anos de cultura mais fraca.

Os resultados antigos e muito interessantes de M.B. de FREITAS (1955 e 1958), em Pesqueira (Agreste de Pernambuco), devem ser citados porque podem ser objeto de uma vulgarização e de uma aplicação imediata e porque são confiáveis, visto que eles procedem de culturas industriais. São os seguintes: a aração do solo multiplica por 6 as perdas em terra e por 20 as perdas em água; as culturas em meias faixas têm um melhor rendimento que em faixas inteiras; a prática "enterrio" sem capoeira é a mais erosiva (21 t/ha/ano) e a prática "mulch" com capoeira é a menos erosiva (\approx t/ha/ano); a produção é melhor com o "mulch" que com o "enterrio"; o "mulch" reduz à metade o "run-off"...

Um outro trabalho interessante é a tentativa de elaboração de mapa de graus de erosão hídrica com escala de 1:2.500.000 (SUDENE/DRN/Geotécnica, 1977-1979), a partir das informações contidas nos levantamentos de solos do Nordeste (SUDENE-DRN/EMBRAPA/SNLCS).

Para cada um dos 1.000 perfis, há a indicação do grau de erosão (nula e ligeira, ligeira e moderada, moderada e severa, muito severa). O relatório diz que "a erodibilidade foi inferida a partir da respectiva permeabilidade e com os fatores topografia e cobertura vegetal". A erosão é diretamente observada no campo segundo as recomendações do "Manual brasileiro para levantamento da capacidade de uso da terra" (III aproximação, 1971) e segundo conceito do "Soil Survey Manual, 1951". Os cinco níveis de erosão laminar estão baseados na porcentagem removida do horizonte A, e é feita a notação de erosão em voçorocas e em sulcos.

As falhas mais evidentes são as seguintes: é um método de avaliação no campo, isto é, a erosão é diretamente observada a olho nu, de maneira muito aproximativa e também subjetiva, pois cada observador tem sua estimativa e seus critérios próprios, e, para os 1.000 perfis, o número de observadores foi grande. Não se sabe a metodologia e os dados de topografia e de cobertura vegetal que serviram para a elaboração do mapa...

Enfim, uma referência particular deve ser feita à dinâmica Escola de Agronomia de Mossoró (RN) e, em particular, ao trabalho de DUQUE, J.G. (1980) sobre os problemas do solo e da água no Sertão seco.

3.2 - RESULTADOS ESPERADOS

Todos os estudos em curso deixam uma perspectiva de conclusão, mais ou menos breve, dos resultados; o conjunto dos convênios existentes com a SUDENE (quadro 1.3.1, cap. 1) *tem continuidade*, felizmente, este ano.

Destes convênios, podemos esperar mais particularmente a partir de 1981:

3.2.1 - C.C.A. de Areia (PB)

- o processamento dos dados de outros postos pluviométricos (codificação, perfuração, consistência, gravação), entre os quais S.R. Nonato, Castelo do Piauí e Pimenteiras do Piauí (PI); S.R. Amagabeira (MA); Águas Belas, Jataí, Catende e Vertentes (PE); Granja, Monsenhor Tabosa, Ibicuã e Jati (CE); Santa Cruz, S.J. do Sabuji e Canguaretama (RN), Santana, Boa Nova e Itapetinga (BA), e a atualização para 1979 e 1980 dos outros postos;

- uma exploração rápida e frutuosa das parcelas da estação experimental de Alagoinha (EMEPA/EMBRAPA), que datam de mais de 30 anos, graças ao novo subprojeto: conservação e manejo do solo e da água para 1981. Trata-se da determinação do fator L de WISCHMEIER com cultura do Algodão, sobre 3 parcelas de 30, 20 e 10 m e da avaliação dos fatores K, C e P sobre as 12 parcelas restantes com diferentes plantas cultivadas na região (algodão, milho, guandu, feijão e consórcio);

- a saída de dados uteis para o agricultor do Sertão (experimentações em fazendas particulares sobre a economia da água e do solo em Sumé, PB).

3.2.2 - Convênios do Ceará

Nas zonas onde só existem poucos dados e onde a agricultura é bem desenvolvida, será interessante conhecer o coeficiente R e o fator K determinado sobre parcelas e sob chuvas naturais, e os efeitos de cobertura de diferentes plantas (quadro 1.3.1).

Do mesmo modo, as experiências de sistemas de cultivo com aproveitamento do escoamento superficial e em microbacias hidrográficas prometem comparações frutuosas com outras zonas do Sertão (técnicas de pequena irrigação pelo trópico semi-árido da EMBRAPA de Petrolina e projeto de bacia experimental e de aproveitamento agrícola das bacias) (ver cap. 1).

3.2.3 - Convênio do IPA (Pernambuco)

É das 220 parcelas dos 6 campos experimentais do I.P.A. que se deve esperar a soma dos resultados que já é possível extrair das múltiplas análises das cifras obtidas e recolhidas sobre o terreno, porém ainda não processadas. Estes resultados dizem respeito sobretudo ao manejo dos solos e interessam, portanto, em primeiro lugar, aos camponeses das zonas do Agreste e do Sertão. É imprescindível que sejam *publicados e divulgados*.

Pode-se citar um artigo que vai aparecer brevemente e que concerne aos diferentes valores do fator C (cobertura vegetal) de acordo com os diferentes estágios de crescimento do milho (MARGOLIS et alii, 1980).

3.2.4 - Outros trabalhos

Grandes esperanças se fundamentam sobre os trabalhos do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido (EMBRAPA/CPATSA), em Petrolina, onde o conjunto das atividades é muito grande e onde os primeiros resultados de qualidade são muito encorajadores. Quanto ao nosso Convênio SUDENE/ORSTOM, esperamos, depois da publicação deste relatório, levar a bom termo o projeto de estabelecimento do *mapa dos riscos de erosão do Nordeste*, síntese do mapa de erosividade das chuvas (anexo), dos solos e de sua susceptibilidade à erosão, do relevo e das declividades, da vegetação etc. A ausência de certos documentos cartográficos (vegetação, por exemplo) pode dificultar um pouco o trabalho. Além disso,

certos dados de base indispensáveis (diâmetro das gotas de chuva no Nordeste, por exemplo) vão ser pesquisados com a ajuda dos órgãos de pesquisa brasileiros.

Para terminar, e também sem que esta enumeração seja exaustiva, comunicamos, com prazer e interesse, a próxima publicação de um artigo de síntese de M.B. de FREITAS et alii (1981), o veterano dos estudos de conservação no Nordeste.

3.2.5 - Conclusões

O balanço dos estudos de conservação e de manejo dos solos no Nordeste permite colocar em evidência um *número elevado* de trabalhos em andamento e de *resultados brutos*, mas, também, *uma pequena quantidade de dados estabelecidos e utilizáveis e uma má repartição geográfica dos estudos*. As pesquisas permanecem muito à parte das aplicações agrícolas, do camponês, da terra. O IPA, que é o único a se ocupar do manejo e do impacto das práticas culturais sobre os rendimentos, tem portanto, um *papel urgente e importante de vulgarização agrícola*. Com efeito, o problema dos rendimentos é o ponto de maior interesse dos agricultores. Estes não aceitarão mudar sua mentalidade e seus métodos culturais e investir dinheiro e trabalho em práticas conservacionistas se aí não encontrarem vantagem.

Algumas destas práticas deveriam ser aplicadas desde agora, porque sua utilidade está provada e pode ser demonstrada facilmente nas estações experimentais. Por exemplo:

- preparo e plantio em contorno
- sulcos e camalhões
- faixas de vegetação permanente (quando o declive é superior a 5% e o solo é impermeável)
- "mulch" com restos na superfície
- rotações culturais
- terrenos médios (~ 50m), sobretudo se a declividade for forte.

4 - ESTIMAÇÃO DO PERIGO DE EROSÃO HÍDRICA NO NORDESTE

4.1 - INTRODUÇÃO

Por ocasião de minha chegada à SUDENE, fiquei bastante surpreso ao notar que a seção dos solos estava agrupada com a seção de vegetação, na Divisão de Recursos Renováveis. Certamente, solo e vegetação devem ser considerados como renováveis, mas, considerando que a vegetação pode se reconstituir em um período que é o da "*escala humana*", pouca gente sabe que são necessários, em boas condições, de 1.200 a 4.000 anos e mesmo mais (BENNER, 1939) para formar uma camada de 10 cm de solo. Esta escala de tempo é *geológica e não humana*. Isto significa que, mesmo se o problema da erosão do solo for tomado a sério, deve, ademais, ser considerado como um *fenômeno provocado, de consequências praticamente irreversíveis*, e o solo deve, então, ser considerado como um patrimônio inestimável, que se faz necessário proteger a qualquer preço. "De ter a erosão e reconstituir o solo não é empreendimento para um lustre, mas sim esforço perseverante, sistemático, para mais de uma geração", como o disse D. GUIMARÃES, com razão.

É sempre interessante notar as primeiras impressões de um observador, que, tendo viajado e trabalhado muito tempo em diversas regiões tropicais secas de outros continentes, decobre o Nordeste brasileiro. Foi o meu caso. Aliás, outros já têm descrito suas impressões sobre a conservação dos solos no Brasil (KOHNE, H.E. 1960). Infelizmente, o espírito não está livre de toda idéia preconcebida. Tem-se lido, e ouvido, que as palavras "seca", "calamidade", "semi-árido", "desertificação" estão presentes no espírito. Então, por reação, as primeiras impressões podem estar inclinadas ao otimismo...

Segundo estimativas bastante recentes do Ministério da Agricultura, "o Brasil está perdendo, devido à erosão, mais de 1,0 bilhão de toneladas de solo agrícola por ano, notadamente em áreas de agricultura para exportação" (Estados do Sul). O que será para o Nordeste?

4.2 - ASPECTO MORFOLÓGICO DA EROSÃO NO NORDESTE

Quais são as analogias que pode apresentar o Nordeste com as outras regiões secas tropicais, africanas em particular? Elas não são fáceis de se encontrar, porque, na comparação, são, sobretudo, as diferenças que se destacam.

Primeiramente, uma coisa chama a atenção: a *corbetura vegetal parece sempre apreciável*, às vezes importante, mesmo durante a estação seca das zonas de baixa pluviometria. A caatinga hiperxerófila do Sertão mais seco aparece como um "*bush*" denso em período seco e como uma verdadeira floresta baixa durante a estação das chuvas.

As manifestações da erosão hídrica aparecem pouco e são raras.

Não se encontra nenhuma área de grande extensão de solos totalmente nua, com afloramento de cor viva do horizonte B compactado com crosta superficial, com quantidade importante de terra carregada, com fracas superfícies afetadas por voçorocas e sulcos severos nas zonas cultivadas, sem assoreamento catastrófico dos cursos de águas e das zonas baixas rurais, como na zona do "Sahel" da África seca e também dos Estados muito cultivados do Sul do Brasil, vista através de "slides" nos Congressos de Conservação dos Solos. Tudo isto, apesar da superfície importante das zonas de relevo forte, das culturas sobre declives muito acentuados, e da prática quase constante de preparo do solo no sentido de declive.

Pode-se explicar, em primeira análise, esta relativa boa conservação dos solos do Nordeste pela associação de diversos fatores favoráveis:

- a fraca superfície das áreas cultivadas: são 11,75% da superfície total das zonas da Mata, do Agreste, da Caatinga e das serras dos Estados de Pernambuco, Paraíba e Alagoas, e a escassa ocupação das terras cultivadas (3,15 habitantes por hectare cultivado) (ver tab. 5.1.1.1.1);
- a predominância da força do trabalho humano e animal sobre a mecanização do trabalho do solo (CHEZE, B. e GROS, A. 1978). São 6,9% da superfície total do Nordeste são cultivados (Fontes: PNUD/FAO/IBDF/BRA 45, 1975 in MESQUITA, A. 1980), contra 11,1% no Sudeste e 22,8% no Sul do Brasil;
- a ampla área da cobertura vegetal: 725.000 km² de situação florestal (florestas densas, cerrados, caatingas), ou seja, 47% da superfície total, contra 11,7% no Sul e 24,8% no Sudeste (mesmas fontes citadas anteriormente), e a forte densidade dessa cobertura;
- a ausência de agricultura itinerante "shifting cultivation", tão freqüente na África e na Ásia (51% do Nordeste são constituídos de propriedades rurais com áreas cercadas), e os semeios precoces efetuados pelos caboclos, os quais permitem uma proteção do solo durante as grossas chuvas seguintes.

Entretanto, uma análise cuidadosa no campo mostra que é o tipo de erosão, isto é, os processos de aparição do fenômeno, que difere. Na África tropical seca, é a *erosão laminar*, ou em lençol, que domina com suas formas planas ou pouco declivosas, com a superfície do solo nu e película superficial freqüente. O processo dominante é a *destruição da estrutura* dos microagregados, a separação dos elementos finos (argila + silte), sua sedimentação e a formação de *película impermeável* de alguns milímetros de espessura provocando um escoamento superficial muito importante. É o efeito "*splash*" que atua sobretudo.

No Nordeste brasileiro, dá-se o contrário. É a *erosão linear*, em sulcos superficiais finos ("sheet erosion"), que domina. O processo principal do fenômeno não é a destruição da estrutura, mas sua *conservação parcial*. É o transporte desses elementos pela água que cava os sulcos. É o escoamento superficial dessa carga sólida que é o motor principal do fenômeno. É por que, em primeira análise, não parece haver correlação entre o grau de floculação e a erodibilidade visível do solo. Assim, os solos Podzólicos e Latossolos sobre série Barreiras do litoral têm horizontes B com grau de floculação de 100%

e, portanto, aguentam uma erosão severa, muito visível ao longo das estradas. É preciso notar que, se esta erosão linear for verificada, a equação de perda do solo de WISCHMEIER, baseada unicamente no efeito "splash" devido à energia cinética das gotas e não ao escoamento, seria *na maior parte inadequada para estimar validamente* os riscos da erosão no Nordeste.

As zonas morfológicas mais erodidas encontradas no Nordeste situam-se em declividades entre 10 e 20%, com 50 m ou mais de comprimento de rampa, cultivadas com mandioca ou inhame, isto é, sobre camalhões orientados morro abaixo. Duas zonas testemunhas podem ser citadas: Paraíba, zona do Agreste entre Campina Grande e Areia; Pernambuco, zona de serra no Sertão, entre Serra Talhada e Triunfo. Na extremidade mais baixa dos terrenos, aparecem sulcos profundos passando a voçorocas.

4.3 - ASPECTOS QUANTITATIVOS DA EROSÃO NO NORDESTE ESTIMADOS A PARTIR DOS DADOS EXISTENTES - COMPARAÇÃO COM AS OUTRAS REGIÕES DO BRASIL E DO MUNDO.

4.3.1 - A erosividade das chuvas

A tabela seguinte dá os valores comparativos de regiões do Nordeste do Brasil e da África que têm pluviometrias comparáveis.

Tabela 4.3.1.1

Valores comparativos das intensidades - durações das chuvas

Clima	Postos	Pluviometria méd. an. (mm)	Tempo de recorrência (ano)	Duração (mm)	Intensidade (mm/h)
Semi-árido	Quixeramobim (Ceará) (1)	660	1	30	53
				15	-
			10	30	90
	Bam (N. Alto-Volta) (2)	665	1	30	60
				15	85
			10	30	90
Úmido	Salvador (Bahia)	1.900	1	30	52
			10	30	84
	Abidjan (S. Costa do Marfim) (3)	2.100	1	30	92
			10	30	130

Fontes: (1) PFAFSTETER). (1957)
(2) (3) BRUNET-MOREY (1963,1967)

Sobressai, do exame desses valores, que as intensidades para mesmas durações são mais frequentemente inferiores no Brasil do que na África sob clima semi-árido, e bem inferiores no Brasil sob os climas chuvosos das zonas costeiras.

Tabela 4.3.1.2

Valores comparativos do fator R de WISCHMEIER entre o Nordeste (N.E) e a África do Oeste (A.V. = Alto Volta, C.d.M. = Costa do Marfim)

	Pluviometria média anual (mm)	R (unidades a- mericanas)	Número de chuvas erosi- vas média a- nual
TAPEROÁ (NE)	515	168	16
DORI (A.V.)	510	260	13
OURICURI (NE)	607	185	17
OUAHIGOYA (A.V.)	600	301	16
PAU DE FERROS (NE)	751	266	29
MOGTEDO (A.V.)	753	378	20
ITAEIERA (NE)	862	382	24
FADA N'GOURMA (A.V.)	857	428	24
ITAPORANGA (NE)	1.023	456	28
FARAKO-BA (A.V.)	1.083	485	28
GUARACIABA.d.Nte (NE)	1.340	530	40
KORHOGO (C.d.M.)	1.300	720	-
SALVADOR (NE)	2.200	760	48
ABIDJAN (C.d.M.)	1.800	1.260	-

Da tabela 4.3.1.2, destaca-se, para toda uma série de postos com pluviometria e número de chuvas erosivas comparáveis, que o fator R de erosividade das chuvas do Nordeste (em unidades americanas) é *bem inferior* ao da África do Oeste.

Em resumo, as chuvas são bem menos agressivas no Brasil do que na África.

4.3.2 - A erodibilidade dos solos

De todos os dados bibliográficos, pode-se tirar os valores seguintes do coeficiente K de WISCHMEIER em unidades americanas:

Nordeste do Brasil: Nomograma: solos cauliníticos (LV.PV.PE...)

$$K = 0,02 - 0,25$$

Parcelas: solos cauliníticos

$$K = 0,05 - 0,1$$

solos montmoriloníticos

$$K = 0,08 - 0,4$$

Sul do Brasil: Parcelas: solos cauliníticos

$$K = 0,05 - 0,3$$

valor máximo = Planossolo $\approx 0,5$

África (fontes ROOSE, 1977): Parcelas: solos "ferrallitiques"

(Latosols) $K = 0,05 - 0,18$

solos "ferrugineux"

(\approx Podzólico) $K = 0,20 - 0,30$

E.U.A.: Todos os solos juntos

$$K = 0,03 - 0,60$$

Em resumo, manifesta-se, no que diz respeito aos solos cauliníticos, que a susceptibilidade à erosão dos solos do Brasil e do Nordeste em particular é inferior à da África e sobretudo à dos E.U.A., país temperado, cujos solos são supostamente mais resistentes à erosão que os solos tropicais. Certos solos, de tipo Planossolo ou Solonetz, apresentam um índice K elevado.

4.3.3 - O fator topográfico: comprimento de rampa e declividade

No que concerne ao comprimento de rampa, a comparação é subjetiva, pois é feita a olho, mas parece, todavia, que os declives das vertentes do Nordeste são *bem curtos* em comparação com os das vertentes da África do Oeste, planos e estáveis tectonicamente.

Ao contrário, o fator S, grau de declividade é sem contestação, *bem mais elevado* no Nordeste brasileiro, que tem 3/4 situados sobre o embasamento cristalino com um relevo acidentado (serras).

4.3.4 - A cobertura vegetal do solo (Fator C)

A proteção da cobertura vegetal pode ser estimada graças aos valores do fator C de WISCHMEIER da tabela seguinte:

Tabela 4.3.4.1

Valores comparativos do fator C
cobertura vegetal

	NE do Brasil (1)	Sul do Brasil(2)	África (3)
Milho	0,2 - 0,3	0,02 - 0,3	0,4 - 0,9
Mandioca	0,2	-	0,2 - 0,8
Algodão	0,1 - 0,2	0,7	0,6 - 0,9
Soja	0,1	0,2	-
Solo descoberto	1	1	1

Fontes: (1).(2). Diversos relatórios e anais dos Encontros Nacionais de Conservação de Solos.
(3). ROOSE (1977)

Esta tabela põe em evidência uma *eficiência maior da cobertura vegetal* pelas culturas no Brasil, em particular no Nordeste, do que na África. Essa eficiência pode provir:

- de técnicas culturais mais eficazes (plantio, densidade, plantas selecionadas, etc.),
- de uma agressividade climática menos elevada, como vimos acima (tabelas 4.3.1.1 e 4.3.1.2).

Convêm notar que a proteção da cobertura vegetal pode ser mais eficaz, *ou mesmo total*, sob pastagens cultivadas (com capim-colômbio ou sempre verde C = 0,001, valores tirados dos dados do IPA, 1978).

4.3.5 - As práticas conservacionistas (Fator P)

A tabela seguinte pode ajudar a comparação.

Tabela 4.3.5.1

Valores comparativos do fator P

Práticas conservacionistas	Valor de P de WISCHMEIER		
	NE do Brasil(1)	Sul do Brasil(2)	E.U.A. (3)
Plantio morro abaixo	1,0	1,0	1,0
Plantio em contorno	0,3	0,5	0,5
Alternância de capinas	0,3	0,4	0,25

Fontes: (1) Valores calculados segundo dados do IPA (relatórios 1977/78)
(2) BERTONI et alii (1975) (3) Diversos

De todos os dados, constatamos que o coeficiente P vai, mais ou menos de 0,1 a 1. Para cada prática, todos os valores da tabela 4.3.5.1 são comparáveis: as técnicas antierosivas têm, então, eficácias semelhantes, qualquer que sejam as zonas e os climas considerados. No entanto, a *prática quase exclusiva do preparo do solo morro abaixo* (então P = 1) no Nordeste aumenta a estimativa de P nesta região.

4.3.6 - Comentário

A tabela sintética seguinte, que reagrupa todos os dados precedentes, pode ajudar a concluir sobre o risco erosivo do Nordeste comparado ao de outras regiões.

Tabela 4.3.6.1

Valores comparativos dos diferentes fatores da erosão

	Zona tropical seca (Nordeste)	Zona tropical seca (África)	Zona tropical úmida (Nordeste)	Zona tropical úmida (África)	Planícies dos E.U.A.
R (clima)	90 a 450	100 a 700	400 a 1000	500 a 2000	50 a 650
K (solo)	0,02 a 0,30	0,10 a 0,30	0,01 a 0,20	0,02 a 0,20	0,05 a 0,60
SL (topografia)	0,1 a 8	0,1 a 1	0,1 a 8	0,1 a 2,5	0,1 a 6
C (cobertura vegetal)	1 a 0,001	1 a 0,01	1 a 0,001	1 a 0,001	1 a 0,01
P (práticas conservacionistas)	1 a 0,1	1 a 0,1	1 a 0,1	1 a 0,1	1 a 0,1

Do exame desta tabela, pode-se deduzir que o Nordeste do Brasil goza, no que diz respeito ao risco erosivo, de *uma situação inteiramente favorável* em comparação a outras regiões, inclusive às planícies dos E.U.A. Somente os fatores topográficos SL e o fator P mais elevado, devido ao preparo do solo morro abaixo, são mais prejudiciais e aumentam o perigo erosivo "normal" do Nordeste.

Bastaria, então, *não mais cultivar* as declividades muito fortes e *abandonar* a prática de morro abaixo em favor da prática pouco complicada do preparo em contorno (P passaria então de 1 a 0,3, tabela 4.3.5.1), porque os riscos de erosão chagariam, novamente a um nível baixo.

O exemplo da zona costeira canavieira do Nordeste é significativo neste caso. Com um coeficiente de erosividade das chuvas bastante elevado (700 a 1000), com um índice topográfico elevado (SL de 4 a 8), os Latossolos e solos Podzólicos desenvolvidos sobre a série Barreira e cultivados com cana-de-açúcar há mais de dois séculos, são *pouco ou quase nada erodidos*. Dois conjuntos de fatores são responsáveis por essa resistência à erosão: as qualidades físicas desses solos (profundi-

dade, permeabilidade) e a prática do plantio em sulcos bastante profundos em contorno, preparados com tração animal. Essa prática cultural conservacionista adequada, que poderia, à primeira vista, parecer voluntária, não é, na verdade, senão a convergência de obrigações técnicas impostas pela natureza do terreno:

- a mecanização é reduzida ou impraticável por causa dos declives fortes demais;
- a tradição impõe a prática do plantio em sulcos e a limpa da cana duas a três vezes por ano, cujas folhas ficam sobre o solo e constituem um "mulch" muito eficaz;
- as declividades são fortes demais para permitir o preparo morro abaixo com arada de tração animal;
- o emprego de adubação melhora a estrutura e aumenta a permeabilidade;
- a cultura da cana, graças a seus sistemas radiculares e vegetativos, dá uma boa proteção ao solo.

4.4 - CONCLUSÕES SOBRE O PERIGO DE EROSÃO NO NORDESTE

Por esses fatores referidos, pode-se pensar que o risco erosivo no Nordeste é mínimo?

Não, pois alguns valores de perda de solo obtidos pelas parcelas trabalhadas após muitos anos estão aí para despertar a atenção.

Assim, no campo experimental do IPA, em Caruaru (PE), uma cultura de algodão herbáceo, em declive de 12%, pode provocar uma erosão de 72,9 t/ha, sobre um Regossolo com 700 mm de pluviometria anual. Essa erosão é muito elevada, pois, em Londrina (PR), que é uma região muito erosiva, uma cultura idêntica dá apenas uma erosão média de 13 t/ha.

Da mesma maneira, práticas antierosivas mal conduzidas (camalhões em contorno não bastante profundos, às vezes) podem ser mais nefastas e provocar perdas de terra superiores à da prática considerada como menos eficaz, o plantio morro abaixo (IPA, relatórios anuais, 1977 e 1978).

Momentaneamente protegido pelos sistemas de cultivo manual ou de tração animal, pela qualidade da superfície de seus solos, pela relativa fraqueza da erosividade das chuvas, apesar da prática antiga e tenaz do preparo morro abaixo, o Nordeste bruscamente desmatado e cultivado, intensa e mecanicamente, poderia, em alguns anos, ver desaparecer seus solos. Sobretudo aqueles solos desenvolvidos sobre o embasamento cristalino onipresente no interior do país: Bruno não cálcicos, Regossolos, Litossolos, Podzólicos, Solonetz, Planossolos...etc, solos às vezes rasos, cuja tolerância de perda de solo, que é função da profundidade, é muito baixa, senão nula. *Nenhuma tolerância é então permissível.* Não se pode deixar esses solos se erodirem mesmo um pouco, sem o risco de vê-los passar a rocha decomposta e estéril.

De outro lado, alguns dados de escoamento superficial mostram que a perda de água se situa entre 1 e 15% da pluviometria, com um valor médio perto de 10% em solos rasos mas ricos quimicamente. Isto significa que, nas zonas de clima semi-árido do Sertão, que constituem a maior parte do Nordeste, e onde estes solos são dominantes, uma possibilidade de sucesso de culturas ou de pastagens é perdida pelo escoamento de 40 a 60 mm de água.

No estágio atual do desenvolvimento agrícola e rural do Nordeste e, em particular, na zona do Polígono das Secas, mais do que um problema de conservação de solo, *o problema real nos parece ser o da conservação e da economia da água.*

Os clamores alarmistas sobre a erosão dos solos do Nordeste são, na nossa opinião, injustificados. Mas, o risco fica latente, potencial, no caso da exploração brutal, intempestiva e mal conduzida. Convém, pois ainda é tempo, salvaguardar desse perigo as potencialidades, às vezes frágeis, dos solos do Nordeste.

O capítulo seguinte vai permitir-nos focar novas linhas de pesquisas suscetíveis de ajudar a conservação da água e do solo.

5 - PROPOSIÇÃO E ORIENTAÇÃO DE NOVAS LINHAS DE PESQUISAS

Como foi feito até o presente, vamos examinar os estudos a desenvolver segundo a ordem dos fatores de WISCHMEIER. Uma volta ao cap. 2, que trata dos fatores da equação de perda de solo, será algumas vezes necessária para uma melhor compreensão. Numerosos problemas postos pelos fatores foram levantados naquele capítulo.

5.1 - PESQUISAS SOBRE A EROSÃO CLIMÁTICA E A AGRESSIVIDADE DAS CHUVAS

5.1.1 - Com chuvas naturais

5.1.1.1 - Pesquisas sobre o fator R de erosividade das chuvas

Essas pesquisas, que podem parecer um pouco teóricas, acadêmicas e rebarbativas por seu aspecto matemático, dizem respeito, todavia, a dados básicos fundamentais. Elas devem em todo caso e *obrigatoriamente, prosseguir*, pois os responsáveis brasileiros pela conservação escolheram, orientaram e começaram, há vários anos, seus estudos neste domínio.

Não se deve recuar sob pena de se ver perder todos os dados já colhidos. Os outros países do mundo ocidental têm, aliás, largamente desenvolvido este domínio da conservação do solo e da água.

Vimos, no cap. 2 que, graças ao Banco de Dados da SUDENE e ao apoio dos convênios celebrados com a SUDENE, o Nordeste dispõe, hoje, de um número de dados considerável. *Mas, a distribuição dos postos pluviográficos já tratados é irregular.*

Certos Estados e algumas regiões são praticamente *desprovidos* de dados, porque os postos não existem, ou existem, mas não são tratados. Neste último caso, pode-se dividir estes postos em dois grupos: os que dependem da SUDENE e os que pertencem a outros órgãos.

As zonas cujos dados faltam são as seguintes: (ver também o mapa anexo e a fig. 1.3.2)

- totalidade do Maranhão e parte ocidental do Piauí, isto é, zonas imensas, pré-amazônicas, com potencialidade agrícola elevada, pois têm solos profundos e pluviometria importante;
- zona do litoral cearense e do Rio Grande do Norte;
- zona do Agreste e da Mata litorânea oriental (Pernambuco, Alagoas, Ser-

gipe e Bahia);

- zona mais ocidental do Sertão baiano e a parte de Minas Gerais ligada à jurisdição da SUDENE.

É possível preencher em parte esses vazios. Existem postos de boa qualidade, cujo número de anos completos de dados é suficiente para permitir o cálculo do fator de erosividade.

Trata-se dos postos seguintes, dirigidos pela SUDENE (ver também o quadro 3.1.1.1.1):

MARANHÃO	: S.R. das Mangabeiras (9 anos)	}	Zona do Litoral
PIAUÍ	: Luzilândia (11 anos) Gilbuês (8 anos)		
CEARÁ	: Granja (10 anos) Acarau (9 anos)		
RIO GRANDE DO NORTE	: Baraúnas (14 anos) Ganguaretama (12 anos)		
PERNAMBUCO	: Catende (10 anos)	}	Zona do Agreste ou transição Sertão-Mata
ALAGOAS	: Palmeira dos Índios (7 anos) Viçosa (5 anos)		
SERGIPE	: Frei Paulo (10 anos)		
BAHIA	: Ubaitaba (5 anos) Boa Nova (8 anos) Itapetinga (12 anos) Santana (10 anos) Macaúbas (9 anos) Jupaguá (8 anos) Xique-Xique (7 anos)		
			Zona do Sertão ocidental

Seriam necessários outros postos fora do controle da SUDENE (DNAEE e diversos órgãos).

Trata-se de postos das capitais litorâneas com grande número de anos completos de dados (São Luís, Fortaleza, Recife, Salvador) e de Quixeramobim, no Sertão do Ceará. Os pluviogramas poderiam ser pedidos a estes órgãos e tratados pela Div. de Hidrometeorologia da SUDENE. Todos os postos citados acima deveriam ser tratados e gravados em fitas do Banco de Dados com *prioridade*. Isso permitiria preencher as partes em branco do mapa anexo e obter um melhor conhecimento das regiões do Agreste e da Mata, zonas mais utilizadas pelas atividades agropecuárias.

A tabela 5.1.1.1.1 seguinte elaborada a partir dos dados de três Estados do Nordeste (Pernambuco, Paraíba e Alagoas) permite constatar este fato. Essa tabela mostra, igualmente, que as zonas de serras com fortes declives, solos profundos e geralmente ricos e com chu-

vas orográficas abundantes e finas são as mais cultivadas e bem povoadas.

Seria conveniente estudar vários postos destas zonas e, em particular, dos "brejos", *regiões altamente favoráveis* à agricultura em razão de seu microclima e de sua fraca erosividade das chuvas (ver gráfico, fig. 2.2.1.4).

Tabela 5.1.1.1.1

Densidade da população e dos cultivos nos 3 Estados do Nordeste

	Superfície total (km ²) (1)	Superfície cultivada (km ²) (2)	População (Milhões de hab.) (3)	% da superfície cultivada ((1)/(2))	Numero de habitantes p/ha ((1)/(2))
Mata	32.500	4.840	2,58	15	5,33
Agreste	15.660	3.781	1,10	24	2,91
Caatinga	81.000	4.250	0,92	5	2,15
Serras	10.930	3.580	0,81	33	2,26

Fontes de dados: (1) e (2) Serviço de Estatística da Produção. M.A. - Censo de 1959.

(3) Serviço de Estatística da Produção. M.A. Censo de 1950. ETENE. BNB.

in "O Nordeste e as lavouras xerófilas". Guimarães DUQUE. Coleção Mossoroense. ESA Mossoró, vol. CXLIII, 1980.

O número de postos tratados no Sertão é agora suficiente (cap. 3 e fig. 2.2.1.4), e, no estado atual de conhecimento, *é inútil continuar a trabalhar sobre estes postos, mas, ao contrário, trabalhar sobre os do Agreste e da Mata.*

5.1.1.2 - Estudos necessários a uma melhor avaliação do fator R de WISCHMEIER

Como foi mostrado no cap. 2, parágrafo 3, a energia cinética calculada para a avaliação do R de WISCHMEIER depende do diâmetro das gotas de chuva, e nada prova que este diâmetro seja o mesmo nos E.U.A. e no Brasil.

Então, a medida do diâmetro das gotas deve ser feita para todo o Nordeste, do litoral até o interior. Essas medidas básicas estão em vias de elaboração, de acordo com o método de HUDSON (1963 e 1964), com intensidades de chuva diferentes.

5.1.2 - Com chuvas simuladas

O emprego do simulador de chuva cresceu largamente nestes últimos anos, se bem que em todo projeto de conservação do solo está ligado a compra de um simulador de chuva. Lembramos que, do nosso conhecimento, existem quatro no Nordeste. O uso adequado do simulador implica a observação de alguns pontos que iremos abordar.

5.1.2.1 - A aparelhagem

Os simuladores em funcionamento no Nordeste são do tipo SWANSON, saídos dos trabalhos da Universidade do Nebraska entre 1965 e 1972. A máquina é composta de 10 canos radiais, girando a 3,5 m do solo em volta de um eixo fixo e de 30 bicos aspersores tipo VEE-JET 80.100, cuja regulagem é função da pressão da água e permite a seleção de 4 intensidades: 30, 60, 90 e 120 mm/h. A superfície coberta é capaz de conter duas parcelas de 11 x 3 m.

5.1.2.2 - Problemas de funcionamento

a) Metodologia: toda metodologia do simulador no Brasil foi normalizada de acordo com as recomendações do IAPAR/EMBRAPA (1975).

b) Calibração: a calibração é delicada e indispensável para a obtenção de bons resultados. Métodos válidos são descritos (DENARDIN e WÜNSCHE, 1978), (CASSOL e GUERRA, 1978), (SAUNDERS et alii, 1980a).

O aparelho deve ser mantido em bom estado de funcionamento mesmo quando não estiver sendo usado. Um teste de calibração deve ser feito antes de cada primeira série de medidas. Muitas delas são falseadas devido à obstrução dos bicos por insetos. Após a calibração um simples pluviômetro posto sob o simulador no centro da parcela permite verificar se as intensidades estão corretas.

5.1.2.3 - Problemas de medida

a) Obtenção: um simulador de chuva sem limnígrafo de leitura rápida é como um carro que tem somente uma velocidade. A quantidade dos resultados, o número e o potencial de dados registrados graças ao emprego do limnígrafo são tais, que para cada compra de simulador, *deveria ser exigida a de um limnígrafo*. Isto deveria ser exigência do órgão financiador, neste caso, a SUDENE. De nosso conhecimento, nenhum simulador em uso no Nordeste está acompanhado de um limnígrafo, enquanto que o seu emprego se generaliza no Sul do país. Na verdade, ao preço já elevado do simulador será necessário adicionar aquele, também elevado, do limnígrafo, mas a qualidade dos resultados das medidas depende disso. *Mais valem dois simuladores com limnígrafos que quatro sem eles.*

b) Escolha das intensidades/durações das chuvas simuladas. As recomendações da IAPAR/EMBRAPA (1975) preconizam a sucessão seguinte para todo o Brasil:

- uma chuva de 60 mm/h durante 1 hora
- um intervalo de 24 h
- uma chuva de 60 mm/h durante 30 min
- um intervalo de 1 hora
- uma chuva de 120 mm/h durante 18 min.

Se essas normas talvez se justifiquem no Sul do país, elas não nos parecem ser convenientes para o Nordeste. Vamos ver por quê.

- Sucessão das chuvas. Um simulador é feito e utilizado para reproduzir artificialmente chuvas naturais. Ora, os hietogramas de chuva bienal e decenal (fig. 5.1.2.4) provenientes do exame de milhares de chuvas indicam que as chuvas do Nordeste começam por um período bastante curto (~30 min) com forte intensidade e terminam por uma cauda de chuva de uma a várias horas com intensidade fraca. Esse fenômeno não é exclusivo do Brasil, mas foi notado por numerosos autores nas zonas tropicais. Ora, esse desenrolar de uma chuva natural é o inverso do preconizado pelo simulador, pois, no caso do simulador, a chuva de intensidade máxima se encontra em fim de precipitação. As consequências desta inversão são importantes pois os efeitos de saturação do solo após as primeiras chuvas com 60 mm/h de intensidade provocarão um escoamento superficial e uma perda de terra máximos fora do comum e muito raramente encontrados na natureza (ver cap. 2, tab. 2.4.1.1).

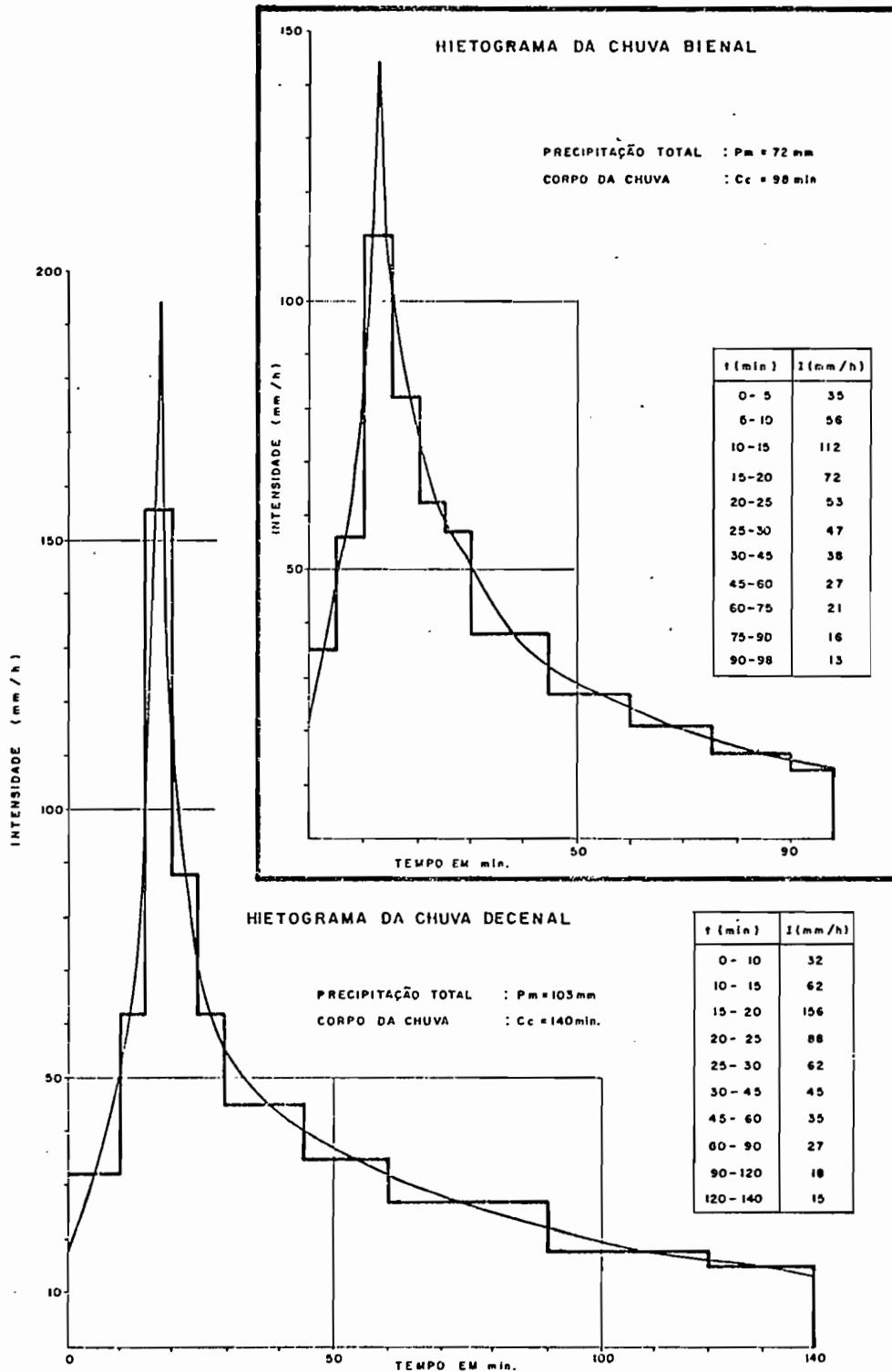
- A quantidade de chuva.

Em todo o Sertão, isto é, uma grande parte do Nordeste, as precipitações em 24 h. são bem inferiores àquelas fornecidas pelo simulador, que são de $60 + 30 + 36 = 126$ mm em 26 h e 48 min. Com efeito, no caso do Riacho do Navio (fig. 5.1.2.5) a precipitação diária de probabilidade de uma vez em cada ano é de 57 mm e a de probabilidade decenal é de 102 mm (NOUVELOT, J.F. 1979). As chuvas simuladas recomendadas pela IAPAR/EMBRAPA (1975), são, então, do ponto de vista da quantidade, bem superiores a uma chuva decenal e são de tipo excepcional e pouco utilizáveis.

- Intensidade/Duração.

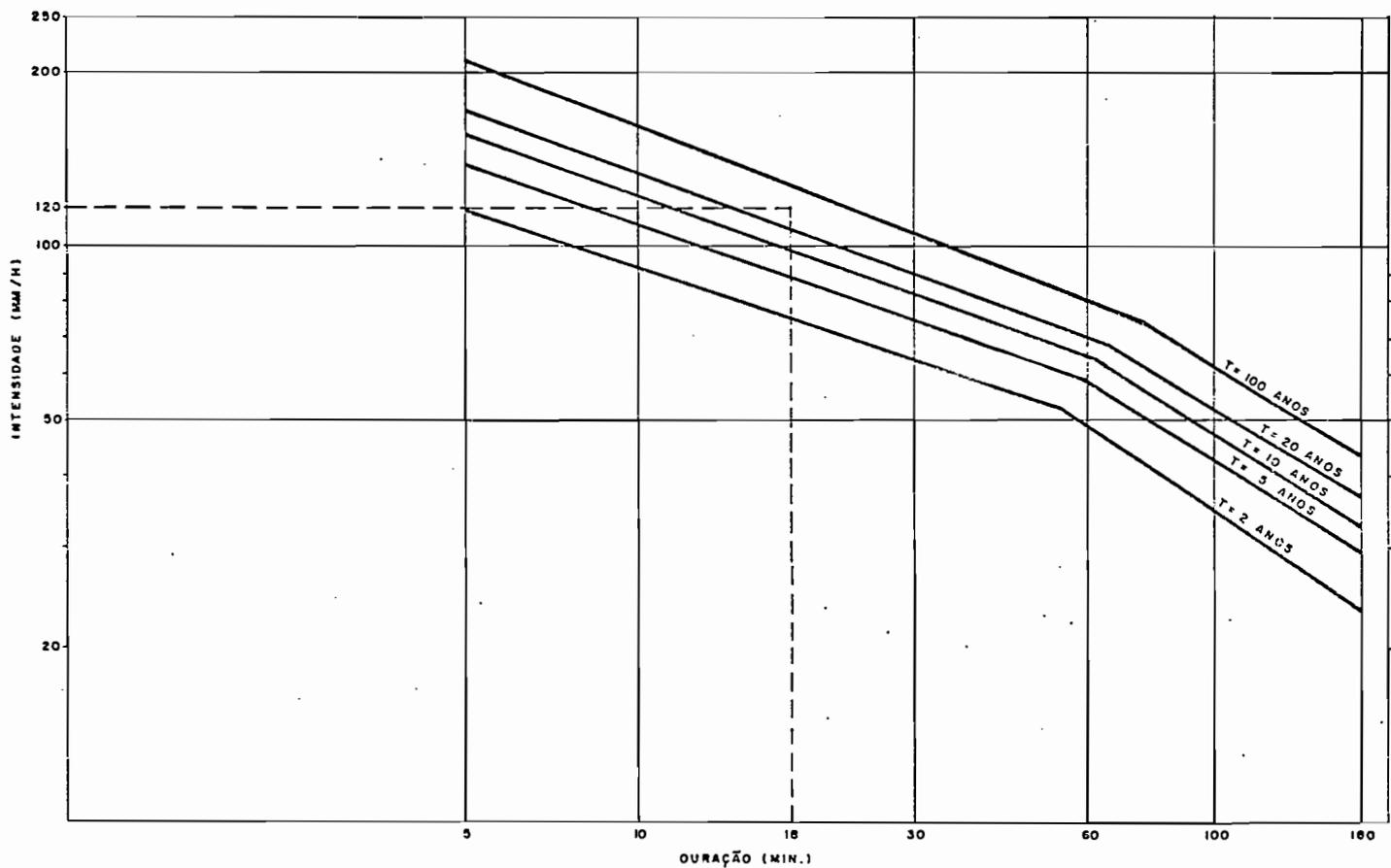
Do mesmo modo, as intensidades preconizadas nos parecem bem superiores às das chuvas naturais. Assim, como mostram as figuras 5.1.2.5 e 5.1.2.6, as intensidades de 60 mm/h durante uma hora correspondem a um período de retorno de 10 anos (fig. 5.1.2.5) e a intensidade de 120 mm/h durante 18 minutos é superior às frequências anuais e decenais de muitos postos e também superior aos valores máximos observados nos postos do Sertão. Essa intensidade de 120 mm/h durante 18 minutos só é ultrapassada pelas frequências decenais e centenárias dos postos chuvosos (Várzea Alegre, fig. 5.1.2.6).

Fig. 5.1.2.4 - BACIA REPRESENTATIVA DO RIACHO DO NAVIO



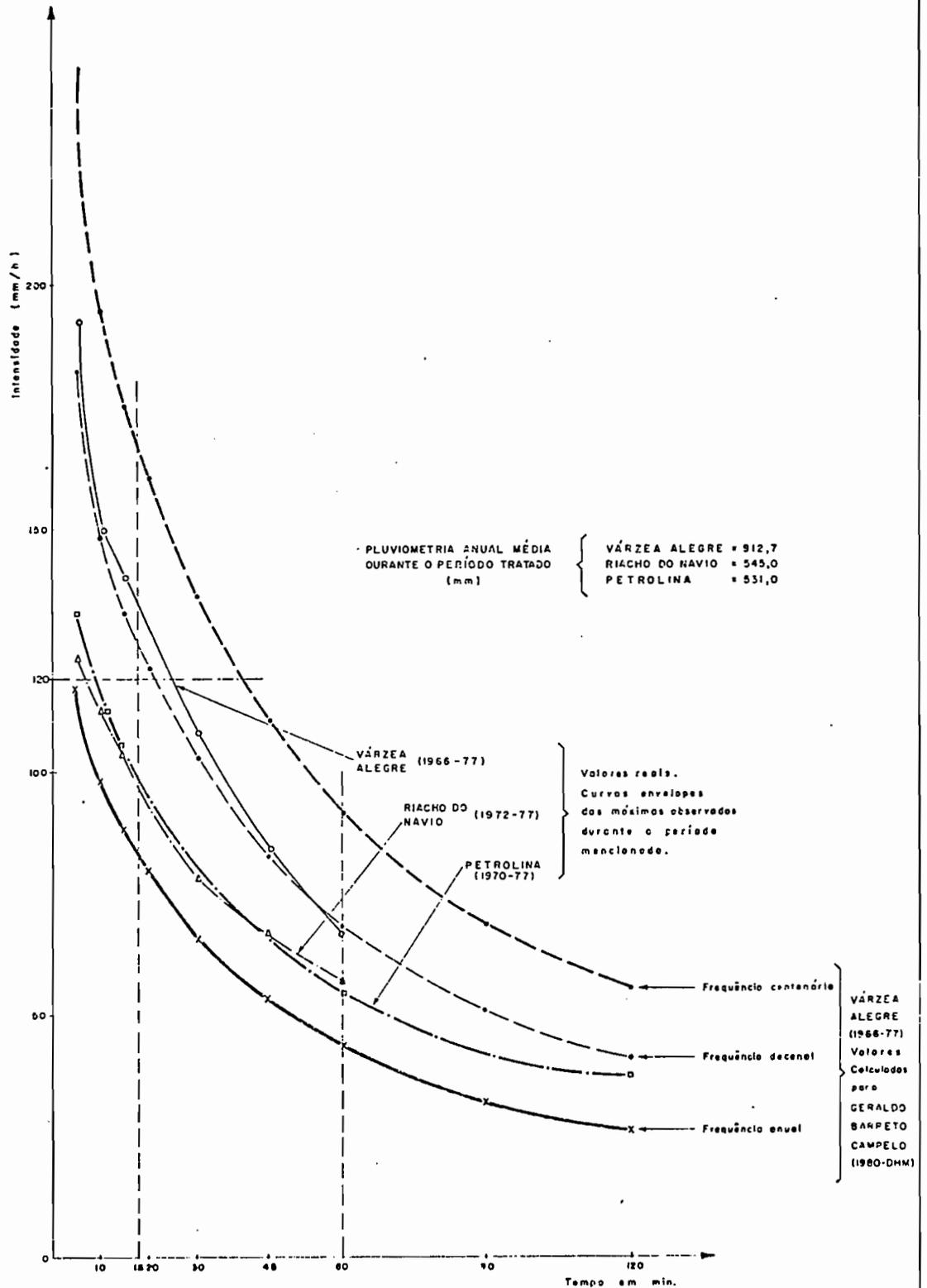
FONTE: NOUVELOT, J. F. et alii - Bacia Representativa do Riacho do Navio. SUDENE, 1979. (Brasil: SUDENE Hidrologia, 6)

Fig. 5.1.2.5 - INTENSIDADES MÁXIMAS EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO, PARA VÁRIOS PERÍODOS DE RETORNO
 BACIA REPRESENTATIVA DO RIACHO DO NAVIO



FONTE: NOUVELOT, J. F. et alii - Bacia Representativa do Riacho do Navio. SUDENE, 1979. (Brasil.SUDENE.Hidrologia, 6)

Fig. 5.1.2.6 - CURVAS INTENSIDADE - DURAÇÃO DAS CHUVAS



Essas intensidades/durações escolhidas para o simulador são igualmente *bem superiores* às do conjunto dos outros postos do Nordeste (Agreste e Mata) (PFAFSTETER, 1957 e tabela 4.3.1.1 cap. 4).

Em resumo, pode-se dizer que as escolhas das intensidades/durações a serem utilizadas pelo simulador no Nordeste devem ser reconsideradas em função dos imperativos e dos dados das chuvas naturais. Esta precaução, se se quiser obter dados utilizáveis e o mais próximo possível das condições naturais, *nos parece muito importante*.

c) Tipos de estudos e de medidas a desenvolver com ajuda de simulador mais limnógrafo (parágrafo em parte inspirado em COLLINET e VALENTIN, 1979).

- Protocolo das medidas

Além de uma sucessão de chuvas, que é bom normalizar nas regiões de mesmo clima para poder comparar os resultados, seria judicioso, quando o simulador for implantado no local escolhido, depois das dificuldades de transporte de material, fazê-lo trabalhar *mais intensamente*.

O plano de trabalho para mais ou menos *uma semana* poderia prever um protocolo fixo de várias séries de chuvas e de intervalos sucessivos diferentes, de maneira a testar os efeitos dos diferentes estados de umedecimento do solo sobre a perda em terra e o escoamento superficial. A intensidade-padrão de 60 mm/h durante 30 min, largamente utilizada nos outros países, poderia ser tomada para a maior parte das chuvas durante uma semana. Uma chuva muito forte de 120 mm/h durante 5 ou 10 min, no máximo, ou de 90 mm/h durante 15 min, deveria então intervir no início do ciclo de medidas, *como é o caso* para as chuvas naturais. No meio da semana, uma sucessão de chuvas de intensidade 60 mm/h durante 10 min poderia ser provocada até a obtenção de um *escoamento constante*.

Tomadas de amostras com trado para a determinação da umidade a diferentes profundidades, efetuadas na faixa central situada entre as duas parcelas, permitiriam seguir os estados de umedecimento progressivo dos perfis verticais. Essas medidas poderiam ser feitas graças à *sonda de nêutrons*, de que existem alguns exemplares no Nordeste. A altura total de água caída deveria ser controlada por dois pluviômetros que, graças a um cronômetro, permitiriam saber as intensidades reais fornecidas pelo simulador. Em caso de ventos muito fortes, não se deve fazer as medidas, pois os resultados serão ruins. O escoamento superficial é conhecido graças aos volumes registrados no tanque do limnógrafo registrador.

A erosão e a turbilidade, isto é, os transportes sólidos em solução, são medidos pela tomada das amostras nos recipientes calibrados na saída da parcela (vertedor) e antes do tanque. Pode-se, assim, anotar sobre o diagrama do limnógrafo a hora exata das tomadas de amostras.

- Exemplo de resultados a obter

Os dados fornecidos por um simulador e um limnógrafo são nume-

Fig. 5.1.2.7 - ESCOAMENTO SOB CHUVA COM INTENSIDADE CONSTANTE
Segundo J. COLLINET e C. VALENTIN (1979)

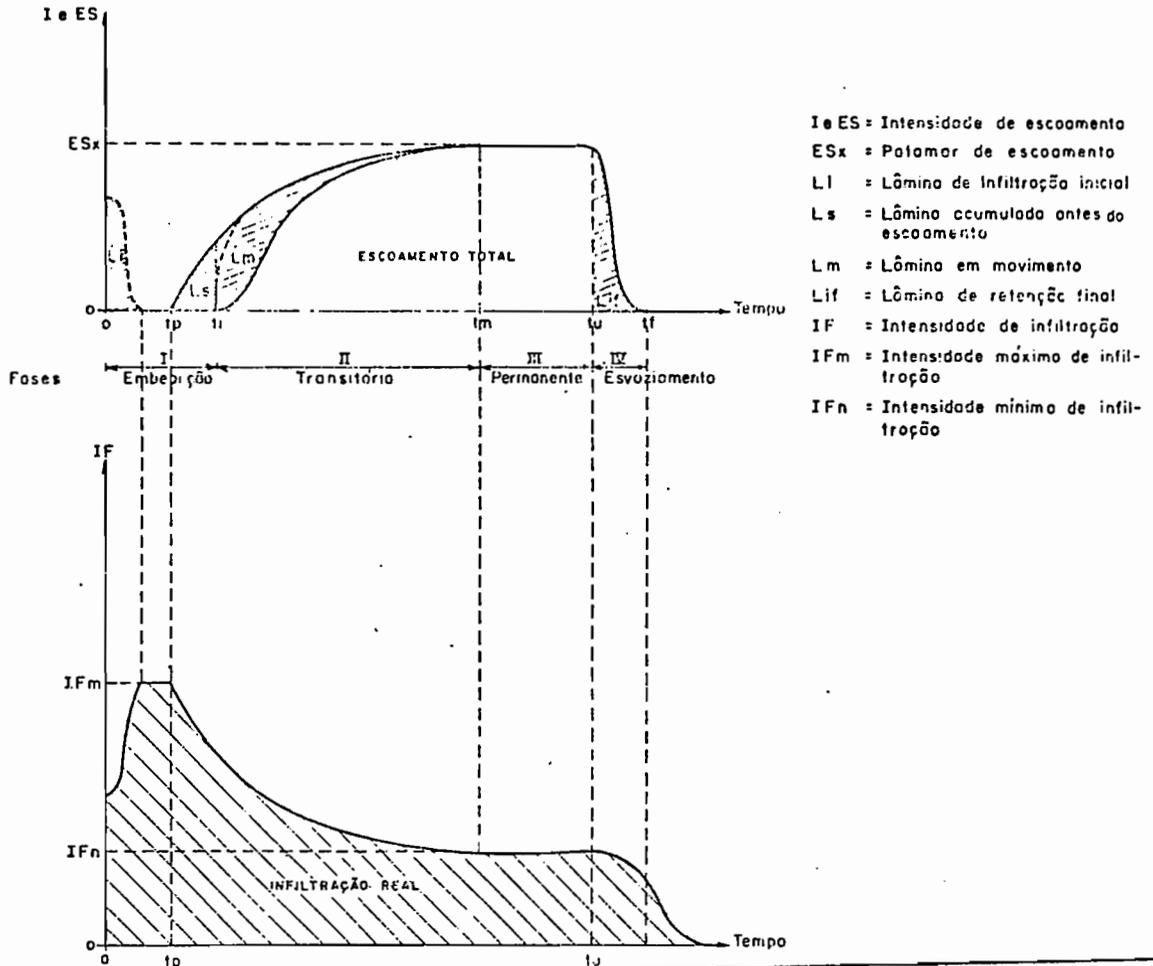
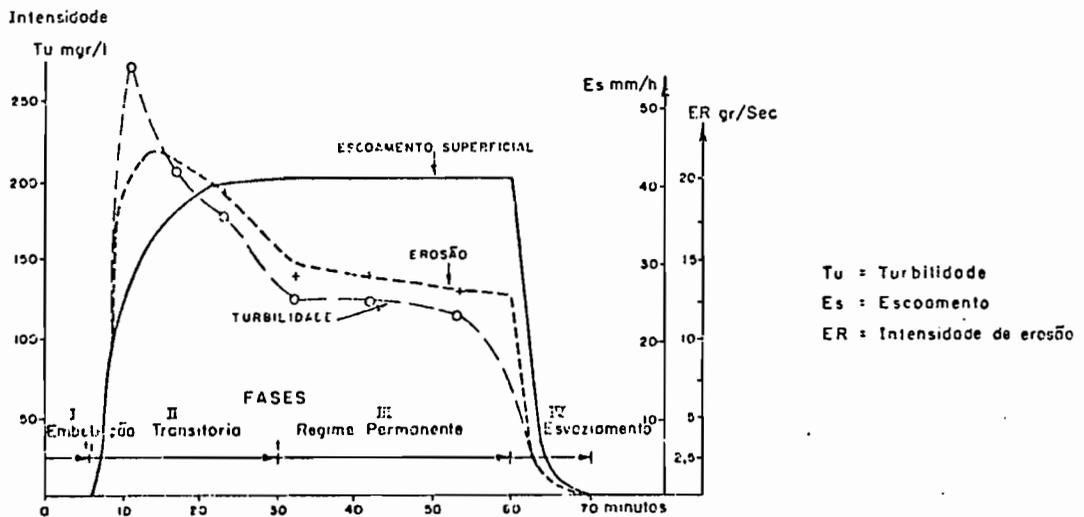


Fig. 5.1.2.8 - EVOLUÇÃO DO ESCOAMENTO, DA TURBILIDADE E DA EROSIÃO DURANTE UMA CHUVA (Segundo E.J. ROOSE e J. ASSELINE, 1978)



rosos e muito interessantes. Os resultados seguintes são tirados dos trabalhos de LAFFORGUE e NAAH (1976), ROOSE e ASSELINE (1978), COLLINET e LAFFORGUE (1979).

Esses dados podem ser transportados para diagramas, o que permite visualizar os fenômenos medidos em função do tempo (figs. 5.1.2.7 e 5.1.2.8).

- Escoamento superficial e infiltração (fig. 5.1.2.7).
Durante uma chuva, quatro fases podem ser destacadas:

A fase de embebição: do tempo t_0 a t_i . Nenhum escoamento se produz, pois a intensidade da infiltração é superior à de chuva. L_i representa a lâmina infiltrada.

A fase de regime transitório: do tempo t_i a t_m . A infiltração diminui. No momento t_p aparecem poças de água sobre a parcela, e, em seguida, as poças de juntam, formam lençóis e filetes de água. O escoamento superficial começa e se intensifica até o momento t_m , em que ele se torna máximo.

Fase de regime permanente: do tempo t_m a t_u fim da chuva. A lâmina de água sobre a parcela é uniforme, o patamar do escoamento é atingido, o escoamento superficial é máximo e a intensidade de infiltração é mínima.

Fase de esvaziamento: do tempo t_u fim da chuva a t_f fim do processo. O escoamento superficial decresce e pára após um período que depende da superfície do solo (rugosa ou não, por exemplo).

- Turbilidade e erosão (fig. 5.1.2.8)

As quatro fases precedentes permanecem. A turbilidade, que é a carga sólida por unidade de volume de água escoada em grama por litro, aumenta muito rapidamente logo depois da fase de embebição e antes que o patamar de escoamento superficial seja atingido. Isto se pode explicar pelo transporte das partículas liberadas pelo efeito "splash" no início da chuva e evacuadas no início do escoamento. Em seguida, a turbilidade decresce durante o patamar de escoamento e pára antes da fase de esvaziamento.

A erosão, que é o produto da turbilidade média pelo volume do escoamento, segue um caminho idêntico ao da turbilidade, mas o fenômeno é um pouco mais acentuado (ver curvas da figura 5.1.2.8).

5.1.2.9 - Conclusão sobre os estudos com o simulador de chuva

Uma grande quantidade de informações interessantes pode

pode ser extraída dos dados fornecidos pelo simulador e as curvas apresentadas nas figuras 5.1.2.7 e 5.1.2.8.

Todos os grandes tipos de solos do Nordeste deveriam ser testados e seus caracteres hidropedológicos definidos.

Os dados mais importantes nos parecem ser:

- a intensidade máxima e mínima do escoamento (ESx e IFn);
- o escoamento total;
- a infiltração total real;
- o coeficiente de escoamento global e
- a altura de chuva de embebição (muito importante para o agricultor).

O interesse desses dados é evidente para o agricultor, mas também para o hidrólogo. Este tipo de estudo forneceria os dados verdadeiros indispensáveis a este último, sobre as pesquisas de bacias, em particular no Sertão seco: escoamento, permeabilidade, capacidade de armazenagem, dados que faltam realmente (CAMPELLO S., 1979, p. 114).

Além de possibilitar a obtenção desses dados, o uso de simulador em colaboração com os botânicos e agrônomos deveria servir ao estudo de *germinação* das plantas cultivadas ou nativas, *da quantidade da irrigação* de complementação, *da eficácia da cobertura vegetal* (fator C), *da susceptibilidade* dos solos à erosão (fator K), dos *experimentos* das diferentes práticas culturais (arações, por exemplo) e *conservacionistas*, como vimos agora.

5.2 - PESQUISAS SOBRE A ERODIBILIDADE DOS SOLOS

Em continuidade ao que foi dito no cap.2 podem ser feitas as proposições das seguintes pesquisas:

- Necessidade de obter dados a partir das verdadeiras parcelas-padrão de WISCHMEIER (22,1 m de comprimento, 9% de declividade, mantida continuamente descoberta e preparada com faixa reta arada no sentido do declive; uma aração é necessária cada vez que houver a formação de uma película superficial). Esse trabalho do solo deve ser *normalizado*. Sendo parcela de referência, a parcela-padrão deveria, no melhor dos casos, ser implantada em cada zona climática e também sobre cada grande tipo de solo acima de um perfil modal. *Nenhuma verdadeira parcela* de WISCHMEIER foi instalada no Nordeste.
- Tentar comparar e correlacionar as determinações do fator K de erodibilidade obtidas sob chuvas naturais com aquelas obtidas sob chuvas simuladas e calculadas com ajuda do nomógrafo.

- Normalizar o preparo das parcelas sob o simulador e que servirão para testar as terras sob vegetação natural ou em pousio, ou já aradas de maneira a comparar só o que é comparável. Seria muito interessante seguir a evolução do fator K no solo sob vegetação natural (caatinga, floresta, pastagem), depois, em desmatamento, em seguida, na época da produção, no segundo ano de produção, etc., até que o fator K seja estabilizado. Será também interessante observar a evolução da erodibilidade após o uso de adubação mineral, ou de adubação verde. Notemos que *não existem* no Nordeste parcelas em meio natural e que é impossível saber o coeficiente de escoamento superficial sob caatinga ou mata, por exemplo.
- O fator K de todos os grandes tipos de solos deveria ser determinado a partir de dados obtidos sob chuvas naturais e simuladas, e não a partir do método nomográfico que *não foi testado* no Nordeste. Sob chuvas naturais, as parcelas serão as dos campos experimentais e estes campos, *infelizmente*, não foram escolhidos em função de seus solos, mas em razão de numerosos outros fatores, se bem que grandes tipos de solos não tenham sido testados (Latosolos, Podzólicos Eutróficos etc.). Da mesma maneira, a repartição geográfica dos campos experimentais é ruim, pois deixa fora das investigações as zonas agrícolas muito importantes da Mata e do Agreste (Tabela 5.1.1.1.1).
- Desenvolver os estudos sobre a agregação do solo e os testes de instabilidade estrutural (I_s de HENIN) para tentar correlacionar esse índice I_s com a erodibilidade K (bons resultados já foram obtidos na África). Analisar qualitativamente as perdas de terra e de água (análises químicas, mineralógicas etc.).
- Tentar ligar a degradação e a erodibilidade com o aspecto de superfície do solo (película superficial endurecida ou não, "vitrificada" ou não, camada, rugosidade, diversos tipos de agregação...). Um estudo minucioso que foi utilizado há alguns anos (LEPRUN, 1978) permite compreender os processos de desagregação, de impermeabilização, de separação da argila dos outros constituintes, do empobrecimento da superfície. É o da *técnica micromorfológica*. As observações de lâminas delgadas endurecidas pelas resinas artificiais são feitas com microscópio. As transformações dos estudos de superfície muito importantes em razão de sua influência sobre o escoamento superficial podem assim ser evidenciadas.

5.3 - PESQUISAS SOBRE A INFLUÊNCIA DO FATOR TOPOGRÁFICO (LS) SOBRE A EROSÃO E O ESCOAMENTO

O fator L, comprimento de rampa, só pode ser calculado sob chuvas naturais, sob parcela de mesma declividade, no mesmo solo, submetida ao mesmo tipo de preparo. Lembremos que experimentos bastante decepcionantes foram tentados pelo IPA, e que estes deveriam ter continuidade. As boas instalações da estação de Alagoinha (Agreste da Paraíba) poderiam permitir a obtenção da perda em terra em função de L, do tipo da de BERTONI (1959) ou da de DENARDIN et alii (1978) no Sul do país. Lembremos, igualmente, que este fator L é o ponto fraco da equação de WISCHMEIER, e que só existe um meio de evitá-lo: *fazer parcelas com 22,1 m de comprimento*.

O fator S pode, por outro lado, ser facilmente determinado com o auxílio do simulador. Basta, então, posicionar-se sobre uma vertente com setores de declividades variáveis e mandar tomar as medidas de perda de solo e de água ao longo de toda a vertente. Vimos que o âbaco de WISCHMEIER (fig. 2.4.3.3.1) foi estabelecido apenas para declividades inferiores a 20%, e que, nas zonas de serra, muito exploradas (tabela 5.1.1.1.1), declividades bem superiores a 20% são cultivadas. Seria, portanto, interessante saber o que acontece em declividades fortes, não somente do ponto de vista da erosão, mas também, e sobretudo, do ponto de vista do escoamento. O coeficiente de escoamento se estabiliza com culturas em torno de 24% ou diminui curiosamente com pousio, como é o caso da África? (ROOSE, 1977).

5.4 - PESQUISAS SOBRE A INFLUÊNCIA DA COBERTURA VEGETAL

Com este fator, entra-se no domínio das coisas concretas, cujo interesse é sua compreensão pelo agricultor, que pode ser imediata. Com efeito, é fácil compreender que se se interpõe uma planta entre a chuva e o solo, a energia das gotas, em vez de servir para quebrar os agregados do solo nu, vai ser interceptada pelo vegetal e se dispersar.

Mesmo assim uma certa quantidade de água atinge o solo entre as plantas, por fracionamento das gotas sobre as folhas, por escoamento ao longo do caule. A análise desses fenômenos abre novas vias de pesquisas muito interessantes, resultando em um conhecimento mais aprofundado da proteção do solo por diversos tipos de coberturas vegetais. Estudos poderiam ser feitos no Nordeste com diferentes plantas cultivadas ou não, à semelhança dos estudos em curso nas diversas regiões do mundo (JACKSON, 1975 *in* VALENTIN, 1978).

No momento, estudos mais simples e diretamente utilizáveis poderiam ser conduzidos. Trata-se do censo de diferentes plantas de cobertura, consórcios (leguminosas, gramíneas...), períodos de semeios... O cálculo do fator C para diferentes plantas mais cultivadas e a sua variação ao longo do ciclo vegetativo pode ser realizado muito facilmente graças ao simulador de chuva fora das estações chuvosas. Já existem obras que podem ajudar (SAMFORD P. de A., 1961; TENÓRIO, E.C., 1970...).

Como preconizamos para o fator K, não existem dados de erosão e de escoamento em meio de vegetal natural. Eles são necessários não somente para servir de referência, mas também para saber qual é a *degradação "normal"*, isto é, não agrícola dos solos e a perda "normal" de água sob diferentes climas do Nordeste.

Experimentos da influência de diferentes densidades de semeios poderiam ser tentados. Eles permitiriam encontrar a densidade ótima para diferentes tipos de culturas em função da qualidade do solo, para reduzir ao mínimo o escoamento e a erosão. Com efeito, quanto mais as culturas são intensivas, menos a erosão é forte e, então, mais cresce o rendimento (HUDSON, 1973).

5.5 - PESQUISAS SOBRE A INFLUÊNCIA DAS PRÁTICAS CULTURAIS E CONSERVACIONISTAS SOBRE A CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

É o aspecto mais interessante, pois é o mais aplicado e o mais facilmente aplicável, também, da conservação e do manejo dos solos e da água. Vimos, nos capítulos precedentes, que os estudos do IPA abordavam largamente essas pesquisas no Estado de Pernambuco. Os efeitos de cobertura morta, de rotação de culturas, de adubação verde, de sulcos e camalhões em contorno foram previstos. São alguns resultados são conhecidos, e, particularmente, o efeito do método de plantio em contorno e alternância de capinas (tabela 4.3.5.1) e o efeito do plantio direto que se destaca na tabela seguinte:

Tabela 5.5.1

Efeitos do sistema de preparo do solo sob as perdas em terra e água e sob a produção de milho

Sistema de preparo	Perdas		Produção em grãos
	Terra(t/ha)	Água (%)	Milho(t/ha)
Descoberto	48,33	10,35	-
Aração e gradagem	2,49	2,61	3,027
Plantio direto	0,059	0,47	2,328

Fonte: Relatório anual IPA, 1978

O fator P calculado vai de 1 com preparo morro abaixo a 0,05 com preparo com sulcos e camalhões em contorno, até 0,001 para o plantio direto.

Esta técnica nos parece interessante, sobretudo para as zonas do Sertão e as do Agreste secas, pois então o solo frequentemente não é adensado mas grumoso e pode ser protegido por uma cobertura morta. Mas, ela necessita do uso de herbicida e pesticida. A produção muitas vezes mais baixa pode ser compensada pela economia da energia, pela conservação do solo e sobretudo da água (ver tabela 5.5.1).

Pesquisas mais detalhadas e completas deveriam ser feitas sobre esse tipo de preparo nas diferentes zonas climáticas do Nordeste. Com efeito, o plantio direto "não é simplesmente a omissão de aração mas é uma técnica completa". (PRIMAVESI, 1980).

Outras técnicas de cultura deveriam ser estudadas, pois, na nossa opinião, elas estão um pouco esquecidas no Brasil, e já foram feitas suas provas fora do Brasil. Trata-se:

- da prática do "mulch" ou cobertura morta, não somente como proteção do solo, mas também e sobretudo para *favorecer* a infiltração (MANNERING, 1975) e *diminuir* consideravelmente a evaporação. O "mulch" pode ser a

cobertura morta (palha) ou os restos de culturas. Esse método pode parecer utópico no Sertão seco onde os restos, às vezes, de quantidade fraca, servem de alimento ao rebanho, mas, no Agreste e na Mata, onde eles são habitualmente queimados, poderiam constituir um meio muito eficaz e pouco dispendioso de conservação do solo e da água. Assim, nas culturas do abacaxi, os restos de culturas deixados na superfície do solo reduzem a erosão de 99% e o escoamento superficial de 98% (ROOSE, 1977), qualquer que seja a declividade e o tipo de preparo do solo. O preparo em contorno torna-se então inútil, o que pode diminuir muito o custo da cultura. Experimentos poderiam ser tentados nas culturas do abacaxi da zona do Agreste do Nordeste.

- da prática de camalhões e *sulcos fechados* em curva de nível. Essa prática é pouco ou nada usada no Nordeste, no entanto, é desenvolvida desde 1933 nos E.U.A. e também na África oriental. Ela forma pequenas depressões onde a umidade é conservada e onde se plantam milho, algodão etc. Certos autores demonstraram que este método era preferível a qualquer outro (FAULKNER, 1944, MC CARTNAY, 1964 *in* CONSTANTINESCO, I. 1976). É a única prática conservacionista que torna nulo o escoamento, reduz quase totalmente a perda em terra, aumenta muito a conservação, a umidade e acresce os rendimentos, e isso apesar da superfície perdida pelas separações dos sulcos (KING, 1960).

Se se juntar a esse tipo de prática o do "mulch" de palha ou de restos culturais no fundo dos sulcos fechados, então os resultados obtidos podem *ultrapassar as esperanças* (ver tabela seguinte):

Tabela 5.5.2

Efeitos de algumas práticas conservacionistas

Práticas conservacionistas	Valor de P
Planta de cobertura	0,1 a 0,8
Sulco em contorno fechado	0,1 a 0,2
"Mulch" palha	0,01

Essas práticas bastante simples estão suficientemente testadas para poderem ser utilizadas imediatamente. Numerosos arados experimentados desde muitos anos, têm sistemas que fazem diretamente os sulcos, lançam as sementes e fecham os sulcos. A única restrição é de que os solos não sejam facilmente saturados, pois pode acontecer que a água do solo se eleve, passe para os sulcos e carregue a terra. Uma subsolagem pode então ser necessária.

Na nossa opinião, essa técnica constitui a melhor esperança de sucesso das culturas nas regiões submetidas a pluviometrias fracas e aleatórias, como é o caso das zonas mais secas do Polígono das Secas. Isto poderia ser uma das pesquisas prioritárias a se desenvolver no Centro EMBRAPA-CPATSA de Petrolina, onde sulcos e camalhões em curva de nível já produzem um aumento da água armazenada e da produção (SILVA A.deS. et alii, 1981).

6 - CONCLUSÕES GERAIS

Certo número de conclusões se depreende do conjunto dos dados e fatos dos cinco capítulos precedentes. Vamos rapidamente destacá-las e tentar apresentar a lista das ações prioritárias para levar ao domínio da conservação dos solos e da água no Nordeste.

Foi mostrado que o Nordeste, graças aos índices de erosividades médios de suas chuvas, aos coeficientes de erodibilidade médios ou fracos de seus solos, à grande extensão e à qualidade de sua cobertura vegetal natural, à fraqueza das superfícies cultivadas, à predominância do trabalho manual ou animal sobre o trabalho mecânico do solo, foi preservado até o presente dos fenômenos erosivos maiores encontrados no resto do Brasil e nas outras regiões tropicais do mundo.

Foi mostrado igualmente que este estado de equilíbrio entre o solo e seu meio natural e humano é precário e que uma simples exploração intensiva e mecanizada poderia por a terra em perigo. Foi posto em evidência que o verdadeiro problema é tanto a conservação e a economia da água como a do solo.

Vimos que o conjunto dos trabalhos empreendidos e a soma dos dados utilizáveis graças aos cinco convênios firmados entre a SUDENE e os diversos Órgãos e Universidades são consideráveis. Mas, a quantidade dos resultados obtidos não é proporcional aos esforços empregados e aos meios postos em ação.

Sobretudo, os resultados não são valorizados e publicados, não repercutem nos serviços interessados, nem para os técnicos agrícolas rurais e agricultores. Estes não sabem o que se passa na estação experimental que está próxima de sua gleba e continuam preparando seus campos morro abaixo, a algumas centenas de metros de um simulador de chuva, cujo preço equivale a vários anos de seu trabalho.

O pequeno mundo da conservação parece um clube privado bem fechado ao mundo exterior.

Então, o que é necessário fazer?

- Inicialmente e prioritariamente, *concentrar todo esforço* da pesquisa sobre os dados de base indispensáveis e diretamente utilizáveis: caracteres hidrodinâmicos do solo, manejo da água, proteção pela cobertura vegetal, influência dos tipos de preparo conservacionistas mais simples e em grande parte já testados sobre a perda em terra e em água e sobre a *produção*.

- *Explorar* os numerosíssimos resultados brutos dos experimentos que estão guardados nos escritórios sem serem utilizados. Esta exploração poderia ser confiada a estudantes, estagiários, que preparariam teses a partir desses dados e assim aprenderiam a trabalhar sobre dados concretos, orientados pelos responsáveis em conservação dos solos.

- *Favorecer* mais o setor de pesquisas pragmáticas sobre o terreno que o setor teórico. Este, a cabeça pensante da pesquisa, deve ficar em con-

tato permanente com as realidades do terreno e as pessoas que aí trabalham. Uma osmose e também uma troca devem ser feitas, de modo que os dois mundos, o do escritório de pesquisa e o do campo, estejam em contacto permanente.

- *Formar* técnicos em conservação de nível médio, que fariam a junção entre o calculador e o agricultor. A qualidade da escolha da formação desse pessoal de articulação é vital. Uma vez formado, esse pessoal competente não deve mudar de setor; todavia, é o que infelizmente acontece.

- *Constituir* equipes pluridisciplinares com vocação de conservação: agrônomos, pedólogos, climatologistas, hidrólogos, estatísticos, botânicos, ecólogos, etc, e pessoal de mecanização agrícola.

- *Vulgarizar* o mais rapidamente possível os principais resultados práticos obtidos, simplificando as demonstrações e insistindo sobre seu aspecto útil e benéfico.

É somente depois que o agricultor vê recompensados os esforços exigidos por rendimentos mais elevados, que ele adota as novas práticas culturais. Por isso, a criação de uma estação experimental de vulgarização parece indispensável. Aberta a todos e, em primeiro lugar, ao agricultor, ela favoreceria o contato e permitiria essa mudança de mentalidade, que é, na nossa opinião, o ponto chave da eficácia do programa de conservação.

O agricultor, o sertanejo, o fazendeiro, devem saber que o sistema de preparo em contorno reduz pela metade a perda de terra e aumenta substancialmente a retenção da água e os rendimentos. Se eles o vêem nos campos da estação de vulgarização, eles procurarão aplicá-lo. Essa mudança de mentalidade deve ser tentada sobretudo entre jovens.

- *Seria conveniente*, sem dúvida, *reagrupar* os esforços e os meios sob a forma de um instituto contralizado de conservação do solo e da água na escala do Nordeste, dirigido pela SUDENE e com a atribuição de escolher zonas de intervenção, de necessidades, e de programação das pesquisas. Com efeito, prioridades devem ser estabelecidas: melhor repartição das pesquisas em função das zonas climáticas, escolha das culturas ou de sistemas de preparo do solo, para estudar e vulgarizar em primeiro lugar.

- *Utilizar* os trabalhos e os mapas de capacidade de uso das terras existentes e os mapas pedológicos que cobrem agora todo o Nordeste, para separar as terras de produção sem restrições importantes ao uso e que podem ser exploradas e as terras de proteção com restrições tais que devem ser postas em reservas.

- *Ter como resultado* um melhor conhecimento da quantidade e da qualidade das águas disponíveis e utilizáveis pela irrigação e do balanço hídrico dos solos sob culturas.

Este balanço não é exaustivo. Ele tem por finalidade reunir e confrontar os homens e as idéias a partir de um documento que reagrupe os dados estabelecidos e os que faltam.

Sem querer concluir em um tom pessimista, é necessário constatar que a conservação dos solos é um objetivo menos prioritário do que a obtenção de rendimentos elevados. A noção de lucro imediato e rápido delapidando o patrimônio natural é frequente e cresce com o tempo. O bom senso do agricultor, seu amor pela terra ligado à boa conservação atual, podem permitir frear essa evolução.

7 - ABSTRACT

The erosion, conservation and land management of soils in Northeast Brazil; a diagnosis balance and new research guidelines.

This paper surveys the current situation of the studies on erosion and the gestion of the soils in Northeast Brazil through the end of 1980. The following are approached in succession: the nature and location of the studies; the different factors of the WISCHMEIER equation of soil parts; the application of the equation, its interest, critical observations and limits; the balance of the studies with achieved and projected results; the evaluation of the risks of water erosion in the Northeast as compared with other regions of the world and, lastly, the proposal of possible new research guidelines in function of the precedent balance and diagnosis. Among the high points: (a) the importance of the aggregate data which are little used and, most important, not disseminated; (b) the danger of the exclusive application of the WISCHMEIER equation which fits in more appropriately with the forms of laminar erosion since erosion is most frequently linear and the factors have yet to be tested in tropical regions; (c) the relatively satisfactory conservation of the Northeast soils due inter alia to the state of the plant cover although the erosion risks are important in the case of intensive and mechanized exploitation.

8 - RÉSUMÉ

L'érosion, la conservation et la gestion des sols au Nord-Est du Brésil; balance, diagnostic et nouvelles lignes de recherches.

Ce travail fait le point sur l'état des études sur l'érosion et la gestion des sols du Nord-Est brésilien jusqu'à la fin de l'année 1980. Sont successivement abordées: la nature et la localisation des études; les différents facteurs de l'équation de pertes en sol de WISCHMEIER, l'application de cette équation, son intérêt, ses critiques et ses limites; le bilan des études avec les résultats acquis et espérés; l'évaluation du risque de l'érosion hydrique du Nord-Est en comparaison avec d'autres régions du monde, et enfin, la proposition de nouvelles lignes de recherches possibles en fonction du bilan et du diagnostic précédents. Sont particulièrement mis en évidence: a) l'importance des données accumulées, mais qui sont peu utilisées et surtout pas divulguées; b) le danger de l'application exclusive de l'équation de WISCHMEIER qui convient surtout aux formes d'érosion laminaire alors que l'érosion est le plus souvent linéaire et que les facteurs n'ont pas été testés en régions tropicales; c) la relative bonne conservation des sols du Nord-Est dû en particulier à l'état de la couverture végétale avec cependant des risques érosifs importants dans le cas d'exploitations intensives et mécanisées.

9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - ANDRADE; A.P. de; DESBESELL, A. A.; MACHADO, J. A. Infiltração da água no solo sob diferentes operações de preparo em condições de chuva simulada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Brasília, 1980. Resumos. Minist.Agric.-SNAP-SRN, 1980. p.22.
- 2 - ARNOLDUS, H. M. J. Prédiction des pertes de terre par érosion en nappe et en griffe. In: FAO. Aménagement des bassins versants. Roma, 1977. 356 p. il. (Cahier FAO: Conservation des Sols, 1) p. 121-49.
- 3 - BALLY, W. Os diversos aspectos da conservação dos solos. O Campo. Rio de Janeiro, 12(137):19-23,42, 1941.
- 4 - BENNET, H. B. Soil conservation. New Hork, McGraw Hill. 1939. 993 p.
- 5 - BERTONI, J. Alguns efeitos da cobertura com palha como prática conservacionista. São Paulo Agricultura, São Paulo, 5, 1959.
- 6 - _____. As determinações de perdas por erosão (resumo). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2., Campinas, 1949. Anais. Rio de Janeiro, Soc.Bras.Ciência Solo, 1953. p. 733.
- 7 - _____. O espaçamento dos terraços em culturas anuais, determinado em função das perdas por erosão. Bragantia, São Paulo, 18:113-40, 1959.
- 8 - _____. LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JÚNIOR, R. Equação de perdas de solo. B. Tec. Inst. Agron., Campinas, (21):1-25, 1975.
- 9 - BORST, H. L. & WOODBURN, R. Rain simulator studies of the effect of slope on erosion and runoff. Washington, U.S.Departement of Agriculture, 1940 (SCST.P., 36).
- 10 - BRUNET-MORET, Y. Étude générale des averses exceptionnelles en Afrique occidentale. République de Côte d'Ivoire. Rapport ORSTOM, Com.Interaf. Etudes Hydr., 1967. 20 p.
- 11 - _____. Étude générale des averses exceptionnelles en Afrique occidentale. Republique de Haute-Volta. Rapport ORSTOM, Com. Interaf.Études Hydr., 1963. 23 p.
- 12 - CABEDA, M. S. V. Computation of storm Ei values. West Lafayette, Perdue University, 1976. 6 p.
- 13 - CAMPELLO, Sylvio. Modélisation de l'écoulement sur des petits cours d'eau du Nordeste (Brésil). Paris, ORSTOM, 1979. 121 f. il. "Tese".
- 14 - CARDOSO, F. P. Erosão. R. Agric., Piracicaba, 14:1-9, 1939.
- 15 - CARTER, C. E. et alii. Raindrop characteristics in South Central United

- States. American Society of Agricultural Engineers Transactions, St. Joseph, 17:1033-7, 1974.
- 16 - CASSOL, E. A. & GUERRA, M. Calibração do primeiro aparelho simulador de chuvas de braços rotativos do Estado do Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, EMBRAPA, 1978. p. 29-39.
- 17 - CAVALCANTE, L. F.; CHAVES, I. de B.; SILVA, A. A. de. Comparação entre valores de infiltração final em solos da Paraíba obtidos com chuva artificial e cilindro infiltrômetro. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980 a, p. 17.
- 18 - _____.; _____.; SILVA, I. de F. Permeabilidade dos solos da Paraíba. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980 b, p. 16.
- 19 - _____.; FERNANDEZ, M. B.; LEITE, J. A. Avaliação da erodibilidade de quatro solos do município de São Mamede-PB, através do nomograma de WISCHMEIER e colaboradores. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980 c, p. 19.
- 20 - CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL. "L'équation universelle de perte de sols de WISCHMEIER". Rapport C.T.F.T., Madagascar, 1966. 15p.
- 21 - CHAVES, I. de B. & DINIZ, E. J. Erosividade de chuvas no Estado da Paraíba. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980 a, p. 11.
- 22 - _____. & _____. Probabilidades de ocorrência de chuvas críticas no Estado da Paraíba. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980 b, p. 10.
- 23 - _____. & FREIRE, O. Erosividade das chuvas na microrregião homogênea brasileira nº 98 (Estado da Paraíba). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, 1978. p. 175-80.
- 24 - _____.; SILVA, I. de F. da.; CAVALCANTE, L. F. Cobertura de pedras e seus efeitos nas perdas de solo e água. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980 c, p. 33.
- 25 - CHEZE, B. & GROS, A. Missão de estudo das possibilidades de desenvolvimento da cultura à tração animal do norte e nordeste do Brasil: C.E.E. M.A.T., Antony, 1978. 22 p.
- 26 - COLLINET, J. & LAFFORGUE, A. Mesure de ruissellement et d'érosion sous pluies simulées pour quelques types de sols de Haute-Volta. Rapport ORSTOM, 1979. 129 p. 2 v.

- 27 - _____. & VALENTIN, C. Analyse des différents facteurs intervenant sur l'hydrodynamique superficielle. Nouvelles perspectives, applications agronomiques. Rapport ORSTOM, Abidjan, 1979. 41 p.
- 28 - _____. & _____. Schéma des interrelations hydrodynamiques dans les milieux naturels et cultivés: valorisation des données morphologiques. Rapport ORSTOM. Abidjan, 1979. 23 p.
- 29 - CONSTANTINESCO, I. La conservation des sols dans les pays en développement. Roma, FAO, 1976. 92 p. il. (Bulletin Pédologique de la FAO, 30).
- 30 - CUNHA, E. da. Os sertões (Campanha de Canudos). 5 ed. Rio de Janeiro, Edições Ouro, 1902. 520 p.
- 31 - DEDECEK, R. A. Perdas de solo, água e nutrientes sob chuva natural num Latossolo Vermelho Escuro, de Brasília-DF. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, 1978. p. 297-310.
- 32 - DELWAULLE, J. C. Relatório de missão ao Brasil. Ações possíveis em matéria de conservação dos solos do Nordeste. Nogent-sur-Marne, C.T.F.T., 1976. 27 p. anexos.
- 33 - _____. Résultats de six ans d'observations sur l'érosion au Niger. Revue Bois et Forêts des Tropiques, 150:15-36, 1973.
- 34 - DENARDIN, J. E. & WUNSCH, W. A. Calibração de três simuladores de chuva acoplados para o estudo do efeito do comprimento de rampa nas perdas por erosão. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, 1978, p. 41-9.
- 35 - _____.: RAMOS, P.D. de C.; WUNSCH, W. A. Determinação do fator comprimento de rampa de um Latossolo Vermelho Escuro Álico (Unidade de Mapeamento Passo Fundo). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, 1978. p.216-9.
- 36 - DIAS, J. de D. de O. A erosão. Recife, 1942
- 37 - _____. Programa de conservação dos solos de Pernambuco em mecanização agrícola e assistência técnica. Recife, Associação dos Engenheiros Agrônomos do Nordeste, 1949. 45 p. (Publicação, 1).
- 38 - DUQUE, J. G. O Nordeste e as lavouras xerófilas. 3 ed. Mossoró, Escola Superior de Agricultura de Mossoró-Fundação Guimarães Duque, 1980. 238 p. il. (Coleção Mossoroense, 143).
- 39 - ELLISON, W. D. Studies of raindrop erosion. Agric. Eng., St. Joseph, 25:131-81, 1944.
- 40 - FAO. La erosión del suelo por el agua; algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo. Roma, 1967. 207 p. (Cuadernos de Fomento Agropecuario, 81).

- 41 - FAULKNER, O. T. Experiments on ridged cultivation in Tanganyika and Nigeria. Trop. Agric. Trinidad, 21:177, 1944.
- 42 - FREIRE, O. & CASTRO FILHO, C. Erosividade da chuva em Piracicaba-SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, 1978. p. 153-5.
- 43 - FREITAS, H. D. de. Sobre a necessidade de um serviço de controle à erosão. R. Ceres, Viçosa, 2(8): 147-53, 1940.
- 44 - FREITAS, M. B. de. Resultados de experimentos de rotação de lavoura e de perdas de erosão em Pesqueira, Pernambuco. In: REUNIÃO DE INVESTIGAÇÃO AGRONÔMICA DO NORDESTE, 1., Recife, 1958. Anais. Recife, IANE, 1958. p. 25-32.
- 45 - _____. O solo de Pesqueira e sua conservação. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 3., Recife, 1951. Anais. Rio de Janeiro, SBCS, 1951. p. 843-914.
- 46 - _____.; CHOUDHRY, E. N.; FARIAS, C.M.B. de. Influência de algumas práticas agrícolas na conservação e fertilidade do solo de uma região semi-árida. B. Pesquisa, Petrolina, EMBRAPA/CPATSA, 1981*.
- 47 - GALABERT, J. & MILLOGO, E. Indice d'érosion de la pluie en Haute-Volta. Ouagadougou, C.T.F.T., 1972. 34 p. anexos.
- 48 - GUSMÃO, A.; JACCON, G.; SECHET, P. Banco de dados hidroclimatológicos do Nordeste: descrição e inventário. SUDENE-DRN, 1979. 13 p. anexos.
- 49 - HEUSCH, B. Estimation et controle de l'érosion hydraulique. Soc. Sci. Nat. Phys. Maroc, 37:41-54, 1971.
- 50 - HUDSON, N. W. The flour pellet method for measuring the size of raindrops. Research Bulletin, Salisbury, Dept. of Conservation and Extension, 4:26, 1964.
- 51 - _____. Raindrop size distribution in high intensity storms. Rhodesian Journal of Agricultural Research, 1(1):6-11, 1963.
- 52 - _____. Soil conservation. Londres, Batsford, 1971.
- 53 - _____. _____. 2. ed. 1973. 320 p.
- 54 - _____. & JACKSON, D. C. Results achieved in the measurement of erosion and run-off in southern Rhodesia. In: INTER-AFRICAIN SOIL CONFERENCE, 3., Dalaba, 1959. Sect. 2, p. 15.
- 55 - INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ & EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Recomendações gerais do encontro sobre o uso do simulador de chuva em pesquisa de conservação do solo no Brasil. In: ENCONTRO NA-

* No prelo.

- SIONAL SOBRE PESQUISA DE EROSÃO COM SIMULADORES DE CHUVA, 1., Londrina, 1975. Londrina, IAPAR-EMBRAPA, 1975. p. 107-20.
- 56 - INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. Projeto de pesquisa sobre manejo e conservação do solo no Estado de Pernambuco. Relatório anual. Recife, 1977. 22 p.
- 57 - _____. _____. Recife, 1978. 19 p.
- 58 - KING, K. F. S. Agri-silviculture (The Taungya system). B. Dept. of For. Univ. of Ibadan, Ibadan, 1, 1960.
- 59 - KOHNKE, H. E. As impressões relativas à conservação do solo de um agrônomo americano no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 1., São Paulo, 1960. Anais. p. 466-9.
- 60 - LAFFORGUE, A. & NAAH, E. Exemple d'analyse expérimentale des facteurs de ruissellement sous pluies simulées. Cahiers O.R.S.T.O.M., série Hydrologie, 13(3):195-237, 1976.
- 61 - LAL, R. Role of mulching techniques in tropical soil and water management. Technical Bulletin, Ibadan, I.I.T.A., 1:1-38, 1975.
- 62 - LAWS, J. O. & PARSONS, D. A. The relation of raindrop size to intensity. Transactions American Geophysical Union, Washington, 24:452, 1943.
- 63 - LEPRUN, J. C. Étude de l'évaluation d'un système d'exploitation sahélien au Mali. Compte rendu de fin d'études sur les sols et leur susceptibilité à l'érosion. Rapport ORSTOM-DGRST, Paris, ORSTOM, 1978. 45 p.
- 64 - LOMBARDI NETO, F. Rainfall erosivity: its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil. West Lafayette, Purdue University, 1977. 53 p. "Tese".
- 65 - _____. & PASTANA, I. F. Relação chuva perdas por erosão. Bragantia, Campinas, 31:227-34, 1972.
- 66 - Mc CARTNEY, J. C. A system of cultivation developed for areas of marginal rainfall. Belfast, Queens University, 1964. "Tese".
- 67 - MACHADO, J. A. Efeito dos sistemas de cultivo reduzido e convencional na alteração de algumas propriedades físicas e químicas do solo. Santa Maria, 1976, "Tese".
- 68 - _____. & BRUM, A. C. R. Efeito de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 2(2):81-4, 1978.
- 69 - MACHADO, J. S. A conservação do solo em Alagoas: In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Brasília, 1980. "Palestra".
- 70 - MANNERING, J. V. Apresentação de programas de pesquisa em conservação do solo nos Estados Unidos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PESQUISA DE ERO-

- SÃO COM SIMULADORES DE CHUVA. 1., Londrina, 1975. Londrina, IAPAR, 1975. p. 73-106.
- 71 - MARGOLIS, E. & ALBUQUERQUE, I. de A. Observações preliminares sobre as perdas por erosão na Estação Experimental de Caruaru. Recife, Instituto de Pesquisas Agronômicas, 1971. 21 p. (IPA, Boletim Técnico, 51).
- 72 - _____. & CAMPOS FILHO, O. R. Determinação dos fatores da equação universal de perdas de solo num Podzólico Vermelho Amarelo de Glória do Goitã. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980. p. 29.
- 73 - _____. & MELLO NETO, A. V. de. Observações gerais sobre as perdas por erosão na zona do Agreste de Pernambuco. Recife, Inst.Pesq.Agron., 1977. 19 p. (IPA.Boletim Técnico, 74).
- 74 - _____. et alii. Efeito do estágio de desenvolvimento da cultura de milho sobre as perdas por erosão. R. bras. Ci. solo, Campinas, 4(3), 1980*.
- 75 - _____. Levantamento da capacidade de uso da terra e planejamento conservacionista da Estação Experimental de També. Recife, Inst.Pesq.Agron., 1975. 36 p. (IPA. Boletim Técnico, 73).
- 76 - MARQUES, J. Q. de A. Cultura em faixa. R. Criad., São Paulo, 17(7): 67-73, 85, 1946 a.
- 77 - _____. Evolução e atual organização do Serviço de Conservação de Solos nos Estados Unidos. Ceres, Viçosa, 3(13): 52-8, jul./ago. 1941.
- 78 - _____. Plantio em contorno para combater a erosão. São Paulo, Secretaria da Agricultura, 1946 b.
- 79 - _____. Vinte quesitos sobre erosão e seu contrôle. Seiva, Viçosa, 23: 4-10, 1946 c.
- 80 - MESQUITA, A. A crise financeira mundial e a exploração racional dos recursos brasileiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Brasília, 1980. "Palestra".
- 81 - MIHARA, Y. Raindrops and soil erosion. B. Nat. Inst.Agric.Science, Series A., 1, 1951.
- 82 - N. FILHO, J. Efeito da subsolagem sobre a produção de sorgo granífero num solo Bruno não Cálcico de Serra Talhada. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980. p. 27.
- 83 - NIMER, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro, Fundação IBGE., 1979. 421 p. (Recursos Naturais e Meio Ambiente, 4).

- 84 - NOUVELOT, J. F.; FERREIRA, P. A. S.; CADIER, Eric. Bacia representativa do Riacho do Navio; relatório final. Recife, SUDENE-DRN, 1979. 193p. (Brasil.SUDENE.Hidrologia, 6).
- 85 - PAIVA G. de. O problema da conservação dos solos no Brasil. B.Minist.Agric., Rio de Janeiro, 30(5):1-7. maio, 1941.
- 86 - PEAFASTETER, O. Chuvas intensas no Brasil; relação entre precipitação, duração e frequência de chuvas em 98 postos com pluviógrafos. Rio de Janeiro, Minist.Viação Obr.Publ.-Depto.Nac.Obras Saneamento, 1957. 419 p.
- 87 - PIOT, J. Rapport de synthèse 1972. Ouagadougou, C.T.F.T.-Ministère Agric. de Haute-Volta, 1974. 46 p.
- 88 - PRIMAVESI, A. O manejo ecológico do solo; a agricultura em regiões tropicais. São Paulo, Nobel, 1980. 541 p.
- 89 - RAMOS, J. B. Erosão em terrenos inclinados e um dos meios para combatê-la. B.Minist.Agric., Rio de Janeiro, 28:39-46, 1939.
- 90 - ROOSE, E. J. Dix-sept années de mesures expérimentales de l'érosion et du ruissellement sur un sol ferrallitique sableux de basse Côte d'Ivoire. Contribution à l'étude de l'érosion hydrique en milieu intertropical. Abidjan, Fac.Sciences Abidjan, 1973. 125 p. "Tese n.20".
- 91 - _____. Érosion en ruissellement en Afrique de l'ouest; vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales. Paris, ORSTOM, 1977. 108 p. (Travaux et Documents de l'ORSTOM, 78).
- 92 - _____. & ASSELINE, J. Mesure des phénomènes d'érosion sous pluies simulées aux cas d'érosion d'Adiopodoumè. Les charges solides et solubles des eaux de ruissellement sur sol nu et diverses cultures d'ananas. Cahiers O.R.S.T.O.M., série Pédologie. Paris, 16(1):24-43, 1978.
- 93 - ROSE, C. W. Soil detachment caused by rainfall. Soil Science, Baltimore, 89(1):28-36, jan. 1960.
- 94 - ROTH, C. B.; NELSON, D. W.; ROMKENS, M. J. M. Prediction of subsoil erodibility using chemical, mineralogical and physical parameters. (U. S. Environmental Protection Agency Report, n. 660/2.7.74.043), 1974. 111 p.
- 95 - ROVIRA, L. et alii. Intensidades máximas y erosividad de lluvias en el arfa de influencia de la estación agroclimáticas "La estanzuela". Relatório Inst. Interam. de Ciências Agrícolas. Montivideu, IICA, 1981. 23 p.
- 96 - SAMFORD, P. de A. FORAGEIRAS ARBÓREAS DO CEARÁ. Rio de Janeiro, SIA., 1961. 24 p. (SIA, 866).
- 97 - SAUNDERS, L. C. U. et alii. Coeficiente de descarga dos aspersores "Vee-

- Jet 80.100" de dois simuladores de braços rotativos. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DE SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980 a, p. 2.
- 98 - _____. Comparação de resultados da calibração de dois simuladores de chuva de braços rotativos para pesquisa conservacionista no Ceará. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DE SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980 b, p. 1.
- 99 - SILVA, A. A. da; CHAVES, I. de B.; CAVALCANTE, L. F. Percentagem de água escoada com aplicação de chuva simulada em três solos do Estado da Paraíba. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife 1980. p. 15.
- 100 - SILVA, A. de S. et alii. Uma técnica simples de exploração de vazantes de açudes. Petrolina, EMBRAPA-Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semi-árido, 1981. 17 p. (Boletim de Pesquisa).
- 101 - SILVA, I. de F. da; CHAVES, I. de B.; MONTENEGRO, J. O. Erodibilidade dos solos do Estado da Paraíba. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980. p. 18.
- 102 - SILVA, J. R. C. et alii. Determinação da erosividade: programação para cálculo do índice EI₃₀ com uma calculadora H-P-33E. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980 a, p. 7.
- 103 - _____. Erosividade das chuvas em Tianguá-CE: primeiro ano de determinação do índice EI₃₀. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Resumos dos trabalhos. Recife, 1980 b, p. 12.
- 104 - SMITH, D. D. Interpretation of soil conservation data for field use. Agricultural Engineering, St. Joseph, 22:173-5, 1941.
- 105 - SMITH, D. D. & WISCHMEIER, N. H. Factors affecting sheet and rill erosion. Transactions American Geophysical Union, Washington, 38(6):889-96, 1957.
- 106 - TENORIO, E. C. Gramíneas usadas na conservação dos solos em Pernambuco. Recife, Instituto de Pesquisas Agronômicas, 1970. 21 p. (IPA, Boletim Técnico, 45).
- 107 - TIGRE, C. B. Os órgãos vitais do solo, sua saúde e saúde do homem e dos animais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 3., Recife, 1951. Anais. Rio de Janeiro, Soc. Bras. Cienc. Solo, 1951. p. 805-33.
- 108 - VALENTIN, C. Divers aspects des dynamiques, actuelles de quelques sols ferrallitiques de Côte d'Ivoire. Relatório ORSTOM, Abidjan, 1978. 141 p.
- 109 - WISCHMEIER, W. H. Cropping management factor evaluations for a universal

- soil loss equation. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 24(4):322-6, 1960.
- 110 - _____. A rainfall erosion index for a universal soil loss equation. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 23:246-9, 1959.
- 111 - _____. Use and misuse of the universal soil loss equation. Journal of Soil and Water Conservation, Baltimore, 31(1):5-9, 1976.
- 112 - _____. & MANNERING, J. V. Relation of soil properties to its erodibility. Soil Science Society of America Proceedings, 31(1):131-7, 1969.
- 113 - _____. & SMITH, D. D. Predicting rainfall - erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains: guide for selection of practices for soil and water conservation. Washington, U.S. Department of Agriculture, 1965. (Agricultural Handbook, 282).
- 114 - _____. & _____. Predicting rainfall erosion losses; a guide to conservation planning. Washington, U.S. Department of Agriculture, 1978. 58 p. (Agricultural Handbook, 537).
- 115 - _____. & _____. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Transactions American Geophysical Union, Washington, 39:285-91, 1958.
- 116 - _____. & _____. A universal soil loss estimating equation to guide conservation farm planning. In: INTERNATIONAL CONGRESS SOIL SCIENCE, 7., Madison, 1960. v.1, p. 418-25.
- 117 - _____. ; _____.; UHLAND, R. E. Evaluation of factors in the soil loss equation. Agricultural Engineering, St. Joseph, 39(8):458-62, 474, 1958.
- 118 - _____.; JOHNSON, C. B.; CROSS, B. V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. Journal of Soil and Water Conservation, Baltimore, 26:189-93, 1971.
- 119 - WÜNSCHE, W. A. & DENARDIN, J. E. Erodibilidade de Latossolo Vermelho Escuro Álico (Unidade de Mapeamento Passo Fundo) 1a. aproximação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. p. 204-9.
- 120 - ZINGG, R. W. Degree and length of land slope as it affects soil loss and runoff. Agricultural Engineering, St. Joseph, 21:59-64. 1940.

PUBLICAÇÕES EDITADAS DA SÉRIE: BRASIL. SUDENE. RECURSOS DE SOLOS

(Série)	(Autor)	(Título)
1)	REIS, Jurandir Gondim & ARAÚJO, Mário Pestana de	Estado da Bahia - levantamento esquemático de solos. 1975
2)	REIS, Jurandir Gondim & ARAÚJO, Mário Pestana de	Norte do Estado de Minas Gerais; levantamento esquemático de solos. 1975.
3)	MELO, Valdemir de; SILVEIRA, José Vanderlei Andrade; SAMPAIO, José Benito Mattos de; OLIVEIRA, Carlos Alberto de; GOMES, José Maria	Levantamento conservacionista de solos de Sapé, Mari e parte de Mamanaguape, Mulungu e Caldas Brandão, 1975.
4)	BELTRÃO, Valdir de Araújo; FREIRE, Luiz Carlos M.; SANTOS, Manoel Ferreira dos.	Levantamento semidetalhado da área do Colégio Agrícola de Jundiá - Macaíba - RN. 1975.
5)	SAMPAIO, José Benito Mattos de; MELO, Valdemir de; OLIVEIRA, Carlos Alberto de; FREIRE, Luiz Carlos Machado.	Levantamento de reconhecimento semidetalhado da área do planossol solódico no Estado do Rio Grande do Norte. (no prelo).
6)	BRASIL.MA./EMBRAPA/PPP & BRASIL/SUDENE/DRN/RR.	Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Sergipe. 1975.
7)	BRASIL.MA/EMBRAPA/SNLCS & BRASIL/SUDENE/DRN/DRR.	Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem esquerda do Rio São Francisco Estado da Bahia. 1976.
8)	BRASIL.MA./EMBRAPA/SNLCS & BRASIL/SUDENE/DRN/DRR.	Estudo expedido de solos da área norte de Minas Gerais para fins de classificação, correlação e legenda preliminar. 1976.
9)	GOMES, José Maria & SANTOS, Manoel Ferreira dos	Bacia representativa do Riacho do Navio. I Levantamento de reconhecimento de solos da bacia representativa do Riacho do Navio 1:100.000. II Levantamento semidetalhado de solos de uma sub-bacia do Riacho do Navio 1:25.000.
10)	BRASIL.SUDENE/EMBRAPA	Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem direita do Rio São Francisco - Bahia (no prelo).

- 11) SILVEIRA, José Vanderley Andrade; MELO, Valdemir de; SAMPAIO, José Benito Mattos; OLIVEIRA, C. A.; FREIRE, L.C.M.; COMPASSO, Vitória Almeida. Levantamento conservacionista da área do Planosol Solódico do Estado do Rio Grande do Norte. 1977.
- 12) EMBRAPA/SNLCS & BRASIL.SUDENE-DRN -DRR Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do norte de Minas Gerais (área de atuação da SUDENE) 1979.
- 13) EMBRAPA/SNLCS & BRASIL.SUDENE-DRN -DRR Estudo expedito de solos no Estado do Maranhão para fins de classificação, correlação e legenda preliminar. 1980.
- 14) EMBRAPA/SNLCS & BRASIL.SUDENE-DRN -DRR Estudo expedito de solos no Estado do Piauí para fins de classificação, correlação e legenda preliminar. 1980.