



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1678-9601

Dezembro, 2003

# *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 8*

## **Estrutura e Propriedades Hidráulicas em Latossolos sob Cultivo na Região do Cerrado**

Luiz Carlos Balbino  
Michel Brossard  
Luís Fernando Stone  
Ary Bruand  
Jean-Claude Leprun

Santo Antônio de Goiás, GO  
2003

**Estrutura e Propriedades  
Hidráulicas em Latossolos  
sob Cultivo na Região do  
Cerrado**

## **República Federativa do Brasil**

*Luiz Inácio Lula da Silva*

Presidente

## **Ministério da Agricultura e do Abastecimento**

*Roberto Rodrigues*

Ministro

## **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa**

### **Conselho de Administração**

*José Amauri Dimarzio*

Presidente

*Clayton Campanhola*

Vice-Presidente

*Alexandre Kalil Pires*

*Sérgio Fausto*

*Dietrich Gerhard Quast*

*Urbano Campos Ribeiral*

Membros

### **Diretoria Executiva da Embrapa**

*Clayton Campanhola*

Diretor-Presidente

*Mariza Marilena Tanajura Luz Barbosa*

*Herbert Cavalcante de Lima*

*Gustavo Kauark Chianca*

Diretores-Executivos

### **Embrapa Arroz e Feijão**

*Pedro Antonio Arraes Pereira*

Chefe-Geral



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1678-9601

Dezembro, 2003

# *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 8*

## **Estrutura e Propriedades Hidráulicas em Latossolos sob Cultivo na Região do Cerrado**

Luiz Carlos Balbino  
Michel Brossard  
Luís Fernando Stone  
Ary Bruand  
Jean-Claude Leprun

Santo Antônio de Goiás, GO  
2003

# Sumário

<b>Resumo</b> .....	<b>7</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>9</b>
<b>Introdução</b> .....	<b>10</b>
Os Solos .....	11
O Agropastoralismo .....	13
<b>Estrutura dos Latossolos</b> .....	<b>15</b>
Morfologia .....	15
Massa Volumétrica .....	15
Resistência à Penetração .....	19
Estabilidade Estrutural .....	20
Propriedades Mecânicas do Solo .....	22
<b>Propriedades Hidráulicas</b> .....	<b>23</b>
Propriedades de Retenção de Água .....	23
Condutividade Hidráulica .....	25
Escoamento Superficial e Erosão .....	28
<b>Conclusões</b> .....	<b>31</b>
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	<b>32</b>

# Estrutura e Propriedades Hidráulicas em Latossolos sob Cultivo na Região do Cerrado

---

*Luiz Carlos Balbino<sup>1</sup>*

*Michel Brossard<sup>2</sup>*

*Luis Fernando Stone<sup>3</sup>*

*Ary Bruand<sup>4</sup>*

*Jean-Claude Leprun<sup>2</sup>*

## Resumo

Na região do Cerrado, o potencial produtivo dos solos apresenta-se cada vez mais degradado devido à utilização de sistemas agrícolas extrativistas. Neste contexto, os Latossolos, que cobrem cerca de 50% da superfície do Cerrado, constituem um modelo bastante sensível. Suas propriedades químicas e físicas podem ser rapidamente transformadas pela utilização de práticas agrícolas inadequadas. As alterações na fertilidade química devido à utilização agrícola do solo são conhecidas, mas o mesmo não ocorre no que se concerne à fertilidade física. Na realidade, uma análise detalhada da literatura mostra que a diminuição da fertilidade global após a utilização do solo é atualmente perceptível na maioria dos agroecossistemas, mas a evolução das propriedades físicas é menos evidente. Os estudos revelam que a utilização do solo é acompanhada de uma importante e rápida evolução da sua porosidade em superfície, que se traduz frequentemente por um aumento da massa volumétrica do solo, a qual sob vegetação natural apresenta valores baixos, particularmente nos Latossolos

---

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Física de Solos, Embrapa Arroz e Feijão. Rod. Goiânia a Nova Veneza, Km 12, 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO. balbino@cnpaf.embrapa.br

<sup>2</sup> Pesquisador, Ph.D., IRD, BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France.

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Embrapa Arroz e Feijão. stone@cnpaf.embrapa.br

<sup>4</sup> Professor, Ph.D., Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO), Université d'Orléans, BP 6759, 45067 Orléans Cedex 2, France.

argilosos. Observa-se, também, diminuição da estabilidade estrutural, aumento do teor de argila dispersa em água, aumento da resistência à penetração e diminuição da condutividade hidráulica.

**Termos para indexação:** massa volumétrica, estabilidade estrutural, resistência à penetração, condutividade hidráulica, retenção de água, erosão.

## Introdução

A região do Cerrado situa-se entre as latitudes 2° e 23° Sul e 45° e 63° Oeste. Corresponde em grande parte ao Planalto Central, de onde partem os principais eixos de drenagem do Brasil. Neste domínio são encontrados diferentes tipos de rochas como basalto, diabásico, arenito e quartzitos (Guimarães, 1964). O Cerrado cobre cerca de 206 milhões de hectares, representando pouco mais de 24% do território brasileiro (Figura 1), sendo o segundo bioma após a Amazônia. Ele é composto por 1027 municípios, divididos em 12 Estados (Pereira et al., 1997). A ocupação humana nesta região data de 12.000 a 11.000 anos (Barbosa et al., 1993), correspondendo às populações pré-Andinas e Andinas que antecederam aquelas encontradas pelos portugueses quando do descobrimento, no século XVI (Melatti, 2001). O primeiro ciclo econômico desta região foi o do ouro e pedras preciosas, iniciado no final do século XVII (Palacin & Moraes, 1994). No fim do século XIX, à medida que as minas se esgotavam, a lavoura e a pecuária, até então atividades de subsistência, transformaram-se nas principais atividades econômicas no Cerrado (Taunay, 1951; Abreu, 1975; Bertran, 1994).

As superfícies de pastagens nativas e cultivadas são estimadas em  $117 \times 10^6$  ha, sendo cerca de  $49,5 \times 10^6$  ha de pastagens cultivadas (Sano et al. 2000). As culturas anuais ocupam  $13,4 \times 10^6$  ha, as perenes  $2 \times 10^6$  ha e  $4,6 \times 10^6$  ha são declarados como reservas. Hoje em dia não existem grandes extensões de terra para serem abertas, particularmente no que concerne às áreas agricultáveis. Atualmente a questão não é mais a abertura de novas áreas a serem incorporadas aos sistemas produtivos, mas, sim, manter e na medida do possível, melhorar o potencial produtivo daquelas que estão sendo utilizadas, limitando-se os fenômenos de degradação que são observados cada vez mais freqüentemente (Embrapa Cerrados, 2000). Os Latossolos são os solos mais cultivados, principalmente devido à sua topografia (Adámoli et al., 1986). A utilização agrícola dos Latossolos sempre partiu da premissa de que eles não apresentavam problemas físicos, porém uma série de limitações químicas ligadas à natureza da fase mineral. Assim, grande ênfase foi dada ao conhecimento químico destes solos. Atualmente, constata-se que a grande maioria dos problemas apresentados tanto pelos sistemas de sequeiro quanto pelos sistemas irrigados são atribuídos ao pouco conhecimento do comportamento físico destes solos, o que foi relegado a segundo plano. O objetivo deste trabalho é contribuir para um melhor conhecimento no que concerne à utilização agrícola dos Latossolos da região do Cerrado, abordando especificamente suas propriedades físicas e a sua evolução sob cultivo.



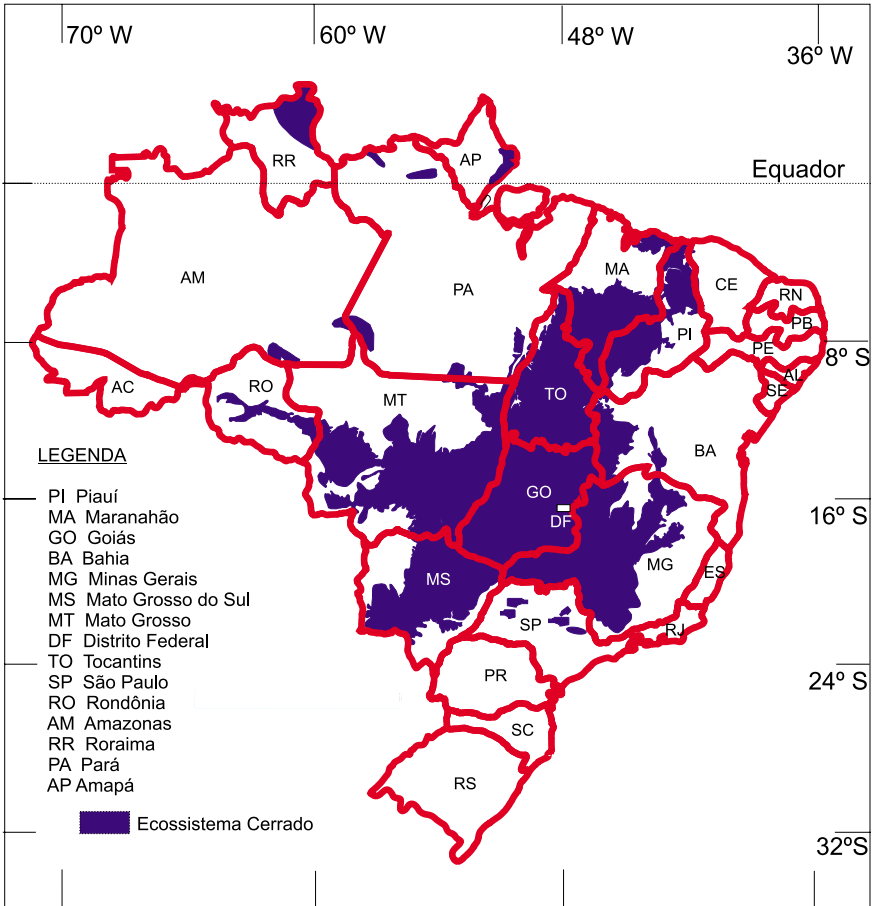
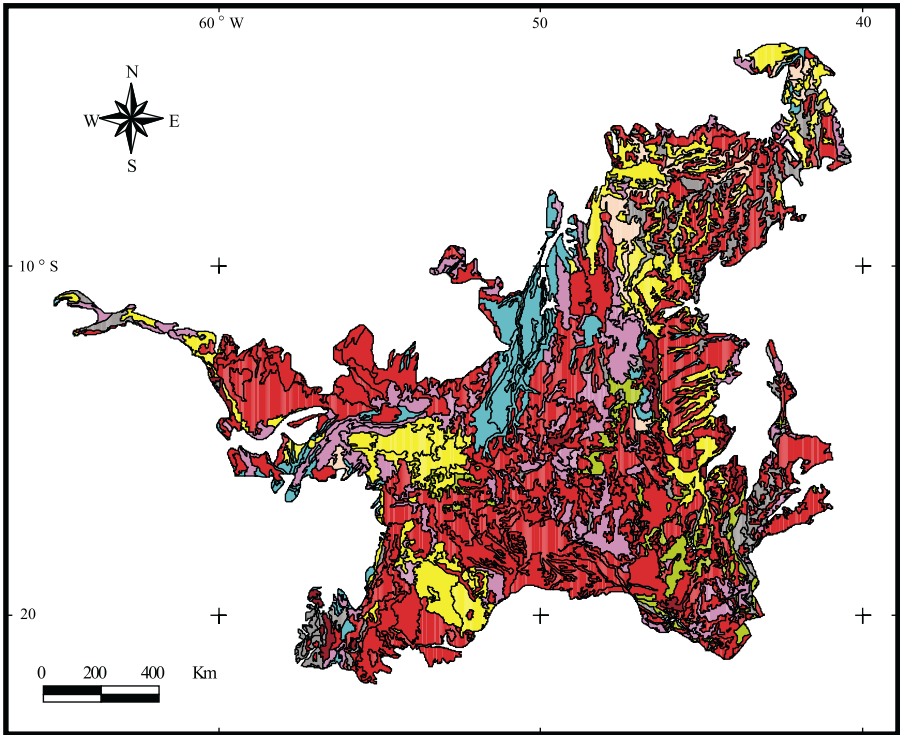


Fig. 1. Localização geográfica do Bioma Cerrado.

## Os Solos

Os principais solos do Cerrado são os Latossolos, os Podzólicos e as Areias Quartzosas, que cobrem, respectivamente, 48,8%, 15,1% e 15,2% da superfície. A Terra Roxa Estruturada não ocupa mais que 1,7%, o Cambissolo 3,1%, o Litólico 7,3% o Plintossolo 6% e os Gleissolos 2% (Madeira Neto & Macedo, 1981; Adámoli et al., 1986; Reatto et al., 1998) (Figura 2).



### Legenda

<span style="color: red;">■</span> Latossolos	<span style="color: #f4a460;">■</span> Solos concrecionários lateríticos
<span style="color: #800000;">■</span> Terras roxas estruturadas	<span style="color: #90ee90;">■</span> Cambissolos
<span style="color: yellow;">■</span> Solos arenaquartzosos profundos	<span style="color: #808080;">■</span> Solos litólicos e Regossolos
<span style="color: #c080ff;">■</span> Solos podzólicos	<span style="color: #4682b4;">■</span> Solos aluviais, solos gley e lateritas hidromórficas

Fig. 2. Principais solos do Cerrado.

Fonte: Adaptada de Embrapa (1981).

Os Latossolos são solos altamente intemperizados, que se caracterizam morfologicamente por uma pequena diferenciação vertical dos horizontes, a presença de um horizonte fortemente microagregado e com profundidade normalmente superior a 2 m. De acordo com a natureza das rochas, estes solos podem apresentar textura areno-argilosa a argilosa. O teor de argila, de forma geral, é muito pouco variável no perfil, mas, em contrapartida, entre os Latossolos pode variar significativamente, de 6% a 83% dentro do horizonte Bw microagregado. Os teores de silte variam de 1% a 23% (Lopes, 1984).

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

### **Embrapa Arroz e Feijão**

Rodovia Goiânia a Nova Veneza Km 12 Zona Rural  
Caixa Postal 179  
75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO  
Fone: (62) 533 2110  
Fax: (62) 533 2100  
www.cnpaf.embrapa.br  
sac@cnpaf.embrapa.br

### **Comitê de Publicações**

Presidente: *Carlos Agustin Rava*  
Secretário-Executivo: *Luiz Roberto Rocha da Silva*  
Membros: *Luís Fernando Stone*

Supervisor editorial: *Marina A. Souza de Oliveira*  
Revisão gramatical: *Vera Maria T. Silva*  
Normalização bibliográfica: *Ana Lúcia D. de Faria*  
Capa: *Fabio Noletto*  
Editoração eletrônica: *Fabiano Severino*

### **1ª edição**

1ª impressão (2003): 500 exemplares

### **Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Embrapa Arroz e Feijão

---

Estrutura e propriedades hidráulicas em Latossolos sob cultivo na região do Cerrado / Luiz Carlos Balbino ... [et al.]. – Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2003.  
43 p. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9601 ; 8)

1. Cerrado – Latossolo. 2. Cerrado – Propriedade Físico-Química.  
I. Balbino, Luiz Carlos. II. Embrapa Arroz e Feijão. III. Série.

CDD 631.42 (21. ed.)

Estes solos apresentam uma estrutura granular a poliédrica, fina ou muito fina, microagregada, muito estável. Em contrapartida, a macroestrutura é frágil e pouco evidente. Geralmente as massas volumétricas do solo estão compreendidas entre 0,8 e 1,2 Mg m<sup>-3</sup>.

As propriedades físico-químicas dos Latossolos são diretamente dependentes das cargas superficiais da fase sólida. Com efeito, a carga elétrica negativa da fase argilosa é fraca, apresentando, assim como os constituintes orgânicos e os oxi-hidróxidos de ferro e alumínio, cargas elétricas variáveis. Mais de 95% deles são distróficos e ácidos com baixos valores de capacidade de troca catiônica (CTC), 7,5 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> em média nos horizontes A e somente 3,0 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> nos horizontes B. O pH é geralmente entre 4,0 e 5,5. Apresentam, ainda, saturação por bases inferiores a 50%, com uma grande proporção de alumínio trocável (Madeira Neto & Macedo, 1981). Finalmente, do ponto de vista do desenvolvimento do sistema radicular das plantas cultivadas, os Latossolos distróficos apresentam freqüentemente uma barreira química ligada à presença do alumínio trocável e à ausência de cálcio a partir de 50 cm de profundidade (Lopes, 1984; Goedert, 1987).

## O Agropastoralismo

A distribuição das precipitações pluviais de maneira irregular durante o ano e a pobreza química natural dos solos limitam a produção de forragem, tanto em termos de qualidade como de quantidade. A partir da década de 70, a superfície das pastagens cultivadas no Cerrado passa de 10 x 10<sup>6</sup> ha para mais de 45 x 10<sup>6</sup> ha (Macedo, 1995a). Hoje em dia estaria próxima de 49,5 x 10<sup>6</sup> ha (Sano et al., 2000). A substituição da vegetação natural pelas pastagens cultivadas representou uma alternativa para aumentar a produção de carne na região pela introdução de espécies vegetais forrageiras de origem africana, que tiveram boa adaptação aos solos e ao clima da região. Dentre estas forrageiras podem ser citadas principalmente as diferentes espécies dos gêneros *Brachiaria* (cerca de 80% das pastagens cultivadas no Centro-Oeste), *Panicum* e *Andropogon* (Savidan et al., 1985). No que concerne à carga animal encontrada sob pastagens naturais, foi possível um aumento de cinco a dez vezes neste parâmetro (Zimmer & Corrêa, 1993).

A produção de bovinos é essencialmente de corte e a produção leiteira representa apenas 16% do valor total da produção do Cerrado (Waniez, 1992). A produção bovina do Cerrado constitui aproximadamente 40% do plantel brasileiro (Barcellos, 1996), representando cerca de 33% da produção de carne brasileira (Carvalho et al., 1990; Macedo, 1995b). Redução na produtividade das pastagens pode ser observada após alguns anos de utilização, atingindo cerca de 80% da superfície com pastagem (Kluthcouski et al., 1999). O superpastejo, uma das causas do declínio das pastagens, é bastante conhecido e estudado pelos técnicos e está ainda presente, pois os produtores não lhe tem dado a devida importância (Costa & Rehman, 1999). Na quase totalidade dos sistemas atuais, a oferta de minerais do solo para a planta é, a médio prazo, limitante, e o sistema solo/planta/bovino deve ser considerado extrativista (Barcellos et al., 2001).

Paradoxalmente, mesmo se o problema de diminuição da produtividade das pastagens cultivadas está institucionalizado (PROPASTO, difusões de tecnologias, etc.), poucos estudos foram realizados sobre o estado físico dos solos após cultivo. Todavia, avaliando a evolução das superfícies cultivadas no sistema de preparo convencional que foram transformadas em plantio direto nos últimos anos ( $6,2 \times 10^6$  hectares), os sistemas utilizados pelos produtores de cereais, soja e algodão encontram-se com sérios problemas, levando-os a mudar a estratégia de manejo do solo (Séguy et al., 1996). As limitações físicas dos solos e do meio são citadas como indicadores a serem considerados por ocasião da utilização agrícola dos Latossolos. Dentre os fatores naturais, a declividade e o grau de dissecação da rede de drenagem são, sem dúvida, os elementos mais citados nos manuais de cultivo e de conservação de solos. No entanto, a transformação das propriedades físicas dos Latossolos após o primeiro cultivo proporciona o aparecimento de uma série de limitações ainda hoje pouco estudadas. A estes problemas pode-se acrescentar, no caso das pastagens, o esgotamento da fertilidade química natural do solo e um manejo inadequado do rebanho. Após um curto tempo, segundo o manejo adotado, variando de três a cinco anos, as pastagens apresentam uma cobertura vegetal deficiente, deixando o solo exposto diretamente aos raios solares, às intempéries, ao escoamento superficial da água e ao pisoteio dos animais. Isto resulta em diminuição do teor da matéria orgânica, redução da infiltração de água no solo e, conseqüentemente, aumento da erosão.

## Estrutura dos Latossolos

### *Morfologia*

A estrutura do solo é profundamente transformada após sua utilização com culturas (Grohmann, 1975; Tavares Filho & Tessier, 1997), particularmente quando se utilizam no seu manejo implementos de discos. Em um curto espaço de tempo, observa-se a formação de uma camada compacta abaixo da camada trabalhada (pé de arado, pé de grade), assim como uma fragmentação elevada na camada trabalhada, podendo causar aumento da massa volumétrica do solo e destruição da sua estrutura (Castro Filho & Logan, 1991; Freitas et al., 1998; Neufeldt et al., 1999). Nestas condições, geralmente se observa a formação de horizontes compactos (Silva et al., 2000; Fregonezi et al., 2001). Blancaneaux et al. (1993) estudaram um Latossolo após cinco anos de pousio com vegetação de gramíneas, e que anteriormente havia sido trabalhado com grade de discos. Observaram no perfil do solo que a estrutura microagregada em profundidade se transformou em agregados poliédricos subangulares finos a médios nos horizontes superficiais, resultando no aumento da massa volumétrica que corresponde na escala microscópica a um fundo matricial mais denso. Sob pastagem, a estrutura é freqüentemente menos microagregada e menos grumulosa do que a dos solos sob vegetação natural e se transforma em poliédricos subangulosos (Freitas et al., 1998; Fregonezi et al., 2001). Oliveira et al. (2000) observaram a campo uma estrutura maciça e compacta, entre 15 e 30 cm de profundidade, proveniente de dez anos de cultivos intensivos com culturas anuais. A análise da lâmina delgada do solo permitiu distinguir uma reorganização microestrutural resultante da coalescência dos microagregados granulares.

### *Massa Volumétrica*

As massas volumétricas dos Latossolos sob vegetação natural são baixas (Moraes et al., 1985; Sans, 1986; International Soil Classification Workshop, 1988; Brossard et al., 1997). Os solos com teores de argila superiores ou iguais a 70% e desenvolvidos a partir de metassedimentos e tufitos apresentam massas volumétricas inferiores à  $1 \text{ Mg m}^{-3}$ , sendo relativamente constante no perfil do solo. No entanto, os solos com teores de argila inferiores a 70% apresentam massas volumétricas superiores e variáveis no perfil (Figura 3).

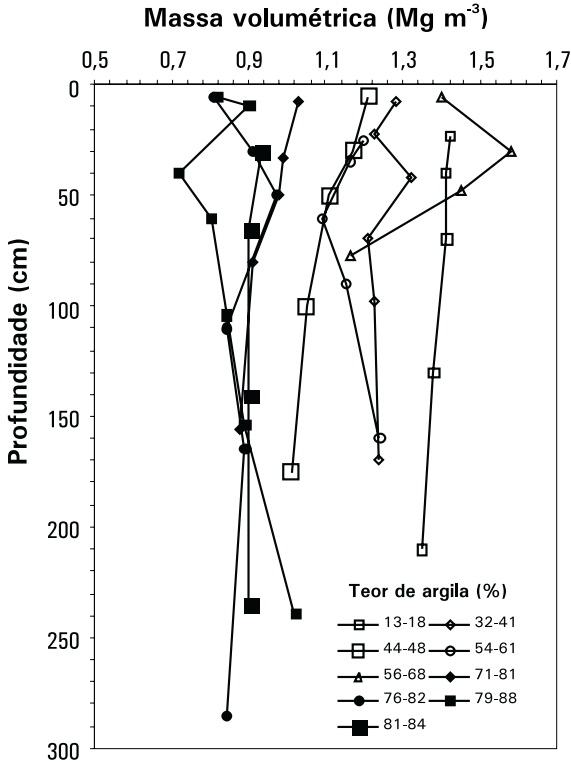


Fig. 3. Exemplos de perfis de massa volumétrica de Latossolos sob vegetação nativa.

Fonte: Adaptada de International Soil Classification Workshop (1988).

Após o desmatamento, observa-se, via de regra, um aumento da massa volumétrica (Stone & Silveira, 1978; Moraes, 1984; Kondo & Dias Júnior, 1999a) (Tabela 1). Valores de 1,19 a 1,24  $\text{Mg m}^{-3}$  foram obtidos em perfis sob vegetação de Cerrado após raleamento seletivo e pastejo por dez anos (Freitas et al., 1998). A macroporosidade é a primeira a ser afetada por estas transformações, com uma evolução marcada nos horizontes superficiais (Borges et al., 1999). Volpe (1998) estudou um Latossolo Vermelho sob pastagem de baixa produtividade e observou massas volumétricas de 1,2  $\text{Mg m}^{-3}$ , sendo que estas são inferiores a 1,1  $\text{Mg m}^{-3}$  sob Cerrado (0-10 cm). A porosidade total abaixou em 4%, a macroporosidade diminuiu em 7% e a microporosidade (< 50  $\mu\text{m}$ ), em contrapartida, aumentou em 2%. Alguns resultados similares foram observados por Lilienfein et al. (1999) em Latossolos Vermelho-Amarelos.

**Tabela 1.** Massa volumétrica de Latossolos do Cerrado (LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo, LE = Latossolo Vermelho, LU = Latossolo Una, LR = Latossolo Roxo).

Solo	Horizonte cm	Argila g 100 g <sup>-1</sup>	Cerrado				Referência
			Pastagens	Cultura	Plantio direto	Mg m <sup>3</sup>	
LVA	0-60	31-36	-	-	1,16-1,23	-	Stone & Silveira (1978)
LVA	2-8	46-60	0,66	-	0,84	0,92	Kato (1995)
LVA	-	66-67	0,84	0,89	0,93	-	Neufeldt et al. (1999)
LVA	-	15-17	1,15	1,23	1,38	-	
LR	0-80	65-73	0,97-1,19 <sup>1</sup>	-	-	-	Sales et al. (1999)
LE	0-200	70-81	0,87-1,00	-	0,89-1,10	0,90-0,97	Moraes (1984)
LE	0-40	79-83	0,94-1,01	-	1,04-1,08 <sup>2</sup>	-	Stoner et al. (1991)
LE	0-40	64-82	0,86-1,02	-	0,94-1,08 <sup>3</sup>	-	
LE	0-40	51-68	1,06-1,10	-	1,12-1,18 <sup>4</sup>	-	
LE	10-50	-	-	-	1,20-1,35 <sup>5</sup>	-	Silveira et al. (1994)
LE	10-50	-	-	-	1,17-1,34 <sup>6</sup>	-	
LE	10-50	-	-	-	1,12-1,31 <sup>7</sup>	-	
LE	0-60	41-44	-	-	1,16-1,38 <sup>2</sup>	-	Stone et al. (1994)
LE	0-60	41-44	-	-	1,16-1,45 <sup>8</sup>	-	
LE	0-40	48-51	0,88-0,99	-	-	-	Santos (1997)
LE	0-40	49-62	-	0,90-1,03	-	-	
LE	0-40	55-57	-	-	0,91-1,07	-	
LE	0-40	39-43	-	-	-	0,90-1,07	
LE	0-40	49-62	1,09-1,21	1,17-1,23	-	-	Volpe (1998)
LE	0-20	68-72	0,94-0,99	-	0,96-1,00 <sup>9</sup>	-	Carvalho (1998)
-	0-225	32-41	1,21-1,32 <sup>10</sup>	-	-	-	International Soil Classification Workshop (1988)
-	0-239	79-88	0,72-1,02 <sup>10</sup>	-	-	-	
-	0-90	56-68	1,16-1,62	-	-	-	
-	0-285	76-82	0,81-0,97	-	-	-	
-	0-235	81-84	0,90-0,93	-	-	-	
-	0-400	13-18	1,35-1,42 <sup>11</sup>	-	-	-	
-	0-156	71-81	0,88-1,03 <sup>11</sup>	-	-	-	
-	0-205	44-48	1,01-1,21 <sup>11</sup>	-	-	-	
-	30-180	54-61	1,09-1,36 <sup>11</sup>	-	-	-	
LE	0-100	65-72	-	-	1,22-1,44	-	Frizzone & Cassiano Sobrinho (1982)
LE	0-200	71-76	0,88-1,00	-	-	-	Moraes et al. (1985)
LE	0-200	72-75	-	-	0,89-1,10	-	
LE	0-200	72-81	-	-	-	0,90-0,97	
LE	0-195	69-79	0,70-0,84	-	-	-	Sans (1986)
LE	0-187	67-78	-	-	0,70-0,82	-	
LE	0-40	79-83	0,94-1,01	-	1,04-1,08	-	Stoner et al. (1991)
LE	0-40	64-82	0,86-1,02	-	0,94-1,08	-	
LE	0-40	51-68	1,06-1,10	-	1,12-1,18	-	

Continua...



Tabela 1. Continuação...

Solo	Horizonte cm	Argila g 100 g <sup>1</sup>	Mg m <sup>3</sup>				Referência
			Cerrado	Pastagens	Cultura	Plantio direto	
LE	0-100	-	0,99-1,24	1,31-1,33	1,23-1,34	1,09-1,36	Freitas et al. (1998)
LE	0-20	55-58	0,88-1,10	-	-	-	Spera et al. (2000)
LE	0-20	58-61	0,85-1,07 <sup>12</sup>	-	-	-	
LE	0-40	46-50	1,12-1,19 <sup>10</sup>	-	-	-	Freitas et al. (2000)
LE	0-40	51	-	-	-	1,15-1,36	
LE	0-40	48-52	-	-	1,10-1,29	-	
LE	0-40	36-41	-	1,10-1,33	-	-	
LE	0-40	43-49	-	1,10-1,23 <sup>13</sup>	-	-	
LE	0-30	58	0,83-0,85	-	0,94-1,12	0,83-1,06	Beutler et al. (2001a)
LE	0-200	59-71	0,91-1,17	-	-	-	Chagas et al. (1997)
LE	0-210	41-59	0,95-1,16	-	-	-	
LU	0-200	58-67	0,95-1,10	-	-	-	
LU	0-180	50-53	1,07-1,22	-	-	-	
-	0-200	68-82	0,82-0,99	0,92-1,00	0,82-1,10	0,83-0,99	Lillienfein et al. (1999)

<sup>1</sup>Campus UFLA, <sup>2</sup>cultivado durante 13 anos, <sup>3</sup>cultivado durante 9 anos, <sup>4</sup>cultivado durante 10 anos, <sup>5</sup>antes do experimento, <sup>6</sup>depois de oito cultivos com aração a 15 cm, <sup>7</sup>depois de oito cultivos com aração a 30 cm, <sup>8</sup>depois de sete cultivos com aração a 30-35 cm, intercalado com gradagem aradora a 15-20 cm, <sup>9</sup>cultivado durante 30 anos, <sup>10</sup>antropisado, <sup>11</sup>vegetação natural herbácea, <sup>12</sup>Cerrado com fogo, <sup>13</sup>pastagem em declínio de produção.

A evolução da estrutura afeta também os horizontes mais profundos não trabalhados. Assim, Freitas et al. (2000) registraram massas volumétricas mais elevadas em uma pastagem de produtividade elevada, 1,32 Mg m<sup>-3</sup> e 1,33 Mg m<sup>-3</sup>, nos horizontes 10-20 cm e 20-40 cm, respectivamente, do que sob uma pastagem de baixa produtividade, 1,23 Mg m<sup>-3</sup>, nas mesmas profundidades. Em um sistema intensivo de culturas irrigadas, Silveira et al. (1994) observaram uma diminuição da massa volumétrica entre 0 e 30 cm, contudo, em maior profundidade, a massa volumétrica aumentou de 1,18 Mg m<sup>-3</sup> para 1,31 Mg m<sup>-3</sup>, mostrando que as transformações não são imediatas, mas necessitam vários ciclos culturais (Corsini & Ferraud, 1999). Os valores de massa volumétrica podem ser elevados; Frizzone & Cassiano Sobrinho (1982) registraram sob culturas (Latossolo Vermelho) massa volumétrica de 1,44 Mg m<sup>-3</sup> entre 0 e 20 cm e de 1,22 Mg m<sup>-3</sup> entre 80 e 100 cm.

Finalmente, parece que a evolução da massa volumétrica está ligada à natureza mineralógica da fase argilosa dos Latossolos. Os Latossolos cauliniticos apresentam, com maior frequência, massas volumétricas mais elevadas do que aqueles que contêm proporções importantes de gibsitita (Ferreira et al., 1999). A falta de dados publicados sobre Latossolos de textura arenosa pode ser notada na Tabela 1, sendo que estes representam superfícies cultivadas importantes, principalmente a oeste do Estado da Bahia e a leste do Mato Grosso do Sul.

### ***Resistência à Penetração***

A resistência mecânica à penetração é frequentemente utilizada como um instrumento auxiliar no diagnóstico para estudar o estado estrutural do solo. Todavia, os valores encontrados na literatura são difíceis de serem comparados. Efetivamente, os dados são comentados sem que os perfis de enraizamentos tenham sido sistematicamente verificados. Geralmente, considera-se que a partir de 2 MPa o crescimento radicular é reduzido pela metade. Stoner et al. (1991) realizaram uma pesquisa em um Latossolo cultivado durante dez anos sob irrigação e preparado com arado de discos e grade pesada. Após o 11º ano, o solo foi submetido a diferentes tratamentos: (i) plantio direto; (ii) preparo do solo com grade leve; (iii) preparo do solo com grade pesada; (iv) preparo do solo com arado de disco; (v) preparo do solo com escarificador e (vi) preparo do solo com duas passagens de escarificador cruzadas em ângulo de 90°. A resistência à penetração sob grade pesada apresentou o maior valor (1,84 MPa com 15–20 cm) e decresceu na ordem: grade pesada (1,39 MPa com 15–20 cm); arado de discos (1,22 MPa com 20–30 cm); plantio direto (1,19 MPa entre 10 e 15 cm); escarificador (0,81 MPa com 20–30 cm) e escarificador cruzado (0,69 MPa com 30–35cm). Convém lembrar que, sob vegetação de cerrado, o valor máximo foi igual a 0,39 MPa entre 15 e 20 cm de profundidade (Figura 4a). Volpe (1998), estudando um Latossolo sob pastagem, observou valores de resistência à penetração de 3,14 MPa na superfície e 1,67 MPa entre 40 e 45 cm de profundidade, apresentando teores de água de 0,17 e 0,18 g g<sup>-1</sup>, respectivamente. No ano seguinte, obteve valores de 1,86 e 1,37 MPa, dentro dos mesmos horizontes. Desta vez os teores de água do solo eram respectivamente de 0,23 a 0,19 g g<sup>-1</sup> (Figura 4b).

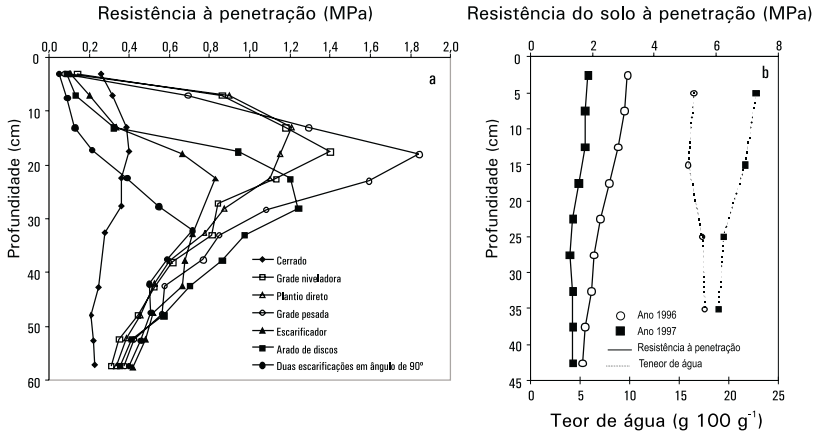


Fig. 4. Resistência do solo à penetração sob diferentes manejos.

Fonte: Adaptada de Stoner et al. (1991) (a) e sob pastagem em dois anos sucessivos (adaptada de Volpe, 1998) (b).

Beutler et al. (2001a) estudaram a resistência mecânica à penetração horizontal entre 5 e 30 cm de profundidade em um Latossolo argiloso, onde obtiveram valores de 0,16 a 0,29 MPa sobre Cerrado, de 1,23 a 1,31 MPa sob grade pesada, de 0,47 a 1,2 MPa sob arado de discos e de 1,00 a 1,30 MPa sob plantio direto. Na resistência à penetração vertical (até 30 cm), eles obtiveram valores de 0,84 a 1,6 MPa, de 1,61 a 2,10 MPa, de 1,80 a 2,20 MPa e de 2,54 a 3,00 MPa para, respectivamente, os mesmos tratamentos. O plantio direto apresentou um valor máximo de resistência à penetração vertical, na profundidade de 15-20 cm, em relação aos valores mais elevados de massa volumétrica de solo e com menor volume total de poros. Os estudos mostram uma grande variação da resistência à penetração em função das técnicas culturais empregadas. Os valores publicados são, no entanto, valores médios, sem que a variabilidade ligada a cada uma delas seja descrita. Conseqüentemente, as diferenças encontradas são difíceis de serem discutidas.

## Estabilidade Estrutural

O papel da natureza dos constituintes minerais foi muitas vezes colocado em evidência na formação e estabilidade dos agregados. Foi mostrado que a hematita e a goetita poderiam formar microagregados muito estáveis com a gibsitita, a caulinita e o quartzo (Pinheiro-Dick & Schwertmann, 1996). Ferreira et al. (1999) mostraram que agregados de Latossolo derivados predominantemente de caulinita têm uma

estabilidade estrutural superior àquelas dos derivados de gibsite. Os mecanismos responsáveis por esta estabilidade estão relacionados com as cargas elétricas da superfície dos oxi-hidróxidos de ferro e alumínio. As condições de pH, as concentrações e composições iônicas da fase líquida têm um papel determinante dentro da estabilidade dos microagregados (Hingston et al., 1974; Sawhney, 1974; Galvão & Schulze, 1996; Lima et al., 2000). Além do que, grande parte da carga iônica desses solos está associada à matéria orgânica que se encontra estabilizada nos microagregados (Shang & Tiessen, 1997). Outros autores enfatizam a importância da matéria orgânica associada ao ferro na formação dos microagregados (Muggler et al., 1999), assim como uma relação linear e positiva entre a matéria orgânica associada aos agregados de tamanho superior a 200 µm e sua estabilidade estrutural (Kouakoua et al., 1999). Testando o efeito do oxalato e da mistura de citrato-bicarbonato-ditionita (CBD), Lima & Anderson (1997) mostraram que os agregados maiores (1-2mm) apresentam uma maior estabilidade do que os finos (0,125-0,25 mm) nos dois tratamentos. Se a baixa solubilização do ferro pelo oxalato é esperada tendo-se em conta os cristais de oxi-hidróxidos presentes nos Latossolos, o resultado obtido com o CBD mostra que a acessibilidade às superfícies dos oxi-hidróxidos é em parte limitada pelos revestimentos orgânicos.

Em regra geral, a quantidade de argila dispersa em água aumenta após o cultivo. Por outro lado, a fragmentação mecânica pelos instrumentos de preparo do solo é também colocada em evidência para explicar a maior degradação nos horizontes superficiais (Blancaneaux et al., 1993; Carvalho et al., 1999; Westerhof et al., 1999). Nos horizontes 0-23 cm de um Latossolo Vermelho, Moraes (1984) observou maior estabilidade dos agregados de diâmetro superior a 2 mm sob vegetação de cerrado do que sob culturas. Esta maior estabilidade não estaria ligada com a matéria orgânica; mas, sim, à ação mecânica dos instrumentos de trabalho. Beutler et al. (2001b), estudando um Latossolo Vermelho, mostram que a estabilidade dos agregados de tamanho superior a 2mm, no horizonte 0-5 cm, está ligada ao teor de matéria orgânica. No entanto, eles comentam que o preparo do solo seria a origem da fragmentação dos torrões em agregados menores, da diminuição do teor em matéria orgânica e da atividade microbiana, acompanhando em geral, o seu cultivo.

A composição granulométrica é um elemento importante que deve ser levado em consideração. Neufeldt et al. (1999), trabalhando com dois Latossolos, um argiloso e outro arenoso, sob diferentes manejos, mostram claramente que o teor de argila exerce uma influência positiva sobre a estabilidade dos agregados de tamanho superior a 250 µm, em particular aos de tamanho entre 1 e 8 mm. Estes autores

observaram teores mais elevados de agregados pertencentes à classe de agregados 50-250  $\mu\text{m}$  para o solo arenoso, em relação ao solo argiloso. O cultivo tem uma tendência a reduzir o tamanho e a qualidade dos macroagregados. O sistema de cultura com preparo tem os menores teores em macroagregados, pois estes são fragmentados e participam das frações de tamanhos  $< 250 \mu\text{m}$ . Assim sendo, o cultivo do solo provoca uma diminuição da estabilidade estrutural do horizonte superficial. Esta evolução deve-se tanto ao resultado de uma fragmentação causada pelo preparo do solo, quanto ao enfraquecimento das forças entre os constituintes minerais e orgânicos devido à evolução do meio físico-químico após o seu cultivo (Castro Filho & Logan, 1991; Fontes et al., 1995; Castro et al., 1999).

### ***Propriedades Mecânicas do Solo***

O conjunto das modificações físicas expostas anteriormente indica que os Latossolos podem apresentar grande susceptibilidade à compactação. Conhecer os domínios do teor em água nos quais o preparo do solo não provoca compactação, assim como as pressões que podem ser suportadas pelos Latossolos sem que a estrutura seja muito afetada constituem elementos importantes que deveriam ser levados em consideração nos estudos do solo. As pesquisas embasadas sobre a determinação dos limites de liquidez e de plasticidade revelam essencialmente as diferenças estreitamente ligadas à composição do solo. No entanto, Moraes (1984), estudando um Latossolo Vermelho (71 a 81 g de argila 100  $\text{g}^{-1}$  de solo), encontrou valores de limites de liquidez variando entre 0,43 e 0,52  $\text{kg kg}^{-1}$  sob cultivos convencionais, plantio direto e Cerrado. Para os mesmos tratamentos, os limites de plasticidade estão compreendidos entre 0,38 e 0,40  $\text{kg kg}^{-1}$ . A análise dos dados evidencia uma relação entre o manejo e os valores do limite de liquidez e de plasticidade. Estas diferenças registradas por Moraes (1984) são todavia pequenas.

Em contrapartida, Kondo & Dias Júnior (1999a) realizaram estudos em Latossolo Vermelho (33 a 70 g de argila 100  $\text{g}^{-1}$  de solo), Latossolo Vermelho-Amarelo (24 a 46 g de argila 100  $\text{g}^{-1}$  de solo) e Latossolo Roxo (59 a 76 g de argila 100  $\text{g}^{-1}$  de solo, com elevado teor de hematita), submetidos a diferentes manejos. Eles registraram valores variando entre 0,41 e 0,58  $\text{kg kg}^{-1}$ , 0,28 e 0,44  $\text{kg kg}^{-1}$  para, respectivamente, limites de liquidez e plasticidade. Estes dois índices estão correlacionados positivamente com os teores de argila e de matéria orgânica, independente do manejo do solo. O intervalo do teor em água no qual o solo pode ser trabalhado sem provocar degradação estrutural decresce no sentido Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo.

Uma outra forma de melhor conhecer as propriedades mecânicas do solo consiste em estudar sua curva de compressão. Kondo & Dias Júnior (1999b) mostram também que o limite de plasticidade pode ser utilizado como valor do teor máximo em água abaixo do qual alterações irreversíveis se produzem na estrutura do solo. Nos teores de água acima deste limite, a degradação da estrutura é mais marcante no Latossolo Vermelho-Amarelo e menos no Latossolo Vermelho.

Até a presente data, poucos estudos foram realizados no Cerrado, e os resultados obtidos por Moraes (1984) e Kondo & Dias Júnior (1999a, 1999b) não podem, na verdade, ser extrapolados para todos os Latossolos desta região.

## Propriedades Hidráulicas

### *Propriedades de Retenção de Água*

Tendo-se em conta os contrastes climáticos que ocorrem no Cerrado, a água tem um papel fundamental sobre as propriedades físicas destes solos. Com efeito, eles são submetidos a fortes alternâncias de ciclos de secagem e umedecimento, em particular pelos veranicos e após o final da estação chuvosa. A evapotranspiração sob vegetação de cerrado é de 576 mm ano<sup>-1</sup> (Lima et al., 1990). Sabe-se que nos agroecossistemas as taxas de transpiração dependem da espécie e da produtividade. O coeficiente de transpiração (perda de água por transpiração/biomassa seca) da soja representa mais de 700 kg de água por kg<sup>-1</sup> de matéria seca (MS), e o do milho, de 300 a 400 kg de água por kg<sup>-1</sup> de MS. Franco et al. (1996) mostram que, sob vegetação nativa, o potencial de água no solo decresce além do ponto de murcha permanente somente um mês após o término das chuvas, isto nos primeiros 50 cm de profundidade.

Dois terços da água disponível nos Latossolos são acessíveis por potenciais matriciais compreendidos entre -0,01 e -0,1 MPa (Wolf, 1975; Lopes, 1977). A quantidade de água nos solos e a disponibilidade para as plantas estão intimamente ligadas aos seus atributos físicos, químicos e biológicos. Lilienfein et al. (1999) observaram que as reservas de água nos dois primeiros metros do solo estão compreendidas entre 426 e 620 mm para diferentes manejos do solo. Eles observaram que sob pastagens produtivas os potenciais matriciais dos solos são similares aos solo sob vegetação de cerrado. Moraes (1984) comparou os efeitos de vários sistemas de manejo e mostra que as diferenças da quantidade de água disponível se explicam pelos diferentes tipos de composição mineralógica dos Latossolos, e não pelo manejo (Tabela 2). Stone et

al. (1994) estudaram um Latossolo Vermelho, após sete cultivos consecutivos, e constataram um aumento da quantidade de água retida em todos os potenciais matriciais. No entanto, a água disponível para as plantas foi menor, 25% para a camada 0-20 cm e 20% para a camada de 20–40 cm, em relação aos valores encontrados no início da experimentação.

**Tabela 2.** Quantidade de água disponível dos Latossolos do Cerrado. (LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo, LE = Latossolo Vermelho, LU = Latossolo Una, LR = Latossolo Roxo).

Solo	Horizontes cm	Argila g 100g <sup>1</sup>	Água disponível (g 100g <sup>1</sup> )				Referência
			Cerrado	Pastagens	Cultura	Plantio direto	
-	-	< 18	4,9	-	-	-	Lopes (1977)
-	-	18-35	8,5	-	-	-	
-	-	35-60	9,8	-	-	-	
-	-	> 60	9,1	-	-	-	
LVA	0-60	31-36	-	-	11,1-18,9	-	Stone & Silveira (1978)
LE	0-200	71-81	11,9-16,6	-	8,7-17,2	9,4-17,0	Moraes (1984)
LE	0-200	71-76	11,9-16,6	-	-	-	Moraes et al. (1985)
LE	0-200	72-75	-	-	8,7-17,2	-	
LE	0-200	72-81	-	-	-	9,4-17,0	
LE	0-195	69-79	10,8-15,1	-	-	-	Sans (1986)
LE	0-187	67-78	-	-	12,0-14,6	-	
-	0-225	32-41	5,0-9,0 <sup>1</sup>	-	-	-	International Soil Classification Workshop (1988)
-	0-239	79-88	9,7-12,7 <sup>1</sup>	-	-	-	
-	0-90	56-68	6,2-8,9	-	-	-	
-	0-285	76-82	6,5-12,3	-	-	-	
-	0-400	13-18	5,4-6,3 <sup>2</sup>	-	-	-	
-	15-156	71-81	7,9-10,1 <sup>2</sup>	-	-	-	
-	0-205	44-48	10,4-14,1 <sup>2</sup>	-	-	-	
-	30-180	54-61	12,2-15,0 <sup>2</sup>	-	-	-	
LE	0-60	41-44	-	-	9,0-10,6 <sup>3</sup>	-	Stone et al. (1994)
LE	0-60	41-44	-	-	7,2-8,0 <sup>4</sup>	-	
LE	0-40	49-62	-	6,5-9,2	-	-	Volpe (1998)
LE	0-20	68-72	6,1-6,6	-	7,4-8,6 <sup>5</sup>	-	Carvalho (1998)
LVA	2-8	46-60	7,0	-	12,0	13,0	Kato (1995)*
LE	0-40	48-51	9,2-10,9	-	-	-	Santos (1997)*
LE	0-40	49-62	-	11,5-14,9	-	-	
LE	0-40	55-57	-	-	10,6-12,9	-	
LE	0-40	39-44	-	-	-	10,2-12,5	
LE	0-118	59-67	10,6-14,4	-	-	-	Chagas et al. (1997)*
LU	0-106	63-67	13,8-17,2	-	-	-	

\*Centrifugação, <sup>1</sup>antrópico, <sup>2</sup>vegetação herbácea natural, <sup>3</sup>cultivado durante 13 anos, <sup>4</sup>após sete cultivos com arado a 30-35 cm intercalado de arado a 15-20 cm, <sup>5</sup>cultivado durante 30 anos.

Outros autores obtiveram resultados opostos. Por exemplo, Kato (1995) e Santos (1997), que utilizam o método da centrifuga, e Carvalho (1998), que utilizou câmaras de pressão, mostram aumento da reserva em água disponível dentro do horizonte 0–20 cm após o seu cultivo. Por outro lado, trabalhos de recuperação de pastagens não apresentaram evidências na variação da água disponível, em relação ao seu estado inicial (Volpe, 1998). O efeito da queima repetida, que é constantemente tida como causa possível da degradação das propriedades de retenção de água do solo, parece não ter efeito no estudo realizado por Spera et al. (2000). Enfim, Ohba (1999) mostra que a curva de retenção em água do Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-Amarelo pode ser descrita por um polinômio de terceiro grau, sendo o teor do volume em água correlacionado ao valor do potencial.

A quantidade de água disponível dos Latossolos varia de 4,8 a 18,9 g 100 g<sup>-1</sup>, segundo vários trabalhos, conforme apresentado na Tabela 2. Esta variação não está ligada nem ao teor de argila e nem à massa volumétrica (Figura 5). A análise dos teores de água nos valores de potencial de -0,1, -0,33 e -1,5 MPa mostra uma estreita relação com o teor de argila (Figura 6). Esta relação é, por outro lado, tanto mais estreita quanto menor for o potencial. Nota-se também que existe uma diferença em função do método utilizado para determinar o teor em água, sendo os teores em água obtidos com o método por centrifugação mais elevados do que aqueles obtidos com o método de câmara de pressão (Figura 6). Entretanto, como as diferenças entre os dois métodos, com relação aos teores de água nos três valores de potenciais, são semelhantes, o uso de um ou de outro terá pouca influência na determinação da quantidade de água disponível.

### ***Condutividade Hidráulica***

Os Latossolos apresentam geralmente valores elevados de condutividade hidráulica saturada ( $K_s$ ) em razão da sua estrutura microagregada, principalmente quando são mais argilosos (Resende, 1985; Resende et al., 1999, citados por Ferreira et al., 1999). Os autores encontraram variações em função do tipo de solo. Chagas et al. (1997), estudando dois Latossolos muito argilosos, um Latossolo Vermelho-Amarelo e um Latossolo Una, registraram valores de  $K_s$  variando de 44 a 72 mm h<sup>-1</sup> nos horizontes A e valores inferiores em profundidade (140 cm) para os horizontes B (0,14 a 3,3 mm h<sup>-1</sup>). Estes valores encontrados em profundidade não seriam



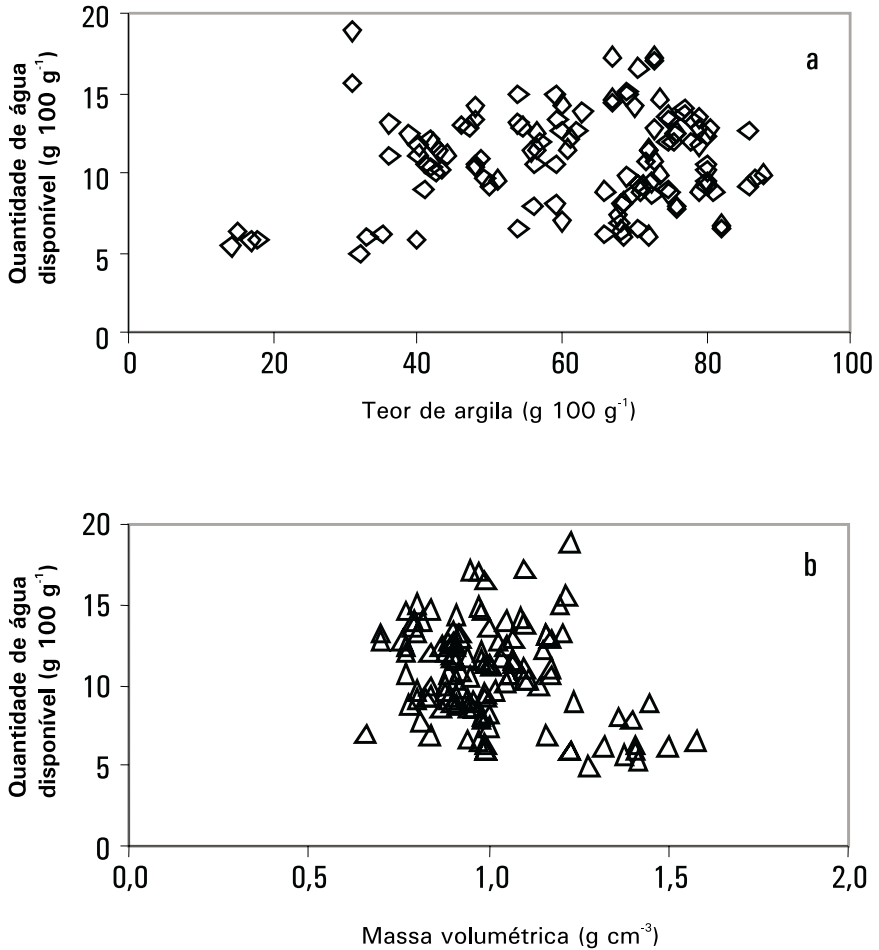
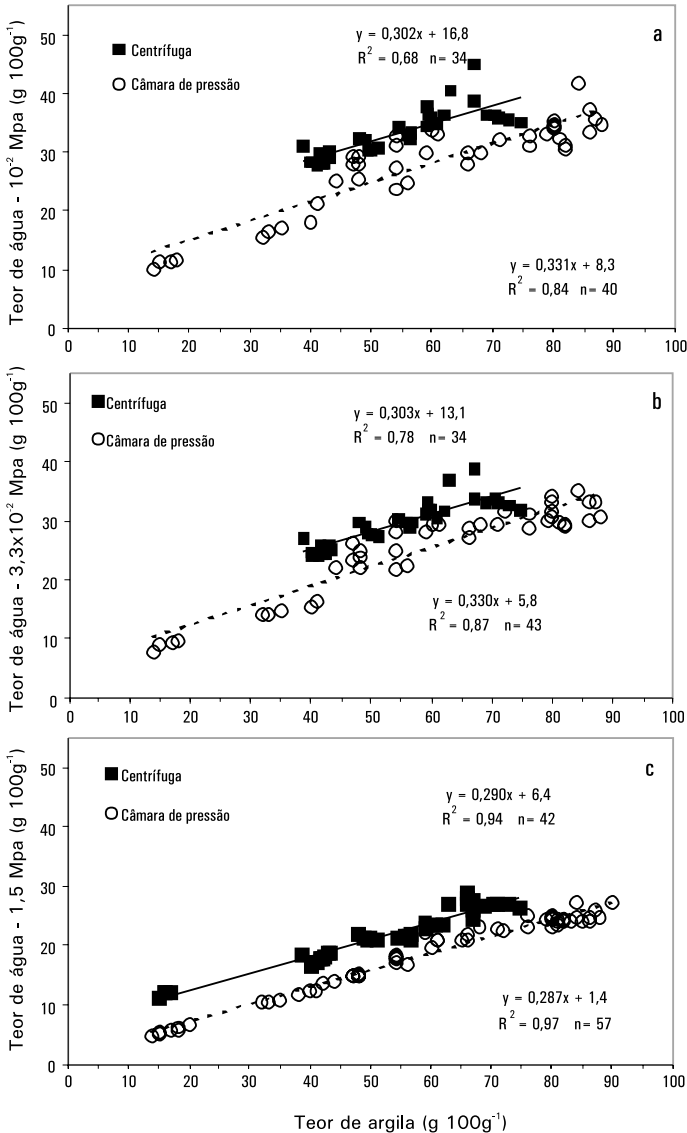


Fig. 5. Quantidade de água disponível dos Latossolos em função do teor de argila (a) e da massa volumétrica (b).

Fonte: Adaptada de: Stone & Silveira (1978); Moraes (1984); Sans (1986); International Soil Classification Workshop (1988); Kato (1995); Chagas et al. (1997); Santos (1997); Carvalho (1998).



**Fig. 6.** Teor de água (g 100 g<sup>-1</sup>) nos valores de potencial de (a)  $-10^{-2}$  MPa, (b)  $-3,3 \times 10^{-2}$  MPa e (c)  $-1,5$  MPa em função do teor de argila.

**Fonte:** Adaptada de: International Soil Classification Workshop (1988); Chagas et al. (1997); Santos (1997); Neufeldt et al. (1999).

esperados para horizontes microagregados. Valores de  $K_s$  de 199 a 619 mm h<sup>-1</sup> foram efetivamente observados em profundidades para os horizontes de Latossolos muito argilosos (Ferreira et al., 1999). Após o cultivo, geralmente  $K_s$  decresce na superfície (Stone & Silveira, 1978). Stone et al. (1994) registraram uma diminuição de  $K_s$  de 40 a 5 mm h<sup>-1</sup> e de 55 a 12 mm h<sup>-1</sup>, respectivamente nos horizontes 0-20 cm e de 20-40 cm, após sete anos de cultivo. Em contrapartida, a 40-60 cm de profundidade, ele diminuiu apenas de 135 a 124 mm h<sup>-1</sup>, não sendo significativo. Volpe (1998) analisou um Latossolo Vermelho sob vários sistemas de recuperação de pastagens, obtendo valores elevados de  $K_s$  (427 a 982 mm h<sup>-1</sup>) para horizontes de superfície, em função do implemento utilizado. Uma variação ainda maior (6,6 a 95,4 mm h<sup>-1</sup>) foi registrada para horizontes de superfície por Beutler et al. (2001a), em função das práticas culturais.

No estado não saturado, os valores da condutividade hidráulica, calculados com a ajuda do método do perfil instantâneo, variam de  $4,92 \times 10^{-2}$  a  $6,00$  mm h<sup>-1</sup> para teores em água variando de 0,274 a 0,409 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> (Frizzone & Cassiano Sobrinho, 1982). Estes valores são superiores aos registrados para outros tipos de solos dentro da mesma gama de textura e de teor de água. Stone & Silveira (1978), no entanto, obtiveram para um Latossolo Vermelho-Amarelo valores inferiores:  $3,8 \times 10^{-3}$  a  $85,0 \times 10^{-2}$  mm h<sup>-1</sup> para os teores em água variando de 0,284 a 0,214 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> (Figura 7).

### ***Escoamento Superficial e Erosão***

Os principais dados disponíveis para as perdas de solo por erosão hídrica são provenientes dos trabalhos de Dedecek et al. (1986), na região de Brasília; de Blancaneaux et al. (1993) e Silva et al. (1997), em Goiás; de Hernani et al. (1997, 1999), no Mato Grosso do Sul; e de Baccaro et al. (2000), em Minas Gerais. A Tabela 3 resume as principais características desses experimentos. As localizações dos estudos podem ser consideradas como representativas das condições e da diversidade do Cerrado. A gama de variação pluviométrica anual (1100-1600 mm) representa mais da metade da região do Cerrado. As parcelas são do tipo Wischmeier e situadas sob Latossolo.

As declividades, de 4%-5%, são as mais freqüentemente encontradas no Cerrado. Os dados de perdas de solo e de água estão reagrupados na Tabela 4. A análise dos dados permite os seguintes comentários:

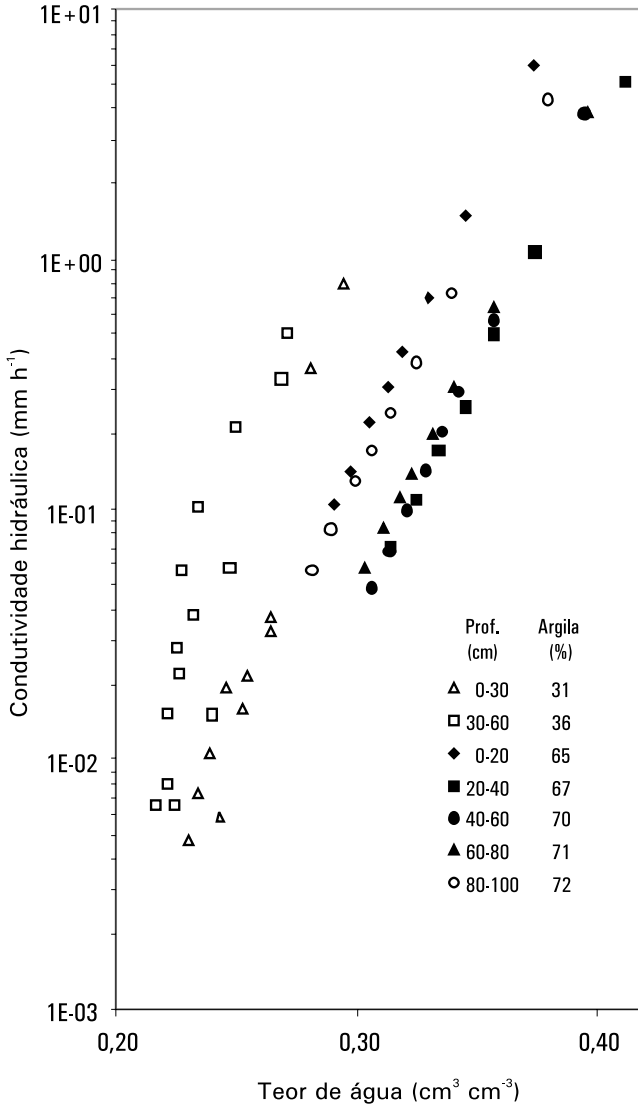


Fig. 7. Condutividade hidráulica não saturada de um Latossolo Vermelho-Amarelo (0-60 cm de profundidade)<sup>1</sup> e de um Latossolo Vermelho (0-100 cm de profundidade)<sup>2</sup>.

Fonte: <sup>1</sup>Adaptada de: Stone & Silveira (1978).

<sup>2</sup>Adaptada de: Frizzone & Cassiano Sobrinho (1982).

**Tabela 3.** Principais características das áreas experimentais de perdas de água e de solo da região do Cerrado.

<i>Local</i>	<i>P (mm)</i> (1)	<i>R (EI30 ws)</i> (2)	<i>Período</i> (3)	<i>Parcela (m<sup>2</sup>)</i> (4)	<i>Solo</i> (5)	<i>Declividade</i> (%)	<i>Tratamentos</i> (6)
Planaltina	1 600	7 897	1977-83	77	LVd	6	N, S,M,P*
Goiânia	1 522	8 355	1989-93	77	LVd	4	N, S,M,P
Dourados	1 400	6 411	1987-95	77	LVd	3	S
Iraí de Minas	1 150	7 000*	1998-99	10	LRa	5	N, P**

(1) Pluviometria média anual; (2) fator de erosividade das chuvas R de Wischmeier em  $\text{mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ; (3) duração do experimento; (4) superfície da parcela (22 x 3,5 m ou 10 x 1 m); (5) LVd: Latossolo Vermelho distrófico, LRa: Latossolo Roxo álico; (6) N: solo nu; S: soja; M: milho; P: pastagem (\**Brachiaria decumbens*; \*\**Paspalum nonatum*).

Fonte: Adaptada de Leprun & Brossard (2000).

**Tabela 4.** Perdas de solo e escoamento superficial nas diferentes áreas experimentais.

	<i>Perdas em terra (t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>)</i> (1)	<i>Escoamento (% P)</i> (2)
<b>Solo Nu</b>		
Planaltina	53,00	23,60
Goiânia	46,00	28,90
Iraí de Minas	5,10	4,30
Média	34,70	18,93
<b>Soja convencional*</b>		
Planaltina	9,00	14,50
Goiânia	3,50	11,10
Dourados	7,26	5,20
Média	6,59	10,27
<b>Milho convencional*</b>		
Planaltina	29,00	21,30
Goiânia	1,40	8,40
Média	15,20	14,85
<b>Pastagem</b>		
Planaltina	0,10	1,30
Goiânia	0,07	2,90
Iraí de Minas	0,47	0,01
Média	0,21	1,40

(1) Total anual das perdas de solo pela erosão laminar; (2) escoamento total em % da pluviometria média anual, \*valor estimado; preparo convencional do solo: aração seguida de duas gradagens niveladoras.

Fonte: Adaptada de Leprun & Brossard (2000).

- para as parcelas trabalhadas e mantidas sem cobertura, as perdas de água e de solo são, em todos os casos, maiores; porém se situando dentro de uma gama de valores médios, quando comparados a outras regiões do Brasil (Leprun, 1994);

- sob culturas de soja e milho, as perdas são próximas às de outras regiões do Sul do Brasil;

- sob pastagens, a cobertura do solo é praticamente total. As perdas de solo são ínfimas, representando menos de 1% das perdas com solo descoberto e menos de 10% das perdas sob culturas. As perdas em água são baixas, sendo aproximadamente dez vezes menores que aquelas sob culturas.

Podem-se explicar estes baixos valores pela estrutura dos Latossolos que, como visto anteriormente, confere-lhes uma capacidade elevada de infiltração da lâmina de água pluvial. No entanto, deve-se ter em mente que os dados foram obtidos sobre parcelas de pequeno tamanho, se comparadas com as áreas cultivadas e avaliam somente a erosão laminar. Elas não levam em conta os fenômenos da erosão em sulcos, cuja forma mais marcante são as voçorocas, que atualmente são preocupantes. Elas são observadas em particular nas pastagens degradadas por superpastejo. A quantidade de perda de solo devido às voçorocas são milhares de vezes superiores em comparação à erosão laminar.

A extrapolação dos dados torna-se, por conseqüência, difícil em função dos contextos pedoclimáticos encontrados no Cerrado. Recentemente, Silva et al. (1999) buscaram, com a ajuda de regressões múltiplas, ligar a erodibilidade medida no campo com as características físico-químicas de horizontes superficiais de cerca de 20 Latossolos brasileiros. Mostraram que os dados pedológicos de base, analíticos e descritivos do solo conduzem freqüentemente a uma estimativa aproximada da erodibilidade.

## Conclusões

Pode parecer paradoxal que, para uma região tão extensa e onde a atividade agrícola é atualmente uma das mais importantes do Brasil, a evolução da fertilidade dos solos, em particular a fertilidade física, não seja minuciosamente conhecida.

Os Latossolos, que representam aproximadamente a metade da superfície do Cerrado, constituem um modelo extremamente interessante para o estudo da evolução da fertilidade dos solos sob diferentes sistemas de culturas. Sua fertilidade química e física, que resulta de um fraco equilíbrio sob vegetação natural, é rapidamente afetada quando cultivado.

Se o manejo da fertilidade química dos Latossolos para numerosas culturas atualmente está embasado sobre numerosos trabalhos, o manejo da fertilidade física é, em compensação, menos estudado. Na avaliação global da fertilidade dos Latossolos, o que concerne às propriedades químicas ou às suas propriedades físicas não são discerníveis. Os estudos revelam que o cultivo do solo é acompanhado efetivamente de uma importante e rápida modificação da porosidade na superfície do solo, que se manifesta freqüentemente por um aumento da massa volumétrica. Esta evolução se traduz por uma evolução das propriedades físicas elementares: diminuição da estabilidade estrutural, aumento da proporção de argila dispersa em água, menor condutividade hidráulica. No entanto, muitos trabalhos não fornecem resultados facilmente utilizáveis em razão das metodologias experimentais utilizadas (ausência de informações, métodos de medidas inadequados, variações de composições entre os solos).

Todavia, existem vários estudos em andamento, que não se limitam mais a estudar de maneira isolada as propriedades do solo, mas que procuram analisar a evolução conjunta dos seus funcionamentos químico, físico e biológico, devendo permitir grande progresso para os próximos anos.

## Referências Bibliográficas

ABREU, J. C. **Caminhos antigos e povoamento do Brasil**. 4. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1975. 156 p.

ADÂMOLI, J.; MACÊDO, J.; AZEVEDO, L. G. de; MADEIRA NETTO, J. Caracterização da região dos cerrados. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel; Planaltina: Embrapa-CPAC, 1986. p. 33–74.

BACCARO, C. A. D.; SILVA, J. B.; VIEIRA, W. C.; CAMPOS, C. A. A.; SILVA, G. A. Comportamento da ação pluvioerosiva em parcelas com pastagem na microbacia do Córrego da Divisa. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM SOIL FUNCTIONING UNDER PASTURES IN INTERTROPICAL AREAS, 2000, Brasília. **Extended abstracts...** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000. 1 CD-ROM.

BARBOSA, A. S.; RIBEIRO, M. B.; SCHMITZ, P. I. Cultura e ambiente em áreas de Cerrado do sudoeste de Goiás. In: PINTO, M. N. (Org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. 2. ed. Brasília: Universidade de Brasília, 1993. p. 75–108.

BARCELLOS, A. de O. Sistemas extensivos e semi-intensivos de produção: pecuária bovina de corte nos Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos cerrados: anais...** Planaltina: Embrapa-CPAC, 1996. p. 130–136.

BARCELLOS, A. O.; VILELA, L.; LUPINACCI, A. V. Produção animal a pasto: desafios e oportunidades. In: ENCONTRO NACIONAL DO BOI VERDE A PECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 3., 2001, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: ABCZ, 2001. p. 27–64.

BERTRAN, P. **História da terra e do homem do Planalto Central: eco-história do Distrito Federal, do indígena ao colonizador**. Brasília: Solo, 1994. 314 p.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 167–177, jan./mar. 2001a.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Agregação de Latossolo Vermelho distrófico típico relacionada com o manejo na região dos Cerrados no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 129–136, jan./mar. 2001b.



BLANCANEAU, P.; FREITAS P. L. de; AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. de. Le semis direct comme pratique de conservation des sols des cerrados du Brésil central. **Cahiers Orstom**, serie Pedologie, Paris, v. 28, n. 2, p. 253-275, 1993.

BORGES, E. N.; LOMBARDI NETO, F.; CORRÊA, G. F.; BORGES, E. V. S. Alterações físicas introduzidas por diferentes níveis de compactação em Latossolo Vermelho-escuro textura média. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1663–1667, set. 1999.

BROSSARD, M.; LOPES ASSAD, M. L.; CHAPUIS, L.; BARCELLOS, A. O. Estoques de carbono em solos sob diferentes fitofisionomias de Cerrados. In: LEITE, L. L.; SAITO, C. H. (Ed.). **Contribuição ao conhecimento ecológico do Cerrado**. Brasília: Universidade de Brasília, 1997. p. 272–277.

CARVALHO, E. J. M.; FIGUEIREDO, M. de S.; COSTA, L. M. da. Comportamento físico-hídrico de um podzólico vermelho-amarelo câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n.2, p. 257–265, fev. 1999.

CARVALHO, M. A. de. **Retenção de água e outros atributos físicos de agregados de um Latossolo Vermelho-escuro**. 1998. 83 f. Tese (Doutorado em Solos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CARVALHO, S. I. C. de; VILELA, L.; SPAIN, J. M.; KARIA, C. T. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilik na região dos Cerrados. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 12, n. 2, p. 24–28, ago. 1990.

CASTRO FILHO, C.; LOGAN, T. J. Liming effects on the stability and erodibility of some Brazilian Oxisols. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 55, n. 5, p. 1407–1413, Sept./Oct. 1991.

CASTRO, O. M.; CAMARGO, O. A.; VIEIRA, S. R.; VASQUES FILHO, J. Effect of two types of lime on some soil physical attributes of an Oxisol from Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 30, n. 15/16, p. 2183–2195, 1999.

CHAGAS, C. da S.; CURI, N.; DUARTE, M. N.; MOTTA, P. E. F. da; LIMA, J. M. de. Orientação das camadas de rochas metapelíticas pobres na gênese de Latossolos sob Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 5, p. 539–548, maio 1997.

CORSINI, P. C.; FERRAUDO, A. S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 289–298, fev. 1999.

COSTA, F. P.; REHMAN, T. Exploring the link between farmers' objectives and the phenomenon of pasture degradation in the beef production systems of Central Brazil. **Agricultural Systems**, Barking, v. 61, n. 2, p. 135–146, Aug. 1999.

DEDECEK, R. A.; RESCK, D. V. S.; FREITAS JÚNIOR, E. de. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho-escuro dos Cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, n. 3, p. 265–272, set./dez. 1986.

EMBRAPA CERRADOS. **II Plano Diretor Embrapa Cerrados 2000–2003**. Planaltina, 2000. 32 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 15).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Mapa de solos do Brasil**. Rio de Janeiro, 1981. 1 mapa. Escala 1:5.000.000.

FERREIRA, M. M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 515–524, jul/set. 1999.

FONTES, M. P. F.; GJORUP, G. B.; ALVARENGA, R. C.; NASCIF, P. G. S. Calcium salts and mechanical stress effects on water-dispersible clay of oxisols. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 59, n. 1, p. 224–227, Jan./Feb. 1995.

FRANCO, A. C.; NARDOTO, G. B.; SOUZA, M. P. Patterns of soil water potential and seedling survival in the Cerrados of Central Brazil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos cerrados: analis...** Planaltina: Embrapa-CPAC, 1996. p. 277–280.

FREGONEZI, G. A. F.; BROSSARD, M.; GUIMARÃES, M. F.; MEDINA, C. C. Modificações morfológicas e físicas de um latossolo argiloso sob pastagens. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 1017-1027, out./dez. 2001.

FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRÉ-LARROUY, M. C.; FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 157–170, jan. 2000.

FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P.; MOREAU R. Caractérisation structurale de sols des cerrados brésiliens (Savanes) sous différents modes d'utilisation agricole. **Etude et Gestion des Sols**, Paris, v.5, n.2, p.93-105, 1998.

FRIZZONE, J. A.; CASSIANO SOBRINHO, F. Condutividade hidráulica de um solo de cerrado não saturado – Latossolo vermelho escuro álico. **Cientifica**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 49–56, 1982.

GALVÃO, T. C. de B.; SCHULZE, D. G. Mineralogical properties of a collapsible lateritic soil from Minas Gerais, Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 60, n. 6, p. 1969–1978, Nov./Dec. 1996.

GOEDERT, W. J. Management of acid tropical soils in savannas of South America. In: IBSRAM INAUGURAL WORKSHOP, 1985, Yurimaguas, Peru / Brasília, Brasil. **Proceedings...** Bangkok: IBSRAM, 1987. p.109-127.

GROHMANN, F. Porosidade. In: MONIZ, A. C. (Ed.). **Elementos de pedologia**. São Paulo: EDUSP, 1975. p. 77–84.

GUIMARÃES, D. **Geologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Produção Mineral, 1964. 674 p.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 145–154, jan./mar. 1999.

HERNANI, L. C.; SALTON, J. C.; FABRICIO, A. C.; DEDECEK, R.; ALVES JUNIOR, M. Perdas por erosão e rendimentos de soja e de trigo em diferentes sistemas de preparo de um Latossolo Roxo de Dourados (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 4, p. 667–676, out./dez. 1997.

HINGSTON, F. J.; POSNER, A. M.; QUIRK, J. P. Anion adsorption by goethite and gibbsite. II: Desorption of anions from the hydrous oxide surface. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 25, n. 1, p. 16–26, Mar. 1974.

INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 8., 1986, Rio de Janeiro. **Classification, characterization and utilization of oxisols: proceedings...** Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS, 1988. 2 v.

KATO, E. **Efeito do selamento na condutividade hidráulica saturada da camada superficial de solo sob Cerrado em três condições de manejo**. 1995. 39 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília.

KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, I. P.; YOKOYAMA, L. P.; DUTRA, L. G.; PORTES, T. de A.; SILVA A. E. da; PINHEIRO, B. da S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. da M. de; GUIMARÃES, C. M.; GOMIDE, J. de C.; BALBINO, L. C. Sistema Barreirão: recuperação/renovación de pasturas degradadas utilizando cultivos anuais. In: GUIMARÃES, E. P.; SANZ, J. I.; RAO, I. M.; AMÉZQUITA, M. C.; AMÉZQUITA, E. (Ed.). **Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de America Latina**. Cali: CIAT; Brasília: Embrapa, 1999. p. 195–231.

KONDO, M. K.; DIAS JÚNIOR, M. S. Efeito do manejo e da umidade no comportamento compressivo de três latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 497–506, jul./set. 1999a.

KONDO, M. K.; DIAS JÚNIOR, M. S. Estimativa do efeito do uso e da umidade do solo sobre a compactação adicional de três latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 773–782, out./dez. 1999b.

KOUAKOUA, E.; LARRÉ–LARROUROUY, M. C.; BARTHÈS, B.; FREITAS, P. L. de; NEVES, C.; SALA, G. H.; FELLER, C. Relations entre stabilité de l'agrégation et matière organique totale et soluble à l'eau chaude dans des sols ferrallitiques argileux (Congo, Brésil). **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 79, n. 4, p. 561–569, Nov. 1999.

LEPRUN, J. C. Effets de la mise en valeur sur la dégradation physique des sols. Bilan du ruissellement et de l'érosion de quelques grands écosystèmes brésiliens. **Etude et Gestion des Sols**, Paris, v. 1, n. 1, p. 45–65, 1994.

LEPRUN, J. C.; BROSSARD, M. Balanço das medidas de perdas em terra e água por erosão hídrica em solos cultivados do Cerrado: o papel das pastagens. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM SOIL FUNCTIONING UNDER PASTURES IN INTERTROPICAL AREAS, 2000, Brasília. **Extended abstracts...** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000. 1 CD-ROM.

LILIENFEIN, J.; WILCKE, W.; AYARZA, M. A.; LIMA, S. do C.; VILELA, L.; ZECH, W. Annual course of matric potential in differently used savanna Oxisols in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 63, n. 6, p. 1778–1785, Nov./Dec. 1999.

LIMA, J. M.; ANDERSON, S. J. Aggregation and aggregate size effects on extractable iron and aluminum in two hapludoxs. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, n. 3, p. 965–970, May/June 1997.

LIMA, J. M.; ANDERSON, S. J.; CURTI, N. Phosphate induced clay dispersion as related to aggregate size composition in hapludoxs. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 64, n. 3, p. 892–897, May/June 2000.

LIMA, W. de P.; ZAKIA, M. J. B.; LIBARDI, P. L.; SOUZA FILHO, A. P. de. Comparative evapotranspiration of eucalyptus, pine and natural "Cerrado" vegetation measured by the soil water balance method. **IPEF Internacional**, Piracicaba, v. 1, p. 5-11, 1990.

LOPES, A. S. **Available water, phosphorus fixation, and zinc levels in Brazilian Cerrado soils in relation to their physical, chemical, and mineralogical properties.** 1977. 189 f. Thesis (Doctor of Philosophy) - Faculty of North Carolina State University, Raleigh.

LOPES, A. S. **Solos sob “Cerrado”**: características, propriedades e manejo. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 162 p.

MACEDO, J. **Prospectives for the rational use of the Brazilian cerrados for food production**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1995a. 19 p.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema Cerrados: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 22., 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 1995b. p. 1–27.

MADEIRA NETO, J. da S.; MACEDO, J. **Contribuição para a interpretação de levantamentos de solos**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1981. 32 p. (Embrapa-CPAC. Boletim de Pesquisa, 6).

MELATTI, J. C. **Índios da América do Sul – áreas etnográficas**. Disponível em: < <http://www.geocities.com/juliemelatti/ias.htm> > . Acesso em: 30 ago. 2001.

MORAES, W. V. **Comportamento de características e propriedades físicas de um Latossolo Vermelho escuro, submetido a diferentes sistemas de cultivos**. 1984. 107 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

MORAES, W. V. de; CORRÊA, L. A.; FERREIRA, M. M. Efeitos de diferentes sistemas de cultivos em algumas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho escuro textura argilosa. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 180–189, jul./dez. 1985.

MUGGLER, C. C.; GRIETHUYSEN, C. van; BUURMAN, P.; PAPE, T. Aggregation, organic matter, and iron oxide morphology in Oxisols from Minas Gerais, Brazil. **Soil Science**, Baltimore, v. 164, n. 10, p. 759–770, 1999.

NEUFELDT, H.; AYARZA, M. A.; RESCK, D. V. S.; ZECH, W. Distribution of water–stable aggregates and aggregating in Cerrado Oxisols. **Geoderma**, Amsterdam, v. 93, p. 85–99, 1999.

OHBA, K. Determination and simulation of soil moisture dynamics in upland fields in the Cerrados area (Brazil). **JARQ**, Tsukuba, v. 33, n. 4, p. 251–259, Oct. 1999.

OLIVEIRA, C. V.; KER, J. C.; DUARTE, M. N.; CURI, N.; FONTES, L. E. F. Atributos micromorfológicos de solos do projeto Jaíba, Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 117–128, jan./mar. 2000.

PALACIN, L.; MORAES, M. A. S. **História de Goiás**. 6. ed. Goiânia: UCG, 1994. 124 p.

PEREIRA, G.; AGUIAR, J. L. P. de; MOREIRA, L.; BEZERRA, H. da S. Área e população do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 7, p. 759–763, jul. 1997.

PINHEIRO–DICK, D.; SCHWERTMANN, U. Microaggregates from oxisols and inceptisols: dispersion through selective dissolutions and physicochemical treatments. **Geoderma**, Amsterdam, v. 74, p. 49–63, 1996.

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T. Solos do bioma cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. p. 47-86.

SALES, L. E. O.; FERREIRA, M. M.; OLIVEIRA, M. S.; CURI, N. Estimativa da velocidade de infiltração básica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 11, p. 2091–2095, nov. 1999.

SANO, E. E.; BARCELLOS, A. O.; BEZERRA, H. S. Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian savanna. **Pasturas tropicales**, Cali, v. 22, n. 3, p. 2-15, dic. 2000.

SANS, L. M. A. **Estimativa do regime de umidade, pelo método de Newhall, de um Latossolo Vermelho–escuro álico da região de Sete Lagoas, MG**. 190 f. Tese (Doutorado em Solos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SANTOS, M. N. dos. **Influencia de diferentes sistemas de manejo nos teores de carbono orgânico e de nutrientes e no tamanho e distribuição de poros em um Latossolo Vermelho–escuro argiloso na região dos Cerrados**. 1997. 133 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília.

SAVIDAN, Y.; JANK, J.; SOUZA, F. H. D. de; BOOK, A. Preliminary evaluation of *Panicum maximum* germplasm in Brazil. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 15., 1985, Kyoto. **Proceedings...** Kyoto: Japanese Society of Grassland Science, 1985. p. 117–118.

SAWHNEY, B. L. Charge characteristics of soils as affected by phosphate sorption. **Soil Science Society of America Proceedings, Madison**, v. 38, n. 1 p. 159–160, Jan./Feb. 1974.

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; TRENTINI, A.; CÔTES, N. A. L'agriculture brésilienne des fronts pionniers. **Agriculture et Développement**, Montpellier, n. 12, p. 2–61, 1996.

SHANG, C.; TIESSEN, H. Organic matter lability in a tropical oxisol: evidence from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, density, and magnetic fractionations. **Soil Science**, Baltimore, v. 162, n. 11, p. 795–807, Nov. 1997.

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; LIMA, J. M. de; FERREIRA, D. F. Proposição de modelos para estimativa da erodibilidade de latossolos brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 12, p. 2287–2298, dez. 1999.

SILVA, M. L. N.; FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P.; CURI, N.; LIMA, J. M. Relação entre parâmetros da chuva e perdas de solo e determinação da erodibilidade de um Latossolo Vermelho–escuro em Goiânia (GO). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 131–137, jan./mar. 1997.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Suscetibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho–escuro e de um Podzólico Vermelho–amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 239–249, abr./jun. 2000.



SILVEIRA, P. M. da; SILVA, S. C. da; SILVA, O. F. da, DAMACENO, M. A. Estudo de sistemas agrícolas irrigados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 8, p. 1243–1252, ago. 1994.

SPERA, S. T.; REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SILVA, J. C. S. Características físicas de um Latossolo Vermelho–escuro no Cerrado de Planaltina, DF, submetido à ação do fogo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9, p. 1817–1824, set. 2000.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Condutividade hidráulica de um Latossolo Vermelho–amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 4, p. 63–71, abr. 1978.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da; ZIMMERMANN, F. J. P. Características físico–hídricas e químicas de um latossolo após adubação e cultivos sucessivos de arroz e feijão, sob irrigação por aspersão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 533–539, set./dez. 1994.

STONER, E. R.; FREITAS JUNIOR, E. de; MACEDO J.; MENDES, R. C. A.; CARDOSO, I. M.; AMABILE, R. F.; BRYANT, R. B.; LATHWELL, D. J. **Physical constraints to root growth in savanna oxisols**. Raleigh: North Carolina State University, 1991. 28 p. (TropSoils. Bulletin, 91–01).

TAUNAY, A. de E. **História das bandeiras paulistas**. São Paulo: Melhoramentos, 1951. 2 v.

TAVARES FILHO, J.; TESSIER, D. Influence des pratiques culturales sur le comportement et les propriétés de sols du Paraná (Brésil). **Etude et Gestion des Sols**, Paris, v. 5, n. 1, p. 61-71, 1997.

VOLPE, E. **Sistemas de recuperação direta de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, em Latossolo Vermelho–escuro, na região dos Cerrados**. 1998. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Dourados.

WANIEZ, P. **Les Cerrados: un “espace frontière” brésilien**. Montpellier: G.I.P. RECLUS–ORSTOM, 1992. 344 p.

WESTERHOF, R.; BUURMAN, P.; GRIETHUYSEN, C. van; AYARZA, M.; VILELA, L.; ZECH, W. Aggregation studied by diffraction in relation to plowing and liming in the Cerrado region in Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 90, p. 277–290, 1999.

WOLF, J. M. Soil–water relations in oxisols of Puerto Rico and Brazil. In: BORMEMISZA, E.; ALVARADO, A. (Ed.). **Soil management in Tropical America**. Raleigh: North Carolina State University, 1975. p. 145–154.

ZIMMER, A. H.; CORRÊA, E. S. A pecuária nacional, uma pecuária de pasto. In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS, 1., 1993, Nova Odessa. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1993. p. 1–25.