

# Qualidade Física do Latossolo Vermelho Distrófico Cultivado com Milho

Adriano Gonçalves de Campos  
Bruno Montoani Silva  
Diego Antônio França de Freitas  
Maurilio Fernandes de Oliveira

A expansão e a ocupação dos solos brasileiros para agricultura, aliadas à necessidade de exploração sustentável dos recursos naturais, destacam a importância do conhecimento e o detalhamento das características básicas dos seus solos. Dessa forma, cresce a preocupação em razão do aumento da intensidade das atividades antrópicas (Araújo et al., 2007; Brighenti et al., 2012). O uso de indicadores da qualidade do solo para avaliação da sustentabilidade ambiental é de grande importância. Esta qualidade pode ser definida como a capacidade do solo de funcionar dentro dos limites do ecossistema; sustentar a produtividade biológica; manter a qualidade ambiental e promover a saúde vegetal e animal (Doran et al., 1996). A avaliação dessa qualidade por meio de atributos do solo é bastante complexa em razão da grande diversidade de usos, da multiplicidade

de inter-relações entre fatores físicos, químicos e biológicos que controlam os processos e dos aspectos relacionados a sua variação no tempo e no espaço. O grande desafio dos estudos sobre sustentabilidade é com relação ao desenvolvimento de metodologias para avaliação da qualidade do solo e do ambiente sob a interferência do homem. O uso de atributos físicos do solo para o estudo de sua qualidade apresenta vantagens relacionadas ao baixo custo, metodologias simples e rápidas e relação direta com os demais atributos químicos e biológicos do solo.

Os sistemas de manejo do solo podem ocasionar alterações nos seus atributos físicos, químicos e biológicos, expressando uma perda de qualidade, afetando a sustentabilidade ambiental e econômica da atividade agrícola (Reichert et al., 2003; Carneiro et al.,

# Qualidade Física do Latossolo Vermelho Distrófico Cultivado com Milho<sup>1</sup>

2009; Niero et al., 2010). Por outro lado, uma boa qualidade física do solo favorece condições apropriadas para o crescimento e o desenvolvimento das plantas e para a manutenção da diversidade de organismos que habitam o solo e executam serviços ambientais (Doran; Parkin, 1994; Albuquerque et al., 2005).

Sendo assim, a compreensão e a quantificação do impacto do uso e manejo do solo na sua qualidade são fundamentais no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis (Araújo et al., 2007; Bavoso et al., 2010). Nesse sentido, o nível de alteração na qualidade do solo pode ser avaliado pela mensuração do estado atual de determinados atributos em comparação com o estado natural do solo ou com faixas de valores considerados ideais em trabalhos encontrados na literatura.

Para isso, faz-se necessário selecionar um conjunto mínimo de indicadores que apresentem características como sensibilidade às mudanças provocadas pelo manejo, facilidade de avaliação, aplicabilidade em diferentes escalas, utilização abrangente a médio e longo prazo (Doran; Parkin, 1994; Chaer; Tótola, 2007; Niero et al., 2010; Chaves et al., 2012).

Ultimamente diferentes trabalhos têm sido realizados com o objetivo de identificar os atributos indicadores da qualidade do solo em sistemas agrícolas, implantados em substituição aos ecossistemas sem intervenção antrópicas (Cardoso et al., 2009, 2011; Neves et al., 2007; Silveira et al., 2006), e avaliar o efeito integrado deles, expressos juntamente com a existência de parâmetros do solo “indicadores” dentro de faixas ideais ou ótimas, que quantificam o nível ou grau de qualidade (Topp et al., 1997; Arshad; Martin, 2002; Araújo et al., 2007; Melo Filho et al., 2007; Cardoso, 2008; Reynolds et al., 2008; Melo Filho et al., 2009).

---

<sup>1</sup> Eng.-Agrôn., M.Sc. em Fitotecnia, representante comercial Casa do Adubo; Sete Lagoas, MG; Eng.-Agrôn., D.Sc. em Solos, Professor da Universidade Federal de Lavras; Lavras, MG; Eng.-Agrôn., D.Sc. em Ciência do Solo, Professor da Universidade Federal de Viçosa, Campus Florestal, Florestal - MG; Eng.-Agrôn., D.Sc. em Produção Vegetal, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG..

Tótola e Chaer (2002) relatam que dois diferentes enfoques têm sido sugeridos para estabelecer critérios de referência da qualidade do solo: sendo o primeiro relacionado à área sob vegetação nativa, por representar as condições ecológicas de estabilidade do ambiente, e o segundo aquele associado a parâmetros agronômicos que maximizem a produção e conservem o meio ambiente.

O atributo densidade do solo é largamente utilizado como indicador pela fácil determinação e relação física com os outros atributos associados ao crescimento e desenvolvimento de plantas, como porosidade, aeração, condutividade hidráulica e térmica, resistência à penetração de raízes e disponibilidade de água e nutrientes (Stone; Silveira, 2001; Lima et al., 2007; Gubiani et al., 2013; Silva et al., 2015) e, no entanto ser determinada de forma independente (Reynolds et al., 2008).

Outros indicadores têm sido utilizados para expressar as condições estruturais do solo baseado na curva de retenção de água no solo, tal como o índice S (Dexter, 2004a), porosidade no domínio dos macroporos e da matriz do solo, capacidade de aeração, disponibilidade de água (Reynolds et al., 2002), e mais recentemente a capacidade relativa de água (RWC) ou capacidade de campo relativa (Reynolds et al., 2008, 2009, 2014).

A RWC define uma adequada faixa de disponibilidade de água e ar para a máxima produção da cultura (Reynolds et al., 2002), um dos principais fatores limitantes da produtividade de grãos em agricultura de sequeiro (Doran et al., 1990; Olness et al., 1998). A RWC pode ser considerada um indicador de qualidade de solo robusto porque sofre pouca influência da textura do solo, carbono orgânico e densidade do solo.

Os mesmos autores propõem metodologia para estimar a faixa adequada de indicadores a partir dessa faixa de RWC e sua relação com a densidade do solo, e apontam a necessidade de validação para diferentes classes de solos, de considerar uma camada de solo mais profunda (i.e. 0 - 30 cm), da inclusão de mais indicadores e sua correlação com a produtividade.

Dessa forma, quando se trabalha em sistemas agrícolas intensivos como no cerrado brasileiro, com Latossolo Vermelho, torna-se imprescindível aliar alta produtividade com boa qualidade física do solo, adotando práticas

conservacionistas para alcançar o ótimo desempenho das culturas com uma mínima degradação do solo e do ambiente (Topp et al., 1997; Andrade; Stone, 2009).

A qualidade física do Latossolo Vermelho distrófico submetido a diferentes sistemas de manejo pode ser descrita a partir de regressões lineares entre os atributos indicadores.

## Caracterização da Área Experimental

O experimento tem sido realizado na estação experimental da Embrapa Milho e Sorgo, no município de Sete Lagoas-MG. Encontra-se nas coordenadas geográficas com latitude 19°27'S, longitude 44°10'W e altitude de 786 m. O clima da região se enquadra no tipo Cwa, segundo classificação de Köppen. A precipitação e a temperatura média anual são de 1.340 mm e 22 °C, respectivamente. A classe de solo predominante foi classificada como Latossolo Vermelho Distrófico argiloso caulinitico (Santos et al., 2013). A caracterização física e química do solo está apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização física e química de um Latossolo Vermelho Distrófico em diferentes Sistemas de manejo, no perfil de 0 - 40 cm, realizada em novembro de 2014.

Trat.	Ar- gila	Silte	Areia	pH	CTC <sup>(1)</sup> cmol/ dm <sup>3</sup>	P mg/ dm <sup>3</sup>	V <sup>(1)</sup> ----- % -----	m <sup>(1)</sup>	MOS <sup>(1)</sup>
	-----g Kg <sup>-1</sup> -----								
Perfil de 0 - 40 cm									
GA	578	225	197	5,4	8,3	7,1	33,1	1,6	3,7
AA	589	215	195	5,3	8,9	5,2	33,5	0,8	3,7
AD	635	196	169	5,6	9,8	7,9	33,1	0,4	4,5
AD/GA	573	216	211	5,7	8,0	5,3	37,5	0,5	3,6
SD	601	205	194	5,8	9,8	8,4	44,8	0,8	4,3
CN	790	90	120	5,1	9,4	2,2	13,8	24,4	4,6

<sup>(1)</sup>CTC: capacidade de troca catiônica; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; MOS: matéria orgânica. Análise granulométrica e análise química determinado conforme (Donagema et al., 2011). Grade Aradora (GA), Arado de Aiveca (AA), Arado de Disco (AD), Arado de Disco/Grade Aradora (AD/GA), Semeadura Direta (SD), e Cerrado Nativo (CN).

A área experimental vem sendo cultivada com milho desde 1995, no verão, sob diferentes sistemas de manejo do solo. Os sistemas de manejo avaliados foram a Grade Aradora (GA), Arado de Aiveca (AA), Arado de Disco (AD), Arado de Disco/Grade Aradora (AD/GA), Semeadura Direta (SD), além de uma área adjacente de Cerrado Nativo (CN), utilizada como referência. Em cada tratamento as parcelas têm delimitada uma área útil pelas dimensões 20 x 16 m.

Os equipamentos utilizados para preparo do solo apresentam as seguintes especificações: GA intermediária com 16 discos de 28", AA com 3 lâminas, AD com 3 discos de 32" de diâmetro. Em SD, realiza dessecação com glifosato antes do plantio, caracterizando semeadura sob baixa quantidade de palhada (próximo de 4 t ha<sup>-1</sup>). Após o preparo do solo, é utilizada grade niveladora em todas as parcelas, à exceção das que recebem o tratamento SD. No período de entressafra, aplica-se glifosato em toda a área experimental, às vezes seguida pela passagem de tritador.

A cultivar híbrido simples de milho foi semeada por plantadora adubadora na população recomendada pelo fabricante (em geral, próximo de 65.000 plantas ha<sup>-1</sup>), com adubação de plantio com 500 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 08 - 28 - 16 + 0,5 - N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O + Zn, respectivamente. Adubação de cobertura é realizada com 150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (geralmente na forma de ureia ou sulfato de amônio) quando a cultura se apresenta com 4 a 6 folhas.

O controle de plantas daninhas é realizado com herbicidas pré ou pós-emergência. O tratamento de sementes e a aplicação de inseticidas é realizado com produtos fitossanitários vigentes nos boletins de recomendação.

A partir do ano de 2007 foram realizadas práticas agrícolas em toda a área experimental (recomendação de calagem - 2,4 Mg ha<sup>-1</sup> e gessagem - 1,0 Mg ha<sup>-1</sup>), ajustes na adubação de plantio e de nitrogênio em cobertura, adequação no uso de herbicidas e manejo de pragas) visando otimizar a produtividade. Nas parcelas de SD tem-se cultivado a rotação milho-soja. A área experimental tem sido dessecada para plantio com 3,0 kg ha<sup>-1</sup> de glifosato 10 dias antes da semeadura.

## Descrição das Amostragens

Coletaram-se amostras de solo deformadas e não deformadas em três trincheiras por tratamento, sendo cada trincheira considerada uma repetição. As trincheiras foram abertas na área central de cada parcela, deixando 7 metros de bordadura de cada lado, entre os meses de outubro e novembro 2014, antes da operação de preparo do solo e após precipitação de 40 milímetros de chuva. A amostragem foi realizada em 4 profundidades (0 - 5, 5 - 10, 10 - 20 e 20 - 40 cm), sendo as amostras coletadas em anéis volumétricos com 5 cm de altura e diâmetro.

As amostras foram preparadas e umedecidas gradativamente por capilaridade com água destilada, até a saturação ter sido alcançada. Posteriormente foram pesadas para estimar a umidade na saturação ( $\theta_s$ ) e em seguida submetidas aos potenciais ( $\Psi$ ): -2, -4, -6, -10, -33, -100, -500 e -1500 kPa, utilizando placas porosas, conforme Klute (1986). Utilizou-se uma mesa de tensão automatizada da marca ECOTECH para potenciais até -10 kPa e Câmara de Richards de média e alta pressão para os demais.

Após atingir o equilíbrio em cada potencial, as amostras foram pesadas e ao final, secas em estufa a 105 °C para quantificar a densidade do solo ( $D_s$ ) e os conteúdos de água ( $\theta$ ), em  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ , associados a cada potencial ( $\Psi$ ). A porosidade total (Pt) foi considerada como equivalente a  $\theta_s$ . A Microporosidade (Micro) foi atribuída ao  $\theta$  em equilíbrio no potencial de -6 kPa. A Macroporosidade (Macro) foi determinada pela diferença entre Pt e Micro (Donagema et al., 2011).

Determinou-se a capacidade de água disponível do solo às plantas (CAD) pela diferença entre capacidade de campo estimada pelo conteúdo de água retido a -6 kPa (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) a -1500 kPa.

CC e PMP foram obtidos a partir dos dados modelados de retenção de água pelo modelo de Genuchten (1980), ajustado com auxílio do software RETC (Genuchten et al., 1991). O emprego de -6 kPa na estimativa da capacidade de campo tem sido apregoado para Latossolos intemperizados do Cerrado (Oliveira et al., 2004; Andrade; Stone, 2011; Silva et al., 2014, 2015).

O índice S proposto por Dexter (2004b) foi calculado a partir dos dados modelados de retenção de água no modelo de Genuchten (1980) conforme equação:

$$S = -n (\theta_{\text{sat}} - \theta_{\text{res}}) [1 + 1/m]^{-(1+m)}$$

Onde:

S = valor da inclinação da curva de retenção de água (CRA) no seu ponto de inflexão;

$\theta_{\text{sat}}$  = conteúdo de água saturado ( $\text{g g}^{-1}$ );

$\theta_{\text{res}}$  = conteúdo de água residual ( $\text{g g}^{-1}$ );

m e n= parâmetros empíricos da equação.

Ressalta-se que o alto valor do índice S indica presença de muitos poros estruturais bem como melhor configuração de poros no solo. Solos de cerrado com índice  $S > 0,045$  indicam boa qualidade estrutural, e  $S < 0,025$  indica solos fisicamente muito pobres (Streck et al., 2008; Andrade; Stone, 2009).

A capacidade de aeração do solo ( $A_{\text{cb}}$ ) indica a aeração do solo considerando tanto macro como microporos.

$$A_{\text{cb}} = P_t - CC$$

Apesar da simplicidade, este indicador tem sido muitas vezes útil, mesmo não contemplando as complexas interações solo-ar-água-planta-microrganismos (Reynolds et al., 2002, 2008). Valores de  $A_{\text{cb}} > 0,12 - 0,17 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  têm sido observados na zona radicular de lavouras de alta produtividade em solos com textura média a argilosa, segundo vários trabalhos compilados por Reynolds et al. (2008).

A capacidade relativa de água no solo (RWC) expressa a capacidade do solo de armazenar ar e água em relação ao volume total de poros de solos (Reynolds et al., 2002, 2008, 2014), calculada por:

$$RWC = (CC/\theta_s) = [1 - (A_{\text{cb}}/\theta_s)] = [(CAD + PMP)/\theta_s]$$

A RWC indica qual limitação é mais séria, se aeração ou hídrica. Valores de  $RWC < 0,6$  indicam baixas taxas de água no perfil do solo e resultam

em redução da atividade microbiana, principalmente redução na produção de nitrato. Por outro lado, os maiores valores,  $RWC > 0,7$ , indicam insuficiente disponibilização de ar do solo e também resultam em redução da atividade microbiana (Linn; Doran, 1984; Skopp et al., 1990). A faixa  $0,6 < RWC < 0,7$  tem sido proposta como adequada a solos sob agricultura em condições de sequeiro para máxima atividade microbiológica (Reynolds et al., 2002).

A resistência à penetração de raízes no solo (RP) foi determinada utilizando-se o penetrômetro de Impacto (modelo IAA/PLANALSUCAR STOLF). A medição foi a partir da superfície do solo até a profundidade de 40 cm, com uma amostragem em cada parcela experimental. Todas as medições foram realizadas no mesmo dia (precipitação de 40 milímetros de chuva no dia anterior), seguindo metodologia adaptada descrita por Stolf (1991).

## **Análise dos Dados e Descrição das Mensurações**

Os valores dos parâmetros mensurados encontram-se nos Anexos. Foi verificada a existência de correlação entre RWC e Ds, utilizando dados médios do perfil de solo analisado (0 - 40 cm). Após confirmação, a faixa ótima para os indicadores foi obtida das regressões lineares entre os indicadores e a Ds como variável independente, a partir das quais os valores limítrofes para cada indicador são obtidos, como proposto por Reynolds et al. (2008).

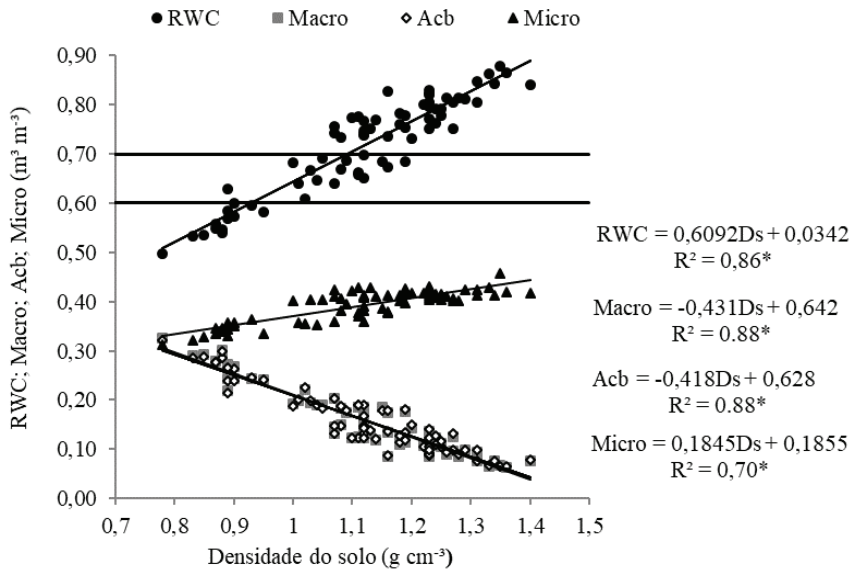
Contudo, o método foi modificado para utilização de regressões lineares simples com todas as repetições e não regressões estruturais com as médias, como proposto inicialmente por Reynolds et al. (2008). Essas últimas realizadas para o perfil do solo (0 - 40 cm) e também com os dados separados por camada de solo avaliada (0 - 5, 5 - 10, 10 - 20 e 20 - 40 cm). A magnitude e a significância estatística das regressões lineares foram avaliadas pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e pelo p-valor do modelo, respectivamente.

Foram observadas relações estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ) por regressões lineares entre Ds com RWC ( $R^2 = 0,86$ ), Macro ( $R^2 = 0,88$ ), Acb ( $R^2 = 0,88$ ) e Micro ( $R^2 = 0,70$ ), apresentadas na Figura 1. Reynolds et al. (2008) sugerem que essas relações lineares não são previstas, mas podem refletir a dependência das variáveis com  $\theta_s$  que é linearmente relacionada a Ds pela



expressão  $[\theta S \approx Pt = 1 - (Ds/Dp)]$ , em que  $Dp$  é a densidade de partículas do solo.

O aumento da  $Ds$  (figura 1) foi ocasionado pelas operações mecanizadas de preparo do solo e tratos culturais, promovendo a redução da porosidade, e poros de maior tamanho sofrem redução mais nítida (Araújo et al., 2007; Carneiro et al., 2009; Mazurana et al., 2011; Guedes Filho et al., 2013).



**Figura 1.** Variação da densidade do solo ( $Ds$ ), Capacidade relativa de água (RWC), Macroporosidade (Macro), capacidade de aeração (Acb) e Microporosidade (Micro) com base na faixa ideal de 0,6 a 0,7. \* Significativo do modelo linear ( $p < 0,05$ ).

Assim, o parâmetro Macro e o indicador Acb foram eficientes em demonstrar essa relação, o que pode ser observado pela inclinação negativa da reta (Figura 1). O comportamento praticamente idêntico do resultado de Macro e Acb é por causa da adoção do potencial mátrico de -6 kPa, obtido no modelo de retenção de água, como critério de estimativa da CC, prática em geral empregada em Latossolos muito intemperizados (Silva et al., 2014).

Os resultados da Figura 1 também mostram que a escolha do diâmetro de 0,05 mm como limítrofe entre macroporos foi eficiente para demonstrar o efeito da compactação do solo. Nesse sentido, os poros menores que 0,05

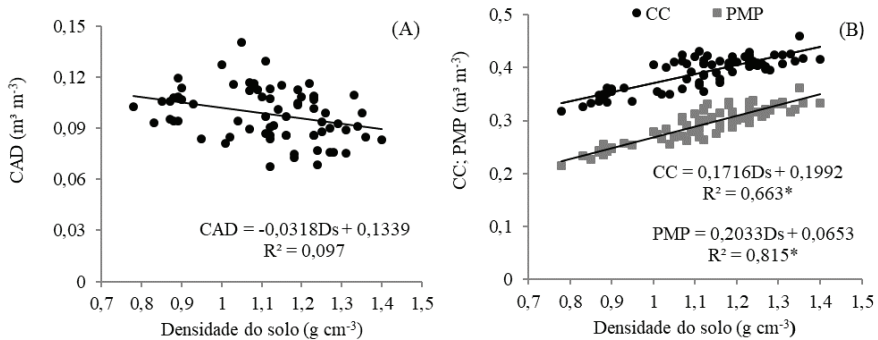
mm (micro) aumentaram ligeiramente, porém significativamente ( $p < 0,05$ ), com a Ds, o que tem sido observado em Latossolos submetidos a sistemas de preparo (Lima et al., 2007; Matias et al., 2009; Niero et al., 2010; Demarqui et al., 2011; Wendling et al., 2012; Silva et al., 2012, 2015).

A CAD não apresentou relação estatisticamente significativa com a Ds (figura 2A). Pode ser observado que ambos CC e PMP apresentaram aumento significativo ( $p < 0,05$ ) com a Ds (figura 2B), o que explica a ausência de variação da CAD com a Ds. Esses resultados também foram observados em diferentes solos sob diferentes usos por Reynolds et al. (2008).

Analogamente ao que foi explicado por esses autores, sugere-se que com o aumento da Ds ocasionado pelo preparo do solo há uma reconfiguração na distribuição dos poros por tamanho, observando-se redução de poros de tamanho intermediário e aumento de poros muito pequenos (Oliveira et al., 2004), promovendo retenção de água a potenciais muito negativos.

Observou-se correlação significativa e negativa entre a Ds e o Índice S (Figura 3A). À medida que os valores de Ds aumentam, os valores do índice S sofre uma redução, concordando com Stone et al. (2005) e Silva et al. (2012) que também avaliariam um Latossolo Vermelho Distrófico; Tormena et al. (2008) em áreas sob cultivo de milho, Aratani et al. (2009) em Latossolo Vermelho acriférico, e por Andrade e Stone (2009), em análise de diferentes amostras de solos do Cerrado.

Vale ressaltar que o alto valor do índice S indica melhor qualidade do solo. Para os solos do Cerrado, o índice  $S > 0,045$  indica boa qualidade estrutural, portanto, menor restrição física para o crescimento de raízes das plantas. Esta restrição pode ocorrer por causa da aeração, por restrição mecânica ou por características de retenção de água e valores de  $S < 0,025$  indicam solos fisicamente muito pobres e com alta restrição ao crescimento das raízes das plantas (Streck et al., 2008; Andrade; Stone, 2009).

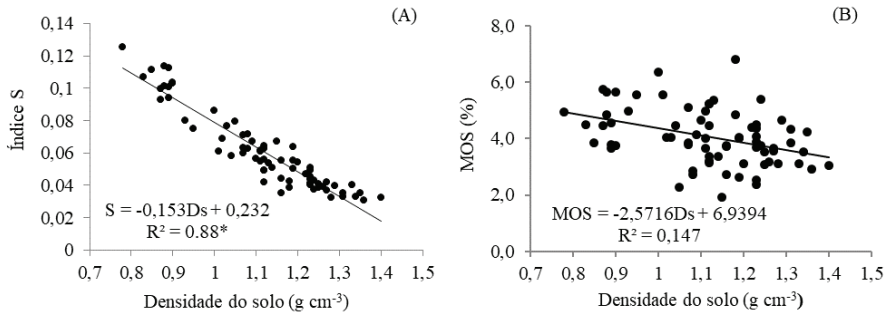


**Figura 2.** Variação da capacidade de água disponível (CAD) (A), capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) (B) em função da densidade do solo para todos os manejos avaliados.

Observa-se redução na qualidade estrutural do solo para valores de densidade superiores a  $1,22 \text{ g/cm}^3$  (Figura 3 A) enfatizando que o aumento da Ds reduz a qualidade estrutural (Tormena et al., 2008). Essa redução da qualidade física pode estar associada ao preparo do solo sob a utilização de máquinas e implementos agrícolas sem considerar a umidade ótima para operações mecanizadas (Dexter; Bird, 2001), porém eles se mantiveram entre esses dois limites considerados ideais, mostrando ser um solo que apresenta uma boa qualidade física (Li et al., 2011; Cunha et al., 2011).

A Figura 3B mostra que não houve correlação significativa entre a Ds e MOS. Isso pode ser explicado pelo solo possuir textura muito argilosa, acarretando em uma maior proteção da MOS. Assim, o aumento da Ds não ocasionou redução da MOS. Hassink e Whitmore (1997) relatam que o carbono associado aos complexos organominerais é quimicamente protegido, e essa proteção é proporcional ao teor de silte e argila do solo.

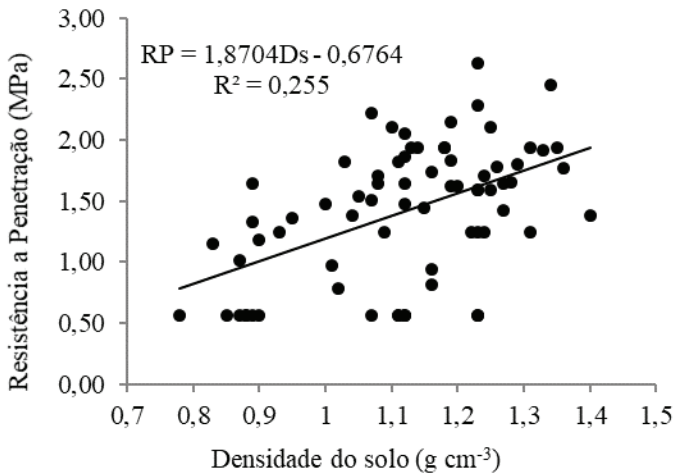
Portanto, com o aumento do teor de argila, especialmente em solos ricos em óxidos de Fe e Al, a proporção de porosidade total encontrada em poros pequenos aumenta e a MOS pode ser mantida em altos níveis, principalmente pela sua maior estabilidade coloidal, a qual a protege da decomposição pelos microrganismos e contribui para maior estabilização da MOS nesses solos (Chenu; Stotzky, 2002; Six et al., 2002).



**Figura 3.** Índice S (A) e teor de matéria orgânica (MOS) (B), em função da densidade do solo para todos os manejos avaliados.

A Figura 4 mostra que não houve uma correlação significativa entre a Ds e a RP. Salienta-se que RP, além de depender da Ds, é muito influenciada pela umidade do solo. As variações de umidade no momento da coleta dos dados em função dos tratamentos podem ter reduzido o poder da relação apresentada na Figura 4. Destaca-se que a RP observada em toda a área mostrou-se dentro dos limites considerados aceitáveis, não prejudicando o crescimento e o desenvolvimento das raízes da cultura.

Valores críticos de RP para a cultura milho situam-se na faixa entre 1,5 e 2,5 MPa (Taylor et al., 1966; Tormena et al., 1999), sendo observadas poucas ocorrências de RP acima de 2,5 MPa. Do mesmo modo, a Ds variou de 0,78 a 1,40  $\text{g cm}^{-3}$ , permanecendo dentro de uma faixa considerada aceitável, inferior ao valor de 1,40  $\text{g cm}^{-3}$ , considerado limitante para culturas anuais em Latossolo Vermelho Distrófico argiloso (Reichert et al., 2003; Spera et al., 2004).



**Figura 4.** Índice de resistência à penetração (RP), em função da densidade do solo para todos os manejos avaliados.

## Agradecimentos

À Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), ao CNPq, à Fapemig e à Embrapa Milho e Sorgo. Aos colegas Cleber e Vilmar, pela atenção e ajuda na coleta de amostras de campo.

## Referências

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. Índice S como indicador da qualidade física de solos do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 382-388, dez. 2009.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. Estimativa da umidade na capacidade de campo em solos sob Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 111-116, 2011.

ALBUQUERQUE, J. A.; ARGENTON, J.; BAYER, C.; WILDNER, L. P.; KUNTZE, M. A. G. Relação de atributos do solo com a agregação de um Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de verão para

cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 415-424, 2005.

ARATANI, R. G.; FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 3, p. 677-687, 2009.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. R. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, 2007.

ARSHAD, M. A.; MARTIN, S. Identify in critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 88, n. 2, p. 153-160, 2002.

BAVOSO, M. A.; GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A.; PAULETTI, V. Preparo do solo em áreas de produção de grãos, silagem e pastejo: efeito na resistência tênsil e friabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 227-234, 2010.

BRIGHENTI, I.; ALMEIDA, J. A.; HOFER, A. Mineralogia e gênese de Argissolos das serras do Tabuleiro/Itajaí, Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 4, p. 1057-1071, 2012.

CARDOSO, E. L. **Qualidade do solo em sistemas de pastagens cultivada e nativa na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul Mato-Grossense**. 2008. 154 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; MOREIRA, F. D. S.; CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagens cultivada e nativa no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 6, p. 631-637, 2009.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FREITAS, D. D. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 613-622, 2011.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. D.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. D. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.

CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1381-1396, 2007.

CHAVES, A. A. A.; LACERDA, M. P. C.; GOEDERT, W. J.; RAMOS, M. L. G.; KATO, E. Indicadores de qualidade de Latossolo Vermelho sob diferentes usos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 446-454, 2012.

CHENU, C.; STOTZKY, G. Interactions between microorganisms and soil particles: an overview. In: HUANG, P. M.; BOLLAG, J. M.; SENESI, N. (Ed.). **Interactions between soil particles and microorganisms**. Weinheim: Wiley VCH Verlag, 2002. p. 3-39.

CUNHA, E. D. Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I - Atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 589-602, mar./abr. 2011.

DEMARQUI, J. C.; PERUSI, M. C.; PIROLI, E. L. Análise da estabilidade de agregados de solos da microbacia do Ribeirão São Domingos, Santa Cruz do Rio Pardo - SP, sob diferentes tipos de uso e ocupação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 4, n. 2, p. 7-29, 2011.

DEXTER, A. R.; BIRD, N. R. A. Methods for predicting the optimum and the range of soil water contents for tillage based on the water retention curve. **Soil and Tillage Research**, v. 57, n. 4, p. 203-212, 2001.

DEXTER, A. R. Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, v. 120, n. 3/4, p. 201-214, 2004a.

DEXTER, A. R. Soil physical quality: Part II. Friability, tillage, tilth and hard-setting. **Geoderma**, v. 120, n. 3/4, p. 215-225, 2004b.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

DORAN, J. W.; MIELKE, L. N.; POWER, J. F. Microbial activity as regulated by soil water-filled pore space. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 14., 1990, Kyoto. **Transactions...** Kioto: International Society of Soil Science, 1990. v. 3, p. 94-99.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment: proceedings**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (SSSA. Special Publication, 35)

DORAN, J. W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M.A. Soil health and sustainability. In: SPARKS, D. (Ed.). **Advances in agronomy**. London: Academic Press, 1996. v. 56, p. 1-54.

GENUCHTEN, M. T. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science society of America journal**, v. 44, n. 5, p. 892-898, 1980.

GENUCHTEN, M. T. van; LEIJ, F. J.; YATES, S. R. **The RETC code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils**. Riverside: [s.n.], 1991. 85 p. Report.

GUEDES FILHO, O.; BLANCO-CANQUI, H.; SILVA, A. P. da. Least limiting water range of the soil seedbed for long-term tillage and cropping systems in the central Great Plains, USA. **Geoderma**, v. 207/208, p. 99-110, 2013.

GUBIANI, P. I.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Indicadores hídrico-mecânicos de compactação do solo e crescimento de plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 1, p. 1-10, 2013.

HASSINK, J.; WHITMORE, A. P. A model of the physical protection of organic matter in soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, n. 1, p. 131-139, 1997.



KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis**: I. Physical and mineralogical methods. Madison: American Society of Agronomy: Soil Science Society of America, 1986. p. 635-662.

LI, L.; CHAN, K. Y.; NIU, Y.; OATES, A.; DEXTER, A. R.; HUANG, G. Soil physical qualities in an Oxic Paleustalf under different tillage and stubble management practices and application of S theory. **Soil and Tillage Research**, v. 113, n. 2, p. 82-88, jun. 2011.

LIMA, C. G. R.; CARVALHO, M. P.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem, a porosidade total e a densidade do solo de Pereira Barreto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1233-1244, 2007.

LINN, D. M.; DORAN, J. W. Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and nontilled soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 48, n. 6, p. 1267-1272, 1984.

MATIAS, S. S. R.; BORBA, J. A.; TICELLI, M.; PANOSSO, A. R.; CAMARA, F. T. da. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes usos. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 3, p. 331-338, 2009.

MAZURANA, M.; LEVIEN, R.; MÜLLER, J.; CONTE, O. Sistemas de preparo de solo: alterações na estrutura do solo e rendimento das culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 4, p. 1197-1206, 2011.

MELO FILHO, J. D.; SOUZA, A. L. V.; SOUZA, L. D. S. Determinação do índice de qualidade subsuperficial em um Latossolo Amarelo Coeso dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1599-1608, 2007.

MELO FILHO, J. F. D.; CARVALHO, L. L. D.; SILVEIRA, D. D. C.; SACRAMENTO, J. A. A. S. D.; SILVEIRA, E. C. P. Índice de qualidade em um Latossolo Amarelo coeso cultivado com citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 4, p. 1168-1177, 2009.

NEVES, C. D.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; CARDOSO, E. L.; MACEDO, R. L. G.; FERREIRA, M. M.; SOUZA, F. D. Atributos indicadores da qualidade do

solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do estado de Minas Gerais. **Scientia Forestalis**, v. 74, n. 2, p. 45-53, 2007.

NIERO, L. A. C.; DECHEN, S. C. F.; COELHO, R. M.; DE MARIA, I. C. Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um Latossolo Vermelho distroférrico com usos e manejos distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1271-1282, 2010.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JÚNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, p. 327-336, 2004.

OLNESS, A.; CLAPP, C. E.; LIU, R.; PALAZZO, A. J. Biosolids and their effects on soil properties. In: WALLACE, A.; TERRY, R. E. (Ed.). **Handbook of Soil Conditioners**. New York: Marcel Dekker, 1998. p. 141-165.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade dos sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, v. 14, n. 27, p. 29-48, 2003.

REYNOLDS, W. D.; BOWMAN, B. T.; DRURY, C. F.; TAN, C. S.; LU, X. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, v. 110, n. 1, p. 131-146, 2002.

REYNOLDS, W. D.; DRURY, C. F.; YANG, X. M.; TAN, C. S. Optimal soil physical quality inferred through structural regression and parameter interactions. **Geoderma**, v. 146, n. 3/4, p. 466-474, 2008.

REYNOLDS, W. D.; DRURY, C. F.; TAN, C. S.; FOX, C. A.; YANG, X. M. Use of indicators and pore volume-function characteristics to quantify soil physical quality. **Geoderma**, v. 152, n. 3/4, p. 252-263, 2009.

REYNOLDS, W. D.; DRURY, C. F.; YANG, X. M.; TAN, C. S.; YANG, J. Y. Impacts of 48 years of consistent cropping, fertilization and land management on the physical quality of a clay loam soil. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 94, n. 3, p. 403-419, 2014.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SILVA, B. M.; OLIVEIRA, G. C.; SERAFIM, M. E.; SILVA, E. A.; OLIVEIRA, L. M. Índice S no diagnóstico da qualidade estrutural de Latossolo muito argiloso sob manejo intensivo. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 3, p. 338-345, 2012.

SILVA, B. M.; SILVA, E. A. D.; OLIVEIRA, G. C. D.; FERREIRA, M. M.; SERAFIM, M. E. Plant-available soil water capacity: estimation methods and implications. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 464-475, 2014.

SILVA, B. M.; OLIVEIRA, G. C.; SERAFIM, M. E.; SILVA, E. A.; FERREIRA, M. M.; NORTON, L. D.; CURI, N. Critical soil moisture range for a coffee crop in na oxidic Latosol as affected by soil management. **Soil and Tillage Research**, v. 154, p. 103-113, 2015.

SILVEIRA, R. B.; MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P. Atributos microbiológicos e bioquímicos como indicadores da recuperação de áreas degradadas, em Itajubá/MG. **Cerne**, v. 12, n. 1, p. 48-55, 2006.

SIX, J.; CONANT, R. T.; PAUL, E. A.; PAUSTIAN, K. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. **Plant and Soil**, v. 241, n. 2, p. 155-176, 2002.

SKOPP, J.; JAWSON, M. D.; DORAN, J. W. Steady-state aerobic microbial activity as a function of soil water content. **Soil Science Society of America Journal**, v. 54, n. 6, p. 1619-1625, 1990.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 533-542, 2004.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, n. 2, p. 229-235, 1991.

STONE, L. F.; SILMEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v. 25, n. 2, p. 395-401, 2001.

STONE, L. F.; BALBINO, L. C.; CUNHA, E. Q. Índice S como indicador da qualidade física do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 34., 2005, Canoas. **Caderno de resumos**. Canoas: ULBRA, 2005.

STRECK, C. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; HORN, R. Relações do parâmetro S para algumas propriedades físicas de solos do sul do Brasil. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v. 32, p. 2603-2612, 2008.

TAYLOR, H. M.; ROBERSON, G. M.; PARKER JR., J. J. Soil strength-root penetration relations for medium-to coarse-textured soil materials. **Soil Science**, v. 102, n. 1, p. 18-22, 1966.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ V.; V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F. de; MELLO, J. W. V. de; COSTA, L. M. da (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2, p. 195-276.

TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D.; COOK, F. J.; KIRBY, J. M.; CARTER, M. R. Physical attributes of soil quality. **Developments in Soil Science**, v. 25, p. 21-58, 1997.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. D.; GONÇALVES, A. C. A.; FOLEGATTI, M. V. Intervalo ótimo de potencial da água no solo: Um conceito para avaliação da qualidade física do solo e manejo da água na agricultura irrigada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 3, p. 286-292, 1999.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. D.; IMHOFF, S. D. C.; DEXTER, A. R. Quantification of the soil physical quality of a tropical oxisol using the S index. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 1, p. 56-60, 2008.

WENDLING, B.; VINHAL-FREITAS, I. C.; OLIVEIRA, R. C. de; BABATA, M. M.; BORGES, E. N. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, p. 256-265, 2012.

### **Literatura Recomendada**

SIX, J.; ELLIOTT, E. T.; PAUSTIAN, K.; DORAN, J. W. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 62, p. 1367-1377, 1998.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, v. 33, n. 2, p. 141-163, 1982.

## Anexos

**Anexo I** - Resultados dos parâmetros físicos em um Latossolo Vermelho distrófico cultivado com diferentes sistemas de uso e manejo do solo na Embrapa Milho e Sorgo na região de Sete Lagoas-MG.

Trat	Prof (cm)	Rep	Ds <sup>1</sup> (g cm <sup>-3</sup> )	RWC <sup>2</sup>	Macro <sup>3</sup>	Micro <sup>4</sup>	Acb <sup>5</sup>	CAD <sup>6</sup>	CC <sup>7</sup>	PMP <sup>8</sup>	Índice S <sup>9</sup>	MOS <sup>10</sup> (%)	RP <sup>11</sup> (MPa)
GA	0-5	1	1,22	0,800	0,107	0,418	0,105	0,116	0,420	0,304	0,047	4,4	1,25
GA	0-5	2	1,04	0,647	0,189	0,352	0,191	0,094	0,350	0,256	0,058	4,47	1,39
GA	0-5	3	0,95	0,583	0,242	0,336	0,241	0,084	0,337	0,253	0,075	5,57	1,36
GA	5-10	1	1,35	0,877	0,066	0,458	0,064	0,099	0,460	0,361	0,035	4,24	1,94
GA	5-10	2	1,29	0,812	0,099	0,423	0,098	0,093	0,424	0,332	0,040	4,67	1,80
GA	5-10	3	1,11	0,777	0,125	0,429	0,124	0,129	0,430	0,301	0,055	4,98	1,82
GA	10-20	1	1,12	0,737	0,151	0,411	0,148	0,113	0,415	0,301	0,064	3,22	1,64
GA	10-20	2	1,16	0,826	0,085	0,413	0,086	0,097	0,412	0,315	0,035	2,72	1,74
GA	10-20	3	1,25	0,792	0,105	0,405	0,106	0,088	0,404	0,316	0,038	3,09	1,59
GA	20-40	1	1,05	0,692	0,189	0,404	0,183	0,141	0,410	0,269	0,080	2,28	1,54
GA	20-40	2	1,15	0,685	0,185	0,386	0,180	0,115	0,391	0,276	0,067	1,93	1,45
GA	20-40	3	1,23	0,829	0,086	0,422	0,087	0,109	0,421	0,312	0,042	2,38	1,59
AA	0-5	1	1,07	0,640	0,203	0,360	0,203	0,090	0,360	0,271	0,063	3,84	0,56
AA	0-5	2	1,23	0,824	0,090	0,431	0,092	0,108	0,430	0,321	0,049	4,48	0,56
AA	0-5	3	1,11	0,658	0,186	0,370	0,190	0,097	0,366	0,269	0,061	3,65	0,56
AA	5-10	1	1,16	0,736	0,135	0,379	0,136	0,086	0,378	0,292	0,044	3,72	0,82
AA	5-10	2	1,23	0,772	0,121	0,423	0,124	0,086	0,420	0,334	0,045	4,09	0,56

**Anexo I cont.** - Resultados dos parâmetros físicos em um Latossolo Vermelho distrófico cultivado com diferentes sistemas de uso e manejo do solo na Embrapa Milho e Sorgo na região de Sete Lagoas-MG.

Trat	Prof (cm)	Rep	Ds <sup>1</sup> (g cm <sup>-3</sup> )	RWC <sup>2</sup>	Macro <sup>3</sup>	Micro <sup>4</sup>	Acb <sup>5</sup>	CAD <sup>6</sup>	CC <sup>7</sup>	PMP <sup>8</sup>	Índice S <sup>9</sup> (%)	MOS <sup>10</sup>	RP <sup>11</sup> (MPa)
AA	5-10	3	1,16	0,674	0,175	0,377	0,180	0,086	0,372	0,286	0,055	3,74	0,94
AA	10-20	1	1,27	0,804	0,095	0,405	0,098	0,090	0,403	0,313	0,037	3,55	1,42
AA	10-20	2	1,09	0,688	0,175	0,395	0,178	0,113	0,392	0,279	0,067	4,15	1,25
AA	10-20	3	1,19	0,685	0,177	0,396	0,181	0,104	0,392	0,288	0,064	4,03	1,83
AA	20-40	1	1,2	0,732	0,144	0,416	0,150	0,108	0,410	0,302	0,054	3,1	1,62
AA	20-40	2	1,08	0,669	0,184	0,382	0,188	0,116	0,379	0,263	0,071	2,84	1,71
AA	20-40	3	1,26	0,814	0,090	0,410	0,093	0,099	0,406	0,308	0,039	3,19	1,78
AD	0-5	1	1,02	0,608	0,221	0,355	0,226	0,085	0,350	0,265	0,069	4,05	0,79
AD	0-5	2	0,93	0,596	0,242	0,364	0,245	0,104	0,361	0,257	0,080	4,98	1,25
AD	0-5	3	1,01	0,640	0,199	0,357	0,200	0,081	0,355	0,274	0,061	5,55	0,97
AD	5-10	1	1,24	0,762	0,124	0,409	0,127	0,069	0,406	0,338	0,043	3,76	1,71
AD	5-10	2	1,13	0,753	0,133	0,429	0,139	0,092	0,423	0,331	0,054	5,38	1,94
AD	5-10	3	1,12	0,747	0,129	0,389	0,131	0,068	0,387	0,319	0,042	5,24	1,87
AD	10-20	1	1,25	0,779	0,111	0,414	0,116	0,093	0,409	0,316	0,041	3,52	2,11
AD	10-20	2	1,12	0,741	0,136	0,413	0,142	0,084	0,407	0,323	0,049	5,24	2,05
AD	10-20	3	1,18	0,782	0,110	0,414	0,114	0,075	0,410	0,335	0,042	4,84	1,94
AD	20-40	1	1,23	0,750	0,137	0,426	0,140	0,108	0,422	0,314	0,051	3,69	2,28
AD	20-40	2	1,03	0,667	0,195	0,405	0,200	0,116	0,400	0,284	0,077	4,05	1,82
AD	20-40	3	1,19	0,779	0,114	0,426	0,119	0,105	0,420	0,316	0,051	4,02	2,14

**Anexo I cont. - Resultados dos parâmetros físicos em um Latossolo Vermelho distrófico cultivado com diferentes sistemas de uso e manejo do solo na Embrapa Milho e Sorgo na região de Sete Lagoas-MG.**

Trat	Prof (cm)	Rep	Ds <sup>1</sup> (g cm <sup>-3</sup> )	RWC <sup>2</sup>	Macro <sup>3</sup>	Micro <sup>4</sup>	Acb <sup>5</sup>	CAD <sup>6</sup>	CC <sup>7</sup>	PMP <sup>8</sup>	Índice S <sup>9</sup>	MOS <sup>10</sup> (%)	RP <sup>11</sup> (MPa)
AD/GA	0-5	1	1,12	0,650	0,185	0,359	0,191	0,091	0,354	0,264	0,063	3,36	0,56
AD/GA	0-5	2	1,11	0,662	0,186	0,377	0,190	0,087	0,372	0,286	0,061	4	0,56
AD/GA	0-5	3	1,12	0,698	0,169	0,382	0,167	0,086	0,385	0,299	0,056	4,45	0,56
AD/GA	5-10	1	1,4	0,841	0,077	0,417	0,079	0,083	0,416	0,332	0,033	3,05	1,39
AD/GA	5-10	2	1,31	0,804	0,094	0,412	0,099	0,075	0,407	0,332	0,035	3,84	1,25
AD/GA	5-10	3	1,23	0,796	0,104	0,409	0,104	0,086	0,408	0,323	0,040	4,38	1,25
AD/GA	10-20	1	1,33	0,863	0,065	0,428	0,068	0,109	0,425	0,316	0,040	3,1	1,92
AD/GA	10-20	2	1,27	0,751	0,126	0,401	0,131	0,076	0,396	0,321	0,042	3,65	1,64
AD/GA	10-20	3	1,31	0,847	0,076	0,424	0,076	0,089	0,424	0,335	0,033	4,34	1,94
AD/GA	20-40	1	1,19	0,755	0,128	0,416	0,133	0,113	0,410	0,297	0,055	2,62	1,63
AD/GA	20-40	2	1,28	0,813	0,085	0,401	0,091	0,076	0,395	0,320	0,032	3,12	1,66
AD/GA	20-40	3	1,12	0,767	0,123	0,409	0,124	0,107	0,408	0,301	0,049	3,15	1,48
SD	0-5	1	1,18	0,760	0,128	0,401	0,127	0,073	0,402	0,329	0,039	6,81	1,94
SD	0-5	2	1,24	0,791	0,107	0,415	0,109	0,077	0,413	0,336	0,037	5,4	1,25
SD	0-5	3	1	0,683	0,193	0,401	0,189	0,127	0,405	0,278	0,086	6,36	1,48
SD	5-10	1	1,34	0,842	0,076	0,414	0,077	0,091	0,412	0,321	0,033	3,52	2,45
SD	5-10	2	1,23	0,821	0,088	0,413	0,090	0,102	0,412	0,310	0,041	3,88	2,63
SD	5-10	3	1,07	0,756	0,133	0,411	0,133	0,112	0,412	0,299	0,060	5,12	2,23
SD	10-20	1	1,36	0,865	0,063	0,419	0,065	0,085	0,417	0,333	0,031	2,93	1,77
SD	10-20	2	1,14	0,769	0,119	0,409	0,122	0,101	0,406	0,305	0,051	3,36	1,94





**Anexo II - Dados de precipitação mensal e média anual em milímetros (mm) entre os anos de 1995 e 2015. Dados da estação meteorológica da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG.**

Anos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média/ Ano
1995	94,90	218,40	257,70	57,50	24,60	0,00	0,00	0,00	64,60	105,60	123,70	552,60	1499,60
1996	149,90	231,60	93,60	45,50	34,80	0,20	1,00	13,70	86,10	55,80	484,50	346,20	1542,90
1997	437,00	135,30	182,80	169,10	40,90	40,30	1,10	3,00	41,10	43,50	163,20	387,70	1645,00
1998	339,80	223,20	79,40	34,50	96,60	0,10	0,00	53,40	0,60	82,60	258,90	198,00	1367,10
1999	175,00	75,00	261,40	4,70	2,40	0,30	0,00	0,00	45,90	95,20	245,20	314,10	1219,20
2000	387,00	216,50	151,70	13,20	2,60	0,10	8,90	38,30	60,20	40,60	216,30	282,30	1417,70
2001	105,50	50,60	134,90	19,80	37,40	0,00	0,10	29,70	65,30	130,70	338,50	528,40	1440,90
2002	196,20	247,10	74,80	17,30	11,90	0,00	15,70	0,00	44,00	52,20	199,30	327,70	1186,20
2003	436,20	73,10	133,90	18,80	28,10	0,00	0,00	6,00	28,40	18,50	197,20	255,60	1195,80
2004	379,30	313,00	108,60	104,00	5,00	0,30	46,10	0,00	0,00	32,80	104,10	384,90	1478,10
2005	280,70	148,10	275,20	35,60	26,50	1,10	1,40	8,60	108,20	54,80	293,40	275,00	1508,60
2006	68,60	141,60	316,30	24,50	27,70	2,80	11,80	17,50	38,40	87,00	202,40	375,50	1314,10
2007	389,80	90,20	91,80	119,50	8,50	1,90	6,60	0,00	0,00	65,60	147,30	205,80	1127,00
2008	324,50	108,80	237,60	88,90	0,00	0,10	0,00	15,90	39,40	85,50	169,80	401,10	1471,60
2009	327,70	208,60	174,10	67,70	31,70	1,90	0,00	12,40	54,90	282,10	110,00	364,00	1635,10
2010	153,80	118,20	190,90	55,30	46,20	6,30	0,00	0,00	33,50	106,30	265,00	358,30	1333,80
2011	163,60	69,40	354,60	15,30	0,90	5,40	0,00	0,00	0,00	119,30	264,90	452,90	1446,30
2012	383,40	31,80	203,40	55,30	33,70	14,40	0,00	0,70	7,90	29,10	211,10	96,20	1067,00
2013	159,50	54,40	119,10	71,20	57,00	7,50	0,00	0,00	30,50	57,80	122,90	475,50	1155,40
2014	59,40	0,40	74,00	73,50	0,40	0,60	51,00	0,20	5,20	51,70	130,60	104,20	551,20
2015	221,80	362,50	244,70	53,60	31,60	10,10	2,80	0,00	33,10	125,50	117,70	117,10	1320,50

Esta publicação está disponível no endereço:  
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

**Embrapa Milho e Sorgo**

Rod. MG 424 Km 45  
Caixa Postal 151  
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG  
Fone: (31) 3027-1100  
Fax: (31) 3027-1188  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

**1ª edição**

*Publicação digitalizada (2019)*

Comitê Local de Publicações  
da Unidade Responsável

Presidente

*Sidney Netto Parentoni*

Secretário-Executivo

*Elena Charlotte Landau*

Membros

Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria  
Borges Damasceno, Maria Lúcia Ferreira  
Simeone, Roberto dos Santos Trindade e  
Rosângela Lacerda de Castro

Revisão de texto

*Antonio Claudio da Silva Barros*

Normalização bibliográfica

*Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)*

Tratamento das ilustrações

*Tânia Mara Assunção Barbosa*

Projeto gráfico da coleção

*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica

*Tânia Mara Assunção Barbosa*



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO

