

AVALIAÇÃO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO EM ÁREA DE CERRADO *sensu stricto* ATRAVÉS DO MAPEAMENTO DA RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO

Felipe Ferreira Paulucio⁴
Reginaldo Sérgio Pereira⁵
Edilene Silva Ribeiro³
Geraldo Cesar Zambrzycki⁴
Roberto Antônio Tiele de Melo e Sousa⁵

RESUMO: Avaliou-se a compactação do solo em uma área de cerrado *sensu stricto* através da resistência do solo à penetração e da densidade do solo. Foram considerados dois tratamentos. O tratamento 1 referiu-se a área de Cerrado não submetido a qualquer tipo de distúrbio antrópico e o tratamento 2, a Cerrado submetido a corte com lâmina e retirada da lenha. O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados constituído por dois tratamentos e três blocos, sendo demarcadas em campo, seis parcelas de 20 x 50 m. Foram coletadas amostras de solo na área de estudo para a caracterização física e classificação. Os dados de densidade foram obtidos pelo método do anel volumétrico e os dados de resistência do solo à penetração por um penetrômetro de impacto. O solo da área de estudo apresentou comportamento argiloso laterítico, altamente plástico. As camadas de solo de 20 até 40 cm de profundidade apresentaram os maiores valores de resistência à penetração do solo para os dois tratamentos, com valor máximo próximo de 4,5 MPa (camada de 30 cm, tratamento sem perturbação). Não houve discrepância acentuada entre os valores de densidade do solo (0,71 até 0,77 g/cm³). O teste F mostrou haver diferenças estatísticas entre os tratamentos, tanto para a resistência à penetração quanto para a densidade do solo, a depender da profundidade do solo analisada e do tratamento. O tratamento 1, sem perturbação, proporcionou maior nível de compactação em todas as profundidades.

Palavras-chave: Cerrado, solos, densidade do solo.

EVALUATION OF SOIL COMPACTION IN SAVANNAH AREA *sensu stricto* THROUGH MAPPING OF PENETRATION RESISTANCE

ABSTRACT: Evaluated the compaction of the soil in a cerrado *sensu stricto* by soil penetration resistance and soil bulk density. Two treatments were. 1 The treatment referred to Cerrado area not subjected to any kind of anthropogenic disturbance and treatment 2, the Cerrado subjected to dozing and removal of firewood. The experiment was conducted in randomized block design consisting of two treatments and three blocks, demarcated in the field, six plots of 20 x 50 m. Soil samples were collected in the study area for physical characterization and classification. The density data were obtained by measuring the ring volume and resistance data will soil penetration by impact penetrometer. The soil of the study area showed a pattern lateritic clay, highly plastic. The soil layers 20 to 40 cm depth showed the highest values of resistance to soil penetration for both treatments, with a maximum value close to 4.5 MPa (30 cm layer, undisturbed treatment), there was no marked discrepancy between the values of bulk density (0.71 to 0.77 g / cm³). The F test showed statistically significant differences between treatments for both penetration resistance as the density of the soil, depending on soil depth analyzed and treatment. Treatment 1, undisturbed, provided higher compression level at all depths.

Keywords – Cerrado, soils, soil bulk density.

⁴ Graduação em Engenharia Florestal - UnB, Bolsista PIBIC/CNPq. E-mail: paulucio.florestal@gmail.com

⁵ Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal da UnB. E-mail: reginaldosp@unb.br

³ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais – UnB. E-mail: eng.edilene@gmail.com

⁴ Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia de Bioprocessos – UFT. E-mail: alvinegro_2@hotmail.com

⁵ Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal/FENF-UFMT. E-mail: ratms@terra.com

INTRODUÇÃO

Segundo Lepsch (2002), solo é a coleção de corpos naturais dinâmicos, que contém matéria viva, e é resultante do clima e da biosfera sobre a rocha, cuja transformação se realiza durante certo tempo e é influenciada pelo tipo de relevo. O solo organiza-se em uma série de camadas sobrepostas. Essas camadas possuem aspecto e constituição diferentes e se formam aproximadamente paralelas à superfície, sendo denominados horizontes.

Material mineral inerte do solo de rochas parentais e matéria orgânica de organismos vivos constituem a porção sólida do solo e seu esqueleto. O vazio conhecido como espaço poroso ocorre entre as partículas sólidas. A água e o ar compartilham o espaço poroso em proporções variáveis. Os poros menores são mais facilmente preenchidos com água e os poros maiores com ar (Troeh *et al.*, 2007).

As interações entre as três fases do solo (sólido, líquido e gasoso), influenciadas pelos estresses advindos do manejo, determinam os processos físicos, químicos e biológicos relacionados com a qualidade do solo. O crescimento e a produtividade das culturas são fortemente relacionados às condições físicas do solo. Esta relação é complexa devido às interações entre as diferentes propriedades físicas, amplificadas pelos efeitos do clima e pela resposta diferencial das espécies vegetais (Gonçalves; Stape, 2002).

Gonçalves e Stape (2002), explica que as propriedades físicas do solo atuam direta ou indiretamente no crescimento das plantas. Aquelas com influência direta estabelecem os processos fisiológicos e bioquímicos que controlam o crescimento das plantas: a disponibilidade de água, a difusão de oxigênio no solo e a resistência do solo à penetração radicular. Já aquelas com influência indireta são a densidade do solo, a condutividade hidráulica, estrutura, textura e a agregação, entre outras (Letey, 1985, apud Gonçalves; Stape, 2002).

A resistência à penetração, além de influenciar no crescimento de raízes, serve como base à avaliação dos efeitos dos sistemas de manejo do solo sobre o ambiente radicular (Tormena; Roloff, 1996).

A resistência que um solo oferece à penetração de um instrumento de sondagem (penetrômetro) é chamada de “índice de cone”, o qual reflete o comportamento do solo quanto à compactação, conteúdo de água, granulometria e tipo de argila. Este índice depende de atributos do solo, tais como: textura, porosidade, estrutura, estabilidade de

agregados e teor de água (Camargo; Alleoni, 1997). Pelo uso do penetrômetro é possível identificar a profundidade da camada compactada.

Segundo Figueiredo et al., 2000, a compactação é uma consequência direta do manejo inadequado e a umidade é o fator que controla a quantidade de deformação que poderá ocorrer no solo. Se o teor de umidade aumenta, a resistência à compactação diminui, devido à maior lubrificação das partículas, até que se atinjam os limites plásticos inferiores e o conteúdo de água de aração ótimo, onde o pico de compactação ocorre (Seixas, 2001).

O teor de umidade interfere na resistência que o solo oferece à penetração da ponteira do penetrômetro, podendo levar o operador a cometer erros de interpretação, por isso recomenda-se usar o penetrômetro somente quando o solo estiver na capacidade de campo. Troeh et al., (2007) explica que capacidade de campo consiste da umidade contida no solo quando movimentos descendentes da água quase pararam, estando altamente ligada à textura, conteúdo de matéria orgânica, tipos de minerais presentes e constituição do solo.

Apesar da resistência à penetração ser afetada pela textura, densidade do solo e conteúdo de água, Canarache (1990) sugere que valores acima de 2,5 MPa começam a restringir o pleno crescimento das raízes das plantas. Outros pesquisadores como Sene et al., (1985), consideram críticos os valores que variam de 6,0 a 7,0 MPa para solos arenosos e em torno de 2,5 MPa para solos argilosos. Essa classificação também pode ser feita segundo a espécie em questão, invés do tipo de solo. Espécies florestais estão sujeitas a restrições quanto ao crescimento radicular a resistências entre 2,0 e 3,0 MPa (Gonçalves; Stape, 2002).

A compactação do solo determina, de certa maneira, as relações entre ar, água e temperatura, e estas influenciam a germinação, a brotação e a emergência das plantas, o crescimento radicular e, praticamente, todas as fases de seu desenvolvimento (Camargo; Alleoni, 2006).

As variáveis densidade do solo e índice de cone ou resistência do solo à penetração, obtido por meio de penetrômetros, são mais fáceis de serem conseguidas no campo e são bastante utilizadas por diversos pesquisadores em estudos sobre compactação de solos. (Seixas *et al.*, 1995; Ralisch; Tavares Filho, 2002).

A compactação do solo em áreas de Cerrado, devido ao desmatamento, tem sido um distúrbio pouco relatado em literaturas especializadas. Fenner (2008) mencionou que não existe um consenso em relação aos efeitos da compactação do solo sobre o incremento

da biomassa aérea. A grande maioria dos trabalhos realizados no Planalto Central relaciona a compactação do solo com o crescimento de culturas agrícolas, sendo ainda uma incógnita o comportamento das espécies nativas do cerrado frente a solos compactados.

De acordo com Rezende (2002), os tratamentos de corte com motosserra e desmatamento com lâmina são os tipos de atividades de corte de alto impacto, que são normalmente observados no Cerrado e que podem alterar profundamente a estrutura da vegetação. Entretanto, poucos estudos têm sido direcionados à avaliação da compactação do solo em áreas de Cerrado submetido à perturbação por desmatamento com trator com lâmina frontal.

Assim sendo, o objetivo do trabalho foi avaliar a compactação do solo, através do mapeamento da resistência à penetração e da densidade, em uma área de cerrado *sensu stricto*, após 21 anos de distúrbio antrópico por corte com lâmina e retirada da lenha.

MATERIAL E MÉTODO

Descrição da área de estudo

O experimento foi realizado em uma área de cerrado *sensu stricto* pertencente à Fazenda Água Limpa (FAL) da Universidade de Brasília (UnB), a qual está localizada nas coordenadas 15°56' - 15°59' Sul e 47°55' - 47°58' WGr, a 1.100 m de altitude, na região do Distrito Federal.

A FAL faz parte da Área de Proteção Ambiental - APA das Bacias do Gama e Cabeça do Veado e tem, no seu interior, Área Relevante de Interesse Ecológico – ARIE Capetinga/Taquara. Pertence à área Núcleo da Biosfera do Cerrado. Limita-se ao norte com o Ribeirão do Gama e o Núcleo Rural da Vargem Bonita, ao sul com a BR 251, que liga Brasília a Unai/MG, ao leste com o Córrego Taquara e o IBGE, e ao oeste com a estrada de ferro e o Country Club de Brasília.

O clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com temperatura máxima de 28,5 °C e mínima de 12 °C. A umidade relativa do ar entre maio e setembro fica abaixo de 70 %, com mínima ocorrendo em agosto, e média de 47 %, podendo cair para 15 % nos períodos mais secos. A precipitação média anual é de 1.600 mm, com pronunciada estação seca de junho a setembro.

A vegetação predominante é o Cerrado *sensu stricto*, que ocupa 1480 ha, mas existem, também, outras fitofisionomias variando desde campo limpo até matas de galeria. O solo predominante é o Latossolo Vermelho Amarelo, pobre em nutrientes e com alto teor de alumínio.

Caracterização do experimento

O experimento foi instalado em 1989, em área de cerrado *sensu stricto*, e constituiu-se de três blocos, distribuídos casualmente. A dimensão de cada bloco foi de 4.608 m² (64 x 72 m). O estudo foi realizado em seis parcelas de 0,1 ha (20 x 50 m), utilizando-se do delineamento em blocos casualizados. A unidade amostral para avaliar cada um dos dois tratamentos foi de 3000 m².

Foram demarcadas parcelas de 20 x 50 m no centro de cada uma das seis subfaixas de 32 x 72 m do estudo, eliminando-se o efeito de borda. Estas parcelas foram subdivididas em dez subparcelas de 10 x 10 m para melhor controle local. No centro de cada subparcela foram determinados os parâmetros de compactação do solo.

Os tratamentos avaliados foram: (a) T1 – Cerrado não perturbado; e (b) T2 – Cerrado submetido ao corte de 100 % da área basal usando trator com lâmina frontal e retirada da lenha.

Amostragem, caracterização e classificação dos solos locais

Para a coleta de solo foi utilizado um trado tipo holandês. Foram coletadas amostras compostas nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, em três pontos por parcela, um no lado superior esquerdo, outra no centro e uma no lado inferior direito, totalizando 18 pontos de coleta.

Após a coleta, as amostras de solo foram secas ao ar por um período de 72 horas. Em seguida, foram destorroadas e passadas na peneira de abertura nominal de 4,8 mm. A caracterização física do solo foi realizada no laboratório de geotecnia da UnB.

As amostras foram separadas por bloco e por profundidade. Os seguintes procedimentos e determinações foram realizados: (a) análise granulométrica (ABNT - NBR 7181, 1984a); (b) consistência do solo - limite de liquidez (ABNT - NBR 6459, 1984b) e limite de plasticidade (ABNT - NBR 7180, 1984c); (c) massa específica dos grãos de solos (ABNT - NBR 6508, 1984d).

Para a classificação dos solos, foi realizada em laboratório, a identificação e descrição expedita (visual-táctil) de solos, denominada como metodologia MCT - Miniatura Compactada Tropical (Nogami; Villibor, 1995). Nesta metodologia os solos podem ser classificados como laterítico e não laterítico (saprolítico). Foi empregada, também, a classificação do método do triângulo textural, proposto por Lemos e Santos (1996), de acordo com os resultados obtidos na análise granulométrica.

Determinação da densidade do solo

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997), utilizando amostras indeformadas retiradas com anel de aço de bordas cortantes com volume interno de 80,54 cm³. As profundidades de coleta foram de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm e 30-50 cm. Foi determinada a densidade em cada uma das 10 subparcelas de 100 m², totalizando 60 pontos de coleta para os dois tratamentos.

Cavou-se o solo, com o auxílio de uma “boca de lobo”, até a profundidade desejada. O anel de aço foi introduzido na lateral da parede do solo, utilizando-se de uma marreta. Após, retirou-se o anel mais a amostra indeformada de solo, que foi seca em estufa à ± 105 ° C, durante 48 horas, para a determinação do teor de umidade através da seguinte equação:

$$U = \frac{m_i - m_s}{m_s} \times 100$$

em que,

U = umidade máxima do solo, em %;

mi = massa de solo inicial, em gramas (g); e

ms = massa de solo seco, em gramas (g).

Através da relação entre a massa de solo seco e o volume do anel de aço foi calculada a densidade das amostras de solo através da seguinte expressão:

$$D = \frac{m_s}{V}$$

em que,

D = densidade do solo, em g/cm³;

mi = massa de solo inicial, em gramas (g); e

V = volume do cilindro, em cm³.

Determinação da resistência do solo à penetração

Para determinação da resistência do solo à penetração, foi utilizado um penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar, em que a massa de impacto de quatro quilos sofreu uma queda livre de 19,6 cm. Foram determinados valores nos mesmos pontos onde foram retiradas as amostras indeformadas de solo para o cálculo da densidade. Foram analisadas as profundidades de 0 até 50 cm, fazendo-se as anotações a cada 5 cm de penetração da ponteira do penetrômetro.

Os resultados obtidos em impactos.dm⁻¹ foram convertidos para resistência do solo à penetração (RP), por meio da seguinte equação proposta por Stolf (1991), modificada para a altura de queda de 19,6 cm e área da ponteira de 1,27 cm²:

$$RP = 5,67 + 3,43N \text{ (impactos.dm}^{-1}\text{)}$$

em que,

RP = resistência do solo à penetração, em kgf.cm⁻²; e

N = número de impactos para atingir 5 centímetros de profundidade no solo.

Os valores de RP, em kgf.cm⁻², foram convertidos para MPa (megapascal), multiplicando-se o resultado obtido pela constante 0,098.

Análise dos dados

Os dados de densidade e resistência do solo à penetração foram analisados com o auxílio do programa SPSS Statistics versão 17.0. Foi realizada a análise de variância com os valores obtidos para cada profundidade, para verificar diferenças estatísticas entre os valores encontrados para cada tratamento. Por serem somente dois tratamentos utilizou-se o teste de Fischer, mais comumente conhecido como teste F, estabelecido um nível de probabilidade de 95 % de confiabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização e classificação do solo

Na Tabela 1 encontram-se os resultados dos ensaios de caracterização e classificação das amostras de solo. Notou-se que a porcentagem de argila variou de 60,6 a 66,2 % na profundidade de 0-20 cm e de 69 a 72 % na profundidade 20-40 cm. A porcentagem de

areia diminuiu com o aumento da profundidade, variando de 18,5 a 23,9 % na profundidade de 0-20 cm e de 14,5 a 15,8 % entre 20 e 40 cm de profundidade. Com relação ao teor de silte, notou-se diminuição com o aumento da profundidade nos Blocos 1 e 3. Na profundidade de 0-20 cm, a porcentagem de silte variou de 15,1 a 15,8 % e de 12,2 a 16,2 % entre 20 e 40 cm.

Os limites de liquidez (LL) e de plasticidade (LP) obtidos foram altos, variando de 52,7 a 59,6 % e de 34,7 a 38 %, respectivamente. Estes valores refletiram no alto valor do Índice de Plasticidade (IP), que variou de 17,6 a 22 %. Segundo Caputo (1988) os solos com IP superior a 15 % são considerados altamente plásticos.

Observa-se também que nas amostras de solo de 0-20 cm a massa específica dos grãos (γ_s) foi ligeiramente menor que as mesmas amostras na profundidade 20-40 cm. Entretanto, estes valores estão abaixo do encontrado para solos no Brasil, possuindo minerais leves (Kiehl, 1979). Costa (2004), porém, mencionou que nos solos minerais a densidade real situa-se em torno de 2,65, mas pode ser inferior a isto no caso de horizontes com teor de matéria orgânica relativamente alto, dado que a matéria orgânica possui densidade real menor que as partículas minerais.

Com relação à classificação dos solos, pela metodologia MCT, todas as amostras foram caracterizadas como altamente plásticas com comportamento argiloso laterítico (LG'), pela alta contração observada; e pelo método do triângulo textural foram caracterizadas como muito argilosas, sem distinção entre blocos e profundidades.

TABELA 1. Índices físicos e classificação dos solos

Propriedades analisadas	Designação das amostras					
	Bloco 1		Bloco 2		Bloco 3	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
Argila ($\Phi \leq 0,002$ mm)	65,7	70,8	60,6	69	66,2	72
Silte ($0,002 < \Phi \leq 0,06$ mm)	15,8	13,4	15,5	16,2	15,1	12,2
Areia ($0,06 < \Phi \leq 2$ mm)	18,5	15,8	23,9	14,5	18,6	15,8
LL (%)	59,6	53,7	56	56	55,2	52,7
LP (%)	37,6	36	38	35	36,4	34,7
IP (%)	22	17,6	18	21	18,8	18
γ_s (g/cm ³)	2,66	2,69	2,62	2,64	2,61	2,66
Classificação MCT	LG'	LG'	LG'	LG'	LG'	LG'
Classificação Textural	Argilosa	Argilosa	Argilosa	Argilosa	Argilosa	Argilosa

Silva (1990), avaliando quimicamente o solo da área de cerrado *sensu stricto* submetido a desmatamento e abandono, concluiu que há uma uniformidade na disponibilidade de nutrientes entre as parcelas, não havendo grandes variações entre estas. Borgatto (1994) também avaliou a mesma área desmatada e abandonada e confirmou que as análises químicas não diferiram significativamente entre as parcelas desmatadas com trator de lâmina ou cortadas com motosserra, com e sem queima, o que também confirma a uniformidade na baixa disponibilidade de nutrientes na área.

Avaliação da compactação do solo

Na Figura 1 é apresentado o comportamento do solo do cerrado *sensu stricto*, no que se refere ao fenômeno compactação. Observa-se que os valores médios de resistência à penetração (Figura 1a) foram aumentando gradativamente em função da profundidade do solo até a camada de 30 cm. A partir desse ponto, ocorreu decréscimo da resistência até a camada de 50 cm. Resck (2005) relatou que a RP aumenta com a profundidade do solo no Cerrado.

Os valores máximos de resistência á penetração (RP) observados em cada tratamento foram de 3,2 e 4,4 MPa, respectivamente, para os tratamentos Cerrado submetido a corte com lâmina e Cerrado sem perturbação ambos, na camada de 30 cm.

Segundo Zou *et al.*, (2000), valores de RP superiores a 3,0 MPa são considerados limitantes ao desenvolvimento das espécies florestais. Pelos resultados obtidos e considerando o Cerrado perturbado, somente nas camadas de 25 a 35 cm foram observados valores superiores a 3,0 MPa. Para o Cerrado sem perturbação, da camada de 20 até 40 cm de profundidade no solo foram observados valores superiores ao limiar para o desenvolvimento das raízes. Pinheiro (2008) avaliando a RP em Cambissolo no Cerrado observou valores menores de 3,0 MPa. Moraes (2009), avaliando a RP em Latossolo em Cerrado submetido a distúrbios antrópicos, também, não observou valores de RP superiores a 3,0 MPa.

Na Figura 1b encontram-se os resultados para a densidade do solo. Os valores oscilaram pouco em relação à profundidade do solo e ao tratamento aplicado. Os valores encontrados ficaram na faixa de 0,71 até 0,77 g /cm³, com ligeira tendência a maiores valores para o tratamento Cerrado sem perturbação.

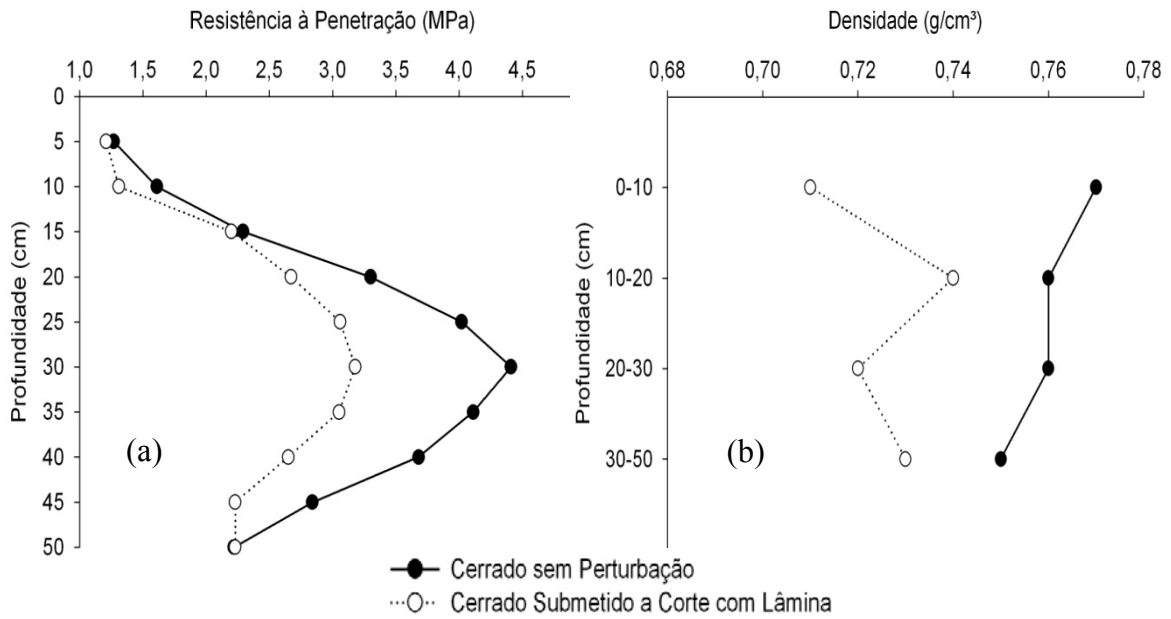


FIGURA 1. Comportamento da compactação do solo em função da profundidade: (a) valores médios de resistência à penetração; e (b) valores médios de densidade.

Na Figura 2 encontram-se os valores médios, mínimos e máximos obtidos para a RP e para a densidade do solo. A amplitude dos valores obtidos pela média dos trinta pontos coletados para cada tratamento em questão se deveu à forte presença de cupinzeiros e formigueiros na área de estudo, que podem ter interferido na obtenção desses parâmetros, principalmente, nas camadas mais profundas.

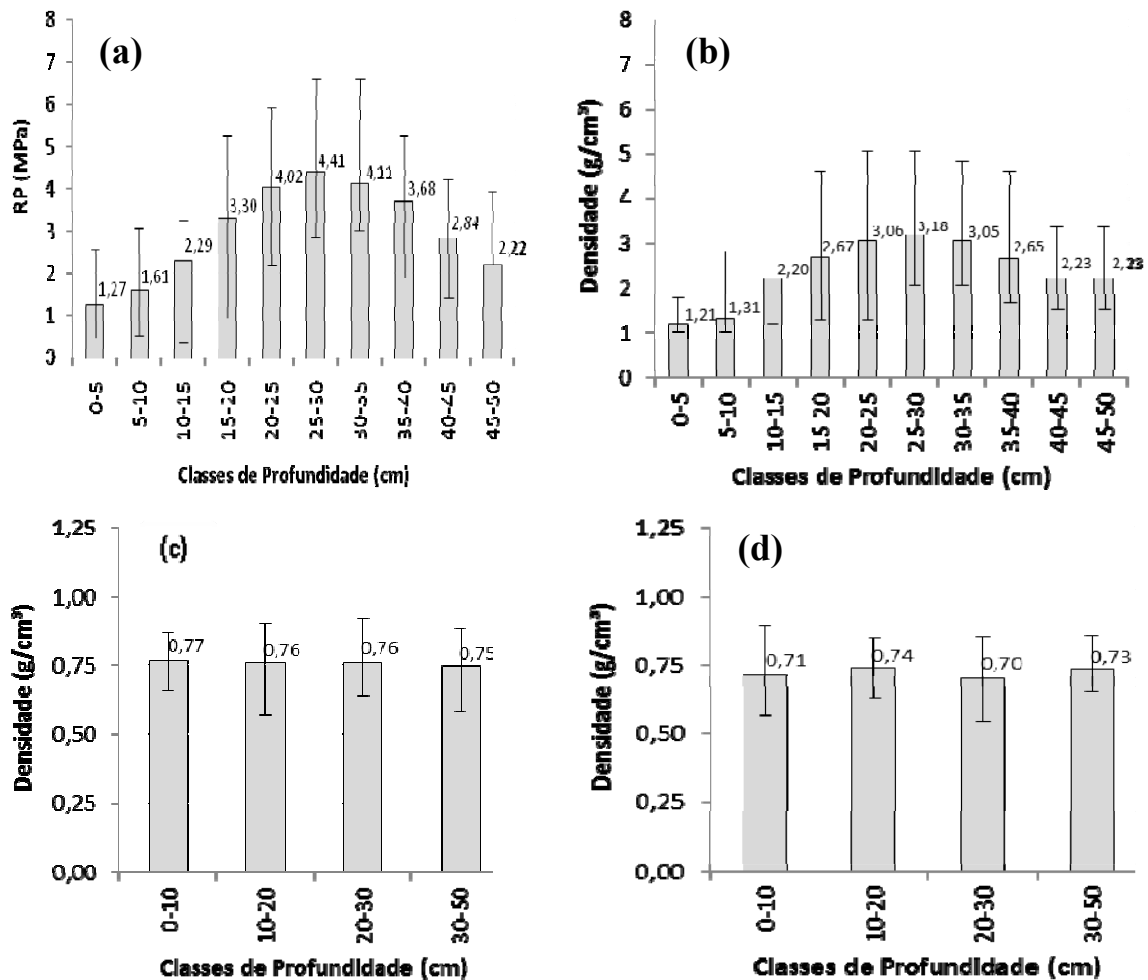


FIGURA 2. Valores médio, mínimo e máximo: (a) RP do Cerrado sem perturbação; (b) RP do Cerrado submetido a corte com lâmina; (c) densidade do Cerrado sem perturbação; e (d) densidade do Cerrado submetido a corte com lâmina.

Para o Cerrado sem perturbação (Figura 2a) foi observado valor de RP de 0,4 MPa, nas camadas superficiais de 0-5 e 5-10 cm, até valores próximos a 7 MPa, caso das camadas de 25-30 e 30-35 cm. Já para o Cerrado perturbado por corte com lâmina (Figura 2b), valores mínimos ocorreram nas camadas de 5-10 e 10-15 cm, que apresentaram 0,9 MPa de RP, e valor superior a 5 MPa foi observado nas camadas de 20-25 e 25-30 cm. De forma análoga, a densidade do solo oscilou de 0,6 g/cm³ na camada de 20-30 cm, no Cerrado perturbado, até valores próximos 1,0 g/cm³, caso da camada de 0-10 cm no Cerrado perturbado. Concomitantemente às leituras de RP e densidade, foram tomados dados do teor de umidade do solo. Observou-se que, no perfil analisado, que esse teor variou pouco de um bloco para outro e entre as profundidades, conforme pode ser observado na Tabela 2. As discrepâncias de valores obtidos entre 26,52 a 29,67 % podem

estar associadas à época de amostragem e ao período do dia (manhã ou tarde) em que foi coletado.

Os solos com baixos teores de água têm maior resistência à compactação, devido a sua maior capacidade de suporte de carga (Kondo; Dias Júnior 1999). Seixas (2000) observou que o aumento do teor de água do solo resultou em redução da densidade do mesmo, causando destruição na estrutura do solo.

TABELA 2. Variação da umidade higroscópica na área de estudo

Profundidade (cm)	Teor de Umidade (%)			
	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Média
0-10	29,67	25,76	27,99	27,81
10-20	29,12	26,52	28,39	28,01
20-30	28,62	27,21	28,03	27,95
30-50	28,10	27,24	27,45	27,60
Média	28,87	26,68	27,96	-

Análise estatística

Observa-se pelos resultados da Tabela 3 que não houve diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade entre os dois tratamentos nas camadas de 0-5, 10-15 e 45-50 cm. Nas demais camadas foram observadas significância, sendo os maiores valores de RP encontrados para o T1, em que não ocorreu distúrbio antrópico. Acredita-se que pelo fato da exposição do solo às intempéries climáticas e à regeneração natural do cerrado *sensu stricto*, quando submetido ao corte com lâmina, fez com que a compactação do Cerrado fosse reduzida.

TABELA 3. Teste F ($\alpha = 0,05$) comparando as médias de resistência à penetração do solo, em MPa, para cada tratamento e profundidade

Tratamento	Profundidade (cm)									
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50
T1	1,27a	1,62a	2,29a	3,30a	4,02a	4,40a	4,11a	3,68a	2,83a	2,22a
T2	1,21a	1,32b	2,20a	2,67b	3,06b	3,18b	3,05b	2,65b	2,23b	2,23a

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5 % de significância. T1 (Cerrado sem perturbação) e T2 (Cerrado submetido à corte com lâmina).

Para a densidade do solo, não foi observada diferença significativa entre os dois tratamentos nas camadas de 10-20 e 30-50 cm de profundidade. Nas demais camadas ocorreram diferenças entre os dois tratamentos sendo que para o T1, que não envolveu perturbação, foram observados os maiores valores de densidade do solo, conforme apresentado na Tabela 4. Percebe-se que não houve uma correlação clara entre RP e densidade do solo para os dois tratamentos.

TABELA 4. Teste F ($\alpha = 0,05$) comparando as médias de densidade do solo, em g/cm³, para cada tratamento e profundidade

Tratamento	Profundidade (cm)			
	0-10	10-20	20-30	30-50
T1	0,77a	0,76a	0,76a	0,75a
T2	0,71b	0,74a	0,70b	0,73a

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5 % de significância. T1 (Cerrado sem perturbação) e T2 (Cerrado submetido a corte com lâmina)

CONCLUSÃO

- O solo da área de estudo apresentou-se com textura predominantemente argilosa, com comportamento argiloso laterítico, altamente plástico, não diferindo entre as profundidades e blocos analisados;
- As camadas de solo de 20 até 40 cm de profundidade apresentaram os maiores valores de resistência á penetração do solo para os dois tratamentos, com valor máximo próximo de 4,5 MPa (camada de 30 cm, tratamento sem perturbação);
- Não houve discrepância acentuada entre os valores de densidade do solo (0,71 até 0,77 g/cm³);
- O teste F mostrou haver diferenças estatísticas entre os tratamentos, tanto para a resistência à penetração quanto para a densidade do solo, a depender da profundidade do solo analisada e do tratamento;

- O tratamento 1, sem perturbação, proporcionou maior nível de compactação em todas as profundidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo - Análise Granulométrica** - Procedimento. Rio de Janeiro, ABNT, 1984a. 13 p., NBR 7181.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo - Determinação do Limite de Liquidez**. Rio de Janeiro, ABNT, 1984b. 6 p., NBR 6459.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo - Determinação do Limite de Plasticidade**. Rio de Janeiro, ABNT, 1984c. 3 p., NBR 7180.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo - Determinação da massa específica dos grãos**. Rio de Janeiro, ABNT, 1984d. 6 p. NBR 6508.

BORGATTO, D. F. Estado nutricional da regeneração de espécies arbóreas de um cerrado submetido a corte e queima. **Dissertação** (Mestrado em Ecologia). Universidade de Brasília-UnB. Brasília-DF. 104f. 1994.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: ESALQ, 132p. 1997.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Conceitos Gerais de Compactação do solo**. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <<http://www.infobibos.com/Artigos/CompSolo/Comp1.htm>>. Acesso em: 4/10/2013.

CANARACHE, A. **PENETR - a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration**. Soil Till. Res., Amsterdam, 16:51-70, 1990.

COSTA, J. B. **Caracterização e constituição do solo**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 7ª Edição., 527p. 2004.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997.

FENNER, P. T. Compactação do solo. In: MACHADO, C. C. (Ed). Colheita Florestal 2°. Editora Viçosa: UFV, 2008. P 388-409.

FIGUEIREDO, L. H. A.; DIAS JUNIOR, M. S.; FERREIRA, M. M. Umidade crítica de compactação e densidade do solo máxima em resposta a sistemas de manejo num Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.3, p.487-493, 2000.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. 498p.

- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1979. 264p.
- KONDO, M.K.; DIAS JUNIOR, M.S. Compressibilidade de três Latossolos em função da umidade e uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.23, p.211-218, 1999.
- LEMOS, R. C. de; SANTOS, R. D. dos. Manual de descrição e coleta no campo. 3. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Rio de Janeiro: **EMBRAPA**, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1996. 83 p.
- LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 178p. 2002.
- MORAIS, F. M. Análise de atributos da vegetação e do solo em cerrado sensu stricto, 20 anos após distúrbios antrópicos. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília-DF, 99f. 2009.
- NOGAMI, J. S.; VILLIBOR, D. F. **Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos**. Ed. Villibor. São Paulo, 1995.
- PINHEIRO, C.Q. Avaliação da recuperação da cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília: fatores edáficos, florísticos e ecológicos. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília. Brasília, DF, 84f. 2008.
- RALISCH, R; TAVARES FILHO, J. Compactação do solo em sistema de plantio direto – causas, efeitos e prevenção. In: Encontro Nacional de Plantio Direto na Palha, 8, 2002, Águas de Lindóia. **Anais...** Ponta Grossa: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, p.125-127. 2002.
- RESCK, B. S. Efeito dos sistemas de manejo na dinâmica de água e no grau de compactação do solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Taguara - DF. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade de Brasília Brasília, DF, 121f. 2005.
- REZENDE, A. V. Diversidade, estrutura, dinâmica e prognose do crescimento de um cerrado sensu stricto submetido a diferentes distúrbios por desmatamento. **Tese** (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná-UFPR, Curitiba-PR. 243f. 2002.
- SENE, M.; VEPRASKAS, M. J.; NADERMAN, G. C. DENTON, H. P. Relationships of soil texture and structure to corn yield response to subsoiling. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madinson, 49:422-427, 1985.
- SEIXAS, F.; MCDONALD, T.P.; STOKES, B.J. & RAPER, R.L. Effect of slash on forwarder soil compaction. **In: Proceedings of the 1995 COFE Annual Meeting**. COFE, Cashiers, NC, p: 77-86, 1995.
- SEIXAS, F.; Potencial de danos dos sistemas de colheita de madeira no solo e nas cepas. Departamento de Ciências Florestais Esalq/USP. 2000. **IPEF Série técnica**, n°30, cap. 6. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/stecnica/nr30/cap6.pdf>. Acesso em: 04 Out. 2013.

SEIXAS, F.; OLIVEIRA JÚNIOR, E. D. de. Compactação do solo devido ao tráfego de máquinas de colheita de madeira. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.60, p.73–87, 2001.

SILVA, F. C. Compartilhamento de nutrientes em diferentes componentes da biomassa aérea em espécies arbóreas de um cerrado. **Dissertação** (Mestrado em Ecologia). Universidade de Brasília-UnB. Brasília-DF. 80f. 1990.

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**, 15:249-252, 1991.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, p. 333-339, 1996.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. **Solos e Fertilidade do Solo**. 6 ed. São Paulo: ANDREI, 2007. 718p.

ZOU, C.; SANDS, R.; BUCHAN, G.; HUDSON, I. Least limiting water range: a potencial indicator of physical quality of forest soils. **Australian Journal of Soil Research**, v.38, p.947-958, 2000.