

AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE UMA TOPOSEQUÊNCIA COM NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS PARA FINS DE CONSERVAÇÃO, MINEIROS, GO

Rejane Freitas Benevides Almeida¹

Maria do Carmo Correa Lagos²

Selma Simões de Castro³

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo a identificação e a interpretação do sistema pedológico composto por Neossolos Quartzarênicos ocupados com pastagem extensiva com *Brachiaria decumbens* através de uma topossequência no município de Mineiros, Goiás, Brasil, relacionando-os com as práticas de conservação do solo. Foram abertas e descritas morfológicamente cinco perfis de solo, nos quais procedeu-se à coleta das amostras visando a caracterização analítica dos solos e paralelamente foram executados ensaios de resistência à penetração. Observou-se que o Neossolo Quartzarênico apresenta variações morfológicas ao longo da topossequência, as quais foram relacionadas à topografia e que, conseqüentemente, condicionam os fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais. Concluiu-se que as rotas de fluxos hídricos são predominantemente verticais em toda a topossequência, exceto no segmento basal à jusante, onde são laterais. Os resultados físico-químicos indicam baixo potencial agrícola e elevada erodibilidade, que permite avaliar que o uso com pastagem estaria correto, mas o manejo adotado não, pois tende a potencializar os processos erosivos.

Palavras-chave: Topossequência; Neossolos Quartzarênicos; Manejo e Conservação do Solo.

ABSTRACT

Evaluation physical-chemical of a topossequência with neossolos quartzarênicos for purposes conservation in Mineiros, GO. The present work had as its aim the identification and the interpretation of the pedologic system composed of Neossolos Quartzarênicos busy with extensive grassland *Brachiaria decumbens* through of a topossequence located in the District of Mineiros, Goiás, Brazil, relating to the soil conservation practice. Were opened and described morphologically five profiles of soil, in which preceded the collection of samples for the analytic characterization of the soil and parallel were realized of resistance tests to the penetration. It was observed that Neossolo Quartzarênico shows modifications through the topossequence, which were related to topography and, consequently condition the superficial and sub-surface hydric flux. It is concluded that the routes are mainly vertical in all a topossequence, except in the basal segment to the low part, where they are lateral. The physical-chemical results show a low agriculture potential and high erosiveness, indicating that the use to grassland is correct however the manipulation adopted is not correct, it tends to potentialize the erosive process.

Keywords: Topossequence; Neossolos Quartzarênicos; Management and Soil Conservation.

¹ Meio Ambiente, Ambiente e Saúde, Instituto Federal do Tocantins – IFTO, Paraíso do Tocantins, TO, Brasil. E-mail para correspondência: rejane@ifto.edu.br

² Ciências Ambientais, Universidade Federal do Goiás - UFG, Goiânia, GO, Brasil.

³ Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física, Universidade Federal do Goiás - UFG, Goiânia, GO, Brasil.

INTRODUÇÃO

Os mais de dois milhões de km² em área, cerca de 25% do território nacional, distribuídos em dez estados da federação e o Distrito Federal, conferem ao Cerrado o título de segundo maior bioma do Brasil (Rodrigues e Barbosa, 2012). No entanto, esse bioma tem sofrido grandes perdas, sobretudo nas últimas décadas, em consequência do desmatamento voltado à expansão da fronteira agrícola brasileira.

De acordo com Mendonça e Thomaz Júnior (2004), tradicionalmente as áreas de Cerrado não eram valorizadas, uma vez que eram tidas como improdutivas, devido aos seus solos pobres. Todavia, o preço da terra e as políticas de fomento oferecidas pelos estados fizeram com que muitos agricultores se deslocassem para essas áreas, iniciando o processo de transformação da paisagem de Cerrado em grandes campos de cultivo e de criação.

Nesse processo de mudança da paisagem, os solos são um dos elementos que mais sofrem em função das técnicas impróprias de manejo, os quais são predispostos a processos de degradação em sua estrutura, tornando-os, em sua maioria, desprovidos de vegetação e nutrientes.

O estado de Goiás, em particular, era quase inteiramente coberto por Cerrado antes da chegada da modernização agrícola, atualmente, o cenário tem mudado bastante em função da agricultura que está sendo implantada ao longo do território. Um dos principais problemas observados nessas áreas consiste no manejo inadequado do solo, deixando-o vulnerável a processos de desertificação e erosão, principalmente, nas áreas onde predominam solos arenosos ou de textura média. Nesse sentido, o município de Mineiros (GO), situado no extremo Sudoeste do Estado, merece destaque, uma vez que é representativo desse quadro. A maior parte dos solos do município e arredores é da classe Neossolo Quartzarênico derivado da Formação Botucatu, arenito de origem eólica com grande teor de silte e areia (Rezende et al. 2011). Por isso, apresenta elevada erodibilidade e baixa aptidão agrícola, sendo mais indicado para pastagem, atividade aí dominante.

Gomes et al. (2012) relatam que o manejo a que o solo é submetido pode provocar tanto a sua degradação quanto o seu melhoramento. No entanto, em geral, os usos que se fazem desse ambiente levam à perda da capacidade produtiva do sistema, tornando-os solos degradados, pois reduzem e/ou até mesmo perdem muitas de suas funções. Por sua vez, de acordo com Silva et al. (2015), os impactos gerados podem provocar danos muitas vezes irreversíveis, como é o caso da desertificação. Segundo os autores, dentre os principais fatores da degradação, destacam-se o desmatamento, a agricultura e o superpastoreio.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo caracterizar e interpretar o sistema pedológico de uma topossequência com Neossolos Quartzarêncios localizada no município de Mineiros (GO), relacionando-os com as práticas de conservação do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi realizado em uma topossequência localizada na bacia hidrográfica do Ribeirão Alegre a 17°28'45"S e 52°29'23"W, na Fazenda Bebedouro, situada a cerca de 15 km da cidade de Mineiros, Goiás,

Brasil. A avaliação ocorreu a partir da abertura de 5 trincheiras de 1,5 m de profundidade, distribuídas uniformemente da parte mais alta até a parte mais baixa da paisagem, ao longo de um eixo topográfico correspondente à linha de maior declive, como proposto por Boulet (1988) (Figura 1).

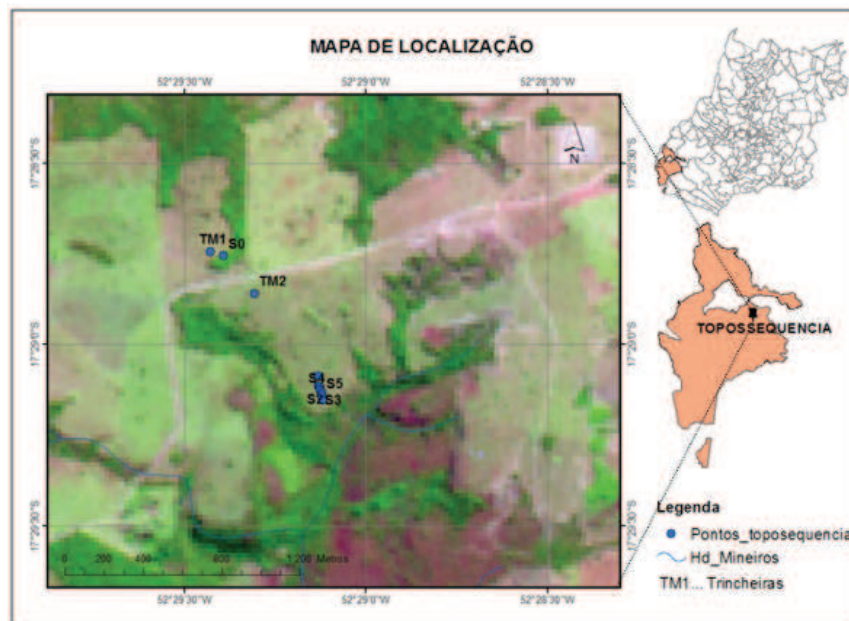


Figura 1. Localização da área de estudo. Notar o alinhamento das trincheiras onde foram descritos e coletados os perfis de solos.

O clima na região é classificado como úmido tendo de 1 a 3 meses de seca e temperatura média anual entre 15°C e 18°C (IBGE, 2013). A área de estudo está situada na unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, representada pelo grupo litoestratigráfico, da Formação Botucatu, de idade Triássico-Jurássico constituída por arenitos eólicos (RadamBrasil, 1983).

Segundo o RadamBrasil, (1983), em uma escala mais abrangente, dominam os solos das classes de Latossolo Vermelho Médio e Associação de Argissolo-Nitossolo Média a Cascalhenta. Esses solos, em escala de detalhe, como observado em campo os latossolos, restringem-se apenas às superfícies cimeiras regionais, abaixo das quais os Neossolos Quartzarênicos predominam, seguidos nos fundos de vale, dependendo da topografia pelos Gleissolos ou Neossolos Litólicos ou Neossolos Flúvicos.

A cobertura vegetal observada em campo é composta de fragmentos de mata ciliar e cerrado *sensu stricto* degradados, em reserva legal. Na encosta estudada, identificou-se o uso com pastagem.

Coleta e Análise de Dados

Inicialmente, foi realizada a identificação dos compartimentos morfopedológicos (Castro e Saslo-mão, 2000), da bacia hidrográfica do Ribeirão Alegre, com o objetivo de caracterizar as relações entre solo e relevo e orientar a escolha do eixo da topossequência. Para essa etapa, compilaram-se dados da compartimentação morfopedológica e suscetibilidade erosiva no Sudoeste Goiano, conforme Siqueira et al. (2014).

Os autores identificaram cinco compartimentos, sendo o compartimento escolhido para o referido estudo classificado como muito suscetível, além de apresentar numerosos focos erosivos lineares de grande porte, como voçorocas (Nunes e Castro, 2013).

Após o reconhecimento dos compartimentos morfo-pedológicos da bacia, procedeu-se ao levantamento pedológico em campo. Determinando o eixo da topossequência, e com base em tradagens manuais (trado holandês) exploratórias a cada 50 m de distância, de modo a reconhecer os solos presentes, prosseguiu-se com a abertura de 5 trincheiras, com 1,5 m de profundidade, 1 m de largura e 2 m de comprimento, denominadas de TM1 a TM5. A primeira trincheira posicionou-se no topo em uma área com fragmento de Cerrado degradado, sendo as demais definidas de acordo com mudanças morfológicas observadas durante as tradagens, bem como de acordo com a topografia. Prosseguiu-se o levantamento com a descrição morfológica dos solos, coletas de amostras para análises física e de fertilidade e realizados ensaios de penetração. Por fim, realizou-se novas tradagens entre trincheiras com a finalidade de estabelecer os limites mais precisos entre os solos ao longo da topossequência.

Nessa amarração entre as trincheiras, observou-se o aparecimento e desaparecimento laterais de horizontes e a presença de feições pedológicas de interesse, como de nódulos ferruginosos, bem como finalizou-se o desenho da geometria dos horizontes. Desse modo, foram realizadas as seguintes sondagens: S0 entre a trincheira 1 e 2; S1, S2, S3 e S4 entre a trincheira TM3 e 4; e S5 entre a trincheira 4 e 5. Ressalte-se que o maior número de sondagens se concentrou entre as trincheiras 3 e 4, pois, entre elas, foram observadas maiores e mais numerosas variações nas características morfológicas dos perfis de solos, relacionadas ao maior declive que caracterizou essa parte terminal da topossequência (Tabela 1).

Tabela 1. Localização das trincheiras e sondagem a trado manual na topossequência.

Ponto	Coordenadas (UTM)	Distância para o próximo ponto (m)	Altitude	Uso atual
TM1	341743 / 8066823	TM1 para S0 - 70m	843	Fragmento degradado
S0	341807 / 8066801	S0 para TM2 - 235 m	840	Pastagem
TM2	341959 / 8066611	TM2 para TM3 - 522m	820	Pastagem
TM3	342272 / 8066193	TM3 para S1 - 50m	780	Pastagem
S1	342276 / 8066143	S1 para S2 - 6m	777	Pastagem
S2	342280 / 8066138	S2 para S3 - 12m	772	Pastagem
S3	342283 / 8066127	S3 para S4 - 7m	772	Pastagem
S4	342285 / 8066120	S4 para TM4 - 14m	772	Pastagem
TM4	342293 / 8066108	TM4 para S5 - 16m	769	Pastagem
S5	342291 / 8066093	S5 para TM5 - 23m	769	Pastagem
TM5	342299 / 8066071		764	Fragmento degradado

Para os perfis de solo expostos nas trincheiras, procedeu-se descrição morfológica, coletas de amostras para a caracterização analítica das amostras dos horizontes dos perfis, segundo instruções de Santos et al. (2005), e realização de ensaios de resistência à penetração STOLF/PLANALÇÜCAR (Stolf et al., 1983).

Na descrição morfológica, foram identificados e delimitados os horizontes diagnósticos, e, posteriormente, os solos foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Embrapa (2006).

Para a caracterização analítica, as coletas das amostras deformadas dos perfis de solos de todos os horizontes foram encaminhadas à SOLOCRIA/Laboratório Agropecuário Ltda, onde procederam-se as análises físicas (granulometria/textura), químicas (cátions trocáveis - Ca, Mg, K, acidez extraível - Al, H; pH em água) e matéria orgânica, utilizando-se como indicadores de fertilidade os parâmetros: Soma de bases (S) = Ca + Mg + K; Capacidade de troca catiônica (T) = S + Al + H, conforme Embrapa (1997).

A macro e microporosidade do solo foram obtidas a partir da coleta em triplicata de amostras indeformadas em anéis volumétricos (100 mL) de cada horizonte. Com o intuito de manter preservada a estrutura original do solo, os anéis coletados foram envolvidos com plástico filme e acondicionados em uma caixa apropriada até que fossem transportados ao laboratório para a realização das análises.

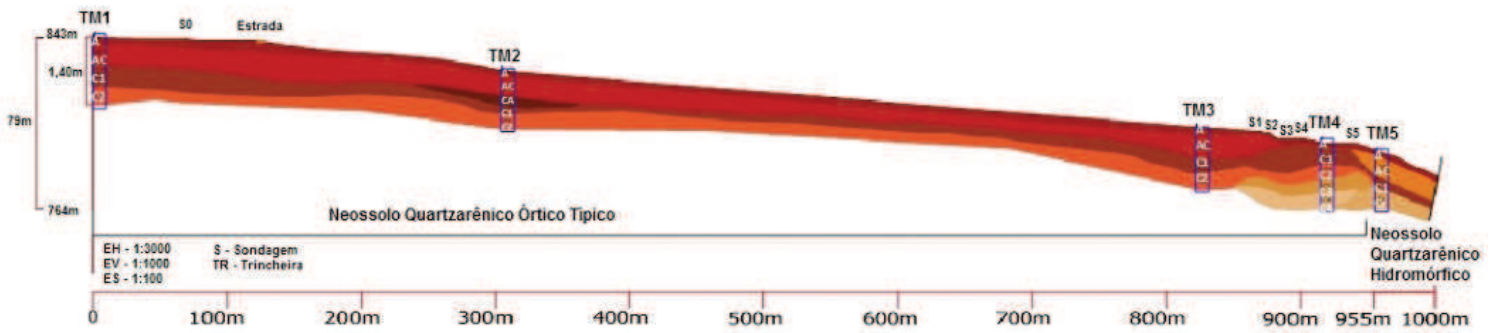
Os testes de resistência do solo à penetração com o Penetrômetro de impacto foram realizados nas trincheiras TMs 1, 3 e 4. Essa avaliação não foi realizada na trincheira TM2 devido à similaridade com a trincheira 1 (topo) e na TM5 devido a sua semelhança com a TM4. A transformação de penetração da haste do aparelho no solo (cm/impacto) em resistência a penetração (MPa) foi determinada segundo Stolf (1991).

As descrições morfopedológicas foram expressas em quadro e os resultados analíticos e dos ensaios em planilhas e gráficos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 2 representa a distribuição dos solos na topossequência estudada. Como pode ser observado, há predominância de Neossolo Quartzarênico Órtico Típico nas trincheiras iniciais (TM1, TM2, TM3) e de Neossolo Quartzarênico Hidromórfico na TM5, de acordo com as referências da Embrapa (2006).

Na TM2, foi observado o aparecimento de um novo tipo de horizonte ao longo do perfil (CA), e a partir da TM4, uma intensa descoloração, o que pode indicar perda de argila e, sobretudo, de matéria orgânica, sugerindo uma saturação hídrica ou mesmo anual.



Neossolo Quartzarênico Órtico típico

A – arenosa; maciça não coerente; consistência solta, seca e úmida, não plástica e não pegajosa; poros muito pequenos sem feições aparentes; transição plana e clara; raízes muito finas < 1mm, sistema fascicular (30 raízes/10cm²); atividade biológica de formiga, ligeira compactação do pisoteio do gado.

AC – franco arenosa; estrutura maciça não coerente; consistência solta (seca e úmida), muito friável, não plástica e não pegajosa; poros muito pequenos, com galerias de formigas e canais preenchidos por matéria orgânica; transição ondulada a clara; raízes muito finas – 1mm, sistema fascicular; atividade biológica de formiga.

CA – arenosa, estrutura maciça não coerente; consistência solta (seca) e friável (úmida); ligeiramente plástica e não pegajosa; poros intergrãos, sem poros visíveis; ausência de feições; transição ondulada e clara (2,5-7,5cm); poucas raízes fasciculadas finas; ausência de atividade biológica.

Cl – arenosa; estrutura maciça não coerente; consistência solta, não plástica e não pegajosa; poros simples e de amontoamento, ausência de feições; transição plana e clara; raízes fasciculadas finas e de baixa intensidade, ausência de atividade biológica.

C2 – arenosa; estrutura maciça não coerente; consistência solta (seca), muito friável (úmida), não plástica e não pegajosa; moderada porosidade, ausência de feições; transição plana (2,5-7,5cm); baixa intensidade de raízes finas; ausência de atividade biológica.

C3 – arenosa; estrutura maciça; consistência friável (úmida), ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; alta porosidade; presença de mosqueado (7,5 YR 6/8); transição plana; ausência de raízes e ausência de atividade biológica.

C4 – arenosa média; estrutura maciça; consistência friável (úmida), pouco plástica e pouco pegajosa; alta porosidade; presença de mosqueado (7,5 YR 6/8); transição clara; ausência de raízes e ausência de atividade biológica.

Neossolo Quartzarênico Hidromórfico

A - arenosa; estrutura maciça não coerente; consistência solta (seca), não plástica e não pegajosa; poros interagregados, ausência de feições; transição plana e clara; raízes comuns e finas; baixa ação biológica.

AC – arenosa; estrutura maciça não coerente; consistência solta (seca), não plástica e não pegajosa; poros não visíveis, ausência de feições; transição ondulada a clara; raízes pouca e finas; baixa ação biológica.

Cl - arenosa; estrutura maciça não coerente; consistência dura, ligeiramente plástica e não pegajosa; poros não visíveis; presença de faixas Bruno-amareladas (10 YR 5/8); transição ondulada a clara; raízes raras e finas; baixa ação biológica.

Cr - arenosa; estrutura maciça não coerente; consistência muita dura; ausência de plasticidade e de pegajosidade; poros não visíveis; presença de manchas cinzento-escuro (10 YR 4/10); transição ondulada a clara; raízes ausentes; baixa ação biológica; saprólito de arenito.

Figura 2. Sistema pedológico da topossequência na Fazenda Bebedouro Mineiros (GO).

Atributos Físicos

Textura

Os resultados obtidos de granulometria revelaram uma elevada quantidade de areia em todos os horizontes do solo (Tabela 2), como esperado, o que condiciona elevada erodibilidade. Esses resultados são corroborados por Castro et al. (2011), os quais verificaram que a maior erodibilidade do Neossolo Quartzarênico está associada à menor coesão entre as partículas do solo, uma vez que, geralmente, são pouco ou não estruturados em agregados

A tabela 2 permite constatar que os teores de argila são geralmente inferiores a 15%, o que confirma a presença de Neossolos Quartzarênicos, exceto na TM5 de jusante, onde são superiores. Supõe-se que a

textura franco-argilosa arenosa, no último horizonte (Cr) da TM5, resulte de alteração do próprio arenito, de acordo com a observação morfológica desse perfil.

Tabela 1. Resultados das análises granulométricas.

Horizonte	Profundidade	Textura (g/kg)			Classificação
		Argila	Silte	Areia	
A	0-10 cm	100	40	860	Areia Franca
AC	10-50 (54)	120	50	830	Areia Franca
C1	50-106	130	60	810	Franco Arenosa
C2	106 – (>140)	140	70	790	Franco Arenosa
AC	10-50 (54)	130	50	820	Franco Arenosa
CA	50-69 (72)	160	70	770	Franco Arenosa
C1	69-93	160	50	790	Franco Arenosa
C2	93-122 +	190	80	730	Franco Arenosa
A	0-14 cm	110	50	840	Areia Franca
AC	14-68 (57-79)	110	50	840	Areia Franca
C1	68-100	120	60	820	Areia Franca
C2	100-130 +	130	70	800	Franco Arenosa
A	0-10 cm	70	30	900	Arenosa
C1	10/45	100	40	860	Areia Franca
C2	45-75	100	40	860	Areia Franca
C3	75-105	110	60	830	Areia Franca
C4	105+	130	70	800	Franco Arenosa
A	0-8 cm	90	40	870	Areia Franca
AC	08/60	190	60	750	Franco Arenosa
C1	60-85 (70)	190	60	750	Franco Arenosa
Cr	85-94 +	300	70	630	Franco Argilo Arenosa

Solos arenosos são altamente susceptíveis à erosão hídrica e eólica (Bertoni e Lombardi Neto, 1995). Por isso, necessitam de cuidados especiais quanto à reposição de matéria orgânica e no seu preparo para o uso agropecuário, demandando práticas conservacionistas severas. São limitantes ao método de irrigação por sulcos, em função da baixa capacidade de retenção de água devido a alta taxa de infiltração e, conseqüentemente, elevadas perdas por percolação (Araújo et al., 2003).

É importante destacar que na área predomina a pastagem, sendo observados locais com solo exposto, o que, aliado à textura arenosa, potencializa a erosão hídrica devido aos efeitos do impacto direto do escoamento superficial sobre o solo.

Porosidade do solo

Com base nos resultados obtidos (Figura 3), é possível observar que os perfis de solo se diferenciam em relação a sua porosidade. Na TM1 observou-se uma média de 28,6% de macroporos e 15,1% de microporos. A TM2 apresentou 21% e 24% de micro e macroporosidade, respectivamente. Já para a TM3 e TM4 apresentaram uma média de micro e macroporosidade de 13% e 29% para a TM3 e 12% e 29% para a TM4, sendo, portanto, similares entre si.

Sato (2011) ressalta que a textura do solo está intimamente ligada às suas propriedades físicas e que sua relação com a macro e microporosidade é diretamente afetada, sendo determinantes para a infiltração de água no solo e, conseqüentemente, para o escoamento.

Analisando a porosidade ao longo dos horizontes de todos os perfis de solo, observa-se que na TM2 os percentuais de microporosidade aumentaram ligeiramente nos horizontes C1 e C2, indicando maior aproximação entre as partículas primárias e secundárias e maior drenagem nos horizontes suprajacentes. Quanto maior a proporção de micro em relação aos macroporos de um solo, menor é a infiltração de água, porém são próximos dos valores da TM1. Na TM3 e TM4, houve uma diminuição de microporosidade, correspondendo a uma diminuição das partes mais elevadas para as partes mais baixas, o que confirmou o aumento do teor de areia para a jusante da vertente, concordando com os resultados de textura observados.

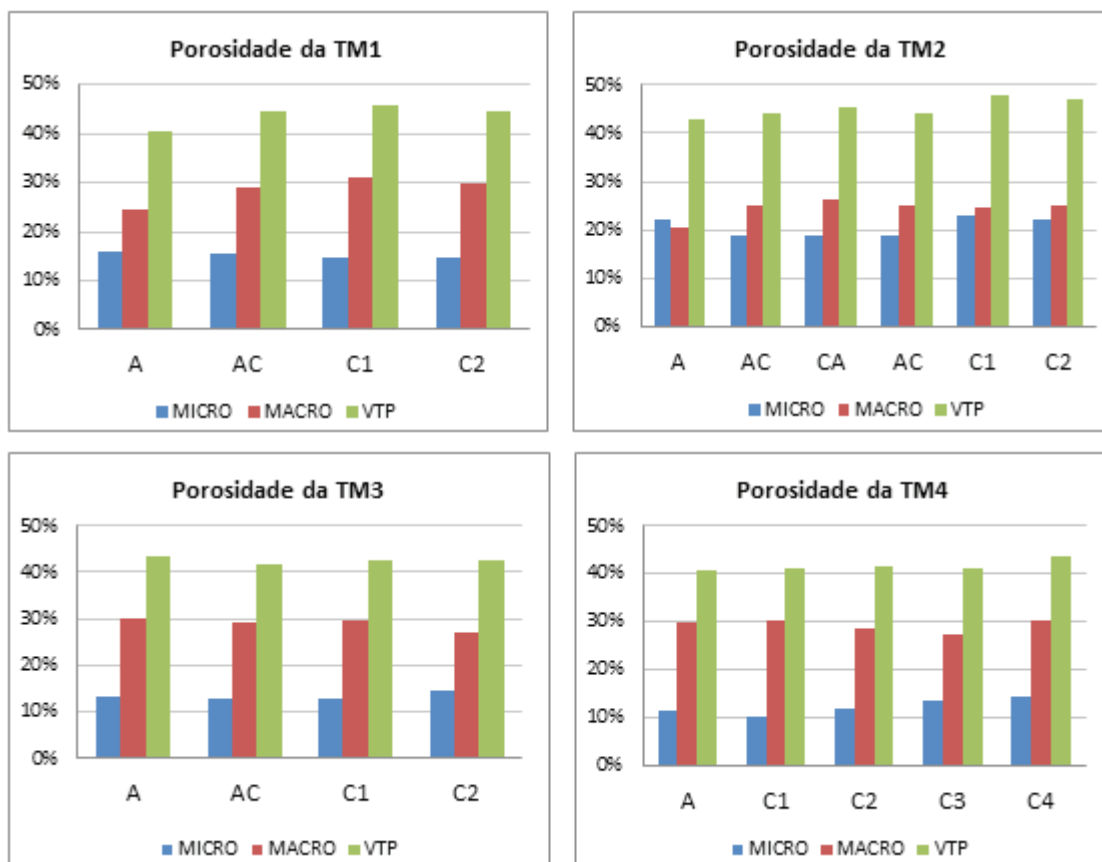


Figura 3. Porosidade e volume total de porosidade do solo para os perfis TM1 a TM4.

Quanto à textura, de modo geral, pode-se agrupar os perfis em três conjuntos, a TM1 e TM2, a TM3 e TM4 e a TM5, corroborando as descrições morfológicas apresentadas, sobretudo o clareamento da cor e o aparecimento de manchas na base dos perfis associadas à oscilação do freático (TM4), relacionados também ao aumento da energia dos fluxos laterais resultantes do maior declive desse segmento final.

Outro ponto que deve ser observado diz respeito ao comportamento da porosidade em que domina a macroporosidade em todos os perfis em profundidade, observando-se que, no primeiro conjunto (TM1 e TM2), a macroporosidade aumenta com a profundidade e a micro diminui. Já no segundo (TM3 e TM4), o comportamento é inverso, com diminuição na macroporosidade e um aumento na microporosidade, o mesmo observando-se na TM5.

Pelo exposto, pode-se deduzir que no topo há uma maior circulação hídrica em profundidade do que nos demais, o que pode tanto recarregar o nível freático como drenar lateralmente para jusante da vertente.

Resistência do solo à penetração (RP)

A figura 4 permite constatar maiores valores de RP nos perfis TM3 e TM4, o que pode estar relacionado ao pisoteio do gado. No caso da TM1, ao contrário, a menor resistência é justificada pelo fato de ela situar-se em uma área onde há presença de mata, dificultando o acesso dos animais e, assim, o pisoteio e a compactação, ainda que haja vestígios de entrada de gado.

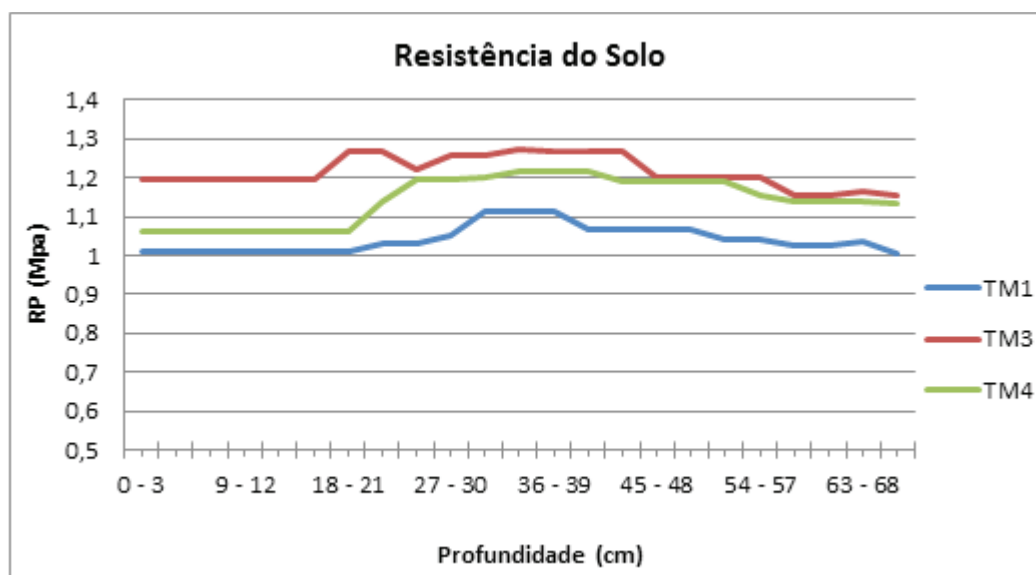


Figura 4. Resistência do solo à penetração (RP).

Com estrutura preservada, o solo poroso e permeável ao ar, água e raízes resulta em boa probabilidade de infiltração devido à resistência baixa, sendo que uma $RP > 2,5$ MPa é restritiva ao uso agrícola em geral, dada a dificuldade de penetração das raízes, ar e água. Convém lembrar que, de acordo com a classificação descrita por Arshad et al. (1996) citado por Rodrigues Júnior et al. (2009), os perfis são classificados com resistência à penetração moderada, pois os valores encontrados máximos situam-se entre 1,27 MPa a 1,28 MPa, porém não impedem o enraizamento.

Pela figura 4, pode-se constatar, ainda, um leve aumento da RP para a jusante, relacionado a um pequeno incremento de areia, como já exposto. Outro ponto que merece destaque refere-se à RP ao longo dos perfis de solos, em que a TM3 mostrou um aumento considerável a partir do intervalo de profundidade de 18 – 21 cm até o intervalo de 45 – 48 cm, o que corresponde ao horizonte AC, concordando com a leve diminuição de macroporos constatada. Nas demais trincheiras (TM1 e TM4), o comportamento da RP também se assemelha ao comportamento da TM3, também aumenta no intervalo de profundidade de 18 – 21 cm, correspondentes ao horizonte AC da TM1 e C1 da TM4. Da superfície até o intervalo de 18 – 21 cm (horizonte A) dos perfis, os valores de RP são constantes, registrando-se os menores valores encontrados, o que pode ser justificado por essa zona possuir um contato com as raízes presentes no solo oriundas da pastagem e, conseqüentemente, pela maior quantidade de macroporos.

Segundo Camargo e Alleoni (2006), o manejo de uma área pode influenciar no arranjo das partículas do solo, diminuindo, geralmente, o volume ocupado por determinada massa de terra e o tamanho dos poros do solo, e que permite livre circulação de ar e água, os chamados macroporos. Por conseguinte, outros atributos físicos do solo como aeração, temperatura e resistência mecânica à penetração são modificados.

Em síntese, os valores encontrados estão dentro do esperado para os solos estudados e respectivos usos, não oferecendo restrições importantes à pastagem.

Atributos Químicos

Na tabela 3, são apresentados os resultados das análises químicas dos perfis de solos avaliados, os quais são discutidos por partes em seguida.

Tabela 3. Resultados das análises químicas dos perfis de solos avaliados.

Horizonte	Profundidade	pH (CaCl ₂)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	K ⁺	P (mg/dm ³)	C g/dm ³	Mat. Org.	CTC	SB	V (%)	Sat. Al
			cmolc/dm ³										
TM1													
A	0-10 cm	4,3	0,6	0,5	0,4	0,15	7,7	11,02	19	5,35	1,25	23,36%	24,24%
AC	10-50 (54)	4,2	0,3	0,2	0,4	0,06	1,5	6,38	11	3,46	0,56	16,18%	41,67%
C1	50-106	4,1	0,2	0,1	0,5	0,02	0,8	4,64	6	2,62	0,32	12,21%	60,98%
C2	106 – (>140)	4,2	0,2	0,1	0,4	0,02	0,5	2,32	4	2,22	0,32	14,41%	55,56%
TM2													
AC	10-50 (54)	5,4	1,6	0,5	0,3	0,06	1,8	9,28	16	4,16	2,16	51,92%	
CA	50-69 (72)	4,6	0,9	0,5	0,3	0,04	1,5	5,22	9	3,54	1,44	40,68%	17,24%
C1	69-93	4,1	0,3	0,2	1	0,04	0,5	4,06	7	4,79	0,54	11,27%	64,94%
C2	93-122 +	4,1	0,2	0,1	1,1	0,04	0,5	4,06	7	4,02	0,34	8,45%	77,46%
TM3													
A	0-14 cm	4,5	0,6	0,5	0,2	0,06	2,7	7,54	13	3,86	1,16	30,05%	14,71%
AC	14-68 (57-79)	4,2	0,3	0,2	0,5	0,03	1,2	4,64	8	3,23	0,53	16,40%	48,54%
C1	68-100	4	0,2	0,1	0,7	0,03	0,5	4,06	7	2,92	0,33	11,30%	68,63%
C2	100-130 +	4,2	0,2	0,1	0,6	0,01	0,5	3,48	6	2,51	0,31	12,35%	65,93%
TM4													
A	0-10 cm	4,1	0,4	0,3	0,4	0,05	1,8	8,7	15	3,25	0,75	23,08%	34,78%
C1	10/45	4,1	0,3	0,2	0,6	0,03	0,5	6,38	11	2,93	0,53	18,09%	53,10%
C2	45-75	3,9	0,2	0,1	0,7	0,03	0,5	4,64	8	3,13	0,33	10,54%	67,96%
C3	75-105	4	0,2	0,2	0,9	0,02	0,5	4,64	8	2,82	0,42	14,89%	73,77%
C4	105+	3,9	0,2	0,2	1	0,02	0,3	4,06	7	3,32	0,42	12,65%	75,76%
TM5													
A	0-8 cm	3,6	0,9	0,5	1	0,07	1,8	15,66	27	5,97	1,47	24,62%	50,76%
AC	08/60	3,9	0,5	0,3	0,7	0,03	0,8	6,38	11	3,83	0,83	21,67%	56,91%
C1	60-85 (70)	3,8	0,3	0,2	1,9	0,02	0,5	4,06	7	7,02	0,52	7,40%	85,59%
Cr	85-94 +	3,8	0,2	0,1	2	0,02	0,3	5,8	10	5,92	0,32	5,40%	86,21%

Fósforo (P) e potencial hidrogeniônico (pH) do solo

Os solos estudados apresentaram-se com características de acidez elevada, uma vez que seu pH variou de 5,4 no horizonte AC da TM2 (maior valor registrado) e 3,6 no horizonte A da TM5 (menor valor registrado) (Tabela 2). Esses valores podem afetar o desenvolvimento de plantas que não respondem bem a ambientes de acidez, sobretudo em razão de uma deficiência na disponibilidade de fósforo (P). De acordo com Salgado et al. (2006), maiores valores de matéria orgânica e pH nos sistemas a pleno sol podem afetar diretamente a disponibilidade de P. Ao analisar o fósforo em todas as trincheiras, constatou-se que a TM1 apresentou os maiores valores, mas no conjunto são baixos em todos os perfis.

De acordo com Ribeiro (2008), no solo o P aparece na forma orgânica e mineral. O P orgânico ocorre com teores proporcionais à matéria orgânica. Portanto, o elevado nível de P na TM1 provavelmente está relacionado com a presença da mata com vegetação lenhosa composta por arbustos, subarbustos e árvores de grande porte, o que confere elevada deposição de matéria orgânica no solo, concordando com os valores registrados. No entanto, vale ressaltar que a perda de nutrientes é especialmente crítica para o fósforo, um elemento importante para as plantas e que se encontra em baixas reservas nos solos. Entretanto, a rápida diminuição das quantidades de fósforo assimilável conduz invariavelmente à perda de capacidade produtiva das áreas cultivadas (Wadt, 2003). Por esse motivo, as práticas conservacionistas que visem diminuir a intensidade dos processos de erosão fundamentam-se na manutenção da cobertura do solo e na construção de terraços, de modo a prevenir erosão e perda de nutrientes, dentre eles o P.

Capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB) e saturação por bases (V%)

A CTC do solo, além de ser influenciada pela quantidade de argila e matéria orgânica e pela superfície específica, também é fortemente alterada pelo pH do meio. Esse efeito é, principalmente, decorrente da dissociação dos radicais orgânicos e, ou, sesquióxidos de ferro e alumínio, além da desobstrução de cargas da matéria orgânica ocupadas por alumínio, ferro e manganês. A influência do pH do meio na CTC será tanto maior quanto maiores forem as presenças de espécies de minerais de argila com dominância de cargas dependentes de pH e, ou, matéria orgânica que, praticamente, só apresenta essa característica (Lopes e Guilherme, 2004). Com base nesse contexto, pode-se observar na tabela 3 que a CTC foi maior na TM1, TM2, TM5, onde ocorreram maiores teores de argila e matéria orgânica, ainda que baixos. Contudo, mostraram-se um pouco mais eficientes na manutenção dos nutrientes no sistema, apresentando um indicativo que evidencia melhores índices de fertilidade em relação aos outros perfis, o que poderá influenciar no equilíbrio dele. Nota-se, ainda, valores decrescentes de CTC em profundidade indicando um ambiente de perda a partir da diminuição na oferta de nutrientes, principalmente a jusante, ou seja, o solo é pobre e o pouco que tem está indo embora pela lixiviação.

A saturação por bases (V%) e a soma de bases (SB) também são baixas (Tabela 3), o que confere um caráter distrófico aos solos, sendo que essas variáveis apresentam valores maiores no horizonte superficial. Todavia, na TM2 registraram-se maiores valores de V%, sendo encontrado no horizonte AC e CA 51,92% e 40,68%, respectivamente. Contudo, evidencia-se maior teor de cálcio, o que sugere calagem relativamente recente, pois já os demais valores se aproximam, corroborando com os resultados apresentados para o Ca^{2+} e pH.

As demais trincheiras (TM1, TM3, TM4 e TM5) apresentaram valores de V% semelhantes, sendo observado nos horizontes superficiais valores mais elevados em relação aos em profundidade, comportamento similar ao identificado por Reis et al. (2009) ao avaliarem as características químicas dos solos de uma topossequência sob pastagem. Conforme Setzer (1941), solos com V% entre 10% e 25% são pobres em qualidade. Nesse contexto, os valores identificados indicam que o solo apresenta características de um solo distrófico, necessitando de correções caso seja submetido ao uso agrícola intensivo ou cultura de ciclo longo (cana-de-açúcar) e mesmo à pastagem, para a qual está mais apto.

Outro parâmetro que corrobora a baixa fertilidade desse solo é a saturação por alumínio, a qual se manteve com valores elevados em todos os perfis, apresentando um comportamento inverso ao da saturação por bases, ou seja, apresentou maiores valores em profundidade, ficando entre 17 e 50% nos horizontes A e bem acima de 50% nos horizontes superficiais, o que lhes conferiu caráter aluminico em profundidade, mantendo o distrófico em superfície, mas apresentando percentuais acima do recomendado para agricultura, reforçando a necessidade de calagem.

Lima et al. (2002) ao estudarem a saturação por alumínio em solos do Cerrado, observaram que, comparativamente aos latossolos, nos neossolos o efeito tóxico do alumínio foi mais evidente, tornando sua produção agrícola significativamente afetada, com uma redução total de até 10% da produção total comparadas aos latossolos para valores de saturação por alumínio a partir de 12%.

Avaliação Integrada da Topossequência

Sugere-se que a saturação hídrica sazonal ou mesmo anual, a partir da trincheira TM4, pode estar relacionada a uma intensa descoloração, devido ao amarelamento, o qual foi correlato à diminuição de microporosidade, ao aumento da areia e aumento de macroporos. Isso pode indicar perda de argila e, sobretudo, de matéria orgânica. Nota-se ainda que, entre a trincheira TM2, foi observado o aparecimento de um novo tipo de horizonte ao longo do perfil (CA).

Na TM3 e na TM4, foi observada a maior resistência do solo, pois foram as áreas que apresentaram maior microporosidade, e ao longo da vertente foi observada a sua diminuição e o aumento da macroporosidade. A maior microporosidade pode estar associada à proximidade de rocha, ou seja, solos pouco profundos com níveis saprolíticos expressivos.

É importante ressaltar que os Neossolos Quartzarênicos requerem uma atenção especial, uma vez que possuem elevado potencial erosivo, confirmando assim a necessidade de práticas conservacionistas voltadas à minimização do efeito do seu uso e ocupação, além da elevada suscetibilidade aos processos erosivos. Há que se ressaltar que são solos que necessitam de correção da acidez e de teores nocivos de alumínio para a maioria das plantas e de adubação de acordo com a necessidade da cultura.

Levando em consideração os resultados obtidos, pode-se considerar esses solos como de baixa aptidão agrícola, uma vez que apresentaram índices de saturação por bases baixa e, paralelamente, elevada saturação por alumínio. Assim, devido a elevada condutividade hidráulica e baixa retenção de água, associada aos mínimos teores de argila e matéria orgânica, esses solos devem ser utilizados com muito critério, especialmente devido aos riscos de lixiviação e contaminação dos recursos hídricos subsuperficiais

e à elevada suscetibilidade erosiva. Vale lembrar os vestígios de perdas de solo visualizados em campo, principalmente, a jusante, onde foram constatados intensos processos erosivos, os quais, provavelmente, foram potencializados pela declividade do local, dando origem à concentração superficial de areia lavada e presença de areais.

A combinação de Neossolo Quartzarênico em áreas com declividade de até 25% com o predomínio de pastagens abandonadas associadas às características de solo arenoso de maior microporosidade nas porções de maior declive conferem um grande risco de erodibilidade. Portanto, devido à diminuição da capacidade de infiltração e o mau uso do solo, aceleram os efeitos erosivos. Foi observado que boa parcela dos Neossolos Quartzarênicos permanecem expostos na maior parte do ano devido ao fato de não serem utilizados por agricultura. No período de estiagem, a pastagem morre, o que aumenta ainda mais as áreas expostas que receberão as primeiras chuvas antes de rebrotarem e cobrirem o solo, protegendo-o.

Portanto, o que se analisa é que o uso atual (pastagem) está coerente com as características do solo. Todavia, não se pode dizer o mesmo do manejo. Devido às peculiaridades apresentadas pelo solo, nota-se que se não houver uma reforma do pasto, ele pode se tornar uma pastagem ainda mais degradada do que já está, o que maximizaria as perdas por erosão. Um solo para ser produtivo deve ser bem manejado. Dessa forma, recomenda-se que sejam aplicadas técnicas de manejo do solo como a calagem, a adubação, o terraceamento, o cultivo em nível, dentre outras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O sistema pedológico representado pela topossequência é composto de Neossolo Quartzarênico Órtico Típico que domina do topo até a vertente média, ocupando a maior parte da topossequência, e Neossolo Quartzarênico Hidromórfico posicionado no terço inferior;
- Trata-se de um sistema de transformação vertical, devido à ausência de evidências de transporte e deposição lateralizados de sedimentos internos e externos em todo o transecto;
- A declividade varia de 3 a 25%, sendo maior no terço inferior, onde aumenta a energia hidráulica, potencializando processos erosivos hídricos;
- A textura é arenosa e conseqüentemente condiciona alta porosidade;
- Os Neossolos Quartzarênicos Órticos Típicos, dominantes na topossequência, possuem uma elevada macroporosidade, que resulta em alta condutividade hidráulica, podendo ocorrer altas taxas de lixiviação e contaminação de águas subsuperficiais, além de predomínio de rotas verticais das águas percolantes; o Neossolo Quartzarênico Hidromórfico a jusante é menos espesso e com saprólito argiloso basal, o que limita a drenagem interna e favorece a externa, induzindo formação de enxurrada e erosão hídrica;
- Os resultados das análises químicas indicaram características de um solo distrófico, o qual necessita de correções caso seja submetido ao uso agrícola;
- Trata-se de solos com baixo potencial agrícola e elevada erodibilidade, com aptidão para pasta-

gem desde que bem manejada; o uso para pastagem está correto, mas o manejo não, por conta da presença de manchas de solo exposto, demandando reforma urgente do pasto, pois poderá ser transformar em uma pastagem totalmente degradada e os processos erosivos poderão ser potencializados;

- Os resultados sugerem que seja realizado trabalho de conservação do solo, em termos de controle dos processos erosivos, sobretudo para proteger o setor a jusante.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. E. et al. 2003. **Cultivo do Algodão Irrigado**. Campina Grande: Embrapa, 2003. Acesso em: 29 novembro 2018. Online. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoIrrigado/solos.htm>>
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. 1995. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 356p.
- BOULET, R. 1998. Análise estrutural da cobertura pedológica e cartografia. In: A. C. Moniz et al. (Orgs.). **A responsabilidade social da ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 79-90.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. 2006. Conceitos gerais de compactação do solo. Disponível: <<http://www.infobibos.com/Artigos/CompSolo/Comp1.htm>>. Acesso em: 18 jul. 2014.
- CASTRO, W. J. et al. 2011. Erodibilidade de solos do Cerrado goiano. **Rev. em Agronegócios e Meio Ambiente**, 4(2):317.
- CASTRO, S. S.; SALOMÃO, F. X. T. 2000. Compartimentação morfo-pedológica e sua aplicação: considerações metodológicas. **Rev. GEOUSP**, (7):27-37.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1997. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 212p.
- _____. 2006. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306p.
- GOMES, M. A. et al. 2012. Solos, manejo e aspectos hidrológicos na bacia hidrográfica do Araújos, Viçosa – MG. **Revista Árvore**, 36(1): 94.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2002. Clima do Brasil. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em: 14 set. 2013.
- LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. 2004. Interpretação de análise de solo, conceitos e aplicações. **Boletim Técnico**, Associação Nacional para Difusão de Adubos, p. 12.
- MENDONÇA, M. R.; THOMAZ JÚNIOR, A. 2004. A modernização da agricultura nas áreas de Cerrado em Goiás (Brasil) e os impactos sobre o trabalho. **Boletín del Instituto de Geografía**, UNAM, (55):7.
- RADAMBRASIL. 1983. **Projeto RadamBrasil**. Programa de Integração Nacional: Levantamento dos Recursos Naturais. v. 31. Folha SE. 22, Goiânia: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação. Rio de Janeiro, RJ: O Projeto, 764p.
- REIS, M. S. et al. 2009. Características químicas dos solos de uma topossequência sob pastagem em uma frente pioneira da Amazônia Oriental. **Rev. ciênc. agrár.**, 52:41.
- REZENDE, W. S. et al. 2011. Recuperação de voçorocas na zona rural do município de Mineiros, GO: financeiramente viável e ambientalmente sustentável. **Rev. Ibero Americana de Ciências Ambientais**, 2(2):65.
- RIBEIRO, M. B. 2008. **Interferência nos atributos químicos do solo sob diferentes doses de termofosfato e superfostato simples no cafeeiro**. Monografia (Tecnologia em Cafeicultura) – Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, 41p.

- RODRIGUES JUNIOR; D. J. et al. 2009. Compactação do solo e o pisoteio bovino numa pastagem com e sem irrigação. In: II SEMINÁRIO INICIAÇÃO CIENTÍFICA – IFTM, 2009, Uberaba, MG, p. 7.
- RODRIGUES, W.; BARBOSA, G. F. 2012. Plantas medicinais: uma alternativa econômica para conservação do cerrado brasileiro? **Informe Gepec**, **16**(1):162.
- SALGADO, B. G. et al. 2006. Avaliação da fertilidade dos solos de sistemas agroflorestais com cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Lavras (MG). **Rev. Árvore**, **30**(3):346.
- SANTOS, R. D. et al.. 2005. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa (MG): Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 100p.
- SETZER, J. 1941. Avaliação da Fertilidade do Solo. **Bragantia: Boletim técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo**, v. 1, n. 5 Campinas (SP), maio, p. 369.
- SILVA, D. D. E.; FELIZMINO, F. T. A.; OLIVEIRA, M. G. 2015. Avaliação da degradação ambiental a partir da prática da cultura do feijão no município de Tavares-PB. **HOLOS**, **31**(8):148-151.
- SIQUEIRA, M. N. et al. 2014. Delimitação dos compartimentos morfopedológicos e suscetibilidade erosiva no Sudoeste Goiano, Brasil. In: VIII SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA E IV SIMPÓSIO IBERO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2014, Santiago, Chile. p. 729-730.
- STOLF, R. 1991. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Rev. Bras. de Ciência do Solo**, 15:231.
- STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. L. 1983. **Recomendação para o uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 29p.
- WADT, G. S. 2003. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Rio Branco (AC): Embrapa Acre, 9p.