

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DOS SOLOS DE VÁRZEAS SOB PASTEJO EM RELAÇÃO ÀS SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS

Antonio Clementino dos Santos¹;

Aridouglas dos Santos Araújo²;

Perlon Maia dos Santos²;

Leonardo Bernardes Taverny de Oliveira²;

Hugo Mariano Rodrigues de Oliveira³;

Tiago Barbalho André³

¹Professor Associado I do PPGCat, EMVZ, UFT, clementino@mail.uft.edu.br

²Discentes do Curso de Doutorado do PPGCat, EMVZ, UFT, tavernyzoot@yahoo.com.br, aridouglas@mail.uft.edu.br

³Discente do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal Tropical - PPGCat, Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia - EMVZ, Fundação Universidade Federal do Tocantins - UFT, Araguaína, Tocantins, Brasil, barbalhouft@gmail.com

RESUMO

As áreas de várzeas, apesar de apresentar boas propriedades químicas pode possuir características físicas limitantes ou maior susceptibilidade a degradação. Este estudo foi conduzido com o objetivo de verificar as diferenças físicas e químicas de distintas superfícies geomórficas em topossequência (topo, pedimento e várzeas) sob pastejo extensivo. No diagnóstico foram levantadas características químicas do solo (pH, cálcio, magnésio, Alumínio, H+Al, fósforo, potássio, matéria orgânica e características físicas (granulometria, densidade, resistência à penetração e umidade do solo). As áreas consideradas para a comparação foram: a área de topo, a área de pedimento e as áreas de várzeas sob pastagem, sob capoeira e sob floresta. As respostas das diferentes áreas foram comparadas por teste-t. Foi observado que as áreas de várzea apresentam maior umidade do solo, contudo a várzea sob pastagem teve relativamente maior resistência a penetração que as demais superfícies, evidenciando efeito de compactação pela ação do pastejo. A densidade do solo foi elevada no topo e pedimento podendo prejudicar a absorção dos nutrientes. O teor de matéria orgânica encontrado foi acima de 8% com exceção da área de capoeira com 3,7%, evidenciando a degradação desta área. Nas áreas de várzea sob pastagem foram observados maiores teores de Ca²⁺, Al³⁺, H+Al, K⁺ e P. A utilização de várzeas para bovinocultura alterou as características químicas e físicas o que pode ser problemáticas para absorção de nutrientes.

Termos de Indexação: manejo de solo, relevo, susceptibilidade a degradação

CHEMICAL AND PHYSICAL CHARACTERIZATION OF SOIL BELOW GRAZING IN TO SLOPE IN RELATION GEOMORPHIC LANDSCAPE

SUMMARY

The low land areas, despite showing good chemical properties may have physical characteristics limiting or greater susceptibility to degradation. This study was conducted to verify the physical and chemical differences in geomorphic surface on landscape position (summit, foot slope and toe slope) under extensive grazing. Objective is to evaluate whether grazing management common to the whole toposequence is harmful or not the toe slope areas. In diagnosis were lifted chemical characteristics (pH, calcium, magnesium, aluminum, H+Al, phosphorus, potassium and organic matter) and physical analyses: (particle size, bulk density, penetration resistance and soil moisture). Areas considered for comparison were: summit, foot slope and toe slope areas of pasture, under bush-fallow and under native forest. Responses from different areas were compared by t-test. It was observed that the areas of toe slope have higher soil moisture, however the low to toe slope pasture has relatively higher penetration resistance than other surfaces, showing the effect of compression by action of grazing. Soil bulk density was high in summit and foot slope may impair the absorption of

nutrients. Organic matter content was found to be above 8% with exception of the area of bush-fallow with 3.7%, indicating the degradation this area. In areas offoot slope pastures howed higher levels of Ca^{2+} , Al^{3+} , $H+Al$, P and K^+ . The toe slope uses of cattle for paddy fields alter the chemical and physical characteristics which maybe problematic for nutrient absorption.

Index Terms: management of soil, susceptibility to degradation, topography

INTRODUÇÃO

O processo de expansão territorial da pecuária brasileira se deu forma a negligenciar a capacidade de uso e a aptidão agrícola de diversos solos e partes do relevo, lançando mão de uso de áreas de risco. É comum a observação de pastos formados em áreas inaptas, extremamente declivosa ou parcialmente inundáveis. Tal fenômeno pode ser oriundo dos ideais de que a pecuária deveria ser exercida em “terras marginais”, de menor potencial para exploração agrícola (terras de classe 4P: inaptas para lavouras, mas adequadas para pastagens) (Ramalho Filho & Beek, 1995). A partir de tal perspectiva podemos entrever algumas das várias causas da degradação das pastagens e do solo em todo país.

Dentre as áreas de risco estão as várzeas, que apesar de normalmente possuírem boas características químicas devido o acúmulo de sedimentos oriundos das partes elevadas do relevo, de outros setores à montante da drenagem da bacia de inundações (Fajardo et al., 2009), podem apresentar problemas físicos, como elevação do lençol freático e ações de remoção, transporte e deposição de material, promovendo dificuldades no manejo de gramíneas, como o caso do capim Marandu. Estas áreas possuem cerca de 67 milhões de hectares na Amazônia legal (Abreu et al., 2006), muitas sob uso extrativista.

Segundo informações pedológicas os solos das várzeas são pouco aptos à agropecuária, de modo geral, eles são caracterizados por possuírem poucos ou mesmo nenhum desenvolvimento do perfil sendo representados pelas classes de Neossolos Fúlvicos, Vertissolos e Gleissolos (Embrapa, 2006). Ainda podem apresentar inundações periódicas. Contraditoriamente, também há na literatura informações que viabilizam o uso de várzeas pela sua fertilidade de forma econômica e preservacionista (Abreu et al., 2006).

Atualmente pouco se conhece sobre os efeitos da pecuária nos solos de várzeas. Contudo sabe-se que as várzeas apresentam grande diversidade em relação às demais superfícies do relevo, no que diz respeito às características físico-químicas de seus solos, o que reflete na necessidade de adequação de uso e manejo de pastagens nestes ambientes. São poucos estudos que revelem algum enriquecimento químico das várzeas ou alteração física em relação ao topo, por este também ser plano (Santos & Salcedo, 2010). Entretanto, é de se esperar nestes ambientes, devido sua localização e formato (plano ou côncavo), acúmulos de cátions básicos, como Ca e Mg, material orgânico (Menezes et al., 2002) e maiores teores de argila em relação à encosta, ombro e topo da topossequência. Em função dessa maior fração de menor granulometria (argilas), tais áreas podem apresentar maiores teores de carbono orgânico, Ca, Mg, CTC e acidez (Galvão et al., 2005).

Nas várzeas, por apresentarem maior umidade do solo é comum o maior desenvolvimento do pasto, com seu uso se estendendo por maior período no ano (Santos & Salcedo, 2010). Deste modo, há tendência de se aumentar nestas áreas a lotação animal, o que pode favorecer a compactação do solo. Bamberg et al. (2009) menciona a desestruturação do solo, a compactação subsuperficial, processos de contração e o encrostamento superficial em solos de várzea devido o uso frequente fora da faixa de consistência friável. Dessa forma é preciso avaliar se áreas de várzea devem ser submetidas às mesmas condições de pastejo que as demais partes do relevo.

O objetivo foi diagnosticar as características químicas, físicas e a resistência à penetração de várzea sob pastagem e comparar estas variáveis com as pertencentes à encosta e ao topo, ainda confrontando as respectivas áreas com a mata nativa. É preciso saber se o manejo de pastejo comum a toda topossequência é ou não prejudicial às áreas de várzea.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Fazenda do Rio Lontra situado no município de Araguaia – TO, Brasil. A área em estudo pertence à bacia hidrográfica do rio Araguaia e a várzea avaliada está às margens da junção do rio Lontra e Araguaia. A topossequência possui 2,3 km de extensão por 0,5 km de largura. As coordenadas geográficas estão compreendidas entre os paralelos 760943 e 762047 m de latitude sul e os meridianos 9277288 e 92776900 m de longitude a oeste de Greenwich. A área total avaliada possui 115 hectares (ha).

A vegetação predominante é floresta Amazônica. A altitude média é de 130 m e o clima da região, segundo a classificação de Köppen (1948) é Aw – Tropical de verão úmido com estação seca e chuvosa bem definida e precipitação média anual de 1800 mm. A região apresenta temperaturas médias máximas de 35°C e mínimas de 20°C com umidade relativa do ar média anual de 76%. O solo encontrado na topossequência foi classificado como Latossolo Vermelho. O declive médio da topossequência é considerado suave: 0,9% de declividade. A área de topo possui 25,5 ha; a área de pedimento possui 36 ha; a área de várzea possui 52,5 e a área de mata possui 2,5 ha.

A topossequência foi dividida em topo, pedimento, várzea e mata nativa. Estas mesmas áreas estão divididas em pastos distintos e constituíram as glebas ou tratamentos onde foi realizado o diagnóstico do solo (Figura 1).

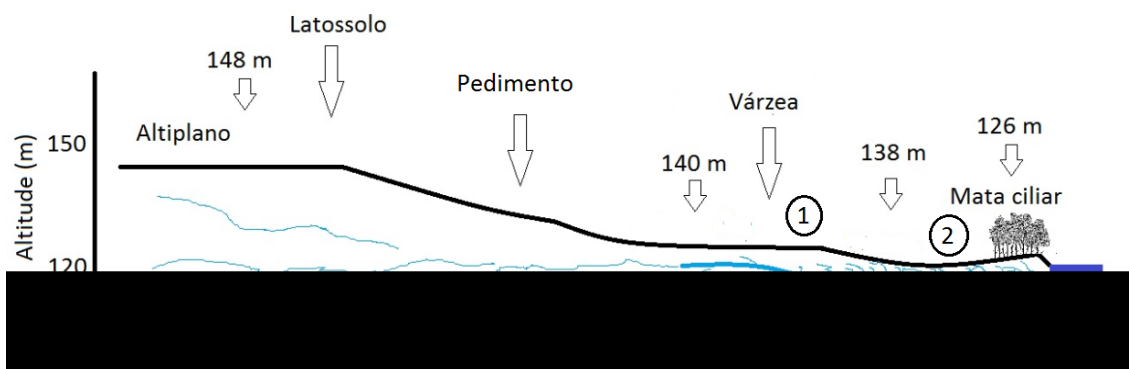


Figura 1. Esquema da subdivisão de topossequência em suas superfícies geomórficas (Topo, pedimento e várzea) na microbacia do rio Lontra para caracterização química e física dos solos. 1 = várzea sob pastagem; 2 = várzea sob capoeira.

Os pastos da topossequência são compostos de capim Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) e Quicúio da Amazônia (*Brachiaria humidicola*). Estes não receberam adubação ou correção nos últimos cinco anos e são formados há dez anos. O manejo dos animais (bovinos da raça Nelore) nas áreas é considerado de lotação contínua e a lotação adotada ao longo do ano é de 1,5 UA ha⁻¹. A várzea não recebeu nenhum manejo de pastejo diferenciado em relação aos demais constituintes do relevo, contudo é aproveitada como área de escape, sendo menos utilizada e submetida a menor lotação ao longo do ano. Esta área não recebeu lotação animal regular; o manejo é indeterminado, sendo preferencialmente usada no auge da época seca, devido à escassez de forragem, e na época das águas, em função do aumento da lotação total da fazenda. Na época chuvosa a várzea é usada mesmo à área apresentando hidromorfismo.

Os tratamentos foram considerados como sendo distintas superfícies geomórficas do relevo; sendo num total de quatro: A área de topo, a área de pedimento e as áreas de várzea sob pastagem e sob capoeira. Um quinto tratamento foi considerado como sendo floresta nativa da região da várzea que foi usada como parâmetro de ambiente não antropizado.

Dentro de cada tratamento (áreas) foram realizadas coletas do solo para as determinações químicas, granulométricas e a densidade do solo. A resistência à penetração foi realizada a campo. As coletas prezaram pela representatividade da área. Cada coleta foi considerada como ponto independente, sendo ponderada como repetição do tratamento. O número de coletas de solo para análises química, granulométrica e de densidade foram seis em cada gleba. Já o número de medição de resistência foi variável em função da homogeneidade do ambiente, sendo seis na mata nativa; dezessete na várzea; quatorze no pedimento e dez no topo.

Os indicadores da qualidade física do solo foram a resistência mecânica do solo a penetração (RP) e a densidade do solo. A resistência à penetração foi determinada com o penetrômetro de anel dinamométrico ou estático (modelo Solotest 1.210.001). O valor obtido no relógio de leitura do penetrômetro foi transformado em kgf pela equação de calibração do aparelho: $R \text{ (kgf)} = 1,0444 + 0,2998y$; em que R é a resistência à penetração em kgf ($\text{kgf}/\text{área do cone}^{-1}$) * 0,098= MPa) e y é a leitura no relógio (mm). As mensurações foram realizadas nas camadas de 0-5 cm de profundidade.

A densidade do solo (Ds) foi mensurada pelo método do anel volumétrico, que se baseia no uso de anel de bordas cortantes com volume conhecido. Determinou-se o volume do anel conforme a equação:

$$Vc = (\pi * d^2 / 4) * hc$$

Onde: Vc = volume do anel (cm^3); d = diâmetro do anel (cm); hc = altura do anel (cm).

Cravaram-se os anéis no solo por meio de percussão até seu preenchimento total, à profundidade entre 10 cm. O solo de dentro do anel foi seco em estufa a 105°C. Após, determinou-se a Ds através da equação:

$$Ds = m/Vc$$

Onde: Ds = Densidade do solo (g cm^{-3}); m = massa de solo seco (g); Vc = volume do anel (cm^3).

Os indicadores da qualidade química do solo foram os macronutrientes, matéria orgânica do solo, pH e saturação por Al^{3+} . As coletas de solo dentro de cada superfície geomórfica foram distribuídas aleatoriamente. A amostra do solo em cada ponto constou de amostra composta por cinco amostras simples na camada de 0 a 20 cm de profundidade. Foram realizadas as seguintes avaliações químicas: fósforo disponível (P) e potássio trocável (K^+) extraíveis em Melich-1 (mg dm^{-3}), matéria orgânica do solo (MOS) (g kg^{-1}), pH em CaCl_2 , cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e alumínio (Al^{3+}) trocáveis e acidez potencial (H+Al). Com os valores obtidos nas análises do solo calculou-se a saturação por bases (V%) e a saturação por alumínio (m%) (Embrapa, 2009).

A análise granulométrica (areia total, argila e silte) foi determinada pelo método do densímetro proposta por Bouyoucos (1926). Utilizando para desagregação das partículas solução de hidróxido de sódio e hexametáfosfato de sódio combinada a agitação lenta por tempo prolongado (Camargo et al., 2009).

Os atributos dos solos das diferentes superfícies do relevo foram submetidos primeiramente à análise descritiva e posteriormente à análise de variância. Na sequência foi aplicado teste de comparação de médias (Teste-t) para os atributos que apresentaram teste-F significativo ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores valores de resistência à penetração (acima de 2 MPa) foram observados nas superfícies geomórficas topo, e várzeas. Já a menor resistência à penetração (inferior a 1 MPa) foi constatada no solo de várzea sob a floresta. De modo geral os valores de todas as áreas, excetuando-se o pedimento e a floresta, podem ser considerados elevados (Tabela 1). Lima et al. (2010) informam que resistência à penetração acima de 1,7 e 1,9 são críticas para produção de espécies cultivadas em solos de maior teor de argila (acima de 150 g kg^{-1}) como no caso de Argissolo Arênico em seu estudo.

Neste, os solos da topossequência tiveram valores médios de argila superiores a 240 g kg⁻¹, as áreas referentes ao topo e principalmente várzeas revelaram algum grau de compactação.

Tabela 1. Resistência à penetração, umidade, densidade do solo, areia, silte e argila de diferentes superfícies geomórficas e cobertura vegetal em topossequência

Variáveis	Superfícies geomórficas da topossequência				Topo
	Várzea sob floresta	Várzea sob capoeira	Várzea sob pastagem	Pedimento	
Umidade (%)	17,54 b	11,83 c	31,95 a	14,85 bc	6,58 d
Resistência à penetração (MPa)	0,7878 c	2,237 a	1,915 ab	1,672 b	2,30 a
Densidade do solo (g cm ⁻³)	1,05 d	1,49 b	1,00 d	1,20 c	1,61 a
Areia (g kg ⁻¹)	254,0 b	213,5 b	28,2 c	309,7 b	810,6 a
Silte (g kg ⁻¹)	436,9 a	521,4 a	540,7 a	555,2 a	76,9 b
Argila (g kg ⁻¹)	309,0 b	265,0 bc	431,0 a	135,0 cd	112,5 d

Valores seguidos de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste-t ao nível de 5% de probabilidade.

A resistência à penetração é fortemente influenciada pela umidade do solo (Oliveira et al., 2007). Reduções no teor de água do solo promovem aumento da resistência à penetração decorrente da maior coesão entre partículas (Beutler et al., 2001), ao passo que o contrário também é verdadeiro. Baseado nessas informações é possível afirmar que parte das variações observadas para a resistência à penetração nos ambientes deveu-se a água do solo. Foi possível verificar que o topo e várzea com maior resistência à penetração tiveram a menor umidade do solo. Contraditoriamente, a várzea sob pastagem, que apresentou maior umidade, também exibiu uma das maiores resistências à penetração. Neste último caso foi constatado que a várzea sob pastagem teve maior compactação do solo provocada por outros fatores que não a água.

Considerando as informações mencionadas, pode-se inferir que a várzea sob pastagem estava compactada comparando-a ao topo, com resistências à penetração similares, contudo, a várzea sob pastagem apresentou umidade cinco vezes maior que a umidade do topo, respectivamente (Tabela 1). Ainda salienta-se que as áreas de várzeas são subutilizadas em relação às demais áreas de pastagem. A várzea sob pastagem tiveram umidade do solo similar à área da mata, entretanto, sua resistência à penetração é 2,8 vezes maior, revelando assim que o ato do pastoreio, e não as diferenças na umidade promoveram maiores resistências à penetração. Assim, mesmo com menor tráfego de animais, as várzeas, por terem sido utilizadas em períodos de encharcamento do solo revelaram resistência à penetração superior as demais superfícies. A várzea sob capoeira também revelaram resistência à penetração elevada, tanto quanto a várzea sob pastagem. Isso pode ser resultado do histórico de uso dessa área também para pastejo, quando havia pasto.

O menor valor de resistência à penetração no solo da várzea sob floresta pode ser atribuído ao maior teor de matéria orgânica e água no solo (segunda maior umidade) em relação aos demais componentes da topossequência. Contudo, Oliveira et al. (2007) relataram resistência à penetração de 0,21 Mpa na profundidade de 0-20 cm e Magalhães et al. (2010) descreveram resistências às penetrações inferiores a 1 Mpa a 10 cm de profundidade, ambos em solos sob floresta, com valores inferiores ao encontrados (Tabela 1). Logicamente as discrepâncias da resistência à penetração da várzea sob floresta verificada neste estudo com as do referido autor podem ser justificadas por diferenças na umidade e granulometria do solo (Latosolo Vermelho Amarelo), no entanto, pesou-se o fato de a várzea sob floresta deste diagnóstico ser utilizada pelos animais como corredor de acesso à água.

As propriedades do solo sob cultivo em diferentes sistemas de manejo provocam degradação do solo, efeito comprovado pelo aumento da densidade do solo, diminuição da porosidade total e conseqüentemente diminuição da taxa de infiltração da água (Anjos et al., 1994). Comparando-se a densidade do solo da mata nativa e demais áreas, verificaram-se aumentos na densidade (Tabela 1). No topo foi verificada a maior densidade do solo, seguida da área de várzea sob capoeira e pedimento. Considerando que a mata é a área mais estável e sem efeito antrópico, pode-se inferir que a intensidade de utilização foi responsável pela maior densidade do solo observada na pastagem do topo e pedimento. Porém, fatores referentes à degradação do solo evidenciaram a possível causa da degradação da área de capoeira, como a

diminuição da matéria orgânica e os nutrientes essenciais à perenidade e crescimento da pastagem, como é o caso do fósforo disponível e potássio trocável (Tabela 3).

Em pastagens manejadas de forma inadequada ocorre o aumento da densidade do solo nas camadas superficiais, devido à elevada lotação animal e diminuição da cobertura do solo, refletindo diretamente na porosidade total e microporosidade (Figueiredo et al., 2009), fatores indesejáveis as pastagens. Na várzea o aumento da densidade do solo e resistência à penetração contribuiu para o processo de degradação da pastagem, já que estas inevitavelmente passam por estresses anuais provocados pela inundação do solo, que além de provocar ambiente anóxico, faz com que alguns elementos (ferro, alumínio e manganês) se tornem tóxicos às plantas (Camargo et al., 1999).

A textura do solo sofreu influência dos ambientes avaliados, com menores teores de silte no topo. As áreas de topo e pedimento tiveram os menores teores de argila e maior teor de areia no topo seguida do pedimento. A textura do solo tem correlação com a produtividade da cultura e os nutrientes do solo. Em solos com teores de textura média (151 a 350 g kg⁻¹) a produtividade é correlacionada negativamente com a argila e correlacionada positivamente com nutrientes do solo, como o potássio, cálcio, magnésio e fósforo (Santos et al., 2008). Nos ambientes avaliados, a correlação entre a textura e o fósforo não obteve significância, porém, a argila e silte tiveram correlações positivas com acidez potencial, alumínio e m% e correlação negativa com saturação por bases, o silte também teve correlação negativa com Mg²⁺ (Tabela 2). Efeitos indesejáveis a sistemas produtivos que buscam ótima eficiência produtiva.

Apesar da correlação da argila com os K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e P do solo (Santos et al., 2008), outros fatores físicos como resistência a penetração e densidade do solo tiveram correlação positivas com acidez potencial e negativas com K⁺, Ca²⁺, e P do solo, efeitos prejudiciais ao desenvolvimento das plantas por falta de absorção de nutrientes, agravando-se ainda mais a absorção de nutrientes nas densidades maiores que 1,4 g cm⁻³, culminando em menores teores do elemento na planta (Cabral et al., 2012).

Tabela 2. Matriz de correlação simples entre os atributos químicos e físicos do solo

	H+Al	Al ³⁺	K ⁺	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	V%	m%	RP	DS	Argila	Silte	Areia
Al	0,91*													
K	0,16	0,16												
P	0,50*	0,47*	0,70*											
Ca	0,17	0,07	-0,27	-0,13										
Mg	-0,17	-0,21	0,24	-0,01	-0,14									
SB	0,15	0,14	0,98*	0,67*	-0,16	0,34								
V%	-0,69*	-0,64*	0,53*	0,0	-0,15	0,35	0,55*							
m%	0,78*	0,85*	-0,29	0,16	0,13	-0,24	-0,30	-0,89*						
RP	-0,03	-0,24	-0,43*	-0,44*	0,46*	0,08	-0,35	-0,12	0,0					
DS	0,63*	-0,70*	-0,17	-0,49*	0,12	0,34	-0,11	0,46*	-0,49*	0,60*				
Argila	0,80*	0,80*	0,30	0,47	-0,02	0,0	0,29	-0,44*	0,59*	-0,16	-0,61*			
Silte	0,45*	0,48*	-0,27	0,05	0,02	-0,48*	-0,33	-0,69*	0,63*	-0,22	-0,51*	0,20		
Areia	-0,75*	-0,77*	0,06	-0,27	0,0	0,38	0,1	0,75*	-0,78*	0,25	0,70*	-0,66*	-0,87*	
MOS	0,33	0,26	0,15	0,27	0,17	0,0	0,16	0,0	0,0	-0,12	-0,46*	0,22	-0,12	0,0

Acidez potencial (H+Al), fósforo disponível (P), soma de bases (SB), matéria orgânica do solo (MOS), resistência à penetração (RP), saturação por alumínio (m%), saturação por base (V%), densidade do solo (DS).

O teor de matéria orgânica do solo é um dos indicadores químicos da qualidade do solo. Porém, o uso da matéria orgânica como indicador de degradação é eficiente quando ocorre diminuição da cobertura do solo, e conseqüentemente, exposição do solo aos processos erosivos e iniciando o surgimento de plantas invasoras. Após o estabelecimento das plantas invasoras, a ciclagem biogeoquímica atua de maneira efetiva, quando a partir desse momento, o baixo teor de matéria orgânica, característico de solos degradados, passa a aumentar devido ao incremento da produção e deposição do material vegetal ao solo (Novais et al., 2007). Baseado no exposto, a várzea com capoeira, onde a pastagem encontrava-se em estágio de degradação avançado, os teores de matéria orgânica encontrado foi o menor em relação às demais áreas, e comparando-a com a mata nativa teve teores de matéria orgânica 57% inferior (Tabela 3).

Em todas às áreas de várzea e pedimento, com exceção da capoeira, foi observado valores superiores a 8%. Esse teor elevado de matéria orgânica pode estar relacionado ao período em que o solo permaneceu alagado fazendo com que a taxa de decomposição da matéria orgânica fosse reduzida (Nascimento et al., 2009). É importante ressaltar que pastagens podem depositar material orgânico ao solo, recuperando a matéria orgânica a níveis semelhantes ao da mata nativa (Silva Neto et al., 2011), o que também foi observado nesta investigação, cujo não foi evidenciado diferença significativa entre os pastos do topo pedimento e várzea em comparação a mata nativa (Tabela 3).

Tabela 3. Análises químicas de diferentes superfícies geomórficas e cobertura vegetal em topossequência

Variáveis	Superfícies geomórficas da topossequência				
	Várzea sob floresta	Várzea sob capoeira	Várzea sob pastagem	Pedimento	Topo
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	86,1 a	37,0 b	109,2 a	83,7 a	85,6 a
Cálcio (cmol _c dm ⁻³)	0,67 b	1,40 ab	1,99 a	1,32 ab	1,49 a
Magnésio (cmol _c dm ⁻³)	1,20 a	1,00 ab	0,31 b	0,38 b	1,06 ab
Potássio (cmol _c dm ⁻³)	13,83 a	6,33 b	9,20 ab	4,70 b	9,40 ab
Alumínio (cmol _c dm ⁻³)	3,25 b	2,03 c	5,02 a	0,82 d	0,27 d
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	11,11 b	9,80 b	17,16 a	5,39 c	4,39 c
Fósforo (mg dm ⁻³)	0,12 ab	0,11 b	0,12 a	0,11 b	0,11 b
Soma de bases (cmol _c dm ⁻³)	15,71 a	8,74 b	11,51 ab	6,41 b	11,95 ab
V%	56,75 b	47,01 bc	38,98 c	54,21 b	72,38 a
m%	19,30 b	21,57 ab	32,16 a	11,07 bc	2,62 c

Acidez potencial (H+Al), saturação por bases do solo (V%), saturação por alumínio (m%). Valores seguidos de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste-t ao nível de 5% de probabilidade.

Constatou-se que as porções mais elevadas do relevo descreveram menores concentrações dos atributos químicos Al³⁺ e H+Al. No entanto os valores de Mg²⁺ tiveram semelhante efeito, refletido pela elevada variação da série amostral. No solo de várzea sob pastagem foram observados maiores teores de Ca²⁺, Al³⁺, H+Al, K⁺ e P disponível ($p < 0,05$), com exceção do potássio que apresentou semelhante teor para a posição de topo e mata (Tabela 3).

Foi observado nas áreas do pedimento e topo os menores teores de Al³⁺. Na várzea: a mata, a capoeira e a pastagem tiveram as maiores concentração de alumínio, teores elevados e limitantes ao crescimento radicular (Tabela3). Elevados teores de Al³⁺ são tóxicos às planta se possuem correlações negativas com a saturação por base (Tabela 2), o que provoca condições do solo indesejáveis para o pleno desenvolvimento da planta (Hartwig et al., 2007). Fajardo et al. (2009) também encontraram valores de Al³⁺ elevado e limitantes em áreas de várzeas de floresta e capoeira (2,99 e 1,60 cmol_cdm⁻³, respectivamente).

A saturação por bases é nitidamente maior ($p < 0,05$) no topo, chegando a ser em média 23% maior que na várzea (Tabela 3). Essa diferença deveu-se ao manejo adotado nas áreas, onde no topo, devido às facilidades de manejo e uso mais intensivo, era feito correção do solo com maior frequência, enquanto que na várzea, a correção era realizada esporadicamente, pois permanecia alagada boa parte do ano. Com a correção do solo aumentou os teores de cálcio e magnésio do solo diminuí os teores de alumínio trocável, provocando aumento da saturação por bases, favorecendo a planta melhores condições para seu desenvolvimento (Silva Neto et al., 2011).

As maiores concentrações de cálcio e fósforo disponíveis na região de várzea é o resultado da atribuição do acúmulo de matéria orgânica subsequentemente decomposta após ser transportada do leito dos rios durante as cheias e também do carreamento de partículas minerais oriundos de efeitos erosivos nas porções mais elevadas do relevo (Santos et al., 2008). Além disso, o alagamento proporciona maior capacidade de sorção entre os nutrientes na solução do solo.

O potássio apresentou maiores concentrações na várzea sob floresta (13,83cmol_cdm⁻³), várzea sob pastagem (9,20cmol_cdm⁻³) e topo (9,40 cmol_cdm⁻³), o pedimento é ambiente de transição entre região de máximo acúmulo e região de perda, logo é natural o declínio na concentração de potássio nesta posição do relevo, devido a sua característica de elevada mobilidade. Vale salientar ainda que a maior concentração de areia no pedimento em relação aos outros

tratamentos de várzea junto ao elevado potencial de lixiviação denota em subsequente perda de potássio uma vez que este cátion assim como o cálcio está susceptível a constantes atividades nos sítios de troca durante as inundações, consequentemente, pode resultar em maiores perdas por lixiviação (Silva & Ranno, 2005).

Os coloides argilominerais possuem maior poder de troca de íons, realizando papel fundamental na manutenção e retenção de íons na camada superficial do solo. Logo a variação na concentração de elementos do solo varia de acordo com o potencial de lixiviação diretamente ligado aos atributos físicos do solo (Santos et al., 2002).

O fato da depleção de nutrientes no pedimento pode ser o resultado de excessiva perda de nutrientes em razão da maior concentração de areia, o que conduz a potencial perda de nutrientes por lixiviação. Determinando súbita perda de elementos dos perfis próximos a camada agrícola para as camadas inferiores do solo (Santos et al., 2002). Outro fator preponderante na diminuição do teor de nutrientes no pedimento é o estabelecimento de pastagem de capim mombaça em excelente estande forrageiro, o que provavelmente induz a maior retirada de nutrientes do solo.

CONCLUSÕES

1-A utilização de várzeas para produção bovina altera as características físicas do solo, provoca efeitos indesejáveis como a compactação, além de possuir limitação química, provocada por teores de alumínio elevado.

2-O pedimento e topo devem ser as áreas prioritárias para utilização devido à facilidade de mecanização para corrigir os impedimentos químicos e físicos do solo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio com a) Bolsas no País / Iniciação Científica - Edital MCT/CNPq n.º 12/2010 – IC, b) Edital MCT/CNPq 10/2010 - Apoio Técnico / Edital MCT/CNPq 10/2010 - AT- NS (Nível Superior); e c) Bolsas no País / Produtividade em Pesquisa - PQ - 2013 – Orientador (COAGR/CGAPB/DABS). Redes Nacionais de Pesquisa em Agrobiodiversidade e Sustentabilidade Agropecuária – REPENSA/CNPq; Programa de Apoio a Núcleos de Excelência – PRONEX/SECT/CNPq. Ao proprietário por ceder a área para realização da pesquisa. Apoio fundamental para realização deste trabalho.

LITERATURA CITADA

- ABREU, E.M.A.; FERNANDES, A.R.; MARTINS A.R.A.; RODRIGUES, T.E. Produção de forragem e valor nutritivo de espécies forrageiras sob condições de pastejo, em solo de várzea baixa do rio Guamá. *Acta Amaz.*, 36:11-18, 2006.
- ANJOS, J.T.; UBERTI, A.A.A.; VIZZOTO, V.T.; LEITE, G.B.; KRIEGER, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de manejo. *R. Bra. Ci. Solo*, 18:139-145, 1994.
- BAMBERG, A. L.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. S.; TIMM, L. C.; PINTO, L. F. S.; A. LIMA, C. R.; SILVA, T. R. Densidade de um planossolo sob sistemas de cultivo avaliada por meio da tomografia computadorizada de raios gama. *R. Bra. Ci. Solo*, 33:1079-1086, 2009.
- BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. Resistência à Penetração e Permeabilidade de Latossolo Vermelho Distrófico Típico Sob Sistemas de Manejo na Região dos Cerrados. *R. Bra. Ci. Solo*, 25:167-177, 2001.
- BOUYOUCOS, G.J. The hydrometer method improved for the mechanical analysis of soil. *SoilSci. Soc. Am.J.*, 23:343-353, 1927.
- CABRAL, C. E. A.; SILVA, E. M. B.; BONELLI, E. A.; SILVA, T. J. A.; CABRAL, C. H. A.; SCARAMUZZA, W. L. M. P. Compactação do solo e macronutrientes primários na *Brachiaria brizantha* cv. Piatã e *Panicum maximum* cv. Mombaça. *Rev. Bras. Eng. Agrí. Amb.*, 16:362-367, 2012.
- CAMARGO, F.A.O.; SANTOS, G.A.; ZONTA, E. Alterações eletroquímicas em solos inundados. *Ciênc. Rural*, 29:171-180, 1999.
- CAMARGO, O.A.; MUNIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. Métodos de análise química, mineralogia e física de solos do instituto agrônomo de Campinas. *Boletim técnico* 106, Campinas, SP, 2009. 77p.
- EMBRAPA. Centro nacional de pesquisa de solo. Sistema brasileiro de classificação de solos. 1. Ed. Brasília, 2006. 306 p.

SANTOS, AC; ARAÚJO, AS; SANTOS, PM; OLIVEIRA, LBT; OLIVEIRA, HMR; ANDRÉ, TB. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DOS SOLOS DE VÁRZEAS SOB PASTEJO EM RELAÇÃO ÀS SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS. *Amazon Soil – I Encontro de Ciência do Solo da Amazônia Oriental*, p. 64-72.

- EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed.Brasília,2009. 627p.
- FAJARDO, J. D. V.; SOUZA, L. A. G.; ALFAIA, S. S. Características químicas de solos de várzeas sob diferentes sistemas de uso da terra, na calha dos rios baixo Solimões e médio Amazonas. *Acta Amaz.*, 39:731-740, 2009.
- FIGUEIREDO, C.C.; SANTOS, G.G.; PEREIRA, S.; NASCIMENTO, J.L.; ALVES JUNIOR, J. Propriedades físico-hídricas em latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de manejo. *Rev. Bras. Eng. Agrí. Amb.*, 13:146-151, 2009.
- GALVÃO, S.R.S.; SALCEDO, I.H.; SANTOS, A.C. Frações de carbono e nitrogênio em função da textura, do relevo e uso do solo na microbacia do agreste em Vaca Brava (PB). *R. Bra. Ci. Solo*, 29:955-962, 2005.
- HARTWIG, I.; OLIVEIRA, A.C.; CARVALHO, F.I.F.; BERTAN, I.; SILVA, J.A.G.; SCHMIDT, D.A.M.; VALÉRIO, I.P.; MAIA, L.C.; FONSECA, D.A.R.; REIS, C.E.S. Mecanismos associados à tolerância ao alumínio em plantas. *Semina: Ciênc. Agr.*, 28:219-228, 2007.
- LIMA, C. L. R.; REINERT, D. J.; REICHERT J. M.; SUZUKI, L. E. A. S. Produtividade de culturas e resistência à penetração de Argissolo Vermelho sob diferentes manejos. *Pesq. Agropec. Bras.*,45:89-98, 2010.
- MAGALHÃES, W.A.; CREMON, C.; MAPELI, N.C.; SILVA, W.M.; CARVALHO, J.M.; MOTA, M.S. Determinação da resistência do solo a penetração sob diferentes sistemas de cultivo em um Latossolo sob Bioma Pantanal. *Rev. Agrarian*, 2:21-32, 2009.
- MENEZES, R.S.C.; SALCEDO, I.H.; ELLIOTT, E.T. Microclimate and nutrient dynamics in a silvopastoral system of semiarid northeastern Brazil. *AgroforestrySys.*,56:27-38, 2002.
- NASCIMENTO, P. C.; BAYER, C.; SILVA NETTO, L. F.; VIAN, A. C.; VIEIRO, F.; MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, É. Sistemas de manejo e a matéria orgânica de solo de várzea com cultivo de arroz. *R. Bra. Ci. Solo*, 33:1821-1827, 2009.
- NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. In: DIAS, L.E.; FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.C. Fertilidade do solo e seu manejo em áreas degradadas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007. p. 955-990.
- OLIVEIRA, G.C.; SEVERIANO, E.C.; MELLO, C.R. Dinâmica da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho da Microrregião de Goiânia, GO. *Rev. Bras. Eng. Agrí. Amb.*, 11:265-270, 2007.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3 ed. Rio de Janeiro, 1995. 65p.
- SANTOS, A.B.; FAGERIA, N.K.; ZIMMERMANN, F.J.P. Atributos químicos do solo afetado pelo manejo da água e do fertilizante potássico na cultura de arroz irrigado. *Rev. Bras. Eng. Agrí. Amb.*, 6:12-16, 2002.
- SANTOS, A.C.; SALCEDO, I.H. Fertilidade nas áreas de várzea e topo em função do uso do solo e posição do relevo. *Rev. Biol. Ciênc. Terra*, 10:83-90, 2010.
- SANTOS, F. C.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; FOLONI, J. M.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; KER, J. C. Produtividade e aspectos nutricionais de plantas de soja cultivadas em solos de cerrado com diferentes texturas. *R. Bra. Ci. Solo*, 32:2015-2025, 2008.
- SILVA, L.S.; RANNO, S.K. Calagem em solos de várzea e a disponibilidade de nutrientes na solução do solo após o alagamento. *Ciênc. Rural*, 35:1054-1061, 2005.
- SILVA NETO, S. P.; SANTOS, A. C.; LEITE, R. L. L.; DIM, V.P.; CRUZ, R. S.; PEDRICO, A.; NEVES NETO, D. N. Análise espacial de parâmetros da fertilidade do solo em região de ecótono sob diferentes usos e manejos. *Semina: Ciênc. Agra.*, 32:541-552, 2011.