

AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS EDÁFICOS EM ÁREAS DE PASTAGENS EM RELEVO MOVIMENTADO EM ITAPERUNA-RJ

Flávio Couto Cordeiro

UFRRJ Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia - Ciência do Solo, UFRRJ.
E-mail: fccordeiro@ufrj.br

Marcos Gervásio Pereira

Professor Doutor, Departamento de Solos, UFRRJ
E-mail: gervasio@ufrj.br

Lúcia Helena Cunha dos Anjos

Professor Doutor, Departamento de Solos, UFRRJ
E-mail: lanjhos@ufrj.br

Juliano Bahiense Staffanato

Estudante de Agronomia, UFRRJ
E-mail: jbstaffanato@ufrj.br

Everaldo Zon

Professor Doutor, Departamento de Solos, UFRRJ
E-mail: ezonta@ufrj.br

Resumo - Foi realizado um estudo na Fazenda Pau Ferro, Itaperuna – RJ, para avaliar atributos de qualidade do solo em pastagens em relevo movimentado, com as gramíneas Braquiária (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf), Suázi (*Digitaria swazilandensis* Stent) e Tifton 85 (*Cynodon spp. cv Tifton 85*). Amostras de solo foram coletadas no período seco (agosto de 2004, maio de 2005 e agosto de 2005) e no período chuvoso (dezembro de 2004), nos terços superior (TS), médio (TM) e inferior (TI) e de encosta e nestas foram realizadas análises químicas e físicas. Foram avaliados a estabilidade dos agregados, teor de carbono orgânico total (COT) e a fertilidade do solo. O efeito multidimensional dos atributos do solo foi avaliado através da análise dos componentes principais (ACP). As áreas das pastagens estudadas apresentaram uma boa agregação, nas diferentes épocas e profundidades avaliadas. As gramíneas Tifton 85 e Braquiária propiciaram maior aporte de COT na profundidade de 0-10 cm e também maior peso de agregados na classe > 2,0mm, no período seco. De maneira geral, as posições da encosta TS e TM apresentaram os maiores valores para os atributos físicos e químicos indicando uma melhor qualidade do solo nestas áreas. Já na área TI foram observados os menores níveis de qualidade do solo, possivelmente pela declividade mais acentuada desta última posição da vertente em relação às outras posições. A ACP separou as áreas em função da época de coleta. A época seca apresentou os maiores valores de correlação para os atributos indicadores de qualidade do solo, como os índices de agregação e COT. A distribuição do peso de agregados em função das classes de tamanho, em especial > 2,0 mm, AGRI > 2,0mm e o COT foram indicadores sensíveis aos efeitos dos tratamentos, tipos de gramíneas e sazonalidade.

Palavras-chave: indicadores de qualidade do solo, agregação do solo, matéria orgânica do solo.

EDAPHIC ATTRIBUTES EVALUATION IN PASTURES AREAS OF IN HILL RELIEF IN ITAPERUNA-RJ

Abstract - The study was carried out in Fazenda Pau Ferro, Itaperuna - RJ, to evaluate soil quality attributes in pastures areas, Braquiária (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf), Suázi (*Digitaria swazilandensis* Stent) and Tifton 85 (*Cynodon spp. cv Tifton 85*) cultivated in hill relief. Soil samples were collected at 0-10 and 10 -30 cm depth in two times; dry period (August of 2004, May of 2005 and August of 2005) and in the rainy period (December of 2004) in different sections: at the hillside shoulder (TS), backslope (TM) and footslope (TI) positions. In the samples soil chemical and physical analyses were accomplished. Were evaluated the soil aggregate stability; the bulk density (BD) and the total volume of pores (TVP), total organic carbon (TOC) and soil fertility. To study the multidimensional effect of soil attributes the Principal Component Analysis (PCA) was applied. The pastures areas showed a good aggregation levels, in the different times and depths evaluated. The grasses Tifton 85 and Braquiária propitiated a higher TOC contribution in the depth of 0-10 cm and also larger aggregate weight in the class > 2,0mm, in the dry period. Higher values of BD were observed in the TI. In the rainy period it was observed a BD reduction and TVP increase, mainly for the Suázi areas. In a general way, the positions of the hillside TS and TM were the ones that showed the higher values for the physical and chemical attributes indicating a better soil quality in these areas. In the TI area the lowest levels of

soil quality were observed, possibly for the accentuated steepness of this last position of the slope in relation to the other positions. The PCA separated the areas in function of seasonal variation. The dry season presented the higher correlation values with soil quality attributes such as the aggregation indexes and TOC. The aggregate weight distribution in function of the size classes, especially > 2,0 mm, MGD, MWD and TOC were a indicative sensitive to the effects of the treatments, grasses types and seasonal variation.

Key words: soil quality indicators, soil aggregation, soil organic matter

INTRODUÇÃO

O Brasil abrange uma área total de pastagens na ordem de 180 milhões de hectares, o que corresponde a mais de 20 % do território brasileiro (Zimmer et al., 2002). A degradação do solo é um dos problemas mais sérios da pecuária brasileira, limitando a produção de forragem e conseqüentemente a produtividade por área. Este problema afeta diretamente a sustentabilidade da pecuária. As pastagens são consideradas em processo de degradação quando a produção de forragem é insuficiente para manter determinado número de animais no pasto, durante certo tempo. Diversas causas concorrem para o progressivo declínio da produtividade das pastagens. De acordo com Meirelles (1993) quando a produção de matéria seca diminui sensivelmente, a planta forrageira já reduziu drasticamente o seu sistema radicular.

O declínio gradual de produtividade das pastagens com o decorrer dos anos está diretamente relacionado com a fertilidade e as características físicas do solo (consistência, taxas de infiltração, porosidade, textura, densidade etc.) (Souza Neto & Pedreira, 2004).

A fertilidade do solo é um dos fatores mais importantes envolvidos na longevidade de pastagens. Solos de fertilidade elevada ou espécies mais adaptadas a condições ótimas de fertilidade são elementos chave para que as pastagens permaneçam produtivas ao longo do tempo (Souza Neto & Pedreira, 2004).

Dentre as propriedades físicas do solo, a estrutura é uma propriedade sensível ao manejo e pode ser analisada segundo variáveis relacionadas a sua forma e ou a sua estabilidade. De modo geral, com o aumento da intensidade de cultivo tem sido observada alteração no tamanho dos agregados do solo, aumento da densidade do solo, redução da porosidade total e aumento da resistência do solo à penetração (Silva & Mielniczuk, 1997; Alvarenga & Davide, 1999).

Esses atributos edáficos podem ser utilizados como indicadores do impacto do uso e manejo do solo fornecendo informações úteis ao controle da degradação ambiental.

O Noroeste Fluminense do RJ possui terras com declividades acentuadas, os solos apresentam evidentes sinais de degradação, ocorrendo erosão laminar e em sulcos bastante acentuada e não raras vezes voçorocas, situação freqüentemente agravada pela utilização de queimadas e preparo do solo com aração morro abaixo para plantio de pasto.

O estudo abordado teve como objetivo monitorar os atributos de qualidade do solo em pastagens em relevo

movimentado, no Noroeste do estado do Rio de Janeiro, com as gramíneas Braquiária (*Brachiaria brizantha*), Suázi (*Digitaria swazilandensis*) e Tifton 85 (*Cynodon spp.*), buscando indicadores que possam ser utilizados para orientar o manejo sustentável das terras para a produção pecuária.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo faz parte do Projeto RADEMA (Prodeta 106/02/99), de responsabilidade da Embrapa Solos, em parceria com a UFRRJ – IA/DS, Pesagro-Rio, Emater-RJ e REBRAJ. Foi utilizada uma unidade experimental implantada na Fazenda Pau Ferro, município Itaperuna (RJ), identificada como UPEPADE 5 (U5 - Unidade de Pesquisa Participativa e Demonstrativa), que fica situada na face soalheira de uma encosta de relevo forte-ondulado e solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo. O clima da região é classificado como Aw, segundo Köppen, com temperatura média anual de 23°C e pluviosidade entre 1.000 e 1.200mm anuais, ocorrendo um período de seca bem pronunciado, que vai de fevereiro à outubro, e um período chuvoso, que vai de novembro até o final de janeiro.

A área foi dividida em 3 piquetes de 2 ha, com 3 parcelas, sendo cada parcela constituída de uma seção da encosta: Terço superior (TS), Terço médio (TM) e Terço inferior (TI). Nos piquetes foram implantadas as gramíneas Braquiária (*Brachiaria brizantha*), Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e Suázi (*Digitaria swazilandensis*). Para avaliação estatística foi adotado o modelo de delineamento experimental inteiramente casualizado com parcelas subdivididas e duas repetições, onde os tratamentos foram o tipo de cobertura (gramínea), posição de encosta (terço) e a época de coleta.

Foram realizadas quatro coletas, três na época seca (agosto/2004; maio/2005 e agosto/2005) e a outra na época chuvosa (dezembro/2004).

A profundidade de amostragem foi de 0-10 e 10-30 cm, para a determinação da fertilidade do solo; carbono orgânico total e estabilidade dos agregados (EMBRAPA, 1997). Os resultados obtidos foram submetidos a tratamento estatístico utilizando-se o programa SAEG (Ribeiro Júnior, 2001). Foi feita a análise de variância e o nível de significância analisado através do teste de F ($p < 0,05$). Quando as variáveis apresentavam-se significativas pelo teste de F, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Os dados também foram submetidos à análise multivariada, executando-se a análise dos componentes principais (ACP), produzidas

por matrizes das características físicas e químicas do solo, para as duas profundidades amostradas, utilizando-se o pacote estatístico xL Stat.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Massa de Agregados e % de agregados estáveis em água maiores que 2,0mm

O efeito das coberturas em função das épocas de coleta para massas de agregados da classe > 2,0mm e percentagem de agregados estáveis em água (% AGRI > 2,0mm) são apresentados na Tabela 1. Na profundidade de 0-10 cm observou-se que no mês de agosto de 2004 (período seco 2004), houve diferença significativa entre as áreas estudadas, sendo que a área de Suázi apresentou menores valores para a massa de agregados. Na coleta realizada em dezembro de 2004 (período chuvoso 2004), nas áreas das forrageiras Tifton 85 e Suázi foram verificados maiores valores quanto à massa de agregado, não diferindo estatisticamente entre si. Na coleta de maio e agosto de 2005 (período seco 2005), as áreas diferiram entre si estatisticamente. A área de Braquiária apresentou os maiores valores de massa de agregados e a de Suázi os menores. A massa de agregados na área de Braquiária na camada de 0-10 cm foi maior no período seco, sendo que

na área de Tifton 85 também apresentou elevados valores de massa de agregados, de maneira geral não verificada diferença entre estas áreas. Os menores valores foram observados na área de Suázi.

Na profundidade de 10-30 cm não houve significância na análise de variância, portanto este parâmetro não foi avaliado.

Ao comparar-se a o efeito promovido pelas diferentes gramíneas entre as estações, observam-se maiores valores médios para o período seco de 2004 e 2005 respectivamente, na profundidade de 0-10 cm, sendo estas diferenças estatisticamente significativas.

A provável explicação para a maior massa de agregados na época seca, na camada de 0-10 cm, está relacionada aos maiores valores de carbono orgânico total (COT) (Tabela 2), que contribuem para a reorganização dos agregados menores em maiores, promovendo a melhoria na agregação do solo. No período chuvoso 2004 a massa de agregados retidos na peneira de 2,0mm foi menor, possivelmente devido à maior taxa de mineralização da matéria orgânica e com isto diminuição do conteúdo de COT no solo. O COT está relacionado com o mecanismo de estabilização dos agregados, atuando como agente cimentante para a manutenção da agregação do solo (Oades & Waters, 1991; Castro Filho et al., 1998; Wohlenberg et al., 2004).

Tabela 1. Peso de agregados retidos na peneira de 2,0mm (g) e Porcentagem de agregados estáveis em água maiores que 2,0mm (%) em amostras de solo sob pastagem nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm, nas diferentes épocas e posições da encosta

	Braquiária		Tifton 85		Suázi	
	Agri >2mm	2,0mm	Agri >2mm	2,0mm	Agri >2mm	2,0mm
Profundidade						
----- 0-10 cm -----						
Agosto 2004	83,91 Ab	20,98 Aa	78,71 Ab	19,68 Aa	71,20 Ba	17,80 Ba
Dezembro 2004	63,89 Bd	15,97 Bc	67,11 Ac	16,78 Ab	66,26 Ab	16,56 Ab
Maio 2005	77,06 Ac	19,31 Ab	60,05 Bd	15,89 Bc	59,92 Bc	15,00 Cc
Agosto 2005	84,20 Aa	21,05 Aa	79,09 Ba	19,77 Ba	71,42 Ac	17,85 Ca
----- 10-30 cm -----						
Agosto 2004	83,91 ns	20,98 ns	76,76 ns	19,19 ns	61,48 ns	15,37 ns
Dezembro 2004	64,14 ns	16,03 ns	57,68 ns	14,42 ns	56,82 ns	14,21 ns
Maio 2005	73,31 ns	18,69 ns	53,65 ns	13,04 ns	56,76 ns	14,19 ns
Agosto 2005	81,70 ns	20,42 ns	74,87 ns	18,72 ns	61,91 ns	15,48 ns
----- 0-10 cm -----						
Terço Superior	74,50 ns	18,62 ns	66,29 ns	16,62 ns	66,76 ns	16,69 ns
Terço Médio	82,24 ns	20,61 ns	76,08 ns	19,02 ns	66,31 ns	16,60 ns
Terço Inferior	72,56 ns	18,12 ns	74,70 ns	19,33 ns	68,53 ns	17,13 ns
----- 10-30 cm -----						
Terço Superior	73,72 ns	18,43 ns	72,89 ns	18,22 ns	64,32 ns	16,08 ns
Terço Médio	79,38 ns	20,13 ns	62,14 ns	15,53 ns	59,39 ns	14,85 ns
Terço Inferior	71,73 ns	17,92 ns	65,42 ns	16,08 ns	54,03 ns	13,51 ns

Valores seguidos de mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ns - não significativo

A % AGRI > 2,0mm representa a porcentagem dos agregados estáveis em água maiores que 2,0mm. Este índice de estabilidade dos agregados apresentou significância apenas para a profundidade de 0-10 cm. As gramíneas em geral apresentaram maiores valores de AGRI > 2,0mm no período seco.

Avaliando diversos sistemas de produção, Vilela et al. (2001) encontraram maiores valores de AGRI > 2,0mm em pastagem contínua, vegetação natural e rotação lavoura-pastagem, onde este sistema de produção superou o controle, composto pela vegetação natural. Nas lavouras estudadas estes autores observaram, um decréscimo da estabilidade dos agregados em 4 anos de cultivo. Isto demonstra a maior eficiência das gramíneas na formação de agregados estáveis (Silva & Mielniczuk, 1997).

Para esses parâmetros não foram constatadas diferenças significativas pelo teste de F para as posições da encosta, assim não sendo feito o teste de Scott-Knott, nas profundidades amostradas. Avaliando os valores da Tabela 1 é possível observar que as áreas de gramíneas nos terços superior e médio, de maneira geral apresentaram maiores valores para AGRI > 2,0mm e massa de agregados > 2,0mm, demonstrando o efeito da inclinação da encosta na distribuição e estabilidade dos

agregados nessas posições em relação ao terço inferior, que possui uma inclinação mais acentuada do que os terços a montante, nas camadas estudadas.

Carbono orgânico

Analisando o conteúdo de carbono em função da cobertura, posição da vertente e profundidades avaliadas (Tabela 2), para a profundidade de 0-10, verifica-se que os valores médios de carbono foram maiores na posição terço superior para as gramíneas Tifton 85 e Suázi, sendo seguido pelo terço médio e os menores valores médios encontrados no terço inferior, havendo diferença estatística entre os terços. Na área de Braquiária verificaram-se maiores valores de COT no terço médio, seguido pelo terço superior, observando-se os menores valores no terço inferior. Na posição de encosta terço inferior às três coberturas diferiram estatisticamente. Na área da gramínea Suázi foram constatados os menores valores médios de carbono e na de Braquiária os maiores. Estes resultados podem ser atribuídos ao maior acúmulo de resíduos orgânicos no terço médio e terço superior da encosta.

Tabela 2. Carbono orgânico de amostras sob pastagem nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm, nas diferentes épocas de coleta e posições da encosta

	Braquiária	Tifton 85	Suázi
	COT (g kg ⁻¹)		
	Profundidade		
	----- 0-10 cm -----		
Agosto 2004	19,9 Ab	20,6 Aa	18,4 Bb
Dezembro 2004	18,8 Ac	16,7 Bc	17,3 Bc
Maio 2005	21,7 Aa	16,6 Bd	16,4 Bd
Agosto 2005	17,21 Cd	17,49 Bb	19,5 Aa
	----- 10-30 cm -----		
Agosto 2004	11,87 Bc	15,19 Ab	11,79 Bd
Dezembro 2004	13,14 Ab	11,65 Bd	11,76 Bc
Maio 2005	16,06 Aa	16,3 Aa	14,41 Ba
Agosto 2005	11,7 Cd	13,5 Ac	12,69 Bb
	----- 0-10 cm -----		
Terço Superior	20,08 Ab	19,69 Aa	18,53 Ba
Terço Médio	20,84 Aa	17,66 Cb	18,17 Bb
Terço Inferior	17,22 Ac	16,83 Cc	17,02 Bc
	----- 10-30 cm -----		
Terço Superior	13,33 Bb	14,95 Aa	13,49 Ba
Terço Médio	14,35 Aa	12,65 Cc	13,12 Bb
Terço Inferior	12,05 Bc	13,43 Ab	11,46 Cc

Valores seguidos de mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott (p < 0,05). ns - não significativo

Para a profundidade de 10-30 cm foi observado um decréscimo dos valores de carbono do terço superior para o terço inferior, sendo as três posições de encosta diferentes entre si estatisticamente. Nessa profundidade os valores de carbono para as áreas de Tifton 85 e Braquiária apresentaram comportamento variável. As posições de encosta com Suázi apresentaram menores médias globais do teor de COT. Menezes et al. (2000) em Pinheiral (RJ) trabalhando com posições de vertente em função da cobertura encontraram comportamento semelhante ao verificado neste estudo. Os maiores valores de COT foram observados nas camadas superficial, em todas as coberturas, devido provavelmente ao sistema radicular das plantas, e ao acúmulo na superfície de material senescente.

Fertilidade do solo

Os resultados obtidos para as amostras de fertilidade mostraram pequena variação dos nutrientes nas

diferentes áreas e posições da encosta, em função das coberturas estudadas.

O pH do solo das áreas é considerado, segundo Almeida et al. (1988) variando de fortemente ácido (intervalo entre 4,4 e 5,3) a moderadamente ácido (5,4-6,5) nas duas profundidades amostradas (Tabela 3). Esta propriedade não influencia diretamente o desenvolvimento vegetal, exceto em casos extremos, contudo as condições resultantes dos baixos valores de pH podem limitar o desenvolvimento das plantas, tanto pelo efeito sobre a disponibilidade de nutrientes, como pela concentração de alumínio (Al) em níveis tóxicos para a planta.

Os menores valores de pH foram encontrados nas áreas de Braquiária e Tifton 85 no terço superior de encosta. Para esta propriedade não foi verificada diferença entre as estações na profundidade de 0-10 cm. Na camada de 10-30 cm no terço superior da encosta constataram-se os menores valores de pH, para as gramíneas Braquiária e Suázi, e a época chuvosa, de maneira geral, foi onde se observou os menores valores de pH.

Tabela 3. Valores de pH nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm nas diferentes épocas e posições da encosta em função das coberturas vegetais

	Braquiária	Tifton 85	Suázi
pH			
Profundidade			
----- 0-10 cm -----			
Agosto 2004	5,58 ns	5,58 ns	5,67 ns
Dezembro 2004	5,40 ns	5,05 ns	5,27 ns
Maio 2005	5,59 ns	5,75 ns	5,83 ns
Agosto 2005	5,42 ns	5,42 ns	5,53 ns
----- 10-30 cm -----			
Agosto 2004	5,65 Ba	5,82 Aa	5,50 Bb
Dezembro 2004	5,65 Aa	5,20 Bc	5,37 Bd
Maio 2005	5,58 Cb	5,83 Ba	5,96 Aa
Agosto 2005	5,22 Cc	5,62 Ab	5,47 Bc
----- 0-10 cm -----			
Terço Superior	5,15 Bc	5,48 Ab	5,44 Ac
Terço Médio	5,73 Aa	5,30 Cc	5,62 Bb
Terço Inferior	5,60 Bb	5,50 Cc	5,66Aa
----- 10-30 cm -----			
Terço Superior	5,17 Cc	5,71 Aa	5,35 Bc
Terço Médio	5,66 Ab	5,52 Bc	5,70 Aa
Terço Inferior	5,74 Aa	5,65 Cb	5,68 Bb

Valores seguidos de mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ns - não significativo

O nível de Al na solução do solo depende do pH do solo, da saturação por alumínio, do teor de matéria orgânica e da presença de outros íons na solução do solo (Alvarez et al., 1995). De acordo com a Tabela 4 foram verificados baixos valores de Al, inferiores a $0,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo nas áreas estudadas em ambas as profundidades. Nas diferentes posições da toposeqüência houve uma

pequena variação deste elemento. A área de Braquiária, na estação seca, apresentou os maiores valores para Al no terço superior em comparação às demais áreas e coberturas. Os resultados da acidez potencial foram baixos e corroboraram com os resultados do teor de Al e de pH.

Na camada de 0-10 cm as áreas com Tifton 85 e Suázi apresentaram os maiores valores de Ca e Mg em comparação com a Braquiária, sendo estes estatisticamente diferentes (Tabela 5). Os maiores valores de Ca e Mg foram observados na camada de 0-10 cm sendo os níveis classificados como médios para estes elementos nesta profundidade. Para a profundidade de 10-30 cm verificaram-se níveis mais baixos destes nutrientes e o comportamento foi semelhante ao observado para a camada de 0-10 cm, não havendo diferença significativa entre as épocas de coleta. Observa-se que os maiores valores, de maneira geral, ocorrem nos terços médio e inferior de encosta em relação ao superior, condizente com o comportamento verificado para o Al. Uma possível explicação para este comportamento pode ser devido as maiores perdas por lixiviação que ocorrem no terço

superior, com um paralelo acúmulo de Ca e Mg nos terços médio e inferior.

Silva et al. (2005) avaliando as propriedades químicas do solo e produções de forragem nesta mesma área encontraram comportamento similar ao observado neste estudo para estes elementos. Nessas áreas as épocas secas (maio e agosto de 2005) foram as que apresentaram maiores valores de Ca e Mg. Este comportamento provavelmente por ser atribuído a adubação de manutenção realizada em maio de 2005, associada ao efeito de concentração destes nutrientes na época de menor precipitação. Tebaldi et al. (2000), avaliando a composição mineral das pastagens da Região Norte e Noroeste do Rio de Janeiro encontraram no município de Itaperuna menores valores de Ca na época chuvosa.

Tabela 4. Valores Al e H+Al (cmol_c kg⁻¹) nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm nas diferentes épocas e posições da encosta em função das coberturas vegetais

	Braquiária		Tifton 85		Suázi	
	Al ⁺⁺⁺	H+Al	Al ⁺⁺⁺	H+Al	Al ⁺⁺⁺	H+Al
Profundidade						
----- 0-10 cm -----						
Agosto 2004	0,03 Ac	2,42 Bd	0,02 Ad	2,56 Bd	0,03 Ac	3,63 Aa
Dezembro 2004	0,03 Bc	2,94 Bc	0,07 Ac	2,97 Bc	0,05 Ba	3,19 Ad
Maio 2005	0,16 Ab	3,67 Ab	0,16 Aa	3,37 Bb	0,03 Bc	3,32 Cc
Agosto 2005	0,18 Aa	3,88 Aa	0,10 Bb	3,55 Ba	0,04 Cb	3,52 Bb
----- 10-30 cm -----						
Agosto 2004	0,08 Ac	2,34 Bd	0,00 Ac	2,23 Bd	0,07 Ac	3,19 Aa
Dezembro 2004	0,08 Ac	2,55 Cc	0,07 Ab	2,78 Bb	0,08 Ab	3,11 Ab
Maio 2005	0,14 Ab	2,84 Bb	0,14 Aa	3,04 Aa	0,02 Bd	2,48 Cd
Agosto 2005	0,28 Aa	3,14 Aa	0,07 Cb	2,61 Cc	0,12 Ba	2,89 Bc
----- 0-10 cm -----						
Terço Superior	0,24 Aa	4,31 Aa	0,04 Bc	2,94 Ba	0,06 Ba	3,91 Aa
Terço Médio	0,02 Bc	2,95 Bb	0,17 Aa	3,16 Aa	0,03 Bb	3,12 Ac
Terço Inferior	0,05 Ab	2,48 Cc	0,05 Ab	2,98 Bb	0,03Bb	3,21 Ab
----- 10-30 cm -----						
Terço Superior	0,36 Aa	3,61 Aa	0,03 Bb	2,50 Bb	0,13 Ba	3,42 Aa
Terço Médio	0,04 Bb	2,65 Ab	0,13 Aa	2,80 Aa	0,08 Bb	2,80 Ab
Terço Inferior	0,04 Ab	1,92 Bc	0,03 Ab	2,50 Ac	0,01 Bc	2,53 Ac

Valores seguidos de mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott (p < 0,05). ns - não significativo

Na Tabela 6 são apresentados os valores de P e K das camadas de 0-10 e 10-30 cm. Os valores de P apresentaram-se muito baixos inferiores a 9 mg P kg⁻¹ de solo, apesar da adubação realizada, enquanto os níveis de K variaram de médios a muito altos (45-138 mg K kg⁻¹ de solo) na profundidade de 0-10 cm. Na profundidade de 10-30 cm os níveis de P foram muito baixos e os de K variaram de muito baixo a valores médios (18-85 mg K kg⁻¹ de solo). Este comportamento para o P pode ser explicado pela dinâmica dos adubos fosfatados que quando são aplicados no solo, após sua dissolução,

praticamente todo o P é retido na fase sólida, formando compostos menos solúveis (Souza et al., 2004).

Também existe a influência da acidez do solo, onde a correção desta contribui para aumentar a disponibilidade do P do solo e a eficiência de uso dos fertilizantes fosfatados solúveis (Souza et al., 2004). Estes mesmos autores ressaltam que uma outra opção para ampliar a reciclagem e eficiência de uso do fósforo pelas plantas é o aumento do teor de matéria orgânica no solo. A magnitude dessa recuperação depende principalmente da espécie cultivada e são influenciados pela textura, tipos de minerais de argila e acidez do solo.

Tabela 5. Valores de Ca⁺⁺ (cmol_c kg⁻¹) e Mg⁺⁺ (cmol_c kg⁻¹) nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm nas diferentes épocas e posições da encosta em função das coberturas vegetais

	Braquiária		Tifton 85		Suázi	
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
Profundidade						
----- 0-10 cm -----						
Agosto 2004	1,12 Bd	1,38 Bc	1,22 Ac	2,07 Aa	1,33 Ac	1,42 Bb
Dezembro 2004	1,46 Aa	1,00 Ag	1,15 Cd	0,90 Ad	1,32 Bd	1,05 Ac
Maio 2005	1,38 Bb	2,11 Ab	1,36 Cb	1,83 Bb	1,69 Aa	2,06 Aa
Agosto 2005	1,22 Cc	2,17 Aa	1,40 Ba	1,40 Bc	1,68 Ab	1,42 Bb
----- 10-30 cm -----						
Agosto 2004	0,97 ns	1,08 Bb	1,10 ns	1,92 Aa	1,35 ns	1,28 Bb
Dezembro 2004	1,07 ns	0,87 Ad	1,08 ns	0,45 Bd	1,08 ns	0,87 Ad
Maio 2005	1,19 ns	1,74 Ba	1,15 ns	1,81 Bb	1,50 ns	1,88 Aa
Agosto 2005	0,98 ns	0,90 Cc	1,20 ns	1,20 Ac	1,25 ns	1,08 Bc
----- 0-10 cm -----						
Terço Superior	0,83 Bc	1,63 Ab	1,45 Aa	1,71 Aa	1,37 Ab	1,34 Ac
Terço Médio	1,88 Aa	2,15 Aa	1,24 Cb	1,52 Bb	1,33 Bc	1,50 Bb
Terço Inferior	1,21 Bb	1,16 Cc	1,14 Cc	1,43 Bc	1,82 Aa	1,63 Aa
----- 10-30 cm -----						
Terço Superior	0,60 Cc	0,91 Cc	1,26 Aa	1,60 Aa	1,03Bc	1,22 Bb
Terço Médio	1,37 Aa	1,46 Aa	1,22 Ab	1,31 Bb	1,29 Ab	1,20 Cc
Terço Inferior	1,20 Ab	1,05 Cb	1,04 Bc	1,17 Bc	1,57 Aa	1,42 Aa

Valores seguidos de mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott (p < 0,05). ns - não significativo

A baixa disponibilidade de fósforo nos solos brasileiros resulta em grande prejuízo à produção das plantas de modo geral, e por reduzir o perfilhamento e retardar o desenvolvimento das gramíneas forrageiras fazendo com que o pasto tenha uma cobertura deficiente, abrindo espaços para espécies invasoras (Rossi & Monteiro, 1999).

Nas duas profundidades estudadas a área com Braquiária foi a que apresentou maiores valores de P, seguida pelas áreas de Tifton 85 e Suázi, sendo que na profundidade de 10-30 cm não foram constatadas diferenças significativas entre as áreas. O terço médio de encosta foi o que teve maiores valores para este nutriente e a época seca foi a que apresentou as maiores médias

para P. Já para o K, na profundidade de 0-10 cm a área com a gramínea Suázi apresentou os maiores valores médios no terço superior de encosta, seguida pelas áreas de Tifton 85 e Braquiária. As outras posições da vertente foram semelhantes e não diferiram estatisticamente entre si. A época seca foi a que apresentou os maiores valores médios para este elemento, sendo agosto de 2004 e agosto de 2005 os meses que onde verificaram-se os maiores valores de K, provavelmente por causa da adubação realizada no período. Para a profundidade de 10-30 cm os valores de K foram menores do que na camada de 0-10 cm, e as coletas realizadas nas épocas secas apresentaram maiores valores para este elemento. Não foram

constatadas diferenças significativas para a posição da vertente nessa profundidade.

As variações no teor de nutrientes refletem diferenças na extração pelas gramíneas, oferta de biomassa e, no caso do P, necessidade de aumentar as doses de P na adubação, apesar de esta ter sido feita de acordo com os dados de análise de solo e recomendação para pastagens no Rio de Janeiro.

Os valores de soma de bases (valor S) e valor T nas diferentes épocas e posições da encosta são

apresentados na Tabela 7. Para o valor S verifica-se que o terço superior e o terço médio de uma maneira geral foram os que apresentaram maiores valores, decorrentes da maior participação de Ca e Mg no complexo sortivo. Nas áreas das gramíneas Tifton 85 e Suázi constataram-se os maiores valores médios para esses nutrientes quando comparadas à área de Braquiária nas duas profundidades estudadas.

Tabela 6. Valores de K e P (mg kg⁻¹) nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm nas diferentes épocas e posições da encosta em função das coberturas vegetais

	Braquiária		Tifton 85		Suázi	
	K ⁺	P	K ⁺	P	K ⁺	P
Profundidade						
----- 0-10 cm -----						
Agosto 2004	109 Aa	6 Ab	75 Bc	3 Ad	138 Ab	5 Aa
Dezembro 2004	59 Bc	2 Bd	45 Bd	5 Aa	78 Ad	1 Bd
Maio 2005	60 Cc	5 Ac	148 Ba	3 Bb	164 Aa	3 Bb
Agosto 2005	67 Cb	9 Aa	90 Bb	3 Bc	93 Ac	3 Cc
----- 10-30 cm -----						
Agosto 2004	85 Aa	3 ns	26 Cc	2 ns	50 Bb	3 ns
Dezembro 2004	28 Ab	1 ns	19 Bd	1 ns	29 Bc	0 ns
Maio 2005	23 Bc	1 ns	51 Ab	2 ns	56 Aa	1 ns
Agosto 2005	18 Cd	3 ns	54 Aa	2 ns	24 Bd	1 ns
----- 0-10 cm -----						
Terço Superior	121 Aa	5 Ab	86 Ba	2 Bc	121 Aa	2 Bb
Terço Médio	46 Cb	6 Aa	77 Bb	4 Ba	118 Ab	2 Cc
Terço Inferior	47 Cb	4 Bc	72 Bc	4 Ab	116 Ab	4 Aa
----- 10-30 cm -----						
Terço Superior	52 Aa	2 ns	36 Bb	1 ns	23 Bc	1 ns
Terço Médio	23 Cc	2 ns	30 Bc	2 ns	59 Aa	1 ns
Terço Inferior	33 Cb	2 ns	51 Aa	3 ns	37 Bb	1 ns

Valores seguidos de mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott (p < 0,05). ns - não significativo

O período seco apresentou os maiores valores médios para o valor S, nos meses de agosto de 2004 e maio de 2005 e as gramíneas Tifton 85 e Suázi foram as que apresentaram os maiores valores para as camadas estudadas.

Os resultados encontrados para o valor T (< 11,5 cmol_c kg⁻¹ solo) nas áreas de Braquiária e Suázi foram superiores ao da área de Tifton 85 nas posições topográficas terço superior e médio de encosta, sendo estas posições estatisticamente superiores ao terço inferior tanto em 0-10 quanto 10-30 cm. Já para as épocas de coleta o período seco foi o que, de maneira geral, mostrou os maiores valores para o valor T, nas áreas de Braquiária e Suázi, sendo estas diferenças significativas em relação à gramínea Tifton 85. Os maiores valores de T nestas áreas e nesta posição podem estar diretamente relacionados com os maiores valores de COT que ocorrem também nestas áreas. Segundo Bayer & Mielniczuk (1999), em solos tropicais e subtropicais a CTC da matéria orgânica pode representar um grande percentual da CTC total do solo. Nesses solos a manutenção ou o aumento dos teores de matéria orgânica é fundamental na retenção dos nutrientes e na diminuição de sua lixiviação.

Tabela 7. Valores de saturação por bases (Valor S) e Valor T (cmol_c kg⁻¹ de solo) nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm nas diferentes épocas e posições da encosta em função das coberturas vegetais

	Braquiária		Tifton 85		Suázi	
	Valor S	Valor T	Valor S	Valor T	Valor S	Valor T
Profundidade						
----- 0-10 cm -----						
Agosto 2004	2,8 Ab	5,2 Ad	3,5 Ab	6,1 Ab	3,1 Ab	6,8 Ab
Dezembro 2004	2,6 Ac	5,6 Ac	2,2 Bc	5,2 Ac	2,6 Ac	5,8 Ac
Maio 2005	3,7 Ba	7,3 Ab	3,6 Ca	7,0 Ba	4,2 Aa	7,5 Aa
Agosto 2005	2,5 Ad	11,1 Aa	1,7 Bd	4,9 Bd	1,7 Bd	4,5 Cd
----- 10-30 cm -----						
Agosto 2004	2,3 Bb	4,6 Cd	3,1 Aa	5,3 Bb	2,8 Ab	6,0 Aa
Dezembro 2004	2,0 Ac	4,6 Bc	1,6 Bb	4,4 Cc	2,0 Ac	5,1 Ab
Maio 2005	3,0 Ca	5,8 Ca	3,1 Ba	6,1 Aa	3,5 Aa	6,0 Ba
Agosto 2005	1,2 Cd	4,4 Ad	1,4 Ac	3,7 Bd	1,3 Bd	2,5 Cc
----- 0-10 cm -----						
Terço Superior	2,7 Ab	8,5 Aa	2,9 Aa	5,7 Ba	2,6 Ac	6,5 Ba
Terço Médio	3,7 Aa	8,3 Ab	2,7 Bb	5,6 Bb	2,8 Bb	5,6 Bc
Terço Inferior	2,2 Cc	5,1 Cc	2,5 Bc	5,6 Bc	3,3 Aa	6,3 Ab
----- 10-30 cm -----						
Terço Superior	1,7 Bc	5,3 Aa	2,6 Aa	5,1 Aa	2,1 Bc	5,1 Aa
Terço Médio	2,7 Aa	5,3 Ab	2,4 Bb	4,9 Bb	2,4 Bb	4,8 Bb
Terço Inferior	2,0 Cb	4,0 Cc	2,1 Bc	4,6 Bc	2,7 Ba	4,8 Ab

Valores seguidos de mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ns - não significativo

Tabela 8. V % nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm nas diferentes épocas e posições da encosta em função das coberturas vegetais

	Braquiária	Tifton 85	Suázi
	V%		
Profundidade			
----- 0-10 cm -----			
Agosto 2004	55 Aa	58 Aa	47 Bb
Dezembro 2004	47 Ac	42 Ac	45 Ac
Maio 2005	50 Cb	51 Bb	56 Aa
Agosto 2005	22 Cd	36 Cd	40 Ad
----- 10-30 cm -----			
Agosto 2004	52 Ba	58 Aa	47 Bc
Dezembro 2004	45 Ac	37 Cd	40 Bd
Maio 2005	51 Bb	50 Cb	59 Aa
Agosto 2005	27 Cd	37 Bc	52 Ab
----- 0-10 cm -----			
Terço Superior	34 Cc	51 Aa	40 Bc
Terço Médio	50 Aa	47 Bb	50 Ab
Terço Inferior	46 Bb	44 Cc	51 Aa
----- 10-30 cm -----			
Terço Superior	33 Cb	51 Aa	42 Bc
Terço Médio	49 Aa	45 Bb	50 Ab
Terço Inferior	49 Ba	44 Cc	56 Aa

Valores seguidos de mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ns - não significativo

O valor V (Tabela 8) foi menor que 60% para todas as coberturas vegetais, posições da encosta, épocas de amostragem e profundidades estudadas. Foi observado

também uma diminuição do valor V% em profundidade, resultante da maior adição de bases e ciclagem de nutrientes nas camadas superficiais. As áreas com Tifton

85 e Suázi foram às áreas que apresentaram os maiores valores, quando comparadas à área com a gramínea Braquiária. O terço superior e o terço médio foram onde se verificaram os maiores valores médios em relação ao terço superior. Para o período seco, foi constatado um aumento do valor T do solo em relação ao período chuvoso. Refletindo a adubação realizada, em maio de 2005 foram obtidos os maiores valores médios deste parâmetro.

Análise de Componentes Principais

As Figuras 1A e 1C mostram a ordenação das características físicas e químicas do solo e as figuras 1b e 1d mostram a ordenação das pastagens avaliadas, nas épocas seca e chuvosa e posições de encosta, produzidos pela análise de componentes principais (ACP).

O comprimento das linhas é proporcional à sua importância e os ângulos entre elas refletem as intercorrelações entre as variáveis (ALVARENGA & DAVIDE, 1999). O ângulo entre determinada linha e cada eixo de ordenação representa um grau de correlação com o eixo (SOUZA, 1996).

Para a profundidade de 0-10 cm, a ACP (Figura 1A) apresentou autovalores (eigenvalues) de 0,529, para o primeiro eixo, e de 0,168, para o segundo eixo, o que representa 52,85 e 69,7% (0,529+0,168) da variância total acumulada nos dois primeiros eixos, com a maior percentagem de variação explicada no primeiro eixo. Dessa forma, segundo Alvarenga e Davide (1999), podem-se desprezar a os demais eixos de ordenação, já que o gráfico é bidimensional proporciona uma ordenação clara das características físicas e químicas do solo (TER BRAAK, 1986).

Assim, as características físicas e químicas mais fortemente correlacionadas com o primeiro eixo de ordenação foram: DMP; agregados >2,0mm; microagregados, nas faixas de 0,50-0,25 e 0,25-0,10; AH; AF; COT; Valor S e Valor T, com índices de correlação de 0,76; 0,81; 0,90; 0,84; 0,78; 0,78; 0,50; 0,49 e 0,56, respectivamente. No segundo eixo, com variância desprezível em relação ao primeiro (16,80%), e as características mais relevantes foram: DS (0,72) e VTP (0,62). Na área estudada observa-se que os dois eixos as características físicas do solo apresentaram maiores valores de correlação e que as frações AH e AF no primeiro eixo.

Em relação às pastagens avaliadas (Figura 1b), foi observada a ordenação entre as épocas, onde a época seca ficou agrupada na parte esquerda do gráfico e a época chuvosa na parte direita. De acordo com a posição da encosta, as pastagens apresentaram uma tendência de ordenação na parte inferior do gráfico, relativamente próximos da região central do diagrama, revelando menor correlação com as características físicas e químicas de maior relevância.

As áreas de Braquiária, na época seca, nos terços superior e médio de encosta, Tifton 85 terço médio e

Suázi terço superior posicionaram-se na parte inferior esquerda do diagrama, e as outras áreas na parte superior esquerda do diagrama. Tal fato indica que as propriedades químicas e COT foram fortemente correlacionadas com o primeiro eixo do diagrama, assim como as propriedades físicas (DMP e massa de agregados > 2,0mm).

Essa separação provavelmente foi ocasionada pelos maiores valores de Al, valor S e Valor T e COT encontrados no solo, nessa profundidade para as gramíneas Braquiária e Tifton 85 nesta posição de encosta. As propriedades físicas foram superiores para as outras posições da encosta, com exceção para o terço inferior, onde sua correlação foi maior com o segundo eixo, demonstrado pelos maiores valores de DS nessa posição da vertente. Os valores de pH, AH, AF apresentaram maiores correlações, o suficiente para separar as áreas do terço superior e terço médio de encosta, da posição terço inferior.

Na época chuvosa foram encontrados maiores valores de correlação para as propriedades físicas, onde geralmente, as áreas das gramíneas avaliadas nos terços médio e superior estiveram na região inferior direita do diagrama, enquanto o terço inferior ficou localizado na parte superior direita deste gráfico.

O terço inferior de encosta, para as gramíneas avaliadas apresentou maiores correlações com as propriedades físicas menores valores de massa de agregados, na classe dos microagregados. Nas outras posições foram encontradas maiores correlações com o VTP, já que nestas posições foram constatados menores valores de DS para essa época e maiores valores da fração orgânica HUM.

Para a profundidade de 10-30 cm, a ACP, mostrada na Figura 1c apresentou autovalores (eigenvalues) de 0,403 para o primeiro eixo, e de 0,197 para o segundo eixo, o que representa 40,30e 19,70% da variância total acumulada nos dois primeiros eixos, com maior percentagem de variação explicada no primeiro eixo.

De maneira geral, as características físicas e químicas do solo mais correlacionadas com o primeiro eixo de ordenação, na profundidade de 10-30 cm são as mesmas na profundidade de 0-10 cm. Nessa profundidade foram observadas as seguintes correlações: DMP (0,76); massa de agregados > 2,0mm (0,76); 0,25-0,50mm (0,87); 0,10-0,25mm (0,90), AH (0,65); AF (0,59) e COT (0,51).

O segundo eixo de ordenação apresentou como características mais relevantes o pH (0,75); Al (0,39); H+Al (0,58); DS (0,32) e VTP (0,23).

Nas pastagens avaliadas foi verificada ordenação em função da época seca e chuvosa (Figura 1d). A época seca encontra-se na parte esquerda do diagrama, enquanto que a época chuvosa localiza-se no lado direito do gráfico.

De um modo geral, na parte inferior do diagrama ficaram inseridas as áreas de gramíneas do terço médio e superior, principalmente na época chuvosa. Observa-se que a área de Braquiária no terço superior, na época seca

apresentou comportamento semelhante à camada superficial, corroborando com os valores de correlações encontradas para Al e H+Al, sendo nesta camada encontrados os maiores valores para estes elementos. O VTP está influenciando no comportamento da área de Suázi, sendo que o terço superior, tanto na época seca quanto na chuvosa, separa-se das demais áreas.

Nas outras áreas, na época seca, as características químicas que mais se correlacionaram foram AH, AF, pH, valor S e pH, e dentre as propriedades físicas o DMP e massa de agregados > 2,0mm, podendo ser observadas os

grupos de pastagens na parte superior esquerda do diagrama. A menor dispersão observada nas amostras nessa época reflete uma menor variabilidade dos atributos do solo. Provavelmente o comportamento dessas características indicadoras da qualidade do solo está sendo proporcionado pela cobertura vegetal dessas pastagens, pelo efeito de proteção e deposição de material senescente, atribuído pela parte aérea destas gramíneas, o que condicionaria uma melhor distribuição do peso dos animais na área, uniformizando o solo quanto a sua estrutura em função do aporte de carbono ao solo.

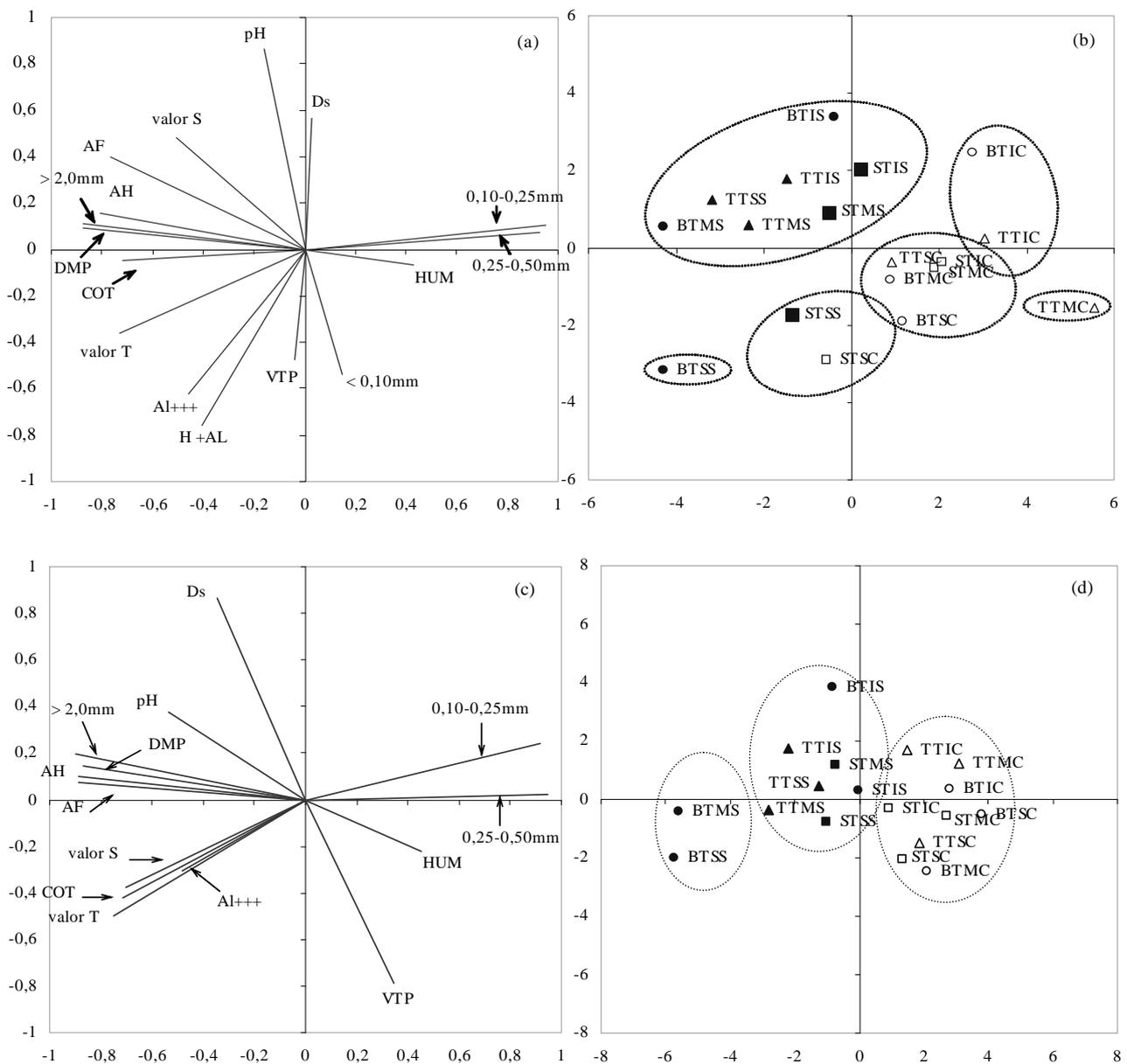


Figura 1. Diagrama de ordenação dos parâmetros físicos e químicos do solo (a) e (c) (0-10 cm) e das áreas com as diferentes coberturas, posição da encosta e épocas de coleta (b) e (d) (10-30 cm), produzidos por análise de componentes principais

Legenda: Braquiária (B), Tifton 85 (T) e Suázi (S); topo/terço superior (TS), terço médio (TM) e inferior (TI). Época seca (S) e Época chuvosa (C). **Exemplo:** BTSS-Braquiária Terço Superior época Seca.

Na época chuvosa, foram observados menores valores de COT, AH, AF, pH, DMP, massa de agregados > 2,0mm. Estas propriedades influenciaram em menor grau o comportamento das pastagens nessa época. Os atributos do solo que mais se correlacionaram com o as pastagens estudadas nessa época foram a massa de agregados menores, a DS e HUM. O terço inferior para a área de Braquiária e Tifton 85 foi o que apresentou maiores valores de correlação com DS, assim como para a massa de agregados menores de 0,50mm e a correlação negativa com COT, explicando essa separação das demais áreas de pastagens.

Houve uma separação da área com Tifton 85, o terço médio, o que pode ser explicado pelos menores valores de massa de agregados > 2,0mm e os maiores teores de HUM presentes nessa área

As demais áreas apresentaram menor dispersão, que pode ser vista na parte inferior direita do diagrama. A separação destas áreas em relação ao período seco e chuvoso se deveu, provavelmente as correlações negativas para os valores de COT, DMP, massa de agregados > 2,0mm e as frações mais solúveis da matéria orgânica nessa época, e as correlações positivas, que foram verificadas com os maiores valores de microagregação e teor de HUM presente no solo.

CONCLUSÃO

A distribuição do peso de agregados em função das classes de tamanho, em especial na classe > 2,0mm, e o teor de carbono orgânico mostraram-se como indicadores sensíveis aos efeitos dos tratamentos, tipos de gramíneas e sazonalidade.

A ACP possibilitou avaliar os efeitos multivariados dos atributos químicos e físicos do solo, separando as áreas estudadas em função sazonalidade

As coberturas de Braquiária e Tifton-85 estão promovendo melhorias nos atributos avaliados, demonstrando potencial para utilização em projetos de recuperação de áreas degradadas.

AGRADECIMENTOS

A todos os estagiários e bolsistas do Laboratório de Gênese e Classificação de Solos da UFRRJ e a Capes e Faperj, pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, D.L.; SANTOS, G.A.; DE POLLI, H; CUNHA, L. H.; FREIRE, L. R.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; PEREIRA, N. N. C.; EIRA, P. A.; BLOISE, R. M.; SALEK, R. C. **Manual de adubação para o Estado**

do Rio de Janeiro. nº2 Editora Universidade Rural. Itaguaí, RJ. 1988. 178p.

ALVARENGA, M. I. N.; DAVIDE, A. C. Características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 933-942, 1999.

ALVAREZ, R.; DIAZ, R.A.; BARBERO, N.; SANTANATOGLIA, O.J.; BLOTTA, L. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from three tillage systems. **Soil & Tillage Research**, 33:17-28, 1995.

BORÉM, R.A.T. & RAMOS, D.P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Mata Atlântica. **Cerne**, v. 8, n.2, p. 42-59, 2002

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico em um Latossolo Roxo Distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.527-538, 1998.

EMBRAPA/CNPS. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, RJ. 1997. 212p.

MEIRELLES, N.M.F. Degradação de pastagens: critérios de avaliação. In: *Anais...Encontro sobre recuperação de pastagens*, 1, Nova Odessa, 1993. p.27-48.

MENEZES, C.E.G.; SOUZA, J.M.P.F.; ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G. Atributos edáficos como indicadores de qualidade do solo em áreas com coberturas vegetais distintas, Pinheiral (RJ). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM SOIL FUNCTIONING UNDER PASTURES IN INTERTROPICAL AREAS. EMBRAPA Cerrados, Brasília, Brasil. (CD); 16-20 Outubro 2000.

OADES, J.M.;WATERS, S.G. Aggregate hierarchy in soils. **Australian Journal of Soil Research**, 29, p.815-828, 1991.

PEREIRA, W.L.M.; VELOSO,C.A.C.; GAMA, J.R.N.F. Propriedades químicas de um latossolo amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental. **Scientia Agricola**, v.57, n.3, p.531-537. 2000

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG.** UFV, 2001. 301p.

Rossi, C.R.; Monteiro, F.A. Doses de fósforo, épocas de coleta e o crescimento e diagnose nutricional nos capins

braquiária e colônio. **Scientia Agricola**, v.56, n.4, p.1101-1110, 1999.

SILVA, E. F.; PREMAZZI, L. M.; MENEGUELLI, N. A.; MACEDO, J.R.; ARAÚJO, F. O. Propriedades químicas do solo e produção de forragem em áreas de pastagens recuperadas em relevo forte ondulado na região noroeste do Estado do Rio de Janeiro. **Anais... XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (CD)**, Recife-PE, 2005, 4p.

SILVA, I.F. & MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:113-117, 1997.

SOUZA, E.R. **Alterações físico-químicas no deflúvio de três sub-bacias hidrográficas decorrentes da atividade agrícola**. Lavras, UFL, 1996. 91p. (Dissertação de Mestrado), 1996.

SOUZA, Z.M., MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e matéria orgânica em solos de relevos diferentes. **Pesquisa agropecuária. brasileira**, v.39, n.5, p.491-499, 2004.

TEBALDI, F.L.H; SILVA, J.F.C; VASQUEZ, H.M.; THIEBAUT, J.T.L. Composição mineral das pastagens das regiões norte e noroeste do Estado do Rio de Janeiro. 1 - Cálcio, fósforo, magnésio, potássio, sódio e enxofre. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v 29, n.2, p.603-615. 2000

TER BRAAK, C. J. F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology**, v. 67, p. 1167-1179, 1986.

VILELA, L., AYARZA, M.A., MIRANDA, J.C.C. AGROPASTORAL SYSTEMS: ACTIVITIES DEVELOPED BY CERRADOS Agricultural Research Center (EMBRAPA Cerrados). In: WORKSHOP ON AGROPASTORAL SYSTEMS IN SOUTH AMÉRICA. Ed. Tsutomu Hanno & Macedo, M.C.M. JIRCAS. **Working Report**, nº 19, Japão, p. 19-33. 2001.

WOHLENBERG, E.V.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J; BLUME, E. Dinâmica temporal da agregação de um solo franco arenoso sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 28:891-900, 2004.

ZIMMER, A.; SILVA, M.P. & MAURO, R. Sustentabilidade e impactos ambientais da produção animal em pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; PEDREIRA, C.G.S.; FARIA, V.P., eds. **Inovações tecnológicas no manejo de pastagens**. Piracicaba, FEALQ, 2002. p.31-58.