

EFEITO DO TEMPO DE USO DAS PASTAGENS SOBRE AS PROPRIEDADES DE UM LATOSSOLO AMARELO DA AMAZÔNIA CENTRAL¹

JOSÉ CARLOS CORREA² e KLAUS REICHARDT³

RESUMO - Com a remoção da cobertura vegetal natural e a instalação de pastagem tem ocorrido uma série de alterações nas propriedades químicas e físicas dos solos. O objetivo do trabalho foi identificar essas alterações químicas e físicas dos solos sob pastagem de *Brachiaria humidicola* com quatro, seis e dez anos em relação ao solo sob floresta. A adição das cinzas provenientes da queima da floresta, para a formação da pastagem elevou o nível da maioria dos nutrientes no solo. Com exceção do potássio, houve uma redução nos teores de bases trocáveis, em função do tempo de pastejo e, conseqüentemente, elevação nos teores de alumínio. Entretanto, a baixa disponibilidade de P e a compactação da camada superficial do solo foram os fatores que mais limitaram o desenvolvimento da *B. humidicola*.

Termos para indexação: solos tropicais, manejo de pastos, pastagens tropicais.

THE EFFECT OF TIME OF USE OF PASTURE ON PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF A YELLOW LATOSOL IN THE CENTRAL AMAZONIA

ABSTRACT - With the regrowth of vegetation following forest clearing, a series of changes have been noted in both the physical and chemical properties of the soil. The objective of this study was to compare soil from different-aged pastures of *Brachiaria humidicola* with soil from the forest to identify the changes in soil chemical and physical properties. The addition of ash resulting from the burn prior to establishing the pastures resulted in increased levels of most soil nutrients. With the exception of potassium, there was a reduction in levels of exchangeable base and consequently an increase in levels of aluminum as a function of time under pasture. However, the low availability of soil P and the compaction of superficial soil layers were the principal limiting factors to growth and development of *B. humidicola*.

Index terms: tropical soils, soil management, tropical pastures

INTRODUÇÃO

Nos últimos vinte anos a produção pecuária na Amazônia passou, de forma crescente, a ser desenvolvida em áreas originalmente de florestas, sendo que cerca de 5 milhões de hectares destas áreas, lo-

calizadas ao longo das rodovias de integração existentes na região, já foram transformadas em pastagens cultivadas (Veiga et al., 1985).

Na Amazônia Central, a área de floresta transformada em pastagem é pequena, em comparação com as áreas nos estados do Pará e Rondônia. Segundo Hecht (1983), no Estado do Amazonas cerca de 230 mil hectares de floresta foram transformados em pastagens até o ano de 1980. A maioria das pastagens na região encontra-se sobre Latossolo.

Pesquisas realizadas no Estado do Amazonas, através da EMBRAPA de Manaus (1981), com o objetivo de recuperar pastagens degradadas em Latossolo Amarelo muito argiloso, mostraram ser o P o nutriente mais limitante da produtividade, e que a dose de 50kg de P₂O₅/ha parece ser a mais viável na recuperação das pastagens em processo de de-

¹ Aceito para publicação em 9 de novembro de 1994.

Extraído da Tese de Doutorado apresentada pelo primeiro autor à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" em novembro de 1989.

² Eng. Agr. EMBRAPA-CPAC, Caixa Postal 08223, CEP 73001-970 Planaltina, DF.

³ Eng. Agr. Prof. Titular Dep. de Física e Meteorol. da E.S.A. "Luiz de Queiroz" e do Centro de Energia Nuclear da Agricultura, USP. Caixa Postal 96, CEP 13400 Piracicaba, SP.

gradação. Entretanto, em experimentos testando sistema de pastejo (contínuo e rotativo) foi observado que, apesar de o ganho de peso do animal/hectare do sistema contínuo ser um pouco superior ao do sistema rotativo, o pasto submetido ao sistema rotativo encontrava-se com a sua vitalidade praticamente intacta, ao passo que o submetido ao sistema contínuo mostrava sinais evidentes de queda de produtividade.

Como se observa, a fertilização não é o único fator do solo que atua sobre o rendimento forrageiro. Conforme Vicente-Chandler et al. (1964), as propriedades físicas e o manejo do solo também devem ser consideradas, pois, mesmo com a reposição de nutrientes, o potencial de produção das pastagens tropicais cai sensivelmente nos anos subsequentes à formação. Este fato foi confirmado por Pedreira (1972); nas condições de Brasil central. Tanner & Mamaril (1959) verificaram que o tráfego animal causava sérios problemas de compactação nos solos de textura fina, diminuindo o espaço poroso e a aeração, aumentando a densidade do solo e ocasionando uma redução na produtividade das pastagens. Lugo-Lopez (1960) verificou que o efeito combinado de altas densidades e maior volume de poros pequenos, aparentemente reduziu a penetração das raízes dos capins angola (*Brachiaria mutica*) e bermuda (*Cynodon dactylon*), ao passo que as raízes do colônio (*Panicum maximum*) penetraram através de horizontes densos onde predominavam poros pequenos. Ward et al. (1963) verificaram que o aumento da compactação e do conteúdo de água causavam forte depressão na concentração de zinco, principalmente quando o teor de P era alto.

O conhecimento básico da dinâmica do solo sob floresta é de grande importância para o entendimento das modificações físicas, químicas e biológicas que sofrem estes solos após a retirada da vegetação para o plantio da pastagem. O estudo das alterações que ocorrem nos solos quando cultivados teriam resultados mais consistentes utilizando-se um solo virgem e, a partir daí, submetendo-o às operações agrícolas desejadas e, periodicamente, analisando os parâmetros escolhidos.

Um fator limitante em estudos dessa natureza é o tempo gasto para a sua realização. Assim, a outra opção para a estimativa mais aproximada das ten-

dências das alterações antrópicas do solo é obtida através da seleção de um solo virgem e um cultivado, de modo que ambos devam ser bastante semelhantes no que diz respeito à sua classificação e situação topográfica, e sejam comparados através de análises selecionadas.

O presente trabalho tem por objetivo diagnosticar as alterações químicas e físicas do solo provocadas pelo manejo das pastagens.

MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram realizados em um experimento de pastejo (descrito posteriormente) conduzido no Campo Experimental de Zootecnia da EMBRAPA-UEPAE de Manaus, dentro do Distrito Agropecuário da SUFRAMA (Superintendência da Zona Franca de Manaus), localizado no Km 54 da BR 174, que liga Manaus a Boa Vista. A área está compreendida, aproximadamente, entre as coordenadas geográficas: 2°31' e 2°32' de latitude Sul e 60°01' e 60°02' de longitude a WGr.

O clima local, conforme a classificação de Köppen, é do tipo Am, caracterizado pelas estações de clima quente úmido, temperatura constantemente alta e precipitações pluviais anuais na ordem de 2.900 mm (Instituto de Pesquisa Agropecuária da Amazônia Ocidental, 1971).

O solo estudado foi classificado como Latossolo Amarelo muito argiloso, originado de sedimentos argilosos do Terciário, representado pela Série das Barreiras. Caracteriza-se por apresentar baixo teor de nutrientes disponíveis para as plantas e alta saturação em Al (Instituto de Pesquisa Agropecuária da Amazônia Ocidental, 1971).

Foram estudadas áreas contíguas sob floresta primária e pastagens de quatro anos (4 hectares), seis anos (quatro hectares) e dez anos (doze hectares). A área sob floresta é rica em espécies botânicas constituídas de vários estratos formados por plantas herbáceas, lenhosas, subarbustos, arbustos e árvores com porte acima de 30 metros de altura. As áreas sob pastagens foram originadas de uma parte da floresta que foi derrubada (através de motosserra e machado) e queimada. As biomassas queimada e não queimada foram deixadas sobre a superfície do solo. Nestas áreas foi plantado o capim-quicuiú da Amazônia (*Brachiaria humidicola*), através de mudas, com espaçamentos entre covas de 1,0 X 1,0 metro.

Após o estabelecimento de cada pastagem (aproximadamente dez meses após o plantio), foi colocada uma carga animal de um bovino/hectare (450 kg de peso vivo/hectare).

Áreas de 1 m² (1 metro x 1 metro) foram estaqueadas de 3,0 em 3,0 metros, em faixa de 150 metros, totali-

zando-se 50 "pontos" de amostragem, em cada parcela. A numeração (ordem crescente) das estacas, nas áreas sob pastagem, foi feita a partir da transição da floresta com a pastagem. Este delineamento regionalizado foi escolhido com a intenção de caracterizar a variabilidade espacial das propriedades estudadas, que é discutida em Corrêa & Reichardt (1989). Como a análise geoestatística não indicou dependência espacial das amostras, neste trabalho as observações foram tomadas como independentes e casuais, sem preocupação com sua distribuição espacial.

Nas áreas de 1 m², foram coletadas as partes aéreas (folhas e talos) normalmente consumidas pelo gado em pastejo. O material foi secado em estufa a 65°C, e pesado.

As medidas de resistência do solo à penetração foram feitas em pontos equilaterais, nas profundidades subseqüentes (0 a 10 cm e 10 a 20 cm), através do penetrômetro (Eykelkamp 70) com cone de 1cm² de superfície. Em seguida, foram coletadas amostras em cada camada, no centro dos pontos amostrados, para posteriores determinações de umidade.

Foram coletadas amostras de solo, em cada ponto de cada área, com cilindros metálicos, nas profundidades 0-10 cm e 10-20 cm, e colocadas em sacos de plástico para posterior determinação da densidade e da umidade.

As amostras de solo deformadas foram coletadas com enxada, em cada área, nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, para posteriores análises químicas e físicas: a) Carbono: determinado pelo método de Walkey & Black (Allison, 1965); b) Ca, Mg e Al: extraídos por KCl 1N, enquanto o K e P foram extraídos com a mistura de H₂SO₄ 0,025N e HCl 0,05N. O Ca e o Mg foram determinados

por espectrofotometria de absorção atômica; o K, por fotometria de chama; o Al, por titulação e o P, pelo método de Murphy & Riley (1962); c) Capacidade de campo e ponto de murcha permanente: determinados por gravimetria após equilíbrio com tensões de 0,1 atm e 15 atm, respectivamente, em extrator de placa porosa a pressão, segundo método descrito por Richards (1965).

Os dados foram analisados tendo por base um delineamento experimental inteiramente casualizado. Foram feitas análises de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo sob pastagem apresentou teores de bases trocáveis e de P solúvel significativamente superiores aos do solo sob floresta (Tabela 1). Parte desses elementos foram adicionados ao solo através das cinzas provenientes da queima da vegetação da floresta por ocasião da instalação das pastagens. Conforme Smith & Bastos (1984), as cinzas, provenientes da queima de uma floresta sobre um Latossolo Amarelo no Estado do Amazonas adicionaram, em um hectare, 82 kg de Ca, 22 kg de Mg, 19 kg de K e 19 kg de P. A Tabela 1 mostra que a ação corretiva das cinzas elevou o pH e, conseqüentemente, reduziu o teor de Al trocável no solo. Falesi (1976) e Baena (1977) estudaram o efeito das pastagens so-

TABELA 1. Disponibilidade de forragem e características químicas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm do Latossolo Amarelo sob floresta (FLO), pasto com 4 anos (P-4), pasto com 6 anos (P-6) e pasto com 10 anos (P-10). Médias de 50 repetições.

Área	Disp. de forragem (M.S.)	pH		Ca		Mg		K		Al		P		C	
		0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
	t/ha	-----meq/100 g-----													
		----- ppm -----													
		----- % -----													
FLO	-	4.4c*	4.4b	0.09b	0.07b	0.07c	0.04b	0.07b	0.04c	2.13a	1.60a	1.78b	1.28b	2.83a	1.71ab
P-4	7,00	4.9ab	4.6a	0.89a	0.27a	0.53a	0.20a	0.11b	0.06bc	0.94c	1.12b	3.34a	2.10a	3.00a	1.82a
P-6	1,66	5.0ab	4.7a	0.81a	0.21a	0.54a	0.15a	0.22a	0.12a	0.98bc	1.17b	2.80a	2.08a	2.94a	1.54b
P-10	0,35	4.7b	4.6b	0.67a	0.28a	0.32b	0.15a	0.18a	0.09ab	1.22b	1.22b	2.60ab	1.84a	2.91a	1.52b

* Na mesma coluna, os valores associados com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

bre o solo de diversas áreas em Paragominas, no Pará e no Norte de Mato Grosso, e observaram que o Al trocável chegou a ser completamente insolubilizado através da adição das cinzas provenientes da queima da vegetação natural.

A dinâmica das pastagens cultivadas em áreas de floresta tropical úmida tem sido discutida por Serrão et al. (1979) e Toledo & Serrão (1982). Esses pesquisadores demonstraram que a principal causa do declínio paulatino da produção das pastagens foi o decréscimo da fertilidade após a queima da vegetação. A Tabela 1 mostra que, com o tempo de pastejo, há uma redução nos teores de bases trocáveis e, conseqüentemente, elevação dos teores de Al. Observa-se que, com exceção do solo sob floresta, os níveis de K na camada de 0-10 cm do solo sob pastagem são superiores aos níveis críticos (0,1 meq/100 g) encontrados em solos tropicais por Boyer (1972), Braga & Brasil Sobrinho (1973), Raij (1973) e Ritchey et al. (1979).

O P solúvel no solo das áreas estudadas também decresceu com o tempo de pastejo (Tabela 1). Entretanto, em todas as áreas, os níveis desse elemento no solo são muito baixos em relação aos níveis críticos encontrados por Werner & Haag (1972) em capim-gordura (5 ppm) e Jaraguá (10 ppm). Considerando-se que o P desempenha importante papel no desenvolvimento do sistema radicular (Werner & Haag, 1972; Carvalho et al., 1973) e no perfilhamento das gramíneas (Werner & Mattos, 1972), a sua deficiência no solo foi um dos fatores que mais limitou a capacidade produtiva da gramínea

em estudo. Em relação ao teor de matéria orgânica observa-se que não houve diferença significativa entre o solo sob pastagem e sob floresta (Tabela 1).

Existem poucas pesquisas indicando a melhor proporção de nutrientes básicos no solo em diferentes culturas. Para Mc Lean (1976), a proporção entre cátions na CTC parece ser a orientação mais adequada para indicar níveis de nutrientes em solos intemperizados, muito pobres e de pH baixo. Conforme a Tabela 2, os maiores valores da CTC efetiva são encontrados na superfície do solo, devido à influência da matéria orgânica. Observa-se que a percentagem de Ca é muito baixa nas duas profundidades do solo sob floresta e baixa no solo sob pastagem. As percentagens de K e Mg são altas no solo sob pastagem e baixas no solo sob floresta. Para Salinas & Sanches (1981), a saturação crítica de Ca num Latossolo para o crescimento de *B. humidicola* foi de 9%, enquanto a saturação crítica de Al trocável foi de 89%. Em Porto Rico, Abruña et al. (1964) observaram que em solos típicos dos trópicos úmidos as altas produtividades dos capins elefante (*Pennisetum purpureum*), colônia (*Panicum maximum* Jacq.) e pangola (*Digitaria pentzi* Stent) foram conseguidas quando a camada superficial do solo apresentava 50% de saturação de bases (V%) e pH próximo de 4,8. Logo, as bases dos solos em estudo (Tabela 2) foram suficientes para o desenvolvimento da pastagem com *B. humidicola*, e o Al solúvel do solo não foi um fator limitante na produção dessa gramínea. A maior disponibilidade de forragem da *B. humidicola* foi obtida na pastagem de quatro anos (Tabela 1).

TABELA 2. Soma de bases (S), CTC efetiva (CTCef), percentagem de saturação em bases (V) e percentagem de cátions na CTCef Latossolo Amarelo (nas camadas de 0-10 e 10-20 cm) sob floresta (FLO), pasto com 4 anos (P-4), pasto com 6 anos (P-6) e pasto com 10 anos (P-10). Médias de 50 repetições.

Áreas	S		CTCef		V		Ca		Mg		K		Al	
	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
	meq/100g				cm									
FLO	0.23	0.15	2.36	1.75	9.70	8.57	3.81	4.00	2.96	2.28	2.96	2.28	90.25	91.42
P-4	1.53	0.53	2.47	1.65	61.94	32.12	36.03	16.36	21.45	12.12	4.45	3.63	38.05	67.87
P-6	1.57	0.48	2.55	1.65	61.56	29.09	31.76	12.72	21.17	9.09	8.62	7.27	38.43	70.90
P-10	1.17	0.52	2.39	1.74	48.95	29.88	28.03	16.09	13.38	8.62	7.53	5.17	51.04	70.11

A produtividade do solo não depende somente da quantidade suficiente de nutrientes, mas também do sistema poroso adequado nas camadas onde se desenvolvem as raízes das plantas. Entretanto, a alteração do sistema poroso, através da compactação, poderá alterar a permeabilidade, a drenagem, a retenção de água, a alteração da concentração de CO_2 na zona radicular, a resistência do solo à penetração de raízes e, conseqüentemente, a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Uma relação importante no estudo da compactação do solo é a densidade global, que é, na realidade, sua medida quantitativa mais direta. Na Tabela 3, pode-se observar que os valores de densidade global nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm do solo sob pastagens foram significativamente superiores aos do solo sob floresta. Na camada de 0-10 cm, houve uma tendência em aumentar a densidade global com o tempo de pastejo. Este fato foi observado por Vicente-Chandler & Silva (1960), quando estudaram o efeito do pisoteio em dois Latossolos e verificaram que a compactação resultante não atingiu profundidades superiores a 3 polegadas. A densidade global do solo sob pastagem de dez anos apresenta valores próximos aos valores máximos obtidos por Dias (1983) em um Latossolo com características semelhantes às do solo do presente estudo (Tabela 3). Esse autor, através do teste de compactação em laboratório (Proctor), observou que a densidade global aumentava com o número de golpes e com a umidade do solo. A maior densi-

dade global obtida foi de $1,27\text{g.cm}^{-3}$ no solo com 42% de umidade quando foi submetido a 27 golpes.

Uma das condições que tendem a maximizar a compactação é o solo estar com o teor de água inadequado para operações. Os solos argilosos com umidade muito elevada tornam-se plásticos, e com a excessiva compressão causada por equipamentos ou por pisoteio dos animais há um aumento da densidade global. Conforme Corrêa (1982), o Latossolo Amarelo muito argiloso do Estado do Amazonas é mais susceptível à compactação quando apresenta umidades superiores ao limite de plasticidade (42%). As umidades do solo (na capacidade de campo) sob floresta e pastagem (Tabela 3) são superiores às encontradas por Corrêa (1982), o que indica a alta tendência desse solo à compactação nessas condições de umidade.

A resistência do solo à penetração das raízes é considerada como um dos fatores responsáveis pelo desenvolvimento da planta. A Tabela 3 mostra que as maiores alterações da resistência do solo à penetração ocorreram na camada de 0-10 cm. Observa-se que nessa mesma camada o solo sob pastagem apresentou resistências à penetração significativamente superiores à do solo sob floresta, e que houve uma tendência em aumentar essa resistência com o tempo de pastejo. Taylor & Gardner (1963) observaram que em solo com a mesma densidade global a penetração das raízes diminuía com a redução do teor de água. Concluíram que essa redução aumentava a resistência do solo à penetração, fazendo

TABELA 3. Densidade global, resistência do solo à penetração e umidade do solo sob floresta (FLO), pasto com 4 anos (P-4), pasto com 6 anos (P-6) e pasto com 10 anos (P-10)¹

Área	Densidade global		Resistência à penetração		Umidade+		Umidade (c.c.)++		Umidade (pmp)++	
	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
	----g.cm ⁻³ ----		----kgf.cm ⁻² ----		----- % -----					
FLO	0,92c	1,06b	11,35c	15,32a	45,7	40,8	43,5	49,8	26,6	31,1
P-4	1,10a	1,15a	11,96c	13,42b	53,3	45,6	52,1	54,0	31,3	33,7
P-6	1,12a	1,15a	14,27a	15,48a	50,2	43,4	59,0	58,0	33,0	33,8
P-10	1,18b	1,15a	16,61a	14,88	39,8	42,1	51,0	54,6	30,6	33,6

¹ Na mesma coluna, os valores associados com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

+ Umidade do solo correspondente ao dia da amostragem (30.07.88), em % de volume.

++ Umidade do solo corresponde a capacidade de campo (cc) a 0.10 atm e ponto de murcha permanente (pmp) a 15 atm.

com que as raízes em expansão experimentassem um impedimento mecânico cada vez maior.

Muitas pesquisas têm indicado correlação entre a resistência do solo à penetração e o desenvolvimento das raízes. Nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm do solo sob pastagens, os valores de resistência à penetração (Tabela 3) foram superiores aos encontrados por Taylor et al. (1966). Segundo esses autores, mais de 60% das raízes penetraram no solo quando a resistência do solo à penetração foi de 2,3 Kgf.⁻²; porém, a percentagem de raízes decresceu para 35% quando a resistência do solo à penetração foi de 4,5 Kgf.cm⁻² e a penetração de raízes cessou, quando a resistência a penetração foi de 11,3 Kgf.cm⁻². Taylor & Burnett (1964) também observaram que as raízes de várias espécies de plantas não penetravam no solo argilo-arenoso, na capacidade de campo, quando a resistência do solo à penetração era entre 13,3 Kgf.cm⁻² e 13,6 Kgf.cm⁻².

Na Tabela 3, observa-se que, quanto maior o tempo de pastejo, menor o teor de umidade atual do solo e, conseqüentemente, maior a resistência do solo à penetração das raízes. Nestas áreas, pelo fato de o solo apresentar maior compactação, parte da água da chuva é perdida por escoamento superficial. Por outro lado, dada a pequena cobertura do solo, há uma tendência em elevar as perdas de água por evaporação. Apesar de a umidade atual do solo sob floresta e a pastagem serem superiores a 41% na camada de 0-10 cm, os valores correspondentes de resistência à penetração foram superiores aos encontrados por Dias (1983). Esse autor, através de correlações entre a resistência à penetração de raízes de um Latossolo (semelhante ao solo em estudo) e a umidade, observou que na profundidade de 0-10 cm o solo com 41% de umidade apresentou uma resistência à penetração de 7,4 Kgf.cm⁻² e, com 30% de umidade, a resistência foi de 26,2 Kgf.cm⁻². A Tabela 3 mostra que, com exceção da pastagem de dez anos, as resistências do solo à penetração de raízes foram obtidas quando os teores de umidade estavam próximo ao da capacidade de campo. Esses valores serão bastante elevados nos períodos mais secos do ano ou quando houver longos intervalos sem chuva. Conforme Relatório Técnico Bienal da UEPAE de Manaus (EMBRAPA, 1984), foi observado que,

durante cinco dias de estiagem, a camada de 0-20 cm de um Latossolo muito argiloso (cultivado com milho) com características semelhantes às do solo por nós estudado, atingiu uma percentagem de umidade de 29% correspondente ao ponto de murcha permanente.

CONCLUSÕES

1. O manejo do pasto com a *Brachiaria humidicola* manteve o teor de matéria orgânica na camada superficial do solo.
2. A baixa disponibilidade de P no solo sob pastagem foi a mais relevante limitação química no desenvolvimento da pastagem.
3. A redução de bases disponíveis (exceção para o K) e a elevação dos níveis de Al no solo, com o tempo de pastejo, não limitaram a produção da *B. humidicola*.
4. Houve aumento da compactação da camada superficial do solo sob pastagem em função do tempo de pastejo, e, conseqüentemente, um impedimento mecânico do solo à penetração das raízes da *B. humidicola*.

REFERÊNCIAS

- ABRUÑA, F.; VICENTE-CHANDLER, J.; PEARSON, R. Effect of liming on yields and composition of heavily fertilized grasses and on soil properties under humid tropical conditions. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, n.28, p.675-681, 1964.
- ALLISON, L.E. Organic carbon. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WITHE, J.L.E.; CLARK, F.E. (Eds). *Method of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1965. c.2, p.1367-1378.
- BAENA, A.R.C. *The effects of pasture (Panicum maximum) on the chemical composition of the soil after clearing and burning a typical tropical highland rain forest*. Ames: Iowa State University, 1977. 172p. Tese de Mestrado.
- BOYER, J. Soil potassium. In: BOYER, J. *Soil of the humid tropics*. Washington: National Academy of Sciences, 1972. p.102-135.

- BRAGA, J.M.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Formas de potássio e estabelecimento de nível crítico para alguns solos de Minas Gerais. I. Potássio disponível. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 20, n. 107, p. 53-64, 1973.
- CARVALHO, M.M. de.; MOZZER, O.L.; FRANÇA, G.E.; GONTIJO, V.F.M. Efeito da fertilização química sobre o rendimento e qualidade do capim jaraguá (*Hyparrhenia rufa* Ness) Stapf, em solo de cerrado. In: ANDRADE, I.F. de. **Programa de bovinos: pesquisa em andamento de pastagens e nutrição de ruminantes**. 1972/1973. Belo Horizonte: Programa Integrado de Pesquisas Agropecuárias do Estado de Minas Gerais, 1973.
- CORRÊA, J.C. Limites de consistência de solos da Amazônia Central e sua importância agrícola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.17, n.6, p. 917-921, jun, 1982.
- CORRÊA, J.C. ; REICHARDT, K. The spatial variability of Amazonian soil under natural forest and pasture. *Geojournal*, Dordrecht, v.19, n.4 p.423-427, 1989.
- DIAS, A.C.P. **Effects of selected land clearing methods on the physical properties of an Oxisol in the Brazilian Amazon**. Berkshire: University of Reading, 1983. 187p.
- EMBRAPA. Unidade de Execução de Pesquisa de Ambiente Estadual de Manaus (AM). **Relatório Técnico Anual**, 1981. Manaus, 1981. 202p.
- EMBRAPA. Unidade de Execução de Pesquisa de Ambiente Estadual de Manaus (AM). **Relatório Técnico Bienal**. 1982-1983. Manaus, 1984. 360p.
- FALESI, I.C. **Ecosistemas de pastagem cultivadas na Amazônia brasileira**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1976. 193p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim Técnico, 1).
- HECHT, S.B. Cattle ranching in the eastern Amazon: environmental and social implications. In: MORAN, E.F. **Dilema of Amazonian development**. Boulder: Westview Press, 1983. p.155-188.
- INSTITUTO DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS DA AMAZÔNIA OCIDENTAL. Convênio Levantamento pedológico da área do Distrito Agropecuário da SUFRAMA. **Solos do Distrito Agropecuário da SUFRAMA**. Manaus, 1971. 99p. (IPEAAOc. sér. solos, v.1, n.1).
- LUGO-LÓPEZ, M.A. Pore size and bulk density as mechanical soil factors impeding root development. *Journal Agriculture University Puerto Rico*, v.44, n.1, p.40-44, 1960.
- Mc LEAN, E. O. **Contrasting concepts in soil test interpretation; sufficiency levels of available nutrients versus basic saturation rations**. [S.l.:s.n.], 1976.
- MURPHY, J.; RILEY, J.R. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, Amsterdam, v.27, p.31-36, 1962.
- PEDREIRA, J.V.S. **Crescimento estacional dos capins colônia (Panicum maximum Jacq.), gordura (Melinis minutiflora Pal. de Beauv.) jaraguá (Hyparrhenia rufa (Ness) Stapf) e pangola de Taiwan A.24 (Digitaria pentzi Stent)**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1972. 117p.
- RAI, B. Van. Calibração do potássio trocável em solos para o feijão, algodão e cana de açúcar. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.26, n.6, p.575-579, 1973.
- RICHARDS, L.A. Physical condition of water in soil. In: BLACK, C.A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. pt.1, p.128-151. (Agronomy,9).
- RITCHEY, K.D.; SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Potássio em solo de cerrado. I. Resposta à adubação potássica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.3, p.25-32, 1979.
- SALINAS, J.G.; SANCHES, P.A. Soil plant relationships affecting varietal soil phosphorus. *Ciência e Cultura*. São Paulo, v.28, n.2, p.156-168, 1981.
- SERRÃO, E.A.S.; FALESI, I.C.; BEIGA, J.B.; TEIXEIRA, J.F. Productivity of cultivated pastures in low fertility soils of the Amazon of Brazil. In: SANCHEZ, P.A.; TERGAS, L.E. (Eds.). **Pasture production in soils of the tropics**. Cali: CIAT, 1979. p.195-226.
- SMITH, T.J.; BASTOS, J.B. Alterações na fertilidade de um Latossolo Amarelo Álico pela queima da vegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.8, n.1, p.1-66, jan/abr. 1984.
- TANNER, C.B.; MAMARIL, C.P. Pasture soil compaction by animal traffic. *Agronomy Journal*, Madison, v.51, n.6, p.329-331, 1959.
- TAYLOR, H.M.; BURNETT, E. Influence of soil strength on the root growth habits of plants. *Soil Science*, Baltimore, v.98, p.174-180, 1964.
- TAYLOR, H.M.; GARDNER, H.R. Penetration of cotton seedling taproots as influenced by bulk density, moisture content and strength of soil. *Soil Science*, Baltimore, v.96, p.153-156, 1963.

- TAYLOR, H.M.; ROBERTSON, G.M; PARKER, JUNIOR, J.J. Soil strength root penetration relations for medium-to coarse textured soil materials. *Soil Science*, Baltimore, v.102, p.18-22, 1966.
- TOLEDO, J.M.; SERRÃO, E.A.S. Pasture and animal production in Amazônia. In: HETCH, S.B.(Ed.). *Amazon agriculture and land use research*. Cali: CIAT, 1982. p.281-309.
- VEIGA, J.B. da.; SERRÃO, E.A.S.; PEDREIRA, C.A. *Adubação de estabelecimento do capim andropogon (*Andropogon gayanus Kunth*) em área de pastagens degradadas de Paragominas*. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1985. (EMBRAPA. CPATU. Comunicado Técnico, 57).
- VICENTE-CHANDLER, J; SILVA, J. Effects of nitrogen fertilization and grass species on soil physical conduction in some tropical pastures. *Journal of Agricultural University Puerto Rico*, v.44, p.77-86, 1960.
- VICENTE-CHANDLER, J. ; CARO-COSTA, R.; PEARSON, R.N.; ABRUNÁ, F.; FIGARELLA, J. SILVA, S. *The intensive management of tropical forages in Puerto Rico*. [S.l.]: Univ. P. Rico Agric. Exp. Station, 1964. (Bulletin, 18).
- WARD, R.C.; LANGIN, E.J.; OLSON, R.A. STUKENHOLTZ, D.D. Factors responsible for poor response of corn and grain sorghum to phosphorus fertilization. III. Effects of soil compaction, moisture, level and other properties on P relations. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.29,n.3, p.326-330, 1963.
- WERNER, J.C; HAAG, H.P. Estudos sobre nutrição mineral de alguns capins tropicais. *Boletim da Indústria Animal*, Nova Odessa, v.29, n.1,p.191-245, 1972.
- WERNER, J.C; MATTOS, H.B. Estudo de nutrição de capim-gordura. *Boletim da Indústria Animal*, Nova Odessa, v.29, n.1, p.175, 1972.