



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbc.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Brasil

Ferreira Melo, Valdinar; Schaefer, Carlos Ernesto G.R.; Ferreira Fontes, Luiz Eduardo; Chagas, Adriana Cláudia; Bosco Lemos Júnior, João; Pereira de Andrade, Renato
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MINERALÓGICA DE SOLOS DA COLÔNIA AGRÍCOLA DO
APIAÚ (RORAIMA, AMAZÔNIA), SOB DIFERENTES USOS E APÓS QUEIMA
Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 30, núm. 6, 2006, pp. 1039-1050
Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214060013>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

SEÇÃO VI - MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MINERALÓGICA DE SOLOS DA COLÔNIA AGRÍCOLA DO APIAÚ (RORAIMA, AMAZÔNIA), SOB DIFERENTES USOS E APÓS QUEIMA⁽¹⁾

Valdinar Ferreira Melo⁽²⁾, Carlos Ernesto G.R. Schaefer⁽³⁾, Luiz
Eduardo Ferreira Fontes⁽⁴⁾, Adriana Cláudia Chagas⁽⁵⁾, João Bosco
Lemos Júnior⁽⁵⁾ & Renato Pereira de Andrade⁽⁶⁾

RESUMO

Existem poucos estudos sobre os solos sob cultivo de subsistência em assentamentos rurais do norte da Amazônia. Os objetivos deste trabalho foram a caracterização de solos da Colônia Agrícola do Apiaú, Roraima, e a avaliação das alterações em algumas propriedades químicas resultantes dos sistemas de manejo adotados pelos agricultores, bem como os impactos da ação de queimadas nos solos. As áreas estudadas foram: pastagens, cultivo de banana e de milho, mata queimada e não queimada. As amostras de solos foram submetidas a análises químicas e mineralógicas. Foram encontrados Latossolos, Argissolos e Gleissolos, todos possuindo mineralogia caulinitica e expressivos teores de Ti, evidenciando elevado grau de intemperismo. Os Argissolos e Gleissolos possuem baixos teores de Fe. Os baixos teores de cátions trocáveis indicam a baixa fertilidade natural, com elevada saturação por Al no complexo sortivo na maioria dos solos. A pobreza química resultou em pouca variação química entre os diferentes solos. Comparativamente, a área cultivada com banana mostrou os maiores teores de cátions trocáveis e de P disponível no horizonte superficial, consequência da mineralização dos restos culturais pela ação do fogo e maior proximidade de afloramentos de rocha. A pobreza química extrema nos Argissolos refletiu-se na má qualidade da pastagem degradada. Os baixos teores totais de Zn, Cu e Mg indicaram sua baixa reserva e possível deficiência.

Termos de indexação: manejo do solo, solos da Amazônia, agricultura de subsistência.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada à Universidade Federal de Viçosa – UFV. Recebido para publicação em maio de 2005 e aprovado em agosto de 2006.

⁽²⁾ Professor Adjunto, Universidade Federal de Roraima – UFRR Campus do Cauamé, Boa Vista (RR). E-mail: valdinar@yahoo.com.br

⁽³⁾ Professor Adjunto do Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa – UFV. Pesquisador do CNPq. E-mail: carlos.schaefer@ufv.br

⁽⁴⁾ Professor Titular do Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa – UFV. E-mail: luizfontes@ufv.br

⁽⁵⁾ Mestre em Solos e Nutrição de Plantas, UFV. Ministério da Agricultura, Brasília (DF).

⁽⁶⁾ Mestrando em Geoquímica, Universidade de Campinas – UNICAMP. Campinas (SP). E-mail: renatoandrade@ige.unicamp.br

SUMMARY: PHYSICAL CHEMICAL AND MINERALOGICAL CHARACTERISTICS OF SOILS FROM THE AGRICULTURAL COLONY OF APIAÚ (RORAIMA, AMAZONIA), UNDER DIFFERENT LAND USES AND AFTER BURNING.

There are few studies on soils under slash-and-burn agriculture in settlements in Amazônia. The aim of this study was the soil characterization in the Apiaú Agricultural Colony, Roraima, and to evaluate changes in some soil chemical properties in function of the management systems and the impacts of burning to the soil properties. The studied areas were: pastures, cultivated with banana and maize, burned forest and natural forest. The samples were submitted to physical chemical and mineralogical analysis. The soils are highly weathered Argisols, Latosols and Gleisols, all with kaolinitic mineralogy. The Argisols and Gleisols have low iron contents and high titanium oxides contents, and are highly weathered. The low exchangeable cations amounts determine the very low fertility, with high exchangeable aluminium saturation in the soils. The poor chemical status of the soils results in little variation between the different environments studied. The area cultivated with banana showed the highest values of exchangeable cations and available P in the surface horizon, due to organic matter mineralization after burning, and proximity to rock outcrops. The extreme chemical dystrophy in the degraded pastures is associated with abundance of weeds. The low total amounts of zinc indicate that zinc deficiency may occur, depending on which forms are present.

Index terms: soil management, Amazon soils, burning, slash-and-burn agriculture, Amazonia.

INTRODUÇÃO

A região amazônica apresenta um conjunto de conflitos de interesses, tendo como eixos centrais a questão ecológica e a necessidade de garantir a sobrevivência e qualidade de vida da população local (Homma, 1998). Em virtude do avanço da fronteira agrícola na Região Amazônica, a floresta, como ecossistema em equilíbrio, vem sofrendo grandes alterações em sua estrutura natural, agravada por oscilações climáticas relacionadas com El Niño. Este avanço torna-se ainda mais preocupante, tendo em vista que 78 % dos solos da região são ácidos e de baixa fertilidade natural, o que limita o uso contínuo na agricultura (Sanchez, 1976). Algumas exceções são os Gleissolos da planície aluvial do rio Amazonas, os solos de terraços e baixos planaltos das bacias do Acre e do Alto Amazonas, todos influenciados por sedimentos andinos ou calcários, além de poucas áreas dispersas de afloramentos de rochas máficas (Schaefer et al., 2000). Tais áreas são pouco expressivas e, em muitos casos, apresentam outras limitações ao uso agrícola, além da baixa fertilidade dos solos.

Em sua maioria, os sistemas de produção baseiam-se na remoção da floresta, com a introdução da pecuária bovina, colonização agrícola, exploração madeireira e a mineração, que são exemplos de exploração não-sustentáveis, nos moldes vigentes (Fearnside, 1993). Estas práticas têm levado ao

decréscimo acelerado da fertilidade dos solos, já naturalmente reduzida, causando degradação das terras (Barbosa, 1991). O pouco uso de fertilizantes e corretivos compromete a sustentabilidade dos sistemas agrícolas praticados na região (Schaefer et al., 2000).

Como consequência da necessidade de produzir alimentos, os recursos naturais de Roraima (solo e biomassa) sofrem forte pressão de ocupação, sendo substituídos pela agricultura e pela pecuária. Esta situação traz, muitas vezes, resultados indesejáveis à sustentabilidade do ambiente, já que a agricultura é de derruba e queima. Nos anos de 1998 e 1999, Roraima revelou ao mundo o maior impacto do fogo descontrolado sobre florestas nativas e campos cerrados já observado, sendo notícia de destaque em jornais nacionais e internacionais. Neste contexto, a Colônia Agrícola do Apiaú, no município de Mucajaí, foi a região em que o fogo atingiu proporções mais devastadoras, por ter como base a agricultura itinerante e pecuária baseada no uso do fogo para renovação das pastagens, agravada, ainda, pela forte seca naqueles anos.

Segundo Neary et al. (1999), os impactos do fogo sobre a sustentabilidade dos solos ocorrem em razão de alterações estruturais e funcionais nos ecossistemas locais. Para estes autores, a alteração no aporte de nutrientes, o aumento da temperatura da superfície do solo e as mudanças na taxa de evaporação são os principais impactos que a mudança ou remoção da

vegetação podem trazer para os sistemas edáficos. O aumento da temperatura do solo com o uso do fogo pode provocar a oxidação da matéria orgânica, concentrando os teores de P ligados a Al, Fe e Ca e diminuindo os teores de P de compostos orgânicos, além de reduzir os teores de Ca, K e Mg na solução do solo pela lixiviação (Fassbender & Bornemisza, 1987).

Há necessidade de estudos que avaliem as características dos solos nas áreas agrícolas de assentamentos da Amazônia, como a colônia do Apiaú, investigando as mudanças em alguns atributos edáficos resultantes da prática constante de queimada e do manejo adotado, visando soluções técnicas adequadas para o manejo dos frágeis agroecossistemas amazônicos.

Este estudo teve por objetivos avaliar as principais características físicas, químicas e mineralógicas dos solos e dos sistemas de exploração das terras da colônia Apiaú, estudando, com maior detalhe, alguns atributos edáficos relacionados com o impacto do uso do fogo e das formas de uso e manejo do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área e coleta das amostras

A área em estudo pertence ao assentamento Apiaú, município de Mucajaí, região central do Estado de Roraima (Figura 1), localizada entre as coordenadas $2^{\circ} 00' \text{ e } 3^{\circ} 00' \text{ N}$ e $61^{\circ} 11' 18'' \text{ e } 62^{\circ} 00' \text{ W}$. O

domínio geológico é de granitos, granodioritos e gnaisses do pré-cambriano, seguido por material terciário, sedimentos argilo-arenosos e arenosos do quaternário, e sedimentos inconsolidados em áreas de várzeas, relevo variando entre plano e suave ondulado com altitudes que variam entre 100 e 180 m, excluindo-se as serras (Brasil, 1975). O clima é classificado como Am (tropical chuvoso com período seco), segundo Köppen, com precipitações anuais médias em torno de 2.000 mm, (Barbosa, 1991).

As informações sobre o uso das terras foram obtidas por meio de entrevistas com os proprietários de cada área, separando-as em quatro áreas distintas, de acordo com o ambiente, idade e tipo de uso, assim codificados: (Figura 1 e Quadro 1).

As quatro áreas indicadas no quadro 1 e figura 1 podem ser descritas em detalhe conforme segue.

1. Pastagem de *Braquiaria humidicola* + *Braquiaria brizantha* em Gleissolo Háptico distrófico (PBhb1) em terraço alto, Pastagem de *Braquiaria humidicola* + *Braquiaria brizantha* em Argissolo Amarelo distrófico (PBhb2), ambos em uso por dez anos, mata não queimada (MNQ1), mata queimada (MQ1) e plantio de milho (PM) por dois anos em Argissolo Amarelo distrófico, localizados na estrada vicinal 08.

2. Pastagem de *Braquiaria humidicola* em Gleissolo Háptico distrófico (PBhb1) e em Argissolo Amarelo distrófico cultivados por sete anos (PBhb2), mata primária queimada acidentalmente em 1998 (MQ2) e mata não queimada (MNQ2) em Argissolo Amarelo distrófico, localizados na estrada vicinal 07.



Figura 1. Localização geográfica da área estudada. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento Ambiental do Departamento de Meio Ambiente do Estado de Roraima.

Quadro 1. Código e descrição dos usos da terra e pedopaisagens da Colônia do Apiaú, estudados no presente trabalho

Área	Uso (código)	Perfis de solo	Descrição da área
1	PBhb1	P1	Pastagem com 10 anos de Braquiaria humidicola + B. brizantha em Gleissolo de Terraço
1	PBhb2	P2	Pastagem com 10 anos de Braquiaria humidicola + B. brizantha em Argissolo de Terra Firme
1	MNQ1		Mata Primária não queimada em Argissolo Amarelo de Terra Firme
1	MQ1		Mata Primária queimada (1998) em Argissolo Amarelo de Terra Firme
1	PM		Plantio de Milho (1 ano) em Argissolo Amarelo de Terra Firme
2	PBh1	P3	Pastagem de Braquiaria humidicola queimada (1998) em Gleissolo
2	PBh2	P4	Pastagem de Braquiaria humidicola queimada (1998) em Argissolo Amarelo
2	MNQ2		Mata Primária não-queimada em Argissolo Amarelo de Terra Firme
2	MQ2		Mata primária queimada (1998) em Argissolo Amarelo de Terra
3	PBan	P5	Plantio de Banana em Latossolo Amarelo coluvial
3	MQ3		Mata Primária Queimada (1998) em Latossolo Amarelo coluvial
3	PC	P6	Capoeira (Juquira) de 5 anos, com gramíneas esparsas
4	PBbr	P7	Pastagem degradada com 15 anos de Braquiaria brizantha em Argissolo Amarelo de rampa de Terra Firme
4	PBba	P8	Pastagem degradada com 15 anos de Braquiaria brizantha em Argissolo Amarelo de topo de Terra Firme

3. Plantio de banana há cinco anos, que sofreu queima acidental total, em 1998, em Latossolo Vermelho-Amarelo (PBan), mata queimada (MQ2) e Capoeira (Juquira) de cinco anos (PC), servindo como pasto, localizados na estrada vicinal 10.

4. Pastagem com mais de 15 anos de *Braquiaria brizantha*, em rampa (PBbr) ou topo (PBba), em Argissolo Amarelo distrófico com sinais de degradação severa e infestada por invasoras, localizados na estrada vicinal 02.

Foram descritos oito perfis e realizadas quatorze amostragens compostas para avaliação da fertilidade na camada superficial (0–10 cm), em três repetições, coletadas num raio de 30 m em torno dos perfis, segundo o esquema descrito no quadro 1. Os solos foram descritos, conforme Lemos & Santos (1996). No laboratório, as amostras foram secas ao ar, destorroadas e tamisadas em peneiras de 2 mm de malha, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA).

Análises físicas, químicas e mineralógicas

Procedeu-se à análise textural dos solos, quantificando-se as frações areia grossa e fina, silte e argila, argila dispersa em água e calculando-se o grau de floculação, conforme Embrapa (1997).

O pH em água e em solução de KCl 1 mol L⁻¹ foi determinado por potenciometria, utilizando a proporção de 1:2,5 (v/v) de solo:solução. Os cátions trocáveis,

extraídos em KCl 1 mol L⁻¹ (Ca²⁺ e Mg²⁺), foram determinados por espectrometria de absorção atômica. O Al³⁺, extraído por KCl 1 mol L⁻¹, foi determinado titulometricamente com NaOH 0,025 mol L⁻¹. A acidez potencial (H + Al) foi determinada por meio de extração com acetato de Ca 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0 e quantificada por titulação com NaOH. As formas disponíveis de P, K e Na foram extraídos por Mehlich-1, determinando-se o K e Na por fotometria de chama, e o P, por colorimetria (Embrapa, 1997). A partir dos resultados obtidos do complexo sortivo, foram calculados os valores de soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions total (T) e efetiva (t), saturação por bases (V) e saturação por Al (m).

Na TFSA de cada horizonte, foram quantificados os teores de Si, Al, Fe, Ti e P, extraídos pelo ataque sulfúrico (Embrapa, 1997), com posterior cálculo dos índices Ki e Kr.

O Fe associado aos minerais de baixa cristalinidade dos horizontes subsuperficiais foi extraído com oxalato de amônio conforme McKeague & Day (1966), e o Fe livre foi extraído por meio do ditionito-citrato-bicarbonato (DCB) (Jackson et al., 1986), em três extrações sucessivas. As determinações foram efetuadas por espectrometria de emissão em plasma induzido. O Fe associado aos minerais cristalinos foi calculado pela diferença entre o Fe extraído por DCB (Fe_a) e o Fe extraído por oxalato (Fe_o).

Os teores de Zn, Cu e Mn da TFSA foram determinados por meio de digestão total em forno microondas (Etnoplus Microwave Labstation), sob pressão, à temperatura de 30 a 180 °C (cinco minutos), para estabilizar, e, em seguida, por aquecimento a 210 °C, por 25 min, controlado pelo software Easywave. A digestão inorgânica foi promovida com 5 mL de HCl, 5 mL de HNO₃ e 8 mL de HF adicionado a 0,50 g de solo, com posterior determinação dos teores dos elementos em aparelho de espectrometria de emissão em plasma induzido.

A mineralogia foi identificada por meio de difração raios X, nas frações argila e silte. Na fração argila natural e desferrificada, foram preparadas lâminas orientadas, que foram irradiadas no intervalo de ângulo de varredura (2θ) entre 2 e 40° com velocidade do goniômetro de 2 ° 2θ/min, utilizando-se radiação CuKα com filtro de Ni (Whithing & Allardice, 1986). As lâminas de silte foram analisadas nas mesmas condições da fração argila natural. Todos os difratogramas foram interpretados de acordo com Chen (1977).

Os solos foram classificados pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos físicos

As principais classes de solos observadas foram Argissolos Amarelos, nas encostas; Latossolos Amarelos distróficos, nos topos das terras firmes, e Gleissolos distróficos, nas áreas baixas de várzeas. A maioria apresentou composição granulométrica com predomínio da fração areia e baixos valores de silte (Quadro 2), implicando baixas reservas de nutrientes. Os solos apresentaram cores desde amareladas até gleizadas, com forte contraste de cores nos horizontes de superfície e subsuperfície dos Argissolos (Quadro 2). Valores mais elevados de argila e silte foram observados nos perfis 4, 5 e 6, os quais revelaram uma textura argilosa no horizonte B. Mesmo assim, a relação silte/argila indicou um estágio de intemperismo avançado, corroborando os dados observados pela Embrapa (1982) e confirmados pelas análises químicas (Quadro 5). Isto denota uma predominância de solos de fertilidade muito baixa nas áreas de rochas cristalinas da região, como apontado em estudos prévios por Sombroek (1966) e Andrade et al. (1997).

A coesão foi observada nos perfis 7 e 8, classificados como Argissolos Amarelos distróficos latossólicos coesos, representando pedoambiente onde a remoção da mata original se processou há mais de 15 anos para

o estabelecimento da pastagem, em área com características transicionais para cerrado. A coesão em Roraima é uma característica comum observada em solos cauliniticos sobre a formação Boa Vista (Schaefer, 1997; Vale Júnior, 2000), associada ao clima mais seco e a maiores teores de areia fina. Não foi observada coesão nos solos de áreas mais planas sob vegetação florestal, textura argilosa, e menores teores de areia fina. Tal fato ilustra que o manejo pode alterar propriedades físicas (como coesão) em solos desta natureza.

Mineralogia

A composição mineralógica da fração argila destes solos mostrou-se relativamente homogênea (Quadro 3), predominando a caulinita, com menor proporção de goethita e pouco ilita. Na fração silte, observou-se a presença marcante de quartzo e pequenas quantidades de feldspato, ilita, ilmenita e rutilo. Portanto, a composição mineralógica da fração silte apresentou baixo potencial para contribuir com reserva de nutrientes nos solos.

A composição mineralógica dos solos reflete, de certo modo, a pobreza do material de origem (granitos, gnaisses e sedimentos quaternários e terciários) (Brasil, 1975) associado aos acentuados processos de intemperismo químico, que predominam nos ambientes, resultante de uma precipitação anual em torno de 2.000 mm.

A mineralogia caulinitica dos solos concorda com os valores de Ki encontrados, entre 1,3 e 2,0 (Quadro 3), não diferenciando dos solos comuns da Amazônia (Möller, 1986; Silva, 1989). Nenhum dos solos mostrou evidências de gibbsita na fração argila. Os teores relativamente baixos de Fe livre pelo ataque sulfúrico, observados em todos os perfis, estão em conformidade com as classes de solos estudadas (Embrapa, 1982), com valores variando amplamente, de 3,4 g kg⁻¹, no Gleissolo, até 72 g kg⁻¹ de Fe₂O₃ no Latossolo Amarelo. Os teores de óxidos de titânio são mais destacados nos Latossolos, pela presença de minerais, como rutilo e ilmenita, indicando forte grau de intemperismo destes solos, mas o perfil 1 de Gleissolo e o perfil 2 de Argissolo mostraram também teores muito elevados de TiO₂, indicando acentuado pré-intemperismo.

Os valores de capacidade máxima de adsorção de fósforo da TFSA são consistentes com a mineralogia, sendo bem superiores no Latossolo Amarelo, em virtude da textura argilosa e maior grau de intemperismo, com maior teor de Fe livre e total, corroborando os de Novais e Smyth (1999), bem como dados recentes publicados para Latossolos (Rolim Neto et al, 2004). Os valores no Gleissolo e nos Argissolos são baixos, e comparáveis aos descritos em solos da Amazônia por Silva (1999) e Lima (2001), pois refletem o menor grau

Quadro 2. Classificação e características físicas dos perfis estudados

Perfil	Solo	Símbolo	Hor.	Prof.	AG	AF	S	r	s/r	rN	GF	Cor (seca)	Classe Textural
				cm	g kg ⁻¹					g kg ⁻¹	%		
1	Gleissolo Háplico Tb distrófico	GXbd	Ap	0-7	770	130	20	80	0,25	10	87	5/5 PB	Areia
			A2	7-20	690	180	50	80	0,62	30	61	6/5 PB	Areia Franca
			Btg1	20-43	540	200	80	180	0,44	110	39	5Y 7/1	Franco-Argilo-Arenosa
			Btg2	43-80+	530	190	60	220	0,27	100	53	7/5 PB	Franco-Arenosa
2	Argissolo Amarelo distrófico latossólico	PAd	Ap	0-12	690	120	50	140	0,36	40	71	10YR 4/1	Franco-Arenosa
			BA	12-28	550	170	20	260	0,08	10	95	10YR 6/2	Franco-Argilo-Arenosa
			Bt1	28-52	490	150	40	320	0,12	80	75	10YR 6/2	Franco-Argilo-Arenosa
			Bt2	52-80+	510	120	30	340	0,09	02	99	10YR 7/3	Franco-Argilo-Arenosa
3	Gleissolo Háplico Tb distrófico	GXbd	Ap	0-8	470	200	90	240	0,37	70	69	5Y 5/1	Franco-Argilo-Arenosa
			A2	8-24	370	150	90	390	0,23	160	58	10YR 7/1	Argilo-Arenosa
			AC	24-46	510	100	50	340	0,15	170	49	10YR 6/1	Franco-Argilo-Arenosa
			Cg1	46-70	510	90	50	350	0,14	90	72	10YR 6/1	Argilo-Arenosa
			Cg2	70-100+	620	80	60	240	0,25	04	98	2,5Y 8/1	Franco-Argilo-Arenosa
4	Argissolo Amarelo distrófico	PAd	Ap	0-14	670	80	80	170	0,47	110	38	10YR 6/6	Franco-Arenosa
			BA	14-25	470	90	100	340	0,29	70	80	10YR 6/8	Franco-Argilo-Arenosa
			Bt1	25-48	450	60	100	360	0,43	04	82	10YR 7/8	Franco-Argilo-Arenosa
			Bt2	48-80	230	90	230	450	0,51	02	87	10YR 7/8	Argila
			Bt3	80-106+	230	60	250	460	0,45	03	99	10YR 8/8	Argila
5	Latossolo Amarelo distrófico	LAd	Ap	0-6	290	170	140	400	0,35	120	70	10YR 5/4	Argila
			AB	6-22	270	200	220	310	0,71	150	50	10YR 5/6	Franco-Argilo-Arenosa
			Bw1	22-52	210	180	220	390	0,56	07	98	10YR 6/8	Argila
			Bw2	52-86+	130	160	280	430	0,65	30	92	10YR 6/8	Argila
6	Latossolo Amarelo distrófico	LAd	A ₁	0-10	150	200	270	380	0,71	80	77	10YR 5/4	Franco-Argilosa
			AB	10-18	140	200	260	400	0,65	130	66	10YR 7/6	Argila
			BA	18-26	110	180	300	410	0,73	190	54	10YR 7/8	Argila
			Bw1	26-58	100	180	260	460	0,56	190	59	10YR 6/8	Argila
			Bw2	58-80+	110	140	240	510	0,47	02	99	10YR 7/8	Argila
7	Argissolo Amarelo distrófico latossólico coeso	PAd	Ap	0-14	490	310	60	140	0,43	60	54	10YR 6/1	Franco-Arenosa
			BA	14-29	370	290	80	260	0,31	120	53	10YR 6/2	Franco-Argilo-Arenosa
			Bt1x	29-56	350	270	90	290	0,31	150	48	10YR 6/2	Franco-Argilo-Arenosa
			Bt2x	56-93+	320	210	150	320	0,47	01	99	7,5YR 7/6	Franco-Argilo-Arenosa
8	Argissolo Amarelo distrófico latossólico coeso	PAd	Ap	0-10	600	240	60	100	0,60	30	65	10YR 5/1	Areia Franca
			BA	10-23	450	240	90	220	0,41	50	76	10YR 6/2	Franco-Argilo-Arenosa
			Bt1x	23-46	420	240	80	260	0,31	80	70	10YR 6/2	Franco-Argilo-Arenosa
			Bt2x	46-90+	400	210	50	340	0,15	20	96	10YR 6/3	Franco-Argilo-Arenosa

AG - Areia grossa; AF - Areia fina; s - silte; r - Argila; s/r - Relação silte argila; rN - Argila dispersa em água; GF - Grau de floculação.

Quadro 3. Composição mineralógica das frações argila e silte das amostras de solos coletados na Colônia Agrícola do Apiaú, Roraima

Perfil	Solo	Horizonte	Argila	Silte
1	GXbd	Btg2	Ct, Mi/Il	Qz, Fs, Ct
2	PAd	Bt2	Ct, Gt	Qz Ct, Mi/Il, Ilm
3	GXbd	Cg2	Ct, Gt, Mi/Il	Qz, Ct
4	PAd	Bt2	Ct, Mi/Il, Gt	Qz, Ct, Ilm, Ru
5	LAd	Bw2	Ct, Gt, Mi/Il	Qz, Ilm, Ct, Gb, Mi/Il, Ilm, Ru
6	LAd	Bw2	Ct, Gt, Mi/Il	Qz, Ilm, Ct, Gb, Mi/Il, Ilm, Ru
7	PAd	Bt2x	Ct, Mi	Qz, Mi, Ct,
8	PAd	Bt2x	Ct, Mi	Qz, Mi, Ilm

Ct- caulinita, Mi-mica, Il-ilita, Gt- goethita, Qz-quartzo, Ilm-ilmenita, Ru- rutilo, Gb-gibbsita.

de desenvolvimento relativo dessas classes. Segundo Curi et al. (1988) apresenta valor médio (entre 1,0-2,5 mg g⁻¹) no Latossolo e valores baixos (< 1,0 mg g⁻¹) nos demais.

Atributos químicos dos perfis

Pelas características químicas dos solos em estudo, pode-se inferir sobre suas limitações e sobre os efeitos provocados pelos diferentes tipos de uso (Quadros 5 e 6). O pH em H₂O em todas as amostras apresentou níveis de acidez de média a fraca, com valores variando de 5,5 a 7 na maioria dos horizontes superficiais.

A acidez mostrou-se acentuada com o aumento da profundidade dos solos. Os valores de ΔpH (pH KCl - pH H₂O) indicaram carga líquida negativa, refletindo a natureza caulinitica e a pobreza química. Apesar do caráter distrófico generalizado, valores um pouco mais elevados de saturação por bases nos horizontes superficiais devem-se à ciclagem biológica e à incorporação de cinzas pela queima da biomassa. O perfil 5 (LAd), coletado em área próxima à serra do Apiaú e cultivada com banana, comportou-se diferentemente dos demais, apresentando alcalinidade fraca na profundidade de 0–10 cm, aparentemente como consequência da mineralização dos restos culturais da banana após o evento de queima em 1998, ou de aportes de sedimentos mais ricos das serras próximas.

Fertilidade dos Solos e efeitos do uso

Os solos apresentaram baixos níveis de fertilidade, excetuando-se a área de LA (perfil 5) plantada com banana, onde os teores de P e K mostraram-se adequados, com teores médios de Ca²⁺ e Mg²⁺, na camada de 0–10 cm, de acordo com o indicado pela CFSEMG (1999). O incremento de fertilidade nesta área deveu-se à capacidade da bananeira em extrair nutrientes e retorná-los ao solo através da ciclagem biológica, já que dois terços da parte aérea produzida durante o seu ciclo vegetativo retornam ao solo em forma de pseudocaules e folhas (Silva et al., 1999). Outro fator que deve ter contribuído para a maior fertilidade do solo sob banana foi a mineralização decorrente da queima intensa, ocorrida dois anos antes da amostragem, bem como a reduzida perda em razão da cobertura vegetal e das condições de relevo de topo mais plano. O aporte de nutrientes pela proximidade da Serra do Apiaú poderia ser também destacado: observou-se que as melhores produtividades de banana estavam sempre associadas a áreas de sopés de serras e afloramentos rochosos, onde a fertilidade é maior.

Para avaliar os efeitos do fogo, seria recomendável monitorar a dinâmica dos nutrientes ao longo do perfil e do tempo. Segundo Smyth (1996), verificou-se forte incremento imediato dos teores das bases e redução do Al³⁺ após eventos de queima em áreas de capoeira, pastagem e floresta primária, seguidos de posterior redução acentuada desses valores aos teores originais ou menores, após três anos.

Nas outras áreas em estudo, observou-se pequeno incremento dos teores de nutrientes nos horizontes superficiais, não sendo, porém, expressivo a ponto de representar condições favoráveis de fertilidade. Tal fato ilustra a fragilidade desses pedoambientes, quando cultivados de forma contínua. Estes teores são atribuídos à contribuição da matéria orgânica, através da ciclagem biológica. Em relevo mais ondulado, os nutrientes mineralizados da matéria orgânica passam a ser perdidos por erosão.

Com a redução dos teores de cátions, como Ca, Mg e K (principalmente nos perfis 3, 6, 7 e 8), o Al passou a dominar o complexo de troca, promovendo limitações ao desenvolvimento da maioria das culturas. A influência das cinzas na neutralização da acidez trocável foi bem evidenciada nos horizontes superficiais do perfil 6, onde houve um aumento dos cátions trocáveis pela queima dos restos culturais da bananeira (Quadro 6).

Embora todas as áreas tenham apresentado teores de P baixos a muito baixos, exceto a área de cultivo com banana, a área 4 (pastagem de braquiária de 15 anos, degradada) revelou os menores valores de P disponível, fato comum nas pastagens degradadas em Roraima (Vale Júnior, 1998), as quais dependem totalmente da ciclagem biológica ou de aportes de fertilizantes (Quadro 6). Deve-se destacar, contudo, que os solos mais velhos (Latossolos) mostraram boa reserva de P total extraído pelo ataque sulfúrico (Quadro 4), até mais de dez vezes superiores aos dos teores encontrados nos Argissolos, o que denota um bom potencial de fornecimento para plantas nativas perenes com habilidade de extrair formas pouco disponíveis de P, principalmente ligadas a Fe. Tais valores foram corroborados pelas análises de correlação em que foram obtidos valores de r iguais a 0,9226***, para Fe total e P total; 0,9479***, para Fe extraído por ditionito e P total e 0,8333** para Fe extraído por oxalato e P total, não havendo correlações significativas entre as formas de P total e Al.

A pobreza extrema, principalmente nos perfis 7 e 8, ambos coesos, refletiu-se na má qualidade da pastagem, com presença significativa de invasoras, indicadoras de solo degradado, e vegetação herbácea, sem recuperação da mata original (savanização). Nestes casos, os baixos teores totais de P tiveram influência destacada.

Formas de ferro

Os teores de Fe, obtidos das extrações sucessivas e cumulativas por DCB (Quadro 7), variaram de 0,98 g kg⁻¹ (GXbd) a 64,13 g kg⁻¹ (LAd), nos horizontes diagnósticos de subsuperfície. Estes valores, expressivamente baixos, seguiram uma tendência de valores obtidos por Silva (1999), em solos do Acre, Vale

Quadro 4. Teores de Si, Al, Fe, Ti e P (extraídos com ácido sulfúrico) e índice Ki das amostras de solos coletadas na Colônia Agrícola do Apiaú, Roraima

Perfil	Solo	Horizonte	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	CMAF	Ki
			g kg ⁻¹					mg g ⁻¹	
1	GXbd	Ap	19,5	27,8	4,5	8,3	1,2	0,234	1,23
		A ₂	37,3	46,1	8,7	18,4	0,8		1,42
		Btg1	74,2	66,9	8,9	18,9	0,6		1,95
		Btg2	90,3	80,1	8,1	21,0	0,7		1,98
2	PAd	Ap	66,2	103,4	14,2	26,1	1,1	0,368	1,13
		BA	115,1	116	21,7	31,3	1,2		1,75
		Bt1	127,2	117,5	22,7	29,7	1,2		1,91
		Bt2	149,6	126,9	23,6	29,3	1,2		2,07
3	GXbd	Ap	93,2	60,7	5,4	4,1	0,8		2,70
		A ₂	93,9	86,5	7,7	5,9	0,5		1,91
		AC	89,6	101,7	5,2	4,6	0,4		1,55
		Cg1	83,6	109,2	6,2	4,9	0,5		1,35
		Cg2	111,7	96,6	3,4	3,7	0,5		2,04
4	PAd	Ap	49,2	99,8	18,9	4,1	0,8		0,87
		BA	59,1	154,1	32,4	6,4	0,6		0,67
		Bt1	94,1	158,5	34,4	6,3	0,8		1,04
		Bt2	164,0	154,7	38,0	8,0	0,6		1,87
		Bt3	188,0	169,8	34,6	7,2	0,5		1,95
5	LAd	Ap	68,4	111,8	50,5	20,6	4,0		1,08
		AB	73,7	128,8	55,8	20,1	3,8		1,01
		Bw1	126,0	140,2	62,2	20,7	3,5		1,58
		Bw2	124,0	147,8	67,0	20,8	3,5		1,48
6	LAd	A1	113,0	137,7	52,5	18,3	4,5	1,721	1,44
		AB	75,7	136,4	56,9	20,4	3,8		0,98
		BA	92,4	146,5	61,1	19,7	3,5		1,11
		Bw1	139,0	161	68,0	21,8	3,3		1,52
		Bw2	160,0	182,5	72,0	19,0	3,3		1,54
7	Pad	Ap	59,6	79,6	08,1	12,3	0,7		1,32
		BA	76,1	100,4	10,0	11,3	0,6		1,33
		Bt1x	106,0	116,8	10,6	09,1	0,7		1,60
		Bt2x	187,0	166,1	11,9	09,1	0,6		1,98
8	Pad	Ap	39,1	79,0	6,4	10,6	0,7	0,326	0,87
		BA	92,0	112,4	8,3	9,8	0,7		1,44
		Bt1x	107,0	121,3	9,4	9,9	0,5		1,55
		Bt2x	122,0	130,7	10,4	10,2	0,5		1,64

Júnior (2000), em solos de Roraima, e Lima (2001), em solos de terra firme do Amazonas. Porém, os teores de Fe nos Gleissolos foram bem inferiores aos obtidos por Lima (2001) e Silva (1999), para os Gleissolos dos Estados do Amazonas e do Acre, respectivamente. O material de origem pré-intemperizado e as condições pedoclimáticas atuais da região Amazônica foram fatores determinantes para os teores de Fe (Lima, 2001). O grau de intemperismo e os processos pedogenéticos de remoção por ferrólise atuaram fortemente. No presente caso, considerando os teores de Fe nos LA como referência dos pedossistemas bem drenados, todos os solos onde houve coesão e podzolização (Argissolos) ou hidromorfismo (Gleissolos) mostraram perdas de Fe e argilas por ferrólise, a

exemplo do descrito por Schaefer & Dalrymple (1996) e Andrade et al. (1997) para outros solos do norte da Amazônia.

Os maiores teores de Fe extraído com DCB foram encontrados nos Latossolos (perfis 5 e 6) decorrentes do maior grau de evolução, boa drenagem e do caráter mais oxidado desses solos, indicando, ainda, variabilidade nos teores deste elemento nos diferentes pedoambientes (Brasil, 1975; Brandão & Freitas, 1994; Andrade et al., 1997).

Os valores de Fe extraído por oxalato de amônio, indicadores de minerais de Fe de baixa cristalinidade, foram semelhantes aos obtidos por Silva (1999) e Lima (2001), em solos do Amazonas e do Acre, respectiva-

Quadro 5. Atributos químicos das amostras de solos da Colônia Agrícola do Apiaú, Roraima

Solo	Hori- zonte	pH		C	Al ³⁺	H + Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	t	T	V	m	P
		H ₂ O	KCl													
dag kg ⁻¹																

mente, e superiores aos obtidos por Vale Júnior (2000), trabalhando com solos da serra de Pacaraima (Roraima), onde predominam rochas vulcânicas ácidas.

Os Gleissolos (perfis 1 e 3), conforme esperado, apresentaram relações Fe_o/Fe_d que confirmam o predomínio de minerais de baixa cristalinidade, embora em pequena quantidade, tendo em vista os valores de Fe livre total serem extremamente baixos, decorrentes do hidromorfismo sazonal que provoca a remoção dos óxidos de Fe com conseqüente descoloração do solo (Motta & Kämpf, 1992).

Teores totais de Zn, Cu e Mn

Os teores totais dos micronutrientes (Zn, Cu e Mn) na fração terra fina, resultantes do ataque total pela

digestão triácida (Quadro 8), representaram a reserva total dos solos. O Zn revelou um comportamento bem definido, aumentando com a profundidade do solo e com teores de argila, exceção do perfil 8, sendo os Latossolos (perfis 5 e 6) os solos que mostraram maiores teores, situando-se dentro da faixa dos teores médios para solos em geral, variando de 17 a 125 mg kg⁻¹, Raij (1991), e acompanhando os maiores teores de Fe extraído pelo ataque sulfúrico (Quadro 3). No entanto, a disponibilidade deste elemento para as culturas pode resultar em deficiência, visto que depende das formas como o Zn encontra-se no solo, podendo estar relacionadas com o material de origem, mineralogia do solo e condições de acidez (Wilkinson, 1972).

Quadro 6. Características químicas das amostras superficiais (0–10 cm), coletadas nas diversas condições de uso e condições naturais de solos da Colônia Agrícola do Apiaú. Valores representam a média de três repetições

Área	Uso	pH		H + Al	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K	P	C
		H ₂ O	KCl							
				cmol _c dm ⁻³				mg kg ⁻¹		dag kg ⁻¹
1	PBhb1	5,9	4,7	2,25	0,16	0,65	0,43	27,89	2,28	1,13
	PBhb2	6,3	5,4	2,34	0,00	2,23	0,38	60,96	2,31	2,14
	MNQ1	5,7	4,7	3,96	0,07	1,05	0,39	58,63	6,76	2,18
	MQ1	6,5	5,7	2,51	0,00	3,47	0,23	79,47	4,51	2,71
	PM	6,6	6,0	1,83	0,00	2,81	0,32	33,91	2,34	1,87
2	PBh1	6,1	4,7	4,69	0,02	1,51	0,49	65,06	1,22	2,18
	PBh2	6,4	5,7	2,17	0,00	2,25	0,29	86,86	1,02	1,29
	MNQ2	6,0	4,6	3,59	0,03	0,93	0,22	72,17	0,69	0,82
	MQ2	5,9	4,8	6,14	0,03	1,92	0,41	77,06	1,18	2,92
3	PBan	7,2	6,7	1,81	0,00	7,36	0,07	39,81	14,42	2,42
	MQ3	4,2	3,6	9,48	0,49	0,27	1,42	50,82	1,22	2,25
	PC	5,8	4,8	3,42	0,00	2,15	4,03	75,40	1,01	1,53
4	PBbr	5,5	4,4	3,52	0,03	1,14	4,02	63,28	0,72	0,39
	PBba	5,4	4,4	3,43	0,10	0,03	5,16	54,71	0,71	0,77

⁽¹⁾ Valores médios. PBhb1 - Pastagem de Brachiaria humidicola + brizantha em terraço; PBhb2 - Pastagem de Brachiaria humidicola + brizantha em terra firme; MNQ1 – Mata não queimada; MQ1 – Mata queimada; PM – Plantio de milho em Argissolo Amarelo; PBh1 - Pastagem de Brachiaria humidicola queimada em Gleissolo; PBh2 - Pastagem de Brachiaria humidicola em Argissolo, queimada; MNQ2 – Mata não queimada em Argissolo Amarelo, MQ2 - Mata queimada em Argissolo Amarelo; PBan – Plantio de Banana em Latossolo Amarelo; MQ3 – Mata queimada em Latossolo Amarelo; PC – pasto de capoeira; PBbr Pastagem de Brachiaria brizantha em rampa; PBba - Pastagem de Brachiaria brizantha na parte alta.

Quadro 7. Teores de ferro extraídos por DCB e por oxalato de amônio, de horizontes subsuperficiais de solos da Colônia Agrícola do Apiaú

Perfil	Solo	Horizonte	Fed (extrações sucessivas)				Feo	Feo/Fed	Fec
			1 ^a	2 ^a	3 ^a	Total			
			g kg ⁻¹						
1	GXbd	Btg2	0,87	0,09	0,02	0,98	0,60	0,60	0,38
2	PAd	Bt2	12,62	1,80	0,10	14,52	0,30	0,02	14,2
3	GXbd	Cg2	0,79	0,11	0,12	1,02	0,50	0,39	0,52
4	PAd	Bt2	15,46	6,58	1,95	23,99	0,10	0,01	23,9
5	LAd	Bw2	44,62	10,34	1,55	56,51	2,70	0,04	53,8
6	LAd	Bw2	52,89	9,39	1,85	64,13	2,10	0,03	62,0
7	PAd	Bt2x	6,21	0,93	0,04	7,18	0,20	0,02	7,0
8	PAd	Bt2x	4,67	0,71	0,22	5,60	1,60	0,25	4,0

Fed - Ferro ditionito, Feo - Ferro oxalato, Fec - Ferro cristalino.

Os teores de Cu seguiam uma tendência de decréscimo com a profundidade do solo e estavam acima dos valores médios para solos não contaminados, entre 6 e 60 mg kg⁻¹ (Raij, 1991). Estes

valores mais elevados na superfície do solo podem estar associados à capacidade da matéria orgânica em complexar Cu. Lima (2001) obteve valores também superiores à média global, tanto na fração argila

Quadro 8. Teores de Zn, Cu e Mn do ataque triácido da fração terra fina seca ao ar

Perfil	Solo	Horizonte	Zn	Cu	Mn
————— mg kg ⁻¹ —————					
1	GXbd	Ap	15,11	584,14	274,31
		Btg2	30,48	235,18	476,20
2	PAd	Ap	23,57	163,05	769,38
		Bt2	24,44	170,38	551,71
3	GXbd	Ap	21,13	109,71	121,61
		Cg1	21,60	68,35	85,91
4	PAd	Ap	24,88	55,70	69,14
		Bt1	30,30	22,22	58,66
5	LAd	Ap	75,39	18,67	550,13
		Bw2	85,53	16,62	261,18
6	LAd	A	48,63	88,99	245,51
		Bw2	100,97	122,52	220,12
7	PAd	Ap	53,07	111,35	190,14
		Bt2x	58,43	82,98	117,83
8	PAd	Ap	49,30	96,44	142,97
		Bt _{2x}	47,74	13,60	173,17

quanto na fração silte, seguindo uma tendência de decréscimo com a profundidade para Latossolos e Gleissolos da Amazônia Ocidental.

O Mn total não apresentou perfil definido, porém os valores estão dentro da faixa de distribuição (entre 200 e 800 mg kg⁻¹) dos solos em geral (Raij, 1991). Os teores de Mn dos Gleissolos e Argissolos (perfis 3 e 4, respectivamente) podem representar indícios de deficiência do elemento, dependendo da forma como este elemento esteja complexado com os demais constituintes mineralógicos e orgânicos do solo.

CONCLUSÕES

1. A área em estudo abrangeu um domínio de Latossolos ou Argissolos nas terras firmes, e Gleissolos, nas áreas de baixadas, todos apresentando avançado grau de intemperismo. Predomina a textura franco-argilo-arenosa e a natureza caulínica da fração argila dos solos.

2. Nos Argissolos da área de transição para cerrado, a coesão manifestou-se nos horizontes de subsuperfície. Nos Argissolos e Gleissolos, foram observadas perdas de Fe e argila por ferrólise, com teores muito baixos

de todas as formas de Fe e baixas reservas de P total extraído pelo ataque sulfúrico. Nos Latossolos, o P total do ataque sulfúrico foi bem mais elevado, indicando formas de P ligadas a Fe, de baixa disponibilidade. Por outro lado, a capacidade máxima de adsorção de P foi bem maior no latossolo, e baixa nos demais solos, sendo compatível com a mineralogia e textura.

3. Os teores de Fe totais, cristalinos e de baixa cristalinidade foram baixos, compatíveis com as classes de solos estudadas (Latosolos > Argissolos > Gleissolos), diminuindo acentuadamente, nos Gleissolos, com as formas de baixa cristalinidade representando de 49 a 60 % do Fe livre total. Os Gleissolos mostraram-se muito pobres quimicamente, em comparação a outros Gleissolos de várzeas da Amazônia, não suportando cultivos contínuos.

4. Os solos foram de baixa fertilidade e distróficos em geral, com teores de Al trocável muito variáveis. A ação do fogo não promoveu variações expressivas nos teores de Al trocável entre os ambientes, exceto no Latossolo cultivado com banana, cuja proximidade de afloramentos de rochas e evento de queima, concorreram para o aumento dos teores de nutrientes na camada superficial.

5. A pobreza química extrema nos Argissolos e o fenômeno de coesão física refletiram-se na má qualidade das pastagens mais antigas e degradadas, com 15 anos de uso.

6. Constatou-se que a agropecuária familiar em moldes de subsistência, em cultivo itinerante, mostra-se pouco viável na Colônia Agrícola do Apiaú, exceto em solos próximos às serras, sob influência de afloramentos de rocha. Considerando o quadro edafoclimático da região do Apiaú representativo das áreas florestadas do sul de Roraima, onde predominam solos semelhantes, há necessidade de um zoneamento prévio para aumentar as chances de sucesso no processo de assentamento dirigido no estado de Roraima.

LITERATURA CITADA

- ANDRADE, H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; DEMATTÊ, J.L. & ANDRADE, F.V. Pedogeomorfologia e micropedologia de uma seqüência de Latossolo - Areia Quartzosa hidromórfica sobre rochas cristalinas do estado do Amazonas. Geonomos, 1:55-66, 1997.
- BARBOSA, R.I. Erosão do solo na Colônia Agrícola do Apiaú, Roraima, Brasil. B. Museu Integrado Roraima, 1:22-40, 1991.
- BRASIL. Ministério das Minas Energia. Projeto RADAMBRASIL. Folha NA. 20. Boa Vista e parte das Folhas NA. 21. Tumucumaque, NB. 20 Roraima e NB.21. Rio de Janeiro, 1975. 428p.

- BRANDÃO, R.L. & FREITAS, A.F. Programa de levantamentos geológicos básicos. Serra do Ajarani. Folha NA. 20-X-C-VI, Estado de Roraima. Brasília, CPRM, 1994. 164p.
- CHEN, P.Y. Table of key by lines in X-ray power diffraction patterns of minerals in clays and associated rocks. Bloomington, Dep. Nat. Res. Geol. Sur., 1977. 67p.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO NO ESTADO DE MINAS GERAIS-CFSEMG. Recomendações de adubação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação. RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., eds. Viçosa, MG, 1999. 352p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 1999. 169p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Levantamento de Reconhecimento de Baixa Intensidade dos Solos e Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras do Projeto de Colonização Apiaú - Território Federal de Roraima. Rio de Janeiro, 1982. 175p.
- FASSBENDER, H.W. & BORNEMISZA, E. Química de suelos com ênfase en suelos de América Latina. 2.ed. São José, 1987. 420p.
- FEARNSIDE, P.M. Deforestation in Brazilian Amazonia: the effect of population and land. *AMBIO*, 22:537-545, 1993.
- HOMMA, A.K.O. Amazônia: meio ambiente e desenvolvimento agrícola. Brasília, Embrapa, 1998. 412p.
- JACKSON, M.L.; LIM, C.H. & ZELAZNY, L.W. Oxides, hydroxides and aluminosilicates. In: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis*. Parte 1. Madison, SSSA, 1986. p.101-150. (Book Series 5)
- LEMOES, R.C. & SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 2.ed. Campinas, SBSC/SNLCS, 1996. 45p.
- LIMA, H.N. Gênese, química e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 176p. (Tese de Doutorado)
- McKEAGUE, J.A. & DAY, J.H. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. *Can. J. Soil Sci.*, 46:13-22, 1966.
- MÖLLER, M.R.F. Mineralogia de argila de solos da região Amazônica brasileira. SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., Belém, 1984. Anais. Belém, Embrapa-CPATU, 1986. p.214-223.
- MOTTA, P.E.F. & KÄMPF, N. Iron oxide properties as support to soil morphological features for prediction of moisture regimes in Oxisols of Central Brasil. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 155:385-390, 1992.
- NEARY, G.D.; KLOPATEK, C.C.; DeBANO, L.F. & FFOLLIOTT, P.F. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *For. Ecol. Manag.*, 122:51-71, 1999.
- RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Ceres/Potafos, 1991. 343p.
- SANCHEZ, P.A. Properties and management of soils in the Tropics. New York, John Wiley & Sons, 1976. 618p.
- SCHAEFER, C.E.R.G. & DALRYMPLE, J.B. Pedogenesis and relict properties of soil with columnar structure. *Geoderma*, 71:1-17, 1996.
- SCHAEFER, C.E.G.R. Ecogeography and human scenario in Northeast Roraima, Brazil. *Ci. Cult.*, 49:241-252, 1997.
- SCHAEFER, C.E.G.R.; LIMA, H.N.; VALE JÚNIOR, J.F. & MELLO, J.W.V. Uso dos solos e alterações da paisagem na Amazônia: cenários e reflexões. B. Museu Paraense Emílio Goeldi, Ser. Ci. Terra, 12:63-104, 2000.
- SILVA, J.T.A.; BORGES, A.L. & MALBURG, J.L. Solo, adubação e nutrição de bananeira. *Inf. Agropec.*, 20:21-36, 1999.
- SILVA, J.M.L. Caracterização e classificação de solos do terciário do nordeste do Estado do Pará. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1989. 190p. (Tese de Mestrado)
- SILVA, J.R.T. Solos do Acre: caracterização física, química e mineralógica e adsorção de fosfato. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 117p. (Tese de Doutorado)
- SMYTH, T.J. Manejo da fertilidade do solo para produção sustentada de cultivos na Amazônia, In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F. & FONTES, M.P., eds. *O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p.71-93.
- SOMBROEK, W.G. Amazon soils. A reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region. Pudoc, Wageningen, 1966. 292p.
- VALE JÚNIOR, J.F. Pedogênese e alterações dos solos sob manejo itinerante, em áreas de rochas vulcânicas ácidas e básicas, no nordeste de Roraima. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 185p. (Tese de Doutorado)
- WHITTING, L.D. & ALLARDICE, W.R. X-ray diffraction techniques. In: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis*. Part 1: physical and mineralogical methods. Madison, American Society of Agronomy, 1986. p.331-362.
- WILKINSON, H.F. Movement of micronutrients to plants roots. In: MORTVERT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., eds. *Micronutrients in agriculture*. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p.139-169.