

# DIVISÃO 1 - SOLO NO ESPAÇO E NO TEMPO

## Comissão 1.1 - Gênese e morfologia do solo

### GÊNESE, QUÍMICA E MINERALOGIA DE SOLOS DERIVADOS DE SEDIMENTOS PLIOPLEISTOCÊNICOS E DE ROCHAS VULCÂNICAS BÁSICAS EM RORAIMA, NORTE AMAZÔNICO<sup>(1)</sup>

Udine Garcia Benedetti<sup>(2)</sup>, José Frutuoso do Vale Júnior<sup>(3)</sup>, Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer<sup>(4)</sup>, Valdinar Ferreira Melo<sup>(5)</sup> & Sandra Cátia Pereira Uchôa<sup>(6)</sup>

#### RESUMO

A influência do material de origem, variando de sedimentos Pliopleistocênicos a rochas vulcânicas básicas, e da posição topográfica na gênese de solos foi estudada em uma topossequência representativa da região das savanas da bacia do rio Cauamé, em Roraima. O estudo objetivou diferenciar os solos por meio de atributos físicos, químicos e mineralógicos. Foram amostrados e descritos morfologicamente 14 perfis de solos, em uma topossequência no sentido norte-sul e num transecto no sentido leste-oeste, com identificação das seguintes classes: Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelhos, Argissolos Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Plintossolos, Gleissolos, Neossolos Flúvicos e Vertissolos. A mineralogia da fração argila foi determinada por difratometria de raios X. Os processos pedogenéticos e as características dos solos foram estreitamente relacionados com variações topográfico-hidrológicas e material de origem. Os solos formados a partir de sedimentos pré-intemperizados da formação Boa Vista apresentaram invariavelmente baixa fertilidade, acidez moderada a forte e predomínio de caulinita na fração argila, com baixos teores de óxido de Fe. Os solos desenvolvidos

<sup>(1)</sup> Parte da Dissertação de Mestrado do 1º autor, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Roraima – UFRR. Recebido para publicação em janeiro de 2010 e aprovado em dezembro de 2010.

<sup>(2)</sup> Professor Efetivo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima – IFRR. Bairro Pricumã, CEP 69303-340 Boa Vista (RR). E-mail: ubenedetti@click21.com.br

<sup>(3)</sup> Professor Associado II - Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Roraima – UFRR. BR 174, s/n, CEP 69304-000 Boa Vista (RR). E-mails: vale.junior@click21.com.br

<sup>(4)</sup> Professor Associado, Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa – UFV. Av. pH Rolfs s/n, CEP 36570-000 Viçosa (MG). Bolsista CNPq. E-mail: Carlos.schaefer@ufv.com.br

<sup>(5)</sup> Professor Adjunto do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Roraima – UFRR. BR 174, s/n, CEP 69304-000 Boa Vista (RR). E-mail: valdinar@yahoo.com

<sup>(6)</sup> Professora Associada III, Centro de Ciências Agrárias, UFRR. E-mail: scpuchoa@dsi.ufrr.br

de basalto ou de sedimentos com influência máfica são eutróficos, com saturação por bases alta e presença de argilominerais de camada 2:1. A ocorrência de solos eutróficos, de pontuações carbonáticas degradadas e de Vertissolos sob vegetação de savana nesse setor do norte amazônico indica condições paleoclimáticas bem mais secas no Quaternário, quando houve formação de carbonatos nos horizontes inferiores dos Vertissolos, em depressões fechadas.

**Termos de indexação:** solos da Amazônia, paleoclimas da Amazônia, solos de savana, Paleossolos semiáridos do Quaternário.

**SUMMARY:** *GENESIS, CHEMISTRY AND MINERALOGY OF SOILS DERIVED FROM PLIO-PLEISTOCENE SEDIMENTS AND FROM VOLCANIC ROCKS IN RORAIMA – NORTH AMAZONIA*

*The influence of parent material, varying from Plio-Pleistocene sediments and basic volcanics, and topographic position, to soil genesis, was studied in a topolitossequence typical of savanna at the Cauamé River catchment, Roraima. We aimed to describe the soil variability under savanna by means of chemical, physical and mineralogical attributes. Fourteen soil profiles were described and samples, allowing the identification of the following classes: Yellow Latosol, Red Latosol, Yellow and Red-Yellow Argisols, Plinthosols, Gleisols, Fluviic Neosols and Vertisols. The mineralogy was determined by DRX. The pedogenetical processes and soil characteristics were closely related with topographical-hydrological variation and underlying lithology. Soils derived from pre-weathered sediments of the Boa Vista Formation are generally of low fertility, with high acidity and kaolinite mineralogy and low Fe-oxides contents. Soils developed from Basalt or under the influence of alluvia with mafic contribution all showed high base saturation (eutric) and clay mineralogy with the presence of 2:1 clays, with varying amounts of kaolinite. The occurrence of Vertisols, degraded carbonatic nodules and eutric soils under savanna indicate Quaternary drier paleoclimates in this part of north Amazonia, during which carbonates were formed in the lower horizons of Vertisols, in closed depressions.*

*Index terms:* Amazon soils, Amazon paleoclimates, savanna soils, late Quaternary semi-arid soils.

## INTRODUÇÃO

A maioria das pesquisas sobre os solos nas áreas sob savana em Roraima revelou grau relativamente avançado de intemperismo, baixa fertilidade natural, reação ácida e presença de caulinita como o principal mineral da fração argila, além de limitações físicas dos solos para uso agrícola (Embrapa, 1982a,b; 1984; Vale Júnior, 2000; Melo, 2002; Melo et al., 2006). Contudo, estudos anteriores também revelaram a presença de solos alterados por Na (Schaefer et al., 1993) ou com argila de alta atividade sob savana, o que foi interpretado como herança paleoclimática mais seca na região (Schaefer et al., 1993; Schaefer & Dalrymple, 1996; Melo et al., 2010c).

As principais classes de solo caracterizadas e mapeadas até hoje nas savanas de Roraima são: Latossolos, Argissolos, Gleissolos, Plintossolos, Neossolos Flúvicos e Neossolos Quartzarênicos, sendo em geral distróficos e ácidos (Embrapa, 1990a,b; Vale Júnior, 2000; Melo et al., 2006; Vale Júnior et al.,

2007) e algumas manchas de Chernossolos, Cambissolos e Nitossolos eutróficos, derivados de diabásio e basalto (Melo et al., 2010b), além dos solos alterados por Na (Schaefer et al., 1993).

Na região da Serra do Taiano e Serra de Pacaraima, no norte do Estado, estudo dos solos em rochas vulcânicas ácidas e básicas, sob condições mais úmidas de transição savana/floresta (Vale Júnior, 2000), identificou que os processos pedogenéticos e as características dos solos foram relacionados com as variações da topografia e do material de origem. Esse autor observou o predomínio de solos de baixa fertilidade e ácidos, com caulinita dominante, embora com exceções, como as áreas de solos eutróficos com argilominerais 2:1 do Taiano, nos limites da unidade dos Patamares e Tabuleiros sedimentares da região do Baixo Uraricoera.

Melo (2002) realizou estudos de solos em duas áreas sob savana e sob floresta no Estado de Roraima: uma mais seca, no extremo norte (Maloca do Flechal), na região de Raposa Serra do Sol, cujos solos, derivados

de rochas vulcânicas básicas, sob savana, apresentaram mineralogia mais diversificada, com ocorrência de esmectita, caulinita e óxidos de Fe e Al, claramente determinados pela posição topográfica e condições pedoclimáticas atuais ou pretéritas. Na outra área mais úmida, sob floresta, na região central do Estado (Colônia Agrícola do Apiaú) esse autor identificou uma mineralogia da fração argila homogênea e caulínica em solos distróficos, derivados de rochas granítico-gnáissicas.

O Estado de Roraima apresenta carência muito grande de estudos mais detalhados de solos, sendo as principais referências os levantamentos de solos realizados pela Embrapa (1983; 1982a,b; 1984), Brasil (1975) e pesquisas concentradas no nordeste do Estado (Schaefer, 1994; Vale Júnior, 2000; Melo et al., 2010b).

O presente estudo objetivou a caracterização de solos da bacia do Rio Cauamé, comparando solos derivados de materiais de origem típicos da região das savanas de Roraima – (1) sedimentos pré-intemperizados da Formação Boa Vista e (2) rochas basálticas e colúvios dela derivados (Formação Apoteri) –, a fim de elucidar a gênese dos solos no contexto da paisagem central das savanas de Roraima.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no campus do Cauamé da Universidade Federal de Roraima (UFRR), município de Boa Vista – RR, à margem esquerda do rio Cauamé, distando 1,1 km à esquerda da BR 174, sentido Boa Vista-Pacaraima, com área total de 624,8 ha (Figura 1).

A área do campus do Cauamé corresponde à superfície de aplainamento Quaternária, denominada Pediplano Rio Branco, com cotas altimétricas variando

de 60 a 160 m. A área de estudo é caracterizada pela ocorrência de sedimentos Pliopleistocênicos inferior a médio (Formação Boa Vista), interrompidos por afloramentos basálticos da Formação Apoteri (Jurássico inferior a médio) (Melo et al., 2010b).

O Pediplano Rio Branco estende-se desde as proximidades da capital Boa Vista até a Serra de Pacaraima ao norte, com domínio de savana. Ao sul, até as proximidades de Caracaraí, predomina savana (Campo Cerrado) interrompida por Floresta Estacional. Compreende uma área extensamente plana, algumas vezes interrompida por pequenas ondulações e depressões incipientes, por onde meandram igarapés, intermitentes ou não, marcados por um alinhamento de veredas de buritis e inúmeras lagoas fechadas ou parcialmente drenadas por esses igarapés (Schaefer, 1994, 1997; Vale Júnior, 2000).

O relevo é predominante plano a suave ondulado, com declividades de 1,5 a 8 %, formando uma extensa superfície de aplainamento, elaborada durante longa fase climática seca no Pleistoceno inferior a médio (Brasil, 1975; Schaefer, 1994).

De acordo com Brasil (1975), o clima é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, pertencente ao domínio de clima Tropical Chuvoso, quente e úmido, com nítido período seco, após sofrer alternados períodos secos e úmidos.

A área estudada apresenta o domínio de savanas, variando entre savana parque e savana gramíneo-lenhosa, com alguns alinhamentos de veredas de buritizeiros e buritiranas (formações pioneiras); ao longo do rio Cauamé encontra-se vegetação do tipo mata ciliar.

As espécies arbóreas predominantes nas savanas da área estudada são: caimbé (*Curatella americana* L.), murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.), paricarna (*Bowdichia virgilioides* Kunth) e sucuba

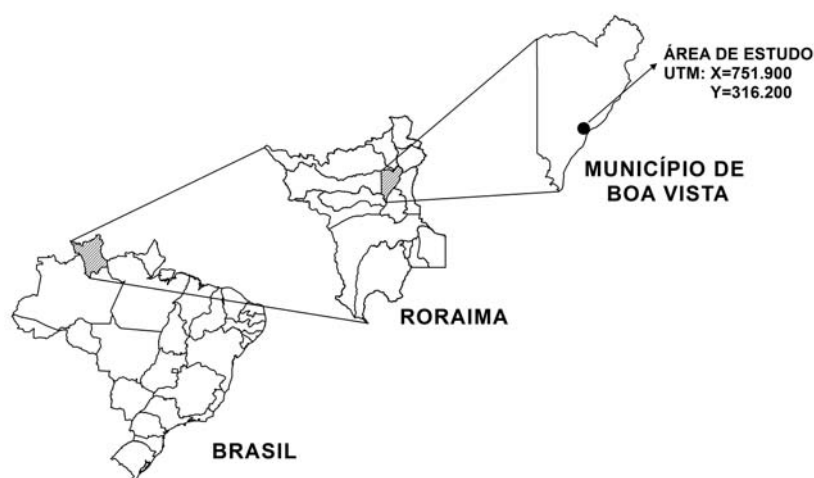


Figura 1. Localização da área do estudo. Mapa do Brasil, destacando o Estado de Roraima e a área de estudo no mapa do município de Boa Vista.

(*Himatanthus articulatus* (Vahl) Wood), que também são encontradas com certa frequência. Nas formações pioneiras ocorre o domínio de Buriti (*Mauritia flexuosa* L.).

Os trabalhos de campo foram desenvolvidos ao longo de uma topossequência, no sentido norte-sul e num transecto no sentido leste-oeste, procurando avaliar as relações entre solos, relevo, geologia e vegetação. Foram abertas 14 trincheiras e realizadas 198 tradagens, com um total de 212 pontos de observação.

As descrições morfológicas foram realizadas de acordo com o manual de descrição e coleta de solo no campo (Santos et al., 2005). Para caracterização das propriedades químicas e mineralógicas, foram coletadas 58 amostras de solos dos horizontes devidamente descritos.

Cálcio, Mg e Al trocáveis foram extraídos com solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. O Al<sup>3+</sup> foi quantificado com base padronizada. O Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (Embrapa, 1997). Potássio, Na e P foram extraídos pelo método Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>), de acordo com Embrapa (1997). Na determinação do Na e K utilizou-se fotometria de chama. O P foi determinado por colorimetria.

A acidez potencial (H + Al) foi extraída em solução de acetato de Ca 1,0 mol L<sup>-1</sup>, a pH 7,0, e quantificada com base padronizada (Embrapa, 1997). A partir dos resultados obtidos pela análise do complexo sortivo, foi calculada a soma de bases (SB), a capacidade de troca catiônica a pH 7 (CTCpH7) e a efetiva (CTCe), a saturação por bases (V %) e a saturação por Al (m %). O pH em água e em solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup> foram medidos utilizando-se as proporções de 1:2,5 (peso/volume) de solo:solução, também de acordo com Embrapa (1997).

A mineralogia da fração argila foi analisada por difratometria de raios X, usando-se lâminas de vidro, conforme procedimentos indicados por Whittig & Allardice (1986). Os difratogramas foram obtidos na velocidade de 2° 2θ min<sup>-1</sup>, na amplitude de 2 a 50° 2θ. O difratômetro, equipado com tubo de cobalto e filtro de níquel, foi operado a 25 mA e 35 kV para todas as análises realizadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Classes de solos da área de estudo

De acordo com os resultados de campo e laboratório, identificaram-se seis classes de solos no primeiro nível categórico e nove classes no quarto nível, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006): Latossolo Amarelo distrocoeso típico (LAdx) (perfis 1 e 6), Argissolo Amarelo distrocoeso típico (PAdx) (perfil 2), Argissolo Vermelho-Amarelo

distrófico latossólico (PVAd) e Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico (PVAd) (perfil 5), Latossolo Vermelho distrófico (LVd) (perfil 3), Neossolo Flúvico Ta eutrófico vertissólico (RYve) (perfil 12), Gleissolo Háptico Tb distrófico argissólico (GXbd) (perfis 8 e 9), Plintossolo Pétrico concrecionário (FFcb) (perfil 7), Gleissolo Háptico Tb distrófico plíntico (Gxbd) (perfil 13), Neossolo Flúvico psamítico típico (Ryq) (perfil 11), Vertissolo Hidromórfico órtico (VGo) (perfil 10) e Gleissolo Háptico Tb distrófico típico (Gxbd) (perfil 14).

Os solos são formados de três materiais de origem: (1) sedimentos pré-intemperizados da Formação Boa Vista (LAdx, PAdx, PVAd, GXbd e FFcb); (2) materiais alóctones ou *in situ*, da decomposição de rochas vulcânicas básicas (basaltos) da Formação Apoteri (LVd, VGo); e (3) sedimentos holocênicos do rio Cauamé (RYq e RYve) – o RYve sofreu influência direta de produtos do intemperismo do basalto da Formação Apoteri.

### Caracterização morfológica

Os perfis de solo apresentam horizontes subsuperficiais Bw, Bf, Btg, Bt e C, com cores indicativas da presença de óxidos de ferro na forma de goethita (cores amareladas), hematita (cores vermelhas) e ausência ou baixa quantidade desses óxidos, responsáveis pela coloração acinzentada.

Na descrição de campo do perfil 1, a cor do horizonte Bw foi amarelo-avermelhado, com matiz 7,5YR, valor 6 e croma 8 (úmido), enquanto no perfil 6 o horizonte Bw1 apresentou cor bruno-forte de matiz 7,5YR, valor 5 e croma 8 (úmido). O horizonte superficial apresentou coloração brunada de matizes 10YR, valor 4 e croma 3 (úmido) no perfil 1 e 7,5YR, valor e croma 4 (úmido), no perfil 6 (Quadro 1).

Com exceção dos perfis 11 e 12, os quais apresentaram estrutura forte a moderada em blocos subangulares, os demais desenvolveram estrutura do horizonte subsuperficial do tipo fraca a moderada em blocos subangulares. Vale destacar a estrutura do perfil 3, que é do tipo fraca pequena e média em blocos subangulares, desfazendo-se em forte pequena e média granular (pó de café).

Quanto à consistência úmida, os solos de textura arenosa apresentaram a do tipo solta e, quando molhada, não plástica e não pegajosa. Para os solos de textura média, foi do tipo muito friável a friável (úmido) e ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso (molhado); no entanto, nos perfis de solos com horizontes de textura argilosa (perfis 7, 9, 10 e 14) a consistência é do tipo muito firme a extremamente firme (úmido) e muito plástica e muito pegajosa, conforme Santos et al. (2005).

Os solos representados pelo perfil 2 apresentaram coloração amarelada, onde nos horizontes subsuperficiais a cor variou de amarelo-brunado de matiz 10YR, valor 6 e croma 8 (úmido), no horizonte Bt1, a bruno-forte de matiz 7,5YR, valor 5 e croma 8

**Quadro 1. Características morfológicas dos perfis modais das classes de solos mapeadas**

Perfil	Hor.	Profundidade	Cor (úmida)	Textura	Estrutura
		cm			
1	A	0-12	10YR 4/3	Média	fr peq e méd em bl sub que se desfazem em peq fo gran
	Bw1	40-70	7,5YR 6/8	Média	mod peq e méd em bl sub
	Bw2	70-125+	7,5YR 6/8	Média	mod peq e méd em bl sub
6	A	0-13	7,5YR 4/4	Média	mod peq e méd em bl sub
	Bw1	13-60	7,5YR 5/8	Média	mod peq e méd em bl sub
	Bw2	60-118	7,5YR 6/8	Média	mod peq e méd em bl sub
	Bw3	118-165+	7,5YR 6/8	Média	mod peq e méd em bl sub
2	A	0-25	10YR 4/2	Arenosa	fr peq e méd peq gran
	Bt1	43-105	10YR 6/8	Média	mod peq e méd em bl sub
	Bt2	105-145+	7,5YR 5/8	Média	mod méd em bl sub
3	A	0-10	5YR 4/3	Arenosa	fr peq gran
	Bw1	32-72	2,5YR 4/6	Média	fr peq e méd em bl sub se desfazendo em fo peq e méd gran
	Bw2	72-115	2,5YR 4/6	Média	fr peq e méd em bl sub se desfazendo em fo peq e méd gran
	Bw3	115-180+	2,5YR 4/6	Média	fr peq e méd em bl sub se desfazendo em fo peq e méd gran
4	A	0-18	10YR 4/3	Arenosa	fr peq e méd em bl sub
	Bt1	48-110	7,5YR 5/8	Média	mod peq e méd em bl sub
	Bt2	110-180+	5YR 5/8	Média	mod peq e méd em bl sub
5	A	0-18	7,5YR 4/3	Arenosa	fr peq e méd em bl sub e gran
	Bt1	51-90	5YR 5/8	Média	mod peq e méd em bl sub
	Bt2	90-130	5YR 5/8	Média	mod peq e méd em bl sub
	Bt3	130-165+	5YR 5/8	Média	mod peq e méd em bl sub
7	A	0-40	10YR 4/1	Média	fr a mod e peq e méd em bl sub
	Bf1	40-70	7,5YR 5/6	Argilosa	mod e méd em bl sub
	Bf2	70-160+	7,5YR 6/6	Argilosa	mod e méd em bl sub
8	A	0-25	10Y 3/1	Média	fr méd e peq em bl ang
	E	25-50	10Y 5/1	Média	fr a mo d e peq e méd em bl sub
	Btg1	50-110+	10Y 8/1	Argilosa	mod e méd em bl sub
9	A	0-25	10Y 3/1	Média	fr méd e peq em bl ang
	Btg1	45-90	10Y 8/1	Argilosa	mod e méd em bl sub
	Btg2	90-130+	10Y 8/1	Argilosa	mod e méd em bl sub
13	A	0-20	10YR 4/1	Arenosa	fr peq e méd em bl ang
	Bg1	20-50	10YR 5/1	Média	fr a mod e peq e méd em bl sub
	Bg2	50-110+	2,5Y 8/2	Média	fr a mod e peq méd em bl sub
14	A	0-15	10YR 4/1	Argilosa	mod méd em bl sub
	Bg1	15-25	10YR 5/2	Argilosa	mod méd em bl sub
	Bg2	25-58	10YR 5/2	Argilosa	mod méd em bl sub
	Bg3	58-180+	2Y 8/2	Argilosa	mod méd em bl sub
10	A	0-28	7,5YR 4/1	Média	mod peq e méd em bl sub
	Cvg1	28-85	10YR 4/1	Argilosa	fo a mod méd em bl sub
	Cvg2	85-120+	2,5Y 6/3	Média	mod méd em bl sub (com pont.carb.)
11	A	0-18	2,5Y 6/2	Arenosa	grãos soltos
	C1	18-48	2,5Y 7/4	Arenosa	grãos soltos
	C2	48-100+	2,5Y 7/2	Arenosa	grãos soltos
12	A	0-18	2,5Y 6/2	Arenosa	grãos soltos
	C1	18-50	10YR5/2	Arenosa	grãos soltos
	Cv2	50-110+	10YR 4/1	Argilosa	fo a mod méd em bl sub

Hor: horizonte; fr: fraca; peq: pequena; bl: blocos; sub: subangulares; mod: moderada; fo: forte; gran: granular; ang: angulares; Pont. Carb.: pontuações carbonáticas.

(úmido), no Bt2. No horizonte A, a cor é bruno-acinzentado claro de matiz 10YR, valor 4 e croma 2 (úmido), evidenciando o baixo teor de matéria orgânica do solo.

Como observado em campo e confirmado pela análise granulométrica, esses solos apresentam alto gradiente textural, ou seja, verifica-se incremento significativo de argila do horizonte A para o Bt,

satisfazendo a condição para o horizonte B textural, conforme SiBCS (Embrapa, 2006).

Em razão das condições climáticas agindo sobre o material de origem (basalto da Formação Apoteri) e da boa drenagem interna, o perfil 3 apresentou cor úmida vermelha para o horizonte subsuperficial, com matiz 2,5YR, valor 4 e croma 6 (úmido). No horizonte A, a coloração é bruno-avermelhada de matiz 5YR, com valor 4 e croma 3.

A cor observada nos horizontes subsuperficiais dos perfis 4 e 5 é vermelho-amarelado de matiz 7,5YR, valor 5 e croma 8 (úmido), com exceção do horizonte Bw1 do perfil 4, que é bruno-forte de matiz 5YR. No horizonte superficial a cor é bruno, porém com matiz variando de 7,5YR no perfil 5 a 10YR no perfil 4, valor 4 e croma 3, em ambos os perfis.

O perfil 7 caracteriza-se principalmente pela presença abundante de petroplintita, em quantidade suficiente para identificar o horizonte diagnóstico subsuperficial como concrecionário (Embrapa, 2006), resultante de intenso processo de laterização em condições climáticas pretéritas. Plintossolos semelhantes também foram caracterizados por outros autores (Embrapa, 1983, 1990a,b), estando de acordo com Brasil (1975).

A cor nos horizontes subsuperficiais deste solo no horizonte Bf varia de bruno-forte com matiz 7,5YR, valor 5 e croma 6 (úmido) a amarelo-avermelhado de matiz 7,5YR, valor 6 e croma 6 (úmido). O horizonte A, com 40 cm de espessura, é o mais espesso entre todas as classes de solos do Campus Cauamé, apresentando coloração cinzento-escura de matiz 10YR, valor 4 e croma 1 (úmido). A coloração acinzentada do horizonte A é reflexo da má drenagem desse horizonte, condicionada pela presença do horizonte concrecionário, o que promove acúmulo temporário de água em superfície (lençol freático suspenso), criando um ambiente de redução e, conseqüentemente, favorecendo processos de gleização.

Os solos representados pelos perfis 8, 9, 13 e 14 são profundos e imperfeitamente drenados. Nos horizontes subsuperficiais dos perfis 8, 9 e 14 verifica-se abundância de mosqueados e de plintita, com pouca petroplintita e nódulos de Mn, enquanto no perfil 13 observa-se coloração indicativa de processos de oxirredução do Fe, porém ausência de petroplintitas e de nódulos de Mn.

A cor nos perfis 8 e 9 é Glei de matiz 10Y, valor 8 e croma 1 (úmido), no horizonte Btg, e matiz 10Y, valor 3 e croma 1 (úmido), no horizonte A. Nos perfis 13 e 14, a cor no horizonte Bg varia, respectivamente, de cinzento de matiz 10YR, valor 5 e croma 1 (úmido) a amarelo-claro de matiz 2,5Y, valor 8 e croma 2 (úmido) e de bruno-acinzentado de matiz 10YR, valor 5 e croma 2 (úmido) a amarelo-claro de matiz 2Y valor 8 e croma 2 (úmido); já no horizonte A, em ambos os perfis a cor é cinzento-escura de matiz 10YR, valor 4 e croma 1 (úmido).

As colorações acinzentadas são decorrentes das condições de hidromorfismo destes solos, que favorecem a redução dos compostos de Fe e a perda do Fe bivalente solúvel do perfil do solo, evidenciando assim a forte gleização sofrida pelos solos.

O perfil 10 é profundo, com mais de 120 cm de profundidade, imperfeitamente a mal drenado, apresentando fendilamentos (rachaduras) que se estendem desde a superfície e em todo o perfil do solo, em consequência da contração no período seco devido à alta atividade da argila (presença de argilominerais 2:1). Na superfície desse solo observam-se, ainda, os microrrelevos do tipo Gilgai, que, conforme Embrapa (2006), são típicos de solos argilosos que têm alto coeficiente de expansão com o aumento da umidade. Esse microrrelevo consiste em uma sucessão de pequenas depressões e elevações na superfície do terreno.

A cor observada no horizonte C deste perfil variou de cinzento-escuro de matiz 10YR, valor 4 e croma 1 (úmido) a bruno-amarelado claro de matiz 2,5YR, valor 6 e croma 3 (úmido). No horizonte A, a cor é acinzentado forte de matiz 7,5YR, valor 4 e croma 1 (úmido). Essas cores refletem também as condições de hidromorfismo observadas no perfil, identificadas pela gleização (Cvg). Neste horizonte foram observadas pequenas pontuações carbonáticas, bem degradadas.

A cor nos horizontes subsuperficiais do perfil 11 varia de amarelo-claro de matiz 2,5Y, valor 7 e croma 4 (úmido) a cinzento-claro de matiz 2,5Y, valor 7 e cromas 2 e 1 (úmido). No horizonte A, é bruno-acinzentado claro de matiz 2,5Y, valor 6 e croma 2 (úmido). No perfil 12, a cor do horizonte C varia de bruno-amarelado claro de matiz 2,5YR, valor 6 e croma 3 (úmido) a cinzento-escuro de matiz 10YR, valor 4 e croma 1 (úmido). No horizonte A, a cor é bruno-acinzentado claro de matiz 2,5Y, valor 6 e croma 2 (úmido), indicando solos mal drenados.

Os perfis 11 e 12 representam solos profundos, com mais de 150 cm, formados por depósitos de sedimentos aluviais, podendo ser observado no perfil 12 uma camada com caráter vértico (Cv), com morfologia diferente das demais camadas e semelhante à do perfil 10, evidenciando que no processo de formação desses solos houve influência de sedimentos provenientes do basalto.

### Caracterização física

A maioria dos solos é de textura média, com exceção daquela dos perfis 9, 10 e 14, que é argilosa (Quadro 2). Em todos os perfis, os teores de argila nos horizontes subsuperficiais variaram de 150 a 326 g kg<sup>-1</sup>, com exceção dos horizontes Bf (46,2 g kg<sup>-1</sup> de argila) e Cvg (35,5 g kg<sup>-1</sup> de argila), cuja classe textural é argilosa, conforme o SiBCS (Embrapa, 2006).

O perfil 11 apresenta textura arenosa, com baixíssimos teores de argila, que variam de 12 a 25 g kg<sup>-1</sup>, e, conseqüentemente, teor médio de areia alto: 916 g kg<sup>-1</sup> no horizonte C. Os valores da relação silte/argila são altos, não devido a altos teores de silte

Quadro 2. Valores dos atributos físicos dos perfis de solos estudados

Perfil	Horizonte		Composição granulométrica da TFSA			Silte/argila	Densidade		Porosidade
	Símbolo	Profundidade	Areia	Silte	Argila		Aparente	Real	
		cm	g kg <sup>-1</sup>				Mg m <sup>-3</sup>		%
1LAdx	A	0-12	663	85	252	0,34	1,26	2,65	52
	AB	12-27	623	70	307	0,23	1,22	2,74	55
	BA	27-40	576	82	342	0,24	1,24	2,65	53
	Bw1	40-70	491	151	358	0,42	1,19	2,72	56
	Bw2	70-125+	496	216	287	0,75	1,18	2,54	53
6LAdx	A	0-13	649	70	281	0,25	1,30	2,66	51
	Bw1	13-60	638	111	251	0,44	1,31	2,73	52
	Bw2	60-118	598	156	246	0,63	1,34	2,74	51
	Bw3	118-165+	621	113	266	0,42	1,32	2,69	51
2PA dx	A	0-25	869	21	110	0,19	1,38	2,75	50
	AB	25-43	834	16	150	0,11	1,38	2,81	51
	Bt1	43-105	738	61	201	0,30	1,36	2,66	49
	Bt2	105-145+	580	83	337	0,25	1,24	2,74	55
3LVd	A	0-10	751	78	171	0,46	1,37	2,65	48
	AB	10-32	680	94	226	0,42	1,34	2,73	51
	Bw1	32-72	667	102	231	0,44	1,41	2,74	48
	Bw2	72-115	650	73	277	0,26	1,30	2,72	52
	Bw3	115-180+	642	92	266	0,35	1,34	2,76	51
4PVAd	A	0-18	834	46	120	0,38	1,38	2,69	49
	AB	18-28	748	66	186	0,35	1,36	2,69	49
	BA	28-48	675	64	261	0,25	1,33	2,65	50
	Bt1	48-110	633	101	266	0,38	1,33	2,68	50
	Bt2	110-180+	701	83	216	0,38	1,35	2,64	49
5PVAd	A	0-18	803	67	130	0,52	1,27	2,66	52
	AB	18-30	707	67	226	0,30	1,32	2,74	52
	BA	30-51	679	80	241	0,33	1,34	2,74	51
	Bt1	51-90	647	66	287	0,23	1,36	2,72	50
	Bt2	90-130	636	97	267	0,36	1,30	2,65	51
	Bt3	130-165+	628	95	277	0,34	1,29	2,65	51
7FFc	A	0-40	640	78	282	0,28	1,32	2,65	50
	Bf1	40-70	382	133	485	0,27	1,14	2,56	55
	Bf2	70-160+	425	137	438	0,31	1,12	2,58	57
8GXbd	A	0-25	730	63	207	0,30	1,32	2,65	50
	E	25-50	627	55	318	0,17	1,24	2,64	53
	Bg1	50-110+	535	90	375	0,24	1,28	2,65	52
9GXbd	A	0-25	717	97	186	0,52	1,40	2,65	47
	E	25-45	669	100	231	0,43	1,42	2,65	46
	Btg1	45-90	547	89	364	0,24	1,30	2,70	52
	Btg2	90-130+	547	85	368	0,23	1,34	2,67	50
13GXbd	A	0-20	811	58	131	0,44	1,35	2,66	49
	Bg1	20-50	757	51	192	0,27	1,35	2,69	50
	Bg2	50-110	733	66	201	0,33	1,31	2,86	54
	Bg3	110-140+	728	76	196	0,39	1,38	2,74	50
14GXbd	A	0-15	560	50	390	0,13	1,36	2,65	49
	Bg1	15-25	510	50	440	0,11	1,34	2,66	50
	Bg2	25-58	500	60	440	0,14	1,30	2,74	52
	Bg3	58-180+	570	70	360	0,19	1,36	2,71	50
10VGo	A	0-28	602	165	233	0,71	1,33	2,60	50
	Cvg1	28-85	480	115	405	0,28	1,33	2,61	49
	Cvg2	85-120+	515	180	305	0,59	1,22	2,49	51
11RYq	A	0-18	931	43	26	1,7	1,38	2,66	48
	C1	18-48	949	36	15	2,4	1,42	2,66	47
	C2	48-100	922	66	12	5,5	1,49	2,70	45
	C3	100-140+	877	98	25	3,9	1,47	2,66	45
12RYve	A	0-18	776	163	61	2,67	1,49	2,69	45
	C1	18-50	676	187	137	1,36	1,37	2,68	49
	Cv2	50-110+	425	208	367	0,57	1,30	2,53	49

(média de 67 g kg<sup>-1</sup>), e sim em razão dos baixíssimos teores de argila.

### Caracterização química e mineralógica

De maneira geral, há homogeneidade dos atributos químicos dos solos desenvolvidos de sedimentos da Formação Boa Vista (Quadro 3), os quais apresentam baixos valores de pH, soma e saturação por bases e baixa atividade da fração argila, influenciados principalmente pela pobreza química e pela composição mineralógica do material de origem. Já os solos VGo e RYve, formados do material basáltico da Formação Apoteri ou dos sedimentos aluvionares transportados pelo rio Cauamé, mostram maior riqueza química e caráter eutrófico.

Os solos associados à Formação Boa Vista são caracterizados como fortemente ácidos, com pH em água variando de 4,6 a 5,3 (LAdx, LVd, PAdx, PVAd latossólico, GXbd e FFc), e moderadamente ácidos, com pH variando entre 5,4 e 5,9 (RYq). Os solos derivados de basalto apresentaram pH mais alto, de 6,2 a 6,3 (VGo), e com maior variação no RYve (5,1 e 7,6). Em Roraima, outros solos similares aos estudados revelaram tendência semelhante (Embrapa, 1990a,b; Vale Júnior, 2000; Melo et al., 2006, 2010).

Mesmo nos solos mais intemperizados (Latosolos), há predomínio de carga líquida negativa (delta pH entre -0,6 e -1,0), refletindo uma natureza caulínica com forte lixiviação de bases, indicando avançado grau de intemperismo (Melo et al., 2002). Por outro lado, os solos desenvolvidos de basalto (VGo e RYve) apresentam valores de carga líquida maiores (-1,6 a -1,7), respectivamente, indicando menor grau de intemperismo.

Quanto à soma de bases, com exceção do RYve e do VGo, que apresentaram valores médios de 3,25 e 16,0 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, respectivamente, as demais classes de solo mostraram valores baixíssimos para esse atributo, variando de 0,02 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> (LAdx) a 0,52 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> (GXbd). Resultados semelhantes foram obtidos em outros estudos com solos de Roraima (Embrapa, 1982a,b; 1983; 1990a,b). Portanto, com exceção do RYve e do VGo, os solos são distróficos e de baixa fertilidade natural. O RYq apresentou saturação por bases superior a 50 % apenas na camada C3, ilustrando a heterogeneidade deposicional dos sedimentos fluviais do rio Cauamé.

A saturação por Al é elevada em quase todas as classes de solos estudadas, apesar de os teores de Al<sup>3+</sup> serem geralmente inferiores à unidade. Apenas o horizonte Cv2 do RYve apresentou caráter alítico, de acordo com o critério da Embrapa (2006). Segundo Vale Júnior (2000) e Vale Júnior & Leitão Sousa (2005), a pobreza em P é um dos principais fatores limitantes à produção agrícola em Roraima. Do mesmo modo, os solos estudados mostraram baixos valores de P, que variaram de 0,03 a 1,22 mg kg<sup>-1</sup> nos horizontes subsuperficiais (Quadro 3), associados a baixos teores

de matéria orgânica, que variaram de 3,6 a 12,6 g kg<sup>-1</sup>, contribuindo para a baixa fertilidade natural desses solos. Os valores obtidos para o P e matéria orgânica são semelhantes aos obtidos por Embrapa (1990a,b) e Melo et al. (2006, 2010a).

Apesar de sua posição na paisagem (relevo abaciado e muito próximo ao leito do rio Cauamé) e do material de origem mais rico em nutrientes, mesmo os solos VGo e RYve revelam teor de matéria orgânica baixo (4,3 a 8,4 g kg<sup>-1</sup>) no horizonte subsuperficial, influenciado pela vegetação herbácea dominante. O baixo teor de matéria orgânica dos solos de Roraima é atribuído à baixa capacidade de incorporação de biomassa da vegetação natural e à elevada atividade microbiana decorrente do clima úmido e quente da região de savana.

O mineral predominante na fração argila da maioria das classes de solo, de acordo com os resultados da difratometria de raios X, é a caulinita, indicativa de grau de intemperismo avançado com forte lixiviação de bases, resultando em baixa fertilidade química (Quadro 4 e Figuras 2a,b, 3a,b), com expressão maior de hematita apenas no LVd (Figura 3c). A composição mineralógica destes é similar à obtida por Vale Júnior (2000) e Melo et al. (2006) para outros solos de Roraima, que apresentam mineralogia herdada do retrabalhamento do material de origem pré-intemperizado e também de alterações monossiláticas, com forte predomínio de caulinita, e menor proporção de oxi-hidróxidos de Fe/Al. Segundo Melo et al. (2006), em solos derivados dessas rochas sedimentares, os baixos teores de minerais ferromagnesianos podem ser atribuídos ao material que deu origem aos sedimentos, ao alto grau de intemperismo ocorrido antes da deposição e às condições úmidas que favorecem a concentração de caulinita e a remoção de minerais de óxidos de Fe.

Houve predomínio de argilominerais 2:1 na fração argila do VGo, sendo os minerais com picos mais representativos indicativos da esmectita, seguida da vermiculita (Quadro 3 e Figura 4a). Além do Vertissolo, a presença de minerais 2:1 foi detectada nas camadas Cv2 e C3 do RYve, com presença significativa de esmectita e vermiculita, além de illita (Figura 4b).

A presença de argilominerais 2:1 no RYve é explicada pela posição desse solo no relevo, em área limítrofe com o VGo, sofrendo, desse modo, influência dos sedimentos de basalto da Formação Apoteri. A presença desses argilominerais 2:1 explica o fendilhamento observado no VGo, bem como os microrrelevos do tipo Gilgai. A caulinita também é bastante representativa no VGo, além de minerais com menor ocorrência, como goethita, mica e boemita.

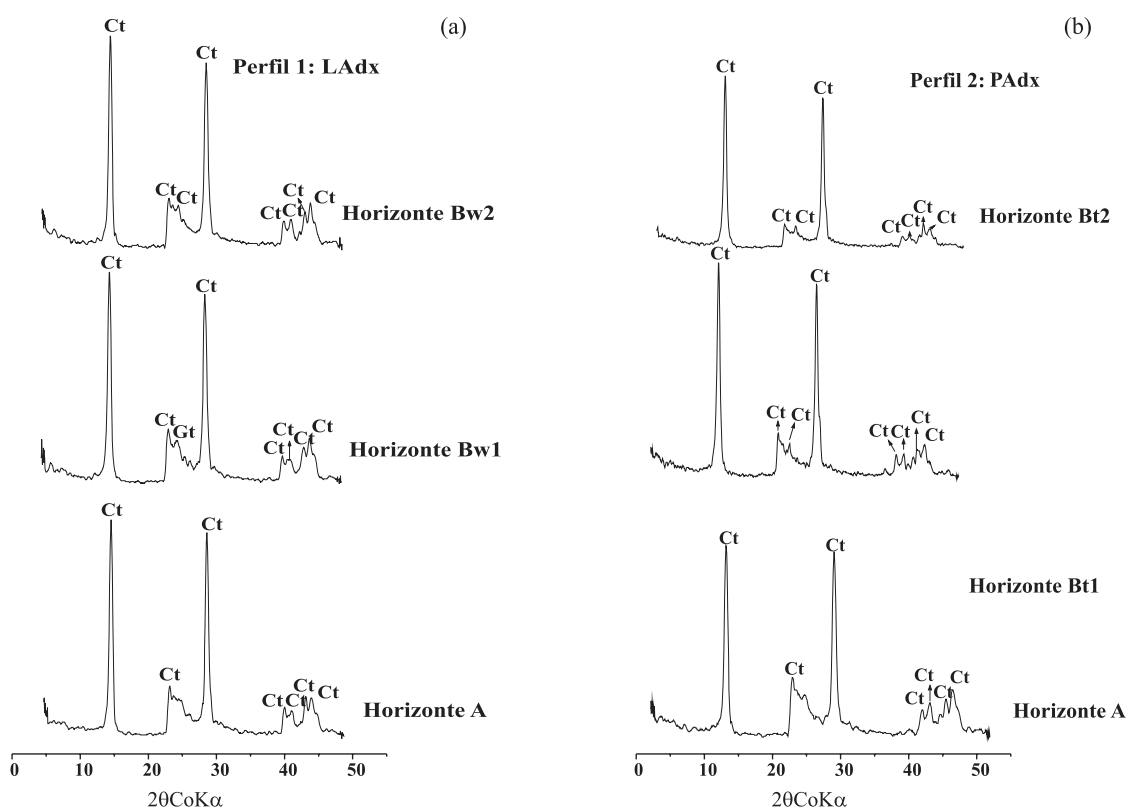
De acordo com Vale Júnior (2000), a ocorrência desses minerais (esmectita e vermiculita), de certa forma, é paradoxal, considerando as condições tropicais úmidas da Amazônia. Como são solos menos intemperizados, há indícios de que possam estar





**Quadro 4. Principais minerais na fração argila das classes de solos do Campus Cauamé, em ordem decrescente de ocorrência**

Perfil	Classe de solo	Mineral
1 e 6	LAdx	Caulinita, Goethita
2	PAdx	Caulinita
3	LVd	Caulinita, Hematita, Boemita, Gibsita, Goethita, Mica
4 e 5	PVAd	Caulinita e Hematita
7	FFc	Caulinita, Hematita e Mica
8, 9, 13 e 14	GXbd	Caulinita e Boemita
10	VGo	Esmectita, Caulinita, Vermiculita, Goethita, Mica e Boemita
12	RYve	Caulinita, Esmectita, Vermiculita, Mica e Boemita

**Figura 2. Difratogramas de raios X da fração argila do LAdx, perfil 1. Ct-caulinita; Gt-goethita (a); fração argila do PAdx, perfil 2. Ct-caulinita (b).**

relacionados a fases semiáridas subatuais, fato comum em Vertissolos de regiões semiáridas do Nordeste do Brasil (Oliveira & Nascimento, 2006; Silveira et al., 2006). Sua ocorrência na área estudada pode estar relacionada, portanto, a paleoclimas mais secos e presença de rochas máficas e constitui o primeiro registro de Vertissolos no norte da Amazônia brasileira, com exceção dos Cambissolos com caráter vértico identificados por Melo (2002) e Melo et al. (2010b) no nordeste de Roraima.

A presença de outros minerais, como goethita, (LAdx, LVd e VGo), hematita (LVd, PVAd e FFc), boemita (LVd, GXbd, VGo e RYve), gibbsita (LVd) e mica (LVd,

FFc, VGo e RYve), foi menos expressiva. Outros autores encontraram resultados semelhantes para solos similares da região (Schaefer et al., 1993; Vale Júnior, 2000; Melo et al., 2006; Melo, 2010a). Vale destacar que a ocorrência de hematita no Latossolo Vermelho distrófico da Formação Boa Vista está associada ao contato com o basalto da Formação Apoteri.

### Relações solo-paisagem

Observa-se na área estudada estreita relação dos solos com a paisagem, onde o relevo, o material de origem e a vegetação influenciam de forma direta na diferenciação dos solos (Figura 5).

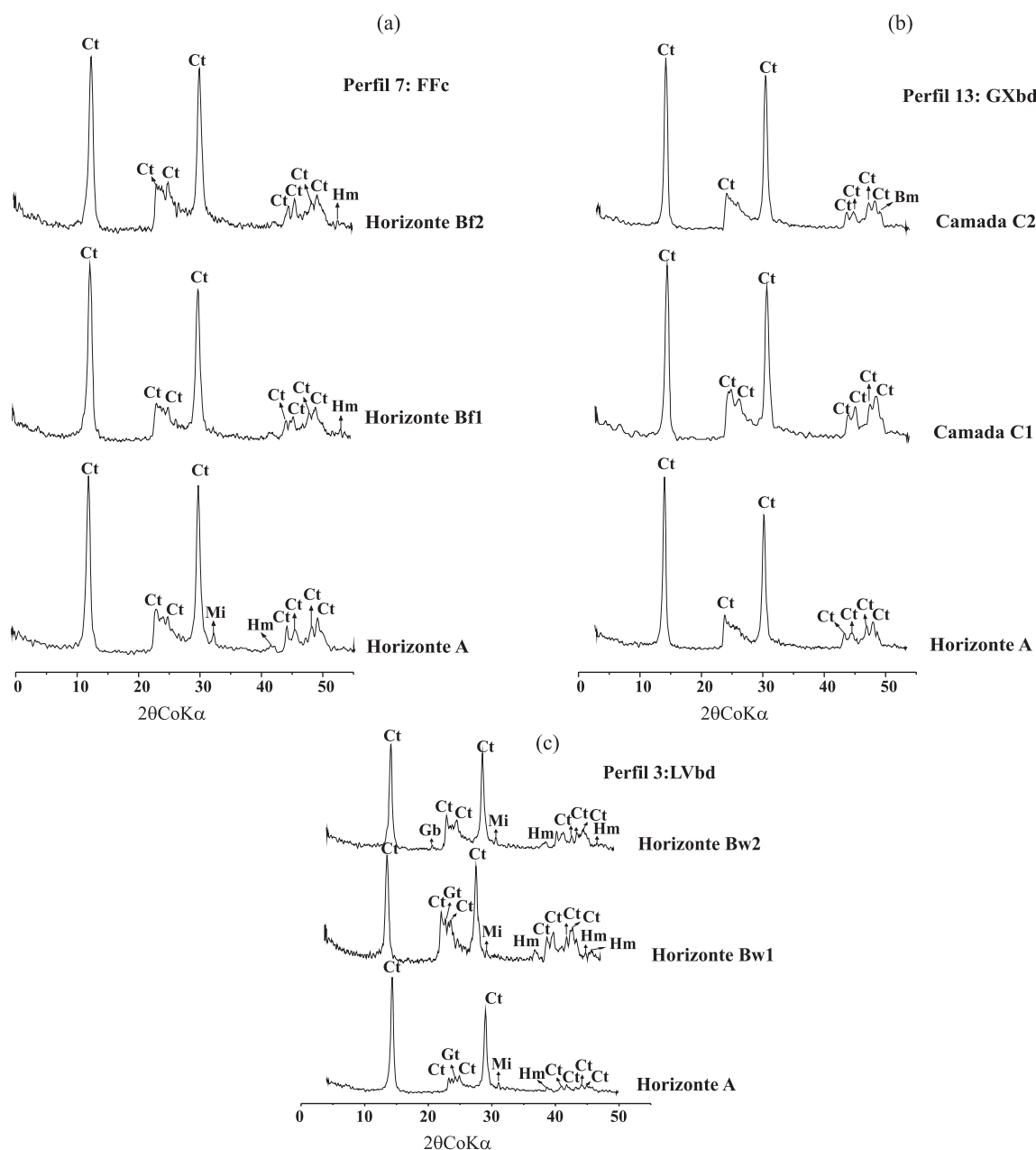


Figura 3. Difratomogramas de raios X da fração argila do FFc, perfil 7. Ct-caulinita; Hm-hematita; Mi-mica (a); fração argila do GXbd, perfil 13. Ct-caulinita; Bm-boemita (b); fração argila do LVd, perfil 3. Ct-caulinita; Hm-hematita; Mi-mica; Gt-goethita; Gb-gibbsita (c).

Nos diques aluviais do rio Cauamé encontram-se Neossolos Flúvicos Psamíticos em relevo plano, normalmente sob mata ciliar. Logo após esses diques, em relevo abaciado e com o mesmo tipo de vegetação, observa-se Neossolo Flúvico Ta Eutrófico vertissólico.

Seguindo-se a topossequência, os Vertissolos ocupam áreas de patamares aplainados sob vegetação do tipo formação pioneira, e os Plintossolos estão em um nível um pouco acima, em relevo suave ondulado a ondulado, sob savana parque, formando uma borda resistente que controla a erosão. Essas massas de

petroplintita podem ser consideradas como componentes que conferem estabilidade à paisagem tabular superior, pois dificultam o desencadeamento de processos erosivos (Guerra, 1955; Motta et al., 2002).

Nos locais de ocorrência do Plintossolo Pétrico o fluxo lateral das águas das chuvas promove ciclos alternados de umedecimento e secagem, condições nas quais os compostos de Fe que migram lateralmente sofrem reações de oxidação e redução, formando corpos concrecionários ferruginosos (petroplintitas). Essas concreções lateríticas desempenham papel importante

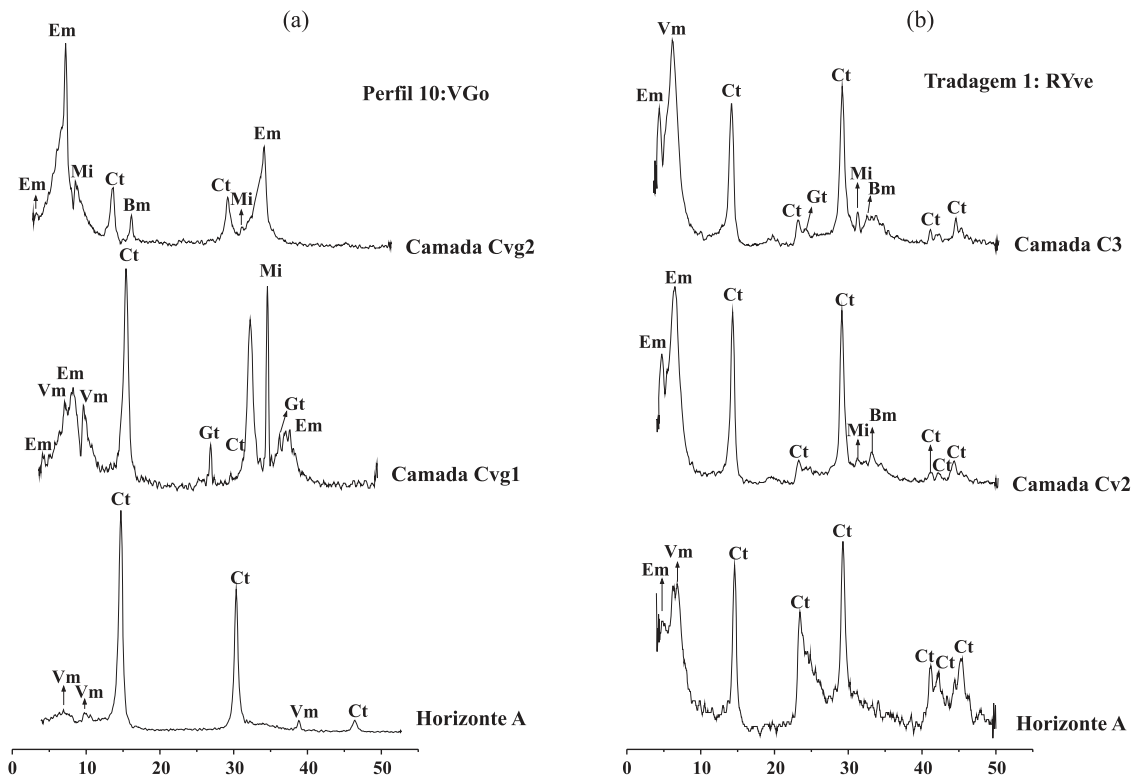


Figura 4. Difratogramas de raios X da fração argila do VGo, perfil 10. Em-esmectita; Ct-caulinita; Vm-vermiculita; Gt-goethita; Bm-boemita; Mi-mica (a); fração argila do RYve, perfil 12. Em-esmectita; Ct-caulinita; Vm-vermiculita; Mi-mica; Bm-boemita (b).

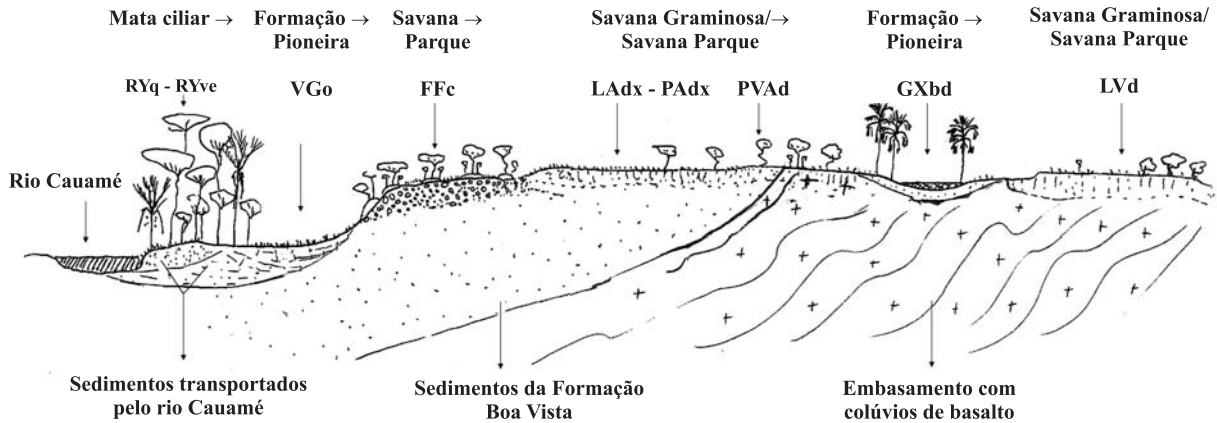


Figura 5. Corte esquemático mostrando as relações solo-paisagem, onde relevo, vegetação e material de origem determinam a formação das classes de solos do Campus do Cauamé.

na proteção dos solos dos topos aplainados (LAdx, PAdx, PVAd, etc.) contra processos de erosão.

Nos tabuleiros com cotas entre 80 e 100 m predominam Latossolos Amarelos, seguidos de Argissolos Amarelos e Argissolos Vermelho-Amarelos, em relevo plano a suave ondulado e sob savana, variando de parque a graminosa.

Nas áreas abaciaadas sob vegetação pioneira desses tabuleiros, que normalmente ficam submersas pelas águas das chuvas, ocorrem Gleissolos. Já nos

tabuleiros em relevo plano a suave ondulado, bem drenados e sob influência do basalto da Formação Apoteri ocorre o Latossolo Vermelho, com vegetação variando de savana parque a savana graminosa.

### CONCLUSÕES

1. Nos tabuleiros Pliopleistocênicos, os solos são sempre cauliniticos e distróficos, enquanto enquanto

os ambientes de solos influenciados por rochas básicas (Vertissolo e Neossolo Flúvico vertissólico) são eutróficos, com argila de atividade alta e com pontuações de carbonatos, degradadas.

2. Nos tabuleiros Pliopleistocênicos a caulinita é herdada do retrabalhamento do material de origem pré-intemperizado e também de alterações monossiláticas.

3. A presença de minerais de camada 2:1, como esmectitas no Vertissolo e hematita no LVd e PVAd, está associada à influência do basalto da Formação Apoteri.

4. A área de Vertissolos representa uma antiga baixada semiárida no entorno do afloramento de basalto (Formação Apoteri), onde se acumularam sedimentos argilosos esmectíticos e carbonáticos nas partes inferiores. A presença desses solos indica que as mudanças climáticas seco-úmidas que ocorreram na região foram muito recentes, no Quaternário tardio.

## LITERATURA CITADA

- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Folha NA. 20 Boa Vista e parte das Folhas NA. 21. Tumucumaque, NA. 20 Roraima e NA. 21. Rio de Janeiro, 1975.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da área ao longo da BR-174, na região do rio Anauá, no município de Caracaraí – T. F. de Roraima. Rio de Janeiro, Comitê de Publicações do SNLCS, 1982a. (Boletim Técnico, 79)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 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, Comitê de Publicações do SNLCS, 1982b. (Boletim de Pesquisa, 14)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da área do Pólo Roraima. Rio de Janeiro, Comitê de Publicações do SNLCS, 1983. (Boletim de Pesquisa, 18)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Caracterização das frações argila e silte em solos da área do Pólo Roraima. Rio de Janeiro, Comitê de Publicações do SNLCS, 1984. (Boletim de Pesquisa, 25)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Levantamento semidetalhado dos solos e aptidão agrícola das terras do campo experimental Água Boa do CPAF-RR, estado de Roraima. Rio de Janeiro, Comitê de Publicações do SNLCS, 1990a. (Boletim de Pesquisa)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Levantamento semidetalhado dos solos e aptidão agrícola das terras do campo experimental Monte Cristo do CPAF-RR, estado de Roraima. Rio de Janeiro, Comitê de Publicações do SNLCS, 1990b. (Boletim de Pesquisa)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006.
- GUERRA, A.J.T. Aspectos geográficos do Território do Rio Branco. R. Bras. Geogr., 1:309, 1955.
- MELO, V.F. Solos e indicadores de uso agrícola em Roraima: Áreas Indígena Maloca do Flechal e de colonização do Apiaú. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 145p. (Tese de Doutorado)
- MELO, V.F.; SCHAEFER, C.E.G.R.; FONTES, L.E.F.; CHAGAS, A.C.; LEMOS JÚNIOR, J.B. & ANDRADE, R.P. Caracterização física, química e mineralógica de solos da Colônia Agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia) sob diferentes usos e após queima. R. Bras. Ci. Solo, 30:1039-1050, 2006.
- MELO, V.F.; FRANCELINO, M.R.; UCHÔA, S.C.P.; SALAMENE, S. & SANTOS, C.S.V.R. Os solos da área Indígena Yanomami no Médio Rio Catrimani, Roraima. R. Bras. Ci. Solo, 34:487-496, 2010a.
- MELO, V.F.; SCHAEFER, C.E.G.R. & UCHÔA, S.C.P. Indian land use in the Raposa-Serra do Sol Reserve, Roraima, Amazonia, Brazil: Physical and chemical attributes of a soil catena developed from mafic rocks under shifting cultivation, Catena, 80:95-105, 2010b.
- MELO, V.F.; ARAÚJO, R.C.; WANKLER, F.; SERGIO, C.S. & ARDISSON, J.D. Caracterização química e mineralógica das Formações Boa Vista e Apoteri, RR. In: RIZZOTTO, G.J.; QUADROS, M.L.E.S. & VASQUEZ, M.L., orgs. Contribuições à geologia da Amazônia. Belém, Sociedade Brasileira de Geologia, 2010c. v.6. p.221-229.
- MELO, V.F.; SCHAEFER, C.E.G.R.; NOVAIS, R.F. & FONTES, M.P.F. Potassium and magnesium in clay minerals of some Brazilian soil as indicated by a sequential extraction procedure. Comm. Soil Sci. Plant Anal., 33:2203-2225, 2002.
- MOTTA, P.E.F.; CARVALHO FILHO, A.; KER, J.C.; PEREIRA, N.R.; CARVALHO, J.W. & BLANCANEAUX, P. Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro. Pesq. Agropec. Bras., 37:869-878, 2002.
- OLIVEIRA, A.B. & NASCIMENTO, C.W.A. Formas de manganês e ferro em solos de referência de Pernambuco. R. Bras. Ci. Solo, 30:99-110, 2006.
- SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.D.; KER, J.C. & ANJOS, L.H.C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira da Ciência do Solo/Embrapa, 2005. 92p.

- SCHAEFER, C.E.G.R.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. & LANI, J.L. Características químicas e pedogênese de solos afetados por sódio do nordeste de Roraima. *R. Bras. Ci. Solo*, 17:431-438, 1993.
- SCHAEFER, C.E.G.R. Landscape ecology and land use patterns in Northeast Roraima. Brazil. London, Royal Holloway, University of London, 1994. p.1-24. (CEDAR Research Papers, 11)
- SCHAEFER, C.E.G.R. & DALRIMPLE, J.B. Pedogenesis and relict properties of soil with columnar structure from Roraima, North Amazonia. *Geoderma*, 71:1-17, 1996.
- SCHAEFER, C.E.G.R. & VALE JÚNIOR, J.F. Mudanças climáticas e evolução da paisagem em Roraima: Uma resenha do Cretáceo ao Recente. In: BARBOSA, R.I.; FERREIRA, E.J.G. & CASTELLÓN, E.G. Homem, ambiente e ecologia no Estado de Roraima. Manaus, INPA, 1997. p.231-293.
- SILVEIRA, M.M.L.; ARAÚJO, M.S.B. & SAMPAIO, E.V.S.B. Distribuição de fósforo em diferentes ordens de solo do semi-árido da Paraíba e Pernambuco. *R. Bras. Ci. Solo*, 30:281-291, 2006.
- 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)
- VALE JÚNIOR, J.F. & LEITÃO SOUSA, M.I. Caracterização e distribuição dos solos das Savanas de Roraima. In: BARBOSA, R.I.; XAUD, H.A.M. & SOUZA, J.M.C. Savanas de Roraima: Etnoecologia, biodiversidade e potencialidades agrosilvopastoris. Boa Vista, FEMACT, 2005. p.79-91.
- VALE JÚNIOR, J.F.; SCHAEFER, C.G.R. & COSTA, J.A. Transferência de conhecimento: Diálogos entre os saberes indígena e técnico na Terra Indígena Malacacheta, Roraima. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:403-412, 2007.
- WHITTIG, L.D. & ALLARDICE, W.R. X-ray diffraction techniques. In: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1986. p.331-362.