

Caracterização de solos derivados de rochas máficas na Serra de Carajás Characterization of soils derived from mafic rocks in the Serra de Carajás

Guilherme Resende Corrêa^I, Carlos Ernesto G. R. Schaefer^{II}, Gilberto Fernandes Corrêa^I,
Robert J. Gilkes^{III}, Bruno Araújo Furtado de Mendonça^{IV}, Jaquelina Alves Nunes^V, Nattaporn Prakongkep^{VI}

^IUniversidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, Minas Gerais, Brasil

^{II}Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais, Brasil

^{III}The University of Western Australia. Crawley, Austrália

^{IV}Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

^VUniversidade do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

^{VI}Soil Mineralogy and Soil Micromorphology Research Group. Bangkok, Thailand

Resumo: A Serra de Carajás, localizada no estado do Pará, Brasil, apresenta grande diversidade de paisagens. A Formação Parauapebas é composta por rochas vulcânicas máficas de idade arqueana cuja alteração em superfície possibilitou uma extensa cobertura de solos, geralmente profundos, recobertos por floresta densa. A expressão típica dessa Formação são platôs de topo plano e bordas escarpadas, com baixo grau de entalhe da drenagem no topo. O objetivo deste trabalho foi o de caracterizar os solos que ocorrem nesta Formação e sua relação com seus respectivos ambientes. Com exceção de alguns cambissolos que ocorrem nas bordas dos platôs, os demais solos apresentaram elevado grau de intemperismo, com forte distrofia e ausência de minerais primários facilmente alteráveis. Esses solos são, em sua maioria, enquadrados como extremamente pedogeneizados, comparados aos solos mais alterados do Brasil. A fauna nativa que transita em alguns solos (P3P) e a pedofauna (cupins e formigas) (P5P) são responsáveis pelos maiores teores de P. Os ambientes hidromórficos estão associados a áreas onde o horizonte litoplântico é mais espesso e próximo à superfície, o que dificulta a infiltração da água. O porte e a deciduidade da vegetação são influenciados pela ocorrência de horizonte litoplântico, que está relacionada com sua profundidade.

Palavras-chave: Pedofauna. Intemperismo. Plintossolos. Latossolos. Floresta amazônica.

Abstract: Serra de Carajás is located in Pará state, Brazil, has a great diversity of landscapes, structured by different lithologies. The Parauapebas Formation consists of mafic volcanic rocks of Archaean age and whose degree of surface modification enabled extensive coverage of generally deep soils, covered by dense forest. A typical expression of this Formation is flat-topped plateaus and steep edges, with a low degree of drainage incision on top. The objective of this study was to characterize the different soils that occur in this Formation and its relationship to their environment. With the exception of some cambisols occurring at the edges of the plateaus, the others soils have a high degree of weathering, with strong dystrophy and lack of easily changeable primary minerals. These soils are mostly classified as extremely weathered, compared to the more altered soils of Brazil. The native fauna that transits in some soils (P3P) and the pedofauna (termites and ants) (P5P) are responsible for the increased levels of P. The hydromorphic environments are associated with areas where plinthic horizon is thicker and near the surface, which hinders water infiltration. The size and deciduousness vegetation is influenced by the occurrence of plinthic horizon and related to its depth.

Keywords: Pedofauna. Weathering. Plinthosols. Ferralsols. Amazon rainforest.

CORRÊA, G. R., C. E. R. G. SCHAEFER, G. F. CORRÊA, R. J. GILKES, B. A. F. MENDONÇA, J. A. NUNES & N. PRAKONGKEP, 2016. Caracterização de solos derivados de rochas máficas na Serra de Carajás. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 11(1): 33-47.

Autor para correspondência: Guilherme Resende Corrêa. Universidade Federal de Uberlândia. Instituto de Geografia. Campus Santa Mônica. Uberlândia, MG, Brasil. CEP 38400-902 (guilhermeudi@yahoo.com.br).

Recebido em 28/04/2015

Aprovado em 17/03/2016

Responsabilidade editorial: Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo



INTRODUÇÃO

Na região da Serra de Carajás, em meio às densas florestas de porte elevado, sobre solos muito intemperizados e profundos derivados de rochas máficas da Formação Parauapebas (Meireles *et al.*, 1984; Resende & Barbosa, 1972), ocorrem áreas exíguas com formações vegetais abertas, sobre solos rasos com horizonte F (litoplíntico) próximo à superfície ou mesmo a solos aflorantes. A paisagem geral dominante é de extensos platôs, em altitudes médias de 650 m, com bordas escarpadas e pouco estáveis.

A Formação Parauapebas, datada em 2.759 ± 2 Ma (Machado *et al.*, 1991), é a unidade basal da Bacia Carajás (DOCEGEO, 1988), representada por rochas vulcânicas máficas verdes (*greenstones*) hidrotermalmente alteradas (Gibbs *et al.*, 1986). Predominam basaltos, traquiandesitos e, em menor quantidade, riolitos e contribuições piroclásticas de natureza básica a intermediária (Meireles *et al.*, 1984). Esses materiais vulcânicos máficos, por sua vez, repousam sobre um embasamento cristalino de composição gnaissica tonalítica a trondjemítica (rochas sódicas), datados em 2.859 ± 2 Ma (Machado *et al.*, 1988), que formam o Complexo Xingu (Silva *et al.*, 1974).

A clorita, mineral de alteração hidrotermal, é responsável pela cor verde nos metabasaltos, que são rochas verde-acinzentadas, com textura média a fina e intensa venulação, típicas da Formação Parauapebas. Essas rochas apresentam intensidades variadas de alteração hidrotermal e composição formada por Ti-augita reliquiar, tremolita, clorita, plagioclásio, sericita, calcita, epidoto, leucóxênio, titanita, ilmenita e magnetita (Lindenmayer *et al.*, 1995). Gibbs *et al.* (1986) classificaram as rochas vulcânicas da Serra Norte como basaltos, andesitos basálticos e traquioandesitos, que se mostram moderadamente potássicos. Meirelles & Dardenne (1991) classificaram basaltos sotopostos à formação ferrífera das jazidas de N4 e N8, na Serra Norte, como basaltos e andesitos basálticos enriquecidos em K, Ba e Rb, e pobres em Zr, Nb e Ti. Segundo esses últimos autores, a mineralogia das rochas básicas é composta principalmente por clorita, augita, actinolita, plagioclásio sódico parcialmente

alterado e por minerais subordinados: quartzo, carbonato, titanita, leucóxênio, magnetita, epidoto e feldspato potássico. Zircão, ilmenita e turmalina compõem os principais minerais acessórios (Costa & Hasui, 1997).

Gibbs *et al.* (1986) consideram as rochas vulcânicas do Grupo Grão Pará como produtos de um vulcanismo continental a partir de material mantélico contaminado em nível crustal durante o processo de ascensão e de diferenciação magmática. A Formação Parauapebas é composta por uma sequência metavulcanomáfica-félsica (Araújo & Maia, 1991), com litotipos principais: metabasaltos e metadacitos, exibindo efeito de transformação mineralógica e recristalização metamórfica. Os metabasaltos são constituídos de plagioclásio-actinolita, diopsídio reliquiar, matriz microcristalina, quartzo subordinado, titanita e opacos; os metariolitos e metadacitos apresentam assembleia mineralógica representada por quartzo, plagioclásio, feldspato potássico, matriz microcristalina e minerais ferromagnesianos alterados (Araújo & Maia, 1991).

Os extensos platôs da Formação Parauapebas são relictos da superfície sul-americana (King, 1956), expostos atualmente a um intenso processo de dissecação, com recuo das bordas escarpadas e entalhamento da drenagem. Geralmente, estão sob a cota altimétrica de 650 m, decorrência de processos de soerguimento regional, e recobertos por densa floresta perenifólia em solos muito profundos e homogêneos. Pontualmente, este quadro é interrompido por solos rasos e mal drenados, cuja vegetação assume padrão aberto. Em alguns desses platôs (N4 e N5), foram identificados depósitos bauxíticos (Costa & Hasui, 1997) formados por SiO_2 (1,7%), Al_2O_3 (34,9%), Fe_2O_3 (25%) e carbono de fonte orgânica (1,5%). Quanto aos minerais desses depósitos, destacam-se a gibbsita, hematita, goethita e Al-goethita; em pequenas quantidades, ocorrem caulinita e anatásio, além de quartzo, turmalina, ilmenita e zircão (Costa *et al.*, 1995).

Existem poucos estudos sobre solos derivados de basaltos da Amazônia, particularmente sobre os de Carajás. Diante desta lacuna, o objetivo desse trabalho foi

o de caracterizar os atributos químicos e físicos dos solos encontrados em platôs da Formação Parauapebas.

MATERIAIS E MÉTODOS

COLETA E DESCRIÇÃO DE SOLOS

Dez perfis compondo uma topossequência foram descritos e coletados: P15P, P17P, P16P, P1P, P2P, P3P, P4P, P5P, P6P e P7C (Figura 1), conforme Santos *et al.* (2005), e classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1997). As cores dos horizontes foram determinadas por meio de comparação com a caderneta de cores de Munsell (1994). Na escolha dos perfis, buscou-se contemplar as sequências pedológicas que ocorrem na Formação Parauapebas, cujo gradiente vegetacional compreende desde campos gramíneos, e/ou formações decíduas, até florestas ombrófilas densas.

Todos os solos localizados no alto do platô estão em relevo plano. Os solos coletados nas bordas do platô (P15P e P6P) ocupam relevo montanhoso.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

As amostras de solo coletadas dos horizontes foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de

abertura de malha para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA), as quais foram submetidas a análises de acordo com os métodos descritos por EMBRAPA (1997). A análise textural foi realizada pelo método da pipeta, porém com utilização de agitação lenta de 50 rpm por 16 horas (Ruiz, 2005a) e determinação do silte por pipetagem (Ruiz, 2005b). A argila dispersa em água foi determinada seguindo metodologia descrita para análise granulométrica, com agitação rápida (12.000 rpm por 15 minutos) e suprimindo-se o uso do dispersante químico. O pH foi determinado em água e em solução de KCl 1 mol L⁻¹, em suspensão solo/solução na proporção 1:2,5. Os cátions trocáveis foram extraídos por KCl 1 mol L⁻¹, e quantificados por espectrometria de absorção atômica (Ca²⁺ e Mg²⁺) e por titulometria com NaOH (Al³⁺). O Na⁺, extraído com solução de acetato de amônio 1,0 mol L⁻¹ a pH 7,0, foi quantificado por fotometria de chama. A acidez potencial (H⁺ + Al³⁺) foi extraída por acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0, e quantificada por titulometria com NaOH. P disponível e K⁺ trocável foram extraídos pelo Mehlich-1, sendo P quantificado pelo método do ácido ascórbico, como descrito por Kuo (1996), e K⁺ determinado por fotometria de chama. Os micronutrientes Cu²⁺, Zn²⁺, Fe²⁺ e Mn²⁺

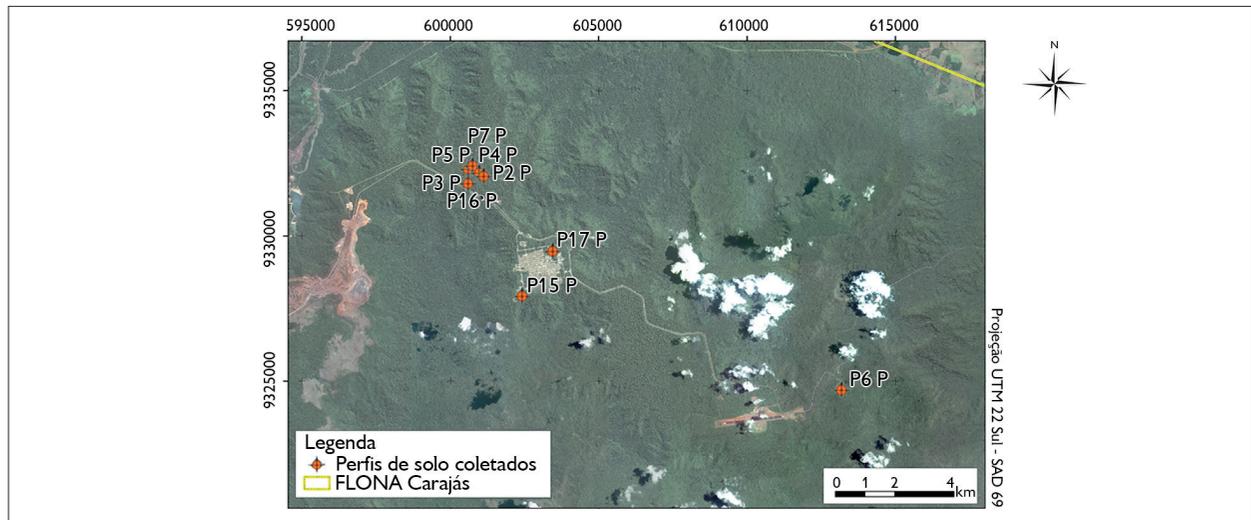


Figura 1. Imagem com a localização dos perfis estudados. Em destaque, o aeroporto e a vila de Carajás.

disponíveis foram extraídos pelo extrator Mehlich-1 e determinados por absorção atômica. O teor de matéria orgânica (MO) foi estimado após a determinação do C orgânico, pelo método Walkley Black, sem aquecimento.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No platô da Formação Parauapebas em que foram amostrados os solos, não há entalhe fluvial na parte superior, sendo ele um dos mais extensos e amplos de toda a região da Serra de Carajás (Figuras 1 e 2). Essa região compreende desde ambientes mal drenados, com vegetação aberta, a áreas de solos bem drenados, com declividade inferior a 3%, sendo estes recobertos por floresta densa. Quanto à distribuição dos solos (Figura 2): as bordas, quando estáveis, são circundadas por Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico - Ffc (P15P) e recobertas por floresta semidecídua aberta; o Latossolo Vermelho Ácrico típico – LVw (P17P) é o solo dominante da parte superior, ocupando grandes extensões

de áreas planas, sendo recoberto por floresta ombrófila densa; em transição para o LV e as áreas de surgência do lençol freático, ocorre o Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico típico - LVAw (P16P), que, nos platôs mais amplos, se insere nas porções centrais, onde, no passado, houve restrições de drenagem; em sequência ao LVA, tem-se o Plintossolo Pétrico Concrecionário cambissólico – Ffc (P1P), solo com forte influência da flutuação do lençol freático, mas sem ocorrência de surgência superficial; em transição para as áreas de solos rasos com surgência do lençol freático em superfície e recobertos por vegetação aberta decídua, ocorre o Plintossolo Pétrico litoplíntico típico – FFf (P2P), com cobertura de plantas lenhosas baixas tipo escrube; os próximos solos após o FFf dividem-se em permanentemente encharcados com vegetação hidrófila/higrófila, representados por P3P e P7P, e solos sazonalmente encharcados, que são os perfis P4P e P5P, recobertos com vegetação gramínea e gramínea arbustiva, respectivamente.

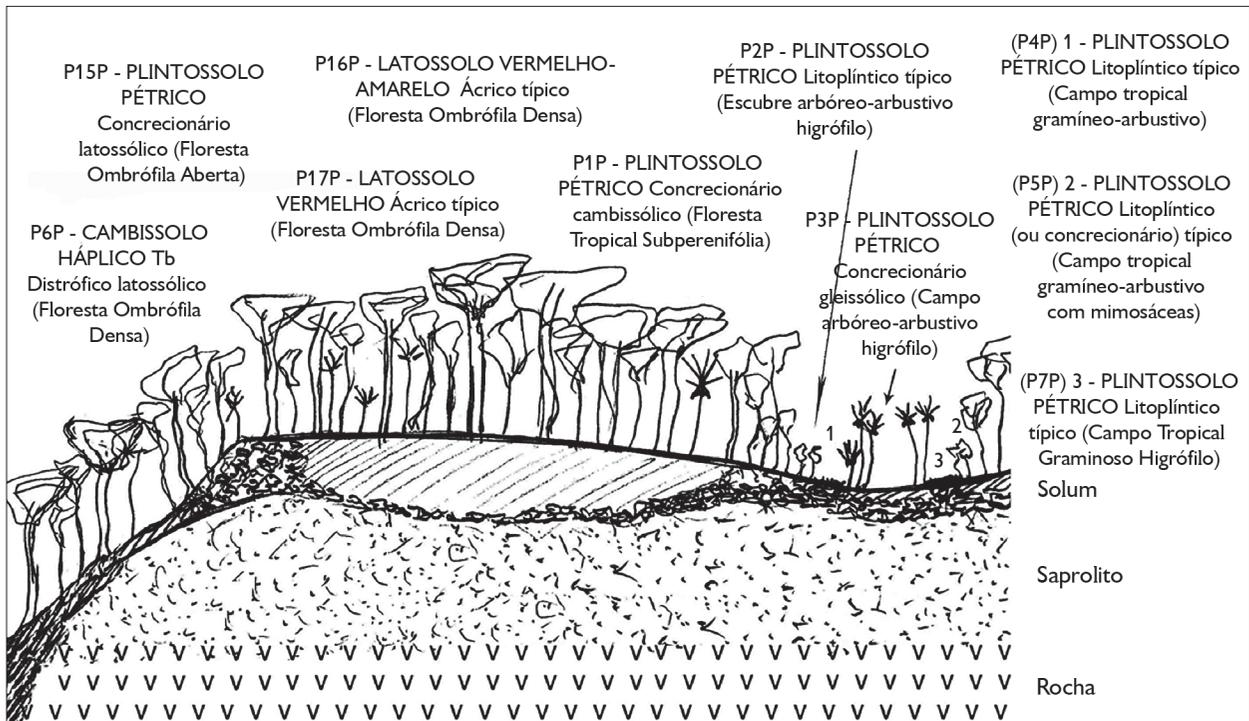


Figura 2. Corte esquemático da topossequência onde foram coletados os solos na Formação Parauapebas. Sem escala.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS SOLOS COLETADOS

A variação de solos nas áreas basálticas é elevada, ocorrendo cambissolos, latossolos e plintossolos (Tabela 1). Os latossolos vermelhos (P17P) dominam a parte superior dos platôs, sendo solos muito profundos e

argilosos, intemperizados (aniônicos), bem drenados e que não possuem atração magnética. Possuem capacidade de troca de cátions (CTC) muito baixa e alta adsorção de P (Tabela 2). Este é solo que sustenta o padrão de floresta mais exuberante da Serra de Carajás.

Tabela 1. Características morfológicas dos solos. Legendas: Hor./Prof. = horizonte / profundidade; ⁽¹⁾ = situação - posição do perfil na paisagem; ⁽²⁾ = declive local; ⁽³⁾ = presença de mosqueado comum, médio e distinto; ⁽⁴⁾ = estrutura: grau de desenvolvimento (F - forte, M - moderado), tamanho (MP - muito pequeno, P - pequeno, MPP - muito pequeno e pequena, PM - pequena a média, PG - pequena a grande, MG - média e grande), tipo (G - granular, BS - bloco subangular, Gr - grumosa); ⁽⁵⁾ = consistência no estado úmido: S - solto, MF - muito friável, F - friável, Fr - firme; ⁽⁶⁾ = consistência no estado molhado: PI - plástico, Pe - pegajoso, LPI - ligeiramente plástico, LPe - ligeiramente pegajoso.

(Continua)

Hor./Prof. (cm)	Situação ⁽¹⁾	Declive ⁽²⁾ e altitude	Drenagem	Cor úmida ⁽³⁾ (Munsell)	Estrutura ⁽⁴⁾	Consistência	
						Úmido ⁽⁵⁾	Molhado ⁽⁶⁾
P15P: Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico (FFc)							
Ac (0-12)	Borda de platô	70% 662 m	Acentuadamente drenado	2,5YR 4/4	M, P, G e F, MP, BS	MF	PI/LPe
BAc (12-36)				2,5YR 3/6	M, MP, G e F, MP, BS	MF	PI/LPe
Bwc1 (36-86)				10R 3/6	F, MP, G e F, MP, BS	MF	PI/LPe
Bwc2 (86-106+)				10R 3/4	F, MP, G e F, P, BS	MF	PI/LPe
P17P: Latossolo Vermelho Ácrico típico (LVw)							
A (0-16)	Alto de platô	2% 657 m	Bem drenado	2,5YR 3/6	M, MP, G e M, P, BS	F	PI/Pe
BA (16-39)				2,5YR 3/6	M, MP, G e M, PM, BS	Fr	PI/Pe
Bw1 (39-72)				10R 4/6	M, MP, G e F, PG, BS	F	PI/Pe
Bw2 (72-103+)				10R 4/6	M, MP, G e F, PM, BS	F	PI/Pe
P16P: Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico típico (LVAw)							
A (0-10)	Alto de platô	0% 641 m	Bem drenado	7,5YR 5/8	M, MPP, G e F, P, BS	MF	PI/LPe
AB (10-20)				7,5YR 5/8	M, PM, BS e F, MP, G	F	PI/LPe
BA (20-37)				5YR 5/8	M, MPP, G e F, PM, BS	F	PI/Pe
Bw1 (37-76)				5YR 5/6	M, MPP, G e F, PG, BS	F	PI/Pe
Bw2 (76-115)				5YR 5/8	M, MPP, G e F, PG, BS	F	PI/Pe
Bw3 (115-138+)				5YR 5/8	M, MPP, G e F, PG, BS	Fr	PI/Pe
P1P: Plintossolo Pétrico Concrecionário cambissólico (FFc)							
O (0-7)	Alto de platô	1% 668 m	Imperfeitamente drenado	7,5 YR 2,5/2	Maciça	S	LPI/LPe
AO (7-15)				7,5YR 3/3	M, MPP, G	MF	LPI/LPe
A (15-31)				10YR 3/6	M, MPP, G	MF	LPI/LPe
BA (31-42)				7,5YR 5/6	M, PM, BS e M, MP, G	MF	LPI/LPe
Bc1 (42-55)				10YR 5/6	M, MP, G e F, PM, BS	MF	LPI/LPe
Bc2 (55-64)				10YR 5/8	M, MP, G e F, PG, BS	F	LPI/LPe
F/Bc (64-86+)				7,5YR 4/6 (60%) e 5YR 4/6 (40%)	-	-	-



Tabela 1.

(Conclusão)

Hor./Prof. (cm)	Situação ⁽¹⁾	Declive ⁽²⁾ e altitude	Drenagem	Cor úmida ⁽³⁾ (Munsell)	Estrutura ⁽⁴⁾	Consistência	
						Úmido ⁽⁵⁾	Molhado ⁽⁶⁾
P2P: Plintossolo Pétrico Litoplântico típico (FFIf)							
H (0-9)	Alto de platô	1% 667 m	Mal drenado	10YR 3/2	M, P, G	MF	LPI/LPe
BA (9-11)				10YR 4/6	F, M, BS	MF	LPI/LPe
Bi (11-38)				10YR 5/6	F, MG, BS	F	LPI/LPe
F (38 ⁺)				-			
P3P: Plintossolo Pétrico Concrecionário gleissólico (FFc)							
Hc (16-32)	Depressão lacustre em alto de platô	1% 664 m	Muito mal drenado	10YR 3/2	Maciça	MF	LPI/LPe
P4P: Plintossolo Pétrico Litoplântico típico (FFIf)							
O (0-7)	Alto de platô	1% 665 m	Mal drenado	10YR 3/1	M, MP, G	MF	LPI/LPe
F (7 ⁺)				-			
P5P: Plintossolo Pétrico Litoplântico típico (FFIf)							
AOc (0-28)	Alto de platô	1% 665 m	Mal drenado	10YR 2/1	M, MP, G e F, P, Gr	MF	LPI/LPe
AOc2 (28-38)				7,5YR 2,5/1	M, MP, G	MF	LPI/LPe
F (38 ⁺)				-			
P6P: Cambissolo Háplico Tb Distrófico latossólico (CXvd)							
A (0-12)	Borda de platô Terço médio/ inferior	70% 503 m	Bem drenado	2,5YR 4/6	M, PM, BS e F, MP, G	F	PI/Pe
BA (12-31)				2,5YR 4/8	M, PM, BS e F, MPP, G	F	PI/Pe
Bi1 (31-71)				2,5YR 4/6	M, PM, BS e M, P, G	F	PI/Pe
Bi2 (71-92)				2,5YR 4/6	F, MP, G	MF	PI/Pe
C/B (92-140 ⁺)				2,5YR 4/6	M, P, G	F	PI/Pe
P7P: Plintossolo Pétrico Litoplântico típico (FFIf)							
H (0-13)	Ligeira depressão em alto de platô	1% 665 m	Muito mal drenado	10YR 5/3	Maciça	F	LPI/LPe
F (13 ⁺)				-			

O espesso nível laterítico (petroplintita) próximo à superfície ou mesmo aflorante em alguns platôs da Formação Parauapebas torna possível a ocorrência de solos rasos (P2P, P3P, P4P, P5P e P7P), que, embora provenham de basaltos que originalmente possuem magnetita em sua composição, não apresentam mais atração magnética, sendo oxídicos, aniônicos, dessaturados, com grande capacidade de adsorção de P e favoráveis ao acúmulo de MO (Tabela 2) e, ainda, com formação de horizonte O ou H. Esses solos são menos argilosos (Tabela 3) do que os das áreas de floresta

ombrófila, e a fração de areia é composta por concreções de óxidos de Fe e Al, e quartzo em pequenas quantidades. As raízes não ultrapassam o horizonte litoplântico, impedindo gradualmente a presença de indivíduos de porte arbóreo e mesmo arbustivo. A paisagem plana, aliada ao horizonte litoplântico, favorece um pedoclima que oscila entre o excesso de água, nos períodos de precipitação, à deficiência extrema, nos meses de estiagem. Nessas áreas, ocorre um padrão muito contrastante de vegetação, que varia de matas decíduas baixas a áreas totalmente abertas de porte herbáceo.



Tabela 2. Análises químicas de rotina das sequências de solos na Formação Parauapebas. Legenda: Horiz = horizonte. (Continua)

Horiz	pH			P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	S	Al ³⁺	H+Al	t	T	V	m	MO (dag kg ⁻¹)	Prem (mg L ⁻¹)	ISNa (%)
	H ₂ O	KCl	ΔpH	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³						%					
P15P: Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico																		
Ac	3,67	3,66	-0,01	2,6	58	0,0	0,13	0,12	0,40	2,38	18,9	2,78	19,30	2,1	85,6	12,54	12,2	0,00
BAC	4,14	4,15	0,01	1,6	32	0,0	0,00	0,01	0,09	0,86	10,8	0,95	10,89	0,8	90,5	6,40	10,1	0,00
Bwc1	4,17	4,52	0,35	1,4	9	0,0	0,00	0,00	0,02	0,38	7,1	0,40	7,12	0,3	95,0	3,58	4,8	0,00
Bwc2	4,38	4,75	0,37	1,7	1	0,0	0,00	0,00	0,00	0,38	5,3	0,38	5,30	0,0	100,0	2,30	3,7	0,00
P17P: Latossolo Vermelho Ácrico típico																		
A	3,99	3,75	-0,24	2,5	36	0,0	0,12	0,07	0,28	1,81	15,6	2,09	15,88	1,8	86,6	9,21	12,9	0,00
BA	4,38	4,20	-0,18	1,2	12	0,0	0,00	0,00	0,03	0,67	7,7	0,70	7,73	0,4	95,7	4,09	14,3	0,00
Bw1	4,62	4,68	0,06	1,0	5	0,0	0,00	0,00	0,01	0,00	5,0	0,01	5,01	0,2	0,0	2,43	5,5	0,00
Bw2	4,52	4,93	0,41	1,0	1	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	4,2	0,00	4,20	0,0	0,0	2,05	4,5	0,00
P16P: Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico típico																		
A	4,02	3,92	-0,1	1,7	39	0,0	0,16	0,06	0,32	0,95	13,7	1,27	14,02	2,3	74,8	7,68	15,0	0,00
AB	4,31	4,23	-0,08	1,4	27	0,0	0,00	0,00	0,07	0,29	8,8	0,36	8,87	0,8	80,6	4,61	11,0	0,00
BA	4,45	4,51	0,06	1,4	16	0,0	0,00	0,00	0,04	0,10	6,6	0,14	6,64	0,6	71,4	3,33	8,6	0,00
Bw1	4,50	4,78	0,28	0,6	1	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	5,0	0,00	5,00	0,0	0,0	2,81	4,9	0,00
Bw2	4,67	5,05	0,38	0,6	1	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	4,9	0,00	4,90	0,0	0,0	2,43	3,3	0,00
Bw3	4,70	5,09	0,39	0,5	1	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	4,4	0,00	4,40	0,0	0,0	2,30	3,2	0,00
P1P: Plintossolo Pétrico Concrecionário cambissólico																		
O	3,84	3,38	-0,46	7,2	63	1,1	0,96	0,38	1,50	3,80	31,1	5,30	32,60	4,6	71,7	44,78	16,9	0,09
AO	4,18	4,17	-0,01	3,7	21	1,1	0,07	0,11	0,23	2,05	20,3	2,28	20,53	1,1	89,9	25,35	4,8	0,21
A	4,57	4,62	0,05	1,8	9	2,1	0,04	0,07	0,14	0,39	10,6	0,53	10,74	1,3	73,6	10,40	4,9	1,72
BA	4,98	5,05	0,07	0,7	1	0,0	0,00	0,05	0,05	0,00	6,9	0,05	6,95	0,7	0,0	6,72	2,7	0,00
Bc1	5,09	5,25	0,16	0,5	1	0,0	0,00	0,03	0,03	0,00	4,8	0,03	4,83	0,6	0,0	3,69	4,4	0,00
Bc2	5,16	5,34	0,18	0,4	1	0,0	0,04	0,04	0,08	0,00	3,5	0,08	3,58	2,2	0,0	2,77	4,7	0,00
F	5,29	5,50	0,21	0,7	2	0,0	0,05	0,04	0,10	0,00	2,6	0,10	2,70	3,7	0,0	1,84	6,5	0,00
P2P: Plintossolo Pétrico Litoplíntico típico																		
H	5,08	4,38	-0,7	3,5	35	1,1	0,36	0,17	0,62	0,88	13,8	1,50	14,42	4,3	58,7	24,04	8,5	0,32
BA	5,24	5,57	0,3	1,4	7	0,0	0,04	0,04	0,10	0,00	4,7	0,10	4,80	2,1	0,0	10,54	4,8	0,00
Bi	5,45	5,75	0,3	0,7	5	0,0	0,00	0,04	0,05	0,00	3,5	0,05	3,55	1,4	0,0	8,23	2,6	0,00
P3P: Plintossolo Pétrico Concrecionário gleissólico																		
Hc	4,83	4,45	-0,38	14,4	10	1,1	0,27	0,07	0,37	0,68	10,9	1,05	11,27	3,3	64,8	14,82	12,8	0,46
P4P: Plintossolo Pétrico Litoplíntico típico																		
O	5,40	4,23	-1,17	2,2	42	7,1	0,12	0,13	0,39	0,88	14,3	1,27	14,69	2,7	69,3	32,10	2,7	6,9
P5P: Plintossolo Pétrico Litoplíntico típico																		
AOc	4,28	4,18	-0,10	6,4	28	6,1	0,20	0,07	0,37	1,85	21,7	2,22	22,07	1,7	83,3	27,33	6,4	1,19



Tabela 2.

(Conclusão)

Horiz	pH			P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	S	Al ³⁺	H+Al	t	T	V	m	MO	Prem	ISNa
	H ₂ O	KCl	ΔpH	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³						%		(dag kg ⁻¹)	(mg L ⁻¹)	(%)	
P5P: Plintossolo Pétrico Litoplúntico típico																		
AOc2	4,78	4,35	-0,43	9,0	17	3,1	0,10	0,07	0,22	0,88	17,4	1,10	17,62	1,2	80,0	19,76	4,5	1,23
P6P: Cambissolo Háptico Tb Distrófico latossólico																		
A	4,21	3,61	-0,60	2,4	49	0,1	0,29	0,92	1,34	3,32	10,0	4,66	11,34	11,8	71,2	4,61	24,3	0,01
BA	4,51	3,70	-0,81	0,7	13	0,0	0,05	0,41	0,49	3,80	8,2	4,29	8,69	5,6	88,6	2,24	15,1	0,00
Bi1	4,56	3,74	-0,82	0,7	5	0,0	0,02	0,14	0,17	3,80	6,8	3,97	6,97	2,4	95,7	1,45	10,1	0,00
Bi2	4,56	3,74	-0,82	0,7	8	0,0	0,07	0,23	0,32	4,29	7,7	4,61	8,02	4,0	93,1	1,45	10,9	0,00
C/B	4,45	3,75	-0,70	0,7	6	0,0	0,03	0,10	0,15	3,80	6,6	3,95	6,75	2,2	96,2	1,45	10,1	0,00
P7P: Plintossolo Pétrico Litoplúntico típico																		
AC	5,56	5,12	-0,44	1,6	7	0,1	0,04	0,05	0,11	0,00	6,1	0,11	6,21	1,8	0,0	9,88	5,9	0,40

Tabela 3. Resultado da análise granulométrica dos solos da Formação Parauapebas. Legendas: Horiz = horizonte; * = percentagem em relação ao volume total do solo, estimado visualmente em campo.

(Continua)

Horiz	Calhau* cascalho %	Composição granulométrica da terra fina (dag kg ⁻¹)				Relação silte/argila	Argila dispersa em água %	Classe textural
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila			
P15P: Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico								
Ac	55	16	2	10	72	0,14	7	Muito argilosa
BAC	55	12	4	13	71	0,18	13	Muito argilosa
Bwc1	50	6	3	14	77	0,18	1	Muito argilosa
Bwc2	60	10	4	21	65	0,32	3	Muito argilosa
P17P: Latossolo Vermelho Ácrico típico								
A	-	2	1	9	88	0,10	13	Muito argilosa
BA	-	1	1	11	87	0,13	22	Muito argilosa
Bw1	-	1	1	8	90	0,09	2	Muito argilosa
Bw2	-	1	3	11	85	0,13	11	Muito argilosa
P16P: Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico típico								
A	-	3	1	13	83	0,16	8	Muito argilosa
AB	-	2	1	16	81	0,20	10	Muito argilosa
BA	-	2	1	14	83	0,17	1	Muito argilosa
Bw1	-	2	1	11	86	0,13	1	Muito argilosa
Bw2	-	1	1	12	86	0,14	2	Muito argilosa
Bw3	-	2	2	13	83	0,16	7	Muito argilosa
P1P: Plintossolo Pétrico Concrecionário cambissólico								
O	-	40	5	20	35	0,57	1	Franco-argilosa
AO	-	23	7	28	42	0,67	1	Argila
A	-	11	4	33	52	0,63	1	Argila



Tabela 3.

(Conclusão)

Horiz	Calhau* cascalho %	Composição granulométrica da terra fina (dag kg ⁻¹)				Relação silte/argila	Argila dispersa em água %	Classe textural
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila			
P1P: Plintossolo Pétrico Concrecionário cambissólico								
BA	-	10	4	28	58	0,48	1	Argila
Bc1	60	14	2	20	64	0,31	2	Muito argilosa
Bc2	80	14	3	25	58	0,43	1	Argila
F/Bc	-	28	5	23	44	0,52	1	Argila
P2P: Plintossolo Pétrico Litoplântico típico								
H	-	17	5	40	38	1,05	1	Franco-argilosa
BA	-	10	5	47	38	1,24	1	Franco-argilo-siltosa
Bi	-	8	6	47	39	1,21	1	Franco-argilo-siltosa
P3P: Plintossolo Pétrico Concrecionário gleissólico								
Hc	30	16	3	30	51	0,59	7	Argila
P4P: Plintossolo Pétrico Litoplântico típico								
O	-	25	6	34	35	0,97	1	Franco-argilosa
P5P: Plintossolo Pétrico Litoplântico típico								
AOc	30	58	3	14	25	0,56	2	Franco-argilo-arenosa
AOc2	60	68	2	7	23	0,30	1	Franco-argilo-arenosa
P6P: Cambissolo Háptico Tb Distrófico latossólico								
A	10	9	8	30	53	0,57	21	Argila
BA	15	7	7	33	53	0,62	23	Argila
Bi1	10	7	7	32	54	0,59	1	Argila
Bi2	25	8	5	35	52	0,67	1	Argila
C/B	60	6	6	31	57	0,54	1	Argila
P7P: Plintossolo Pétrico Litoplântico típico								
H	-	11	4	36	49	0,73	3	Argila

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Os solos podem ser divididos em dois grupos quanto às características morfológicas (Tabela 1): 1) os de boa drenagem (P15P, P17P, P16P e P6P) e 2) os com restrição de drenagem (P1P, P2P, P3P, P4P, P5P e P7P). No primeiro grupo, eles apresentaram cores vermelho-escuras, à exceção de P16P, com cores vermelho-amareladas, e nos horizontes superficiais, com cores mais brunadas por influência da matéria orgânica. Nos solos do primeiro grupo, tem-se o predomínio de estruturas em blocos e granulares, bem desenvolvidas; a consistência úmida é

muito friável a friável e, quando molhados os solos são plásticos e ligeiramente pegajosos a pegajosos. Os perfis P15P, P16P e P17P são solos profundos, bem drenados a acentuadamente drenados (Tabela 1). P6P é um pouco mais raso do que os demais, sendo o único a apresentar saprolito a menos de dois metros de profundidade.

No segundo grupo, os solos possuem cores que vão de bruno-amarelado (P1P, P2P e P7P) a cores mais gleizadas (P3P), quando prevalece a influência mineral; e nos solos mais ricos em material orgânico (P4P e P5P), as cores são mais escuras, pretas (Tabela 1). Apesar do



hidromorfismo, boa parte dos solos apresentou estrutura moderadamente desenvolvida (P1P, P2P, P4P e P5P) e somente nas áreas em que a saturação por água é permanente, caso de P3P e P7P, a estrutura é maciça. A consistência do solo quando úmido é geralmente muito friável para maior parte dos solos e, quando molhado, apresenta-se ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, consequência dos altos teores de óxido, principalmente gibbsita.

ANÁLISES FÍSICAS

Os latossolos (P16P e P17P) apresentaram as maiores proporções de argila, acima de 80 dag kg⁻¹, em todos os horizontes (Figura 3 e Tabela 3), corroborando as características do material de origem e do grau de intemperismo. Os valores de silte, geralmente em torno de 10 dag kg⁻¹, são provavelmente resultados da não dispersão total da argila pelo método utilizado. O plintossolo P15P também se enquadra na classe textural muito argilosa, à semelhança de P16P e P17P (Tabela 3), embora apresente mais areia, especialmente a grossa, em relação aos latossolos. Essas areias são formadas principalmente por concreções ferruginosas, que, geralmente, estão no tamanho de calhaus e cascalhos no perfil P15P.

Os solos afetados por hidromorfismo (P1P, P2P, P3P, P4P e P7P) apresentaram teor de silte acima do esperado para solos muito intemperizados, como esses (Tabela 3). Para a maioria dos horizontes, o teor de silte encontra-se em valores próximos ou maiores do que 30 dag kg⁻¹, provavelmente em função da cimentação por óxidos de Fe e Al das partículas de argilas, impedindo a completa dispersão pelo método utilizado (Donagemma *et al.*, 2003). Os valores de silte em P6P (Tabela 3), entre 30 e 35 dag kg⁻¹, são condizentes com a presença de rocha máfica, muito alterada, rica em silte e presente na maior parte do perfil.

Em muitos solos, ocorre considerável proporção de concreções do tamanho de calhaus e cascalho, como é o caso de P15P, com 50 a 60% do volume ocupado por

concreções ferruginosas em todos os horizontes (Tabela 3), P1P, com 60 a 80% do volume ocupado por concreções nos horizontes concrecionários Bic e Bic2 respectivamente, P3P, com 30%, P5P, com 30 e 60%, e P6P, variando de 10 a 60%, dependendo do horizonte (Tabela 3), mas, ao contrário dos anteriores, em P6P a fração grosseira é dominada por fragmentos alterados de rocha máfica.

O perfil P5P é o que apresenta maior participação da fração areia, nesse caso, areia grossa, com 58 e 68 dag kg⁻¹ nos respectivos horizontes superficial e subsuperficial. Essa fração é composta por concreções ferro-aluminosas, geralmente de pequeno tamanho, entre 3 e 1 mm. Nos demais solos, o principal contribuinte na fração areia são concreções, com exceção para P6P, com maior conteúdo de quartzo.

ELEMENTOS TROCÁVEIS, MATÉRIA ORGÂNICA E PH

O perfil P15P apresentou os valores mais baixos de pH (H₂O), com exceção do horizonte Bwc2, fortemente ácido, os demais são extremamente ácidos (pH < 4,3). Alguns horizontes superficiais de outros perfis (P16P, P17P,

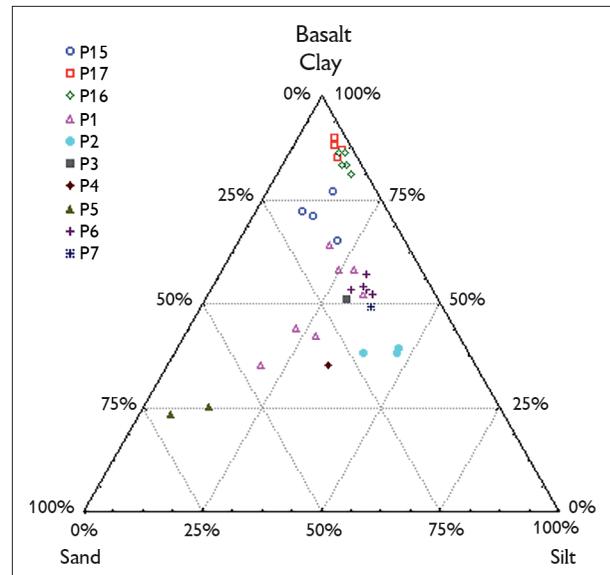


Figura 3. Agrupamento textural dos perfis coletados na Formação Parauapebas.

P5P e P6P) também possuem classe extremamente ácida (EMBRAPA, 2013), decorrente da produção de H^+ pelas reações de alteração da MO (matéria orgânica). Na grande maioria, os solos (Tabela 2) derivados de rochas máficas da Formação Parauapebas (P16P, P17P, P1P e horizontes mais superficiais de P2P, P3P, P5P e P6P) são enquadrados em fortemente ácidos (pH entre 4,3 e 5,3). Os solos mais afetados por hidromorfismo possuem pH (H_2O) mais elevados, classificados como moderadamente ácido (pH entre 5,4 e 6,5), a exemplo de P4P, P7P e o horizonte mais profundo de P2P. O aumento do pH desses perfis se dá pela condição redutora do meio, especialmente na geração de OH^- na mudança do Fe^{3+} para Fe^{2+} .

O teor de MO é geralmente elevado, principalmente se considerada a realidade amazônica (Brasil, 1974, 1975, 1976) para os solos de melhor drenagem. O clima relativamente mais ameno na Serra dos Carajás deve favorecer o maior acúmulo de MO em relação aos padrões de altitudes mais baixas e temperaturas mais elevadas da Amazônia em geral. Os solos afetados por hidromorfismo apresentam maiores teores de MO (Tabela 2), em certos solos com valores muito altos, caracterizando horizonte hístico (EMBRAPA, 2013), a exemplo de P5P, embora outros solos/horizontes, por não atingirem profundidade suficiente (EMBRAPA, 2013), não se enquadrem como horizonte hístico, caso de P1P (O e AO), P2P (H) e P4P. O perfil P7P, embora seja um dos mais saturados por água, não apresenta significativo acúmulo de MO em relação aos solos anteriormente citados (Tabela 2).

Nos latossolos P16P e P17P, a distribuição de MO é gradual a partir dos horizontes Bw (Tabela 2), o que pode indicar boa estabilidade da MO e efetiva pedobioturbação. Em todos os solos, a MO desempenha papel importante, por ser o principal responsável pela CTC.

Os solos desenvolvidos da Formação Parauapebas são muito dessaturados, possuindo baixa fertilidade (Ribeiro *et al.*, 1999), distrofia acentuada e, em muitos casos, o complexo de troca catiônica é predominado por Al^{3+} (Tabela 2). Os valores de P disponível são muito

baixos (Tabela 2), exceto: 1) onde ocorre influência maior da MO no solo, que permite uma menor adsorção de P, com P-rem mais alto, além de contribuir para a ciclagem biogeoquímica; 2) nos solos, em que a atividade da fauna é mais intensa, no caso de P3P, ambiente de lago, única fonte de água no alto desse platô, que conta ainda com oferta de frutos apreciados pela fauna (buritis e buritiramas). A presença de água e de frutos influi como atrativo para o trânsito de variadas espécies de pássaros, mamíferos, anfíbios, entre outros. O P aportado pela fauna, por ser menos móvel em relação aos demais elementos (Tabela 2), permanece no solo (Woods, 2003; Corrêa *et al.*, 2013). Em P5P, destaca-se a atividade de térmitas e formigas, que também propiciam um acúmulo superficial maior de P (Tabela 2). Em subsuperfície, contudo, os valores sempre se reduzem de forma acentuada.

Os perfis P16P, P17P, P1P, P2P e P7P apresentam característica de solos extremamente intemperizados, com comportamento químico (Tabelas 1 e 2) e morfológico semelhantes ao de solos ácidos e gibbsíticos do Cerrado, na região central do Brasil (Corrêa, 1989; Ker, 1995). Um dos indicativos da composição rica em gibbsita são os valores baixos ou nulos de Al^{3+} nos complexos de troca catiônica (Tabela 2), para os solos referidos anteriormente, nos horizontes com menor influência da MO. O Al^{3+} é mais presente no solo menos intemperizado, P6P (Tabela 2), destacando-se também outras características, como maior P-rem, maior CTC efetiva, soma de bases e saturação por bases.

Alguns dos solos presentes na Tabela 2 atendem às exigências para o caráter ácido (EMBRAPA, 2013), como soma de bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+) mais alumínio extraível por KCl 1mol. L^{-1} (Al^{3+}) em quantidade igual ou inferior a 1,5 $cmol_c/kg$, além de pH KCl 1mol. L^{-1} igual ou superior a 5,0; ou ainda delta pH positivo ou nulo. Possuem caráter ácido os perfis P15P, P17P, P16P, P1P, P2P e P7P, ou seja, a maior parte dos solos derivados de rochas máficas da Formação Parauapebas alcançou o máximo estágio de alteração pedológica.

Na Tabela 4, os solos apresentaram valores de micronutrientes bem variados. Os teores de Zn são geralmente baixos a muito baixos (Ribeiro *et al.*, 1999), destacando-se apenas em P4P e, principalmente, em P3P, com valores muito altos ($> 32 \text{ mg dm}^{-3}$), em decorrência da atividade da fauna mais destacada nesses dois solos. O Zn é um bom marcador da atividade biológica, permanecendo muito tempo no solo, à semelhança do P (Woods, 1995, 2003; Corrêa *et al.*, 2011). O Fe extraível possui valores mais altos nos horizontes superficiais (Tabela 4), devido à

sua relação com a MO de complexação, apresentando formas mais disponíveis em relação aos horizontes com maior proporção da parte mineral. Os perfis P3P e P4P apresentaram teores mais elevados de Fe extraído pelo Mechlich-1, pelo processo mais intenso da degradação da canga e liberação de Fe^{2+} em ambiente hidromórfico. Os valores de Mn variaram muito (Tabela 4), sendo geralmente baixos (Ribeiro *et al.*, 1999), com exceção para P6P, solo pedogeneticamente mais jovem. O cobre geralmente apresenta baixos valores, com exceção de P15P e P6P.

Tabela 4. Resultado dos micronutrientes e metais pesados extraídos por Mechlich-1. (Continua)

Horizontes Profundidade (cm)	Micronutrientes (mg dm^{-3})				Metais pesados (mg dm^{-3})			
	Zn	Fe	Mn	Cu	Cr	Ni	Cd	Pb
P15P: Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico								
Ac (0-12)	0,73	177,1	6,9	2,25	0,00	0,00	0,00	0,00
BAC (12-36)	0,41	70,2	7,2	3,61	0,00	0,00	0,00	0,00
Bwc1 (36-86)	0,09	28,9	7,0	3,25	0,00	0,00	0,00	0,00
Bwc2 (86-106 ⁺)	0,09	21,8	3,1	2,84	0,00	0,00	0,00	0,00
P17P: Latossolo Vermelho Ácrico típico								
A (0-16)	0,36	141,3	3,4	1,18	0,00	0,00	0,00	0,00
BA (16-39)	0,10	37,1	1,5	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00
Bw1 (39-72)	0,04	21,1	2,7	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Bw2 (72-103 ⁺)	0,05	15,2	2,0	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00
P16P: Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico típico								
A (0-10)	0,44	98,4	5,8	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
AB (10-20)	0,29	58,9	3,6	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00
BA (20-37)	0,13	31,9	3,4	1,16	0,00	0,00	0,00	0,00
Bw1 (37-76)	0,01	23,5	3,4	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00
Bw2 (76-115)	0,05	14,4	2,2	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00
Bw3 (115-138 ⁺)	0,00	10,4	2,1	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00
P1P: Plintossolo Pétrico Concrecionário cambissólico								
O (0-7)	1,12	60,0	16,8	0,02	0,00	0,70	0,15	9,74
AO (7-15)	0,62	26,6	3,5	0,00	0,31	0,43	0,17	1,36
A (15-31)	0,52	26,2	7,8	0,00	1,14	0,40	0,15	1,29
BA (31-42)	0,25	24,0	7,4	0,00	0,00	0,64	0,15	0,97
Bc1 (42-55)	0,22	21,7	2,6	0,00	1,08	0,49	0,15	1,07
Bc2 (55-64)	0,23	20,4	0,9	0,00	0,14	0,60	0,14	1,46
F/Bc (64-86 ⁺)	0,30	24,7	1,0	0,00	0,00	0,40	0,15	1,78



Tabela 4.

(Conclusão)

Horizontes Profundidade (cm)	Micronutrientes (mg dm ⁻³)				Metais pesados (mg dm ⁻³)			
	Zn	Fe	Mn	Cu	Cr	Ni	Cd	Pb
P2P: Plintossolo Pétrico Litoplíntico típico								
H (0-9)	0,90	117,4	3,3	0,41	1,27	0,54	0,17	1,17
BA (9-11)	0,22	37,6	0,4	0,05	0,00	0,82	0,17	1,04
Bi (11-38)	0,16	24,4	0,3	0,05	0,32	0,53	0,18	1,22
P3P: Plintossolo Pétrico Concrecionário gleissólico								
Hc	32,40	323,1	1,5	0,42	0,00	0,70	0,19	1,27
P4P: Plintossolo Pétrico Litoplíntico típico								
O	3,49	476,5	2,0	0,32	0,00	0,38	0,17	1,13
P5P: Plintossolo Pétrico Litoplíntico típico								
AOc	0,46	54,3	2,5	0,00	0,00	0,68	0,16	1,03
AOc2	0,41	135,8	0,9	0,00	0,50	0,57	0,16	0,92
P6P: Cambissolo Háplico Tb Distrófico latossólico								
A	1,12	145,8	32,2	4,18	1,14	0,68	0,16	1,03
BA	0,25	81,5	6,4	5,11	0,00	0,50	0,21	1,21
Bi1	0,14	55,3	5,2	4,49	0,00	0,50	0,16	1,42
Bi2	0,16	47,2	5,0	4,00	0,00	0,52	0,16	1,55
C/B	0,18	45,0	6,5	4,62	2,63	0,71	0,16	1,33
P7P: Plintossolo Pétrico Litoplíntico típico								
AC	0,32	53,1	0,4	0,39	1,57	0,56	0,15	1,33

Os metais pesados extraídos por Mehlich-1 não foram detectados (Tabela 4) nos solos bem drenados no alto do platô (P15P, P16P e P17P). Nos solos afetados por condições hidromórficas, P1P, P2P, P3P, P4P, P5P e P7P, além de P6P com boa drenagem, mas com característica de menor intemperismo em relação aos demais, apresentaram baixos valores de metais pesados (Tabela 4). A presença de Cr, Ni, Cd e Pb no complexo de troca catiônica é esperada, considerando que o material de origem provém de rochas máficas relativamente ricas nesses elementos. Nos dados de metais pesados da Tabela 4, o que mais destoa é o valor de 9,94 mg dm⁻³ de Pb no horizonte O de P1P, associado à MO, que possui forte influência nesse teor (Kabata-Pendias *et al.*, 1992; Alloway, 1995), além da natureza acumulativa do Pb em superfície.

CONCLUSÕES

A floresta perenifólia de alto porte associada às áreas de basaltos é interrompida nos locais onde o horizonte litoplíntico está próximo à superfície. Nestes locais, a vegetação florestal passa a ser decídua e, na medida que o horizonte litoplíntico vai aflorando, a vegetação gramínea passa a predominar.

Os ambientes hidromórficos no alto dos platôs estão associados a horizontes litoplínticos que dificultam a infiltração da água, permitindo em algumas áreas a formação de pequenas lagoas.

Os solos que apresentaram os teores de fósforo disponíveis mais elevados estão associados a locais em que se têm maior trânsito e permanência da fauna nativa, a exemplo do Plintossolo Pétrico Concrecionário gleissólico (P3P) e de solos em que a atividade da pedofauna (formigas e cupins) é mais expressiva (P5P).

Os latossolos desenvolvidos dos basaltos da Formação Parauapebas enquadram-se entre os mais intemperizados de toda Amazônia, comparáveis aos latossolos mais oxidados do Planalto Central do Brasil.

REFERÊNCIAS

- ALLOWAY, B. J., 1995. **Heavy metals in soils**. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- ARAÚJO, O. J. B. & R. G. N. MAIA (Org.), 1991. **Serra dos Carajás**. Folha SB.22-Z-A: estado do Pará: 1-136. DNP/CPRM (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil), Brasília.
- BRASIL, 1974. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SA. 22 Belém: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Programa de Integração Nacional (Levantamento de Recursos Naturais), Rio de Janeiro.
- BRASIL, 1975. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SB. 21 Tapajós: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Programa de Integração Nacional (Levantamento de Recursos Naturais), Rio de Janeiro.
- BRASIL, 1976. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SA. 21 – Santarém: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Programa de Integração Nacional (Levantamento de Recursos Naturais), Rio de Janeiro.
- CORRÊA, G. F., 1989. **Les microrelief “murundus” et leur environnement pédologique dans l’ouest du Minas Gerais, région du plateau central brésilien**. Tese (Doutorado em Solo) – Université de Nancy I, Vandoeuvre-les-Nancy.
- CORRÊA, G. R., C. E. G. SCHAEFER, V. D. FREITAS MELO, K. W. D. SOUZA, J. C. KER, I. M. M. RODRIGUES & E. O. SENRA, 2011. Physical and chemical attributes of archaeological soils developed from shell middens in the Região dos Lagos, Rio de Janeiro, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 35(4): 1100-1111.
- CORRÊA, G. R., C. E. SCHAEFER & R. J. GILKES, 2013. Phosphate location and reaction in an archaeoanthrosol on shell-mound in the Lakes region, Rio de Janeiro State, Brazil. **Quaternary International** 315: 16-23.
- COSTA, J. B. S., J. B. ARAÚJO, A. SANTOS, X. S. JORGE JOÃO, M. J. B. MACAMBIRA & J.-M. LAFON, 1995. A Província Mineral de Carajás: aspectos tectono-estruturais, estratigráficos e geocronológicos. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, série Ciências da Terra** 7: 199-235.
- COSTA, J. B. S. & Y. HASUI, 1997. O Pré-Cambriano da região amazônica no Brasil. **Anais do Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos** 6: 39-41.
- DONAGEMMA, G. K., H. A. RUIZ, M. P. F. FONTES, J. C. KER & C. E. G. R. SCHAEFER, 2003. Dispersão de Latossolos em resposta à utilização de pré-tratamentos na análise textural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 27: 765-772.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), 1997. **Manual de métodos de análise de solo**: 2. ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), 2013. **Sistema brasileiro de classificação de solos**: 1-380. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro.
- GIBBS, A. K., K. R. WIRTH, W. K. HIRATA & W. J. OLSZEWSKI JR., 1986. Age and composition of the Grão Pará Group volcanics, Serra dos Carajás. **Revista Brasileira de Geociências** 16: 201-211.
- KABATA-PENDIAS, A., S. DUDKA, A. CHIPECKA & T. GAWINSOWSKA, 1992. **Biogeochemistry of trace metals**. Adriano D. C. Lewis Publishers, Boca Raton.
- KER, J. C., 1995. **Mineralogia, sorção e desorção de fosfato, magnetização e elementos traços de Latossolos do Brasil**: 1-181. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- KING, L. C., 1956. A geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geociências** 18(2): 147-265.
- KUO, S., 1996. Phosphorus. In: D. L. SPARKS (Ed.): **Methods of soil analysis**: 869-919. ASA and SSSA, Madison.
- LINDENMAYER, Z. G., J. H. LAUX & A. C. VIEIRO, 1995. O papel da alteração hidrotermal nas rochas da Bacia Carajás. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Ciências da Terra** 7: 125-145.
- MACHADO, N., D. LINDENMAYER & Z. LINDENMAYER, 1988. Geocronologia U-Pb da província metalogenética de Carajás, Pardi: resultados preliminares. **Anais do Congresso Latino-Americano de Geologia** 1: 339-347.
- MACHADO, N., Z. G. LINDENMAYER, T. E. KROGH & D. LINDENMAYER, 1991. U-Pb geochronology of Archean magmatism and basement reactivation in the Carajás area, Amazon shield, Brazil. **Precambrian Research** 49(3-4): 329-354.
- MEIRELES, E. M., W. K. HIRATA, A. F. AMARAL, C. A. MEDEIROS FILHO & W. C. GATO, 1984. Geologia das Folhas Carajás e Rio Verde, Província Mineral de Carajás, Estado do Pará. **Anais do Congresso Brasileiro de Geologia** 34(5): 2163-2174.
- MEIRELLES, M. R. & M. A. DARDENNE, 1991. Vulcanismo basáltico de afinidade shoshonítica em ambiente de arco arqueano, Grupo Grão Pará, Serra dos Carajás, PA. **Revista Brasileira de Geociências** 21(1): 41-50.



MUNSELL, 1994. **Soil color charts**: 1-28. Munsell Color Company, Baltimore.

RESENDE, N. P. & A. L. M. BARBOSA, 1972. **Relatório de pesquisa de minério de ferro, distrito ferrífero da Serra dos Carajás, Estado do Pará**: 1: 248. AMZA, Belém.

RIBEIRO, A. C., P. T. G. GUIMARÃES & V. H. ALVAREZ V. (Ed.), 1999. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª aproximação: 1-359. CFSEMG, Lavras.

RIO DOCE GEOLOGIA E MINERAÇÃO (DOCEGEO), 1988. Revisão litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás. **Anais do Congresso Brasileiro de Geologia** 35: 11-54.

RUIZ, H. A., 2005a. Dispersão física do solo para análise granulométrica por agitação lenta. **Anais do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo** 30: 1 CD-ROM.

RUIZ, H. A., 2005b. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 29: 297-300.

SANTOS, R. D., R. C. LEMOS, H. G. SANTOS, J. C. KER & L. H. C. ANJOS, 2005. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**: 5. ed.: 1-92. SBCS, Viçosa.

SILVA, C. G., M. I. C. LIMA, A. R. F. ANDRADE, R. S. ISSLER & G. GUIMARÃES, 1974. Geologia. In: BRASIL. **Projeto RADAMBRASIL**: Folha SB.22 Araguaia e parte de SC.22 Tocantins; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da Terra: 1: 1-143. Programa de Integração Nacional (Levantamento de Recursos Naturais, 4), Rio de Janeiro.

WOODS, W. I., 1995. Comments on the black earths of Amazonia. In: F. A. SCHOOLMASTER (Ed.): **Papers and Proceedings of the Applied Geography Conferences**: 18: 159-165. Applied Geography Conferences, Inc., Denton.

WOODS, W. I., 2003. Development of antrosol research. In: J. LEHMANN, D. C. KERN, B. GLASER & W. I. WOODS (Ed.): **Amazonian dark earths**: origin, properties and management: 3-14. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

