

ATRIBUTOS QUÍMICOS E GRANULOMETRIA DOS SOLOS DA IX REUNIÃO BRASILEIRA DE CLASSIFICAÇÃO E CORRELAÇÃO DE SOLOS DO ESTADO DO ACRE: UM ENFOQUE PEDOLÓGICO

Maurício Rizzato Coelho⁽¹⁾; José Francisco Lumbreras⁽¹⁾; Humberto Gonçalves dos Santos⁽¹⁾; Ricardo de Oliveira Dart⁽²⁾; Jorge Araújo de Sousa Lima⁽¹⁾

(1) Pesquisador Embrapa Solos, Jardim Botânico 1024, Rio de Janeiro (RJ), 22460-000, mauricio@cnpq.br, embrapa.br, jflumbreras@gmail.com, humberto@cnpq.br; (2) Analista, Embrapa Solos,

INTRODUÇÃO

A Formação Solimões (argilitos, siltitos e arenitos com intercalações de finos níveis de calcário, linhito e turfa) é a mais extensa das unidades litoestratigráficas do Acre, estendendo-se por mais de 80% do estado (Araújo et al., 2005) e além da fronteira para o território boliviano (Cavalcante, 2005). Há poucos estudos sobre as características desses sedimentos terciários (Horbe et al., 2007), bem como dos solos resultantes de seu intemperismo (Horbe et al., 2007; Moreira et al., 2009). Tais sedimentos são de exposição recente às condições intempéricas amazônicas, o que se deu provavelmente durante o Quaternário, diferindo-se daqueles situados a oeste da área estudada, como a Formação Alter do Chão, mais afetada pela laterização (Horbe et al., 2007).

O material de origem menos intemperizado dos solos relacionados à Formação Solimões lhes imprime peculiaridades em relação à grande maioria dos solos de terra firme já descritos e mapeados na bacia amazônica (Coelho et al., 2005ab). Trabalhos como os de Gama (1986), Martins (1993), Teixeira & Bueno (1995), Gama & Kiehl (1999), Marques et al. (2002) e Moreira et al. (2009) enfatizam tais peculiaridades, realçando aspectos como o seu elevado conteúdo de silte (Gama, 1986; Martins, 1993; Teixeira & Bueno, 1995), sua mineralogia com presença expressiva de filossilicatos 2:1, possivelmente relacionada aos elevados e anormais conteúdos de Al extraível (Marques et al., 2002), bem como aspectos de fertilidade, sobretudo no que se refere aos elevados conteúdos de Ca, Mg e Al nos perfis (Gama, 1986; Martins, 1993; Gama & Kiehl, 1999), mas com baixa disponibilidade de fósforo (Araújo, 2005; Moreira et al., 2009) e boro (Moreira et al., 2009).

Além da Formação Solimões, de idade terciária, outras unidades litoestratigráficas foram descritas por Cavalcante (2005) no estado do Acre. Compreendem desde litologias mais antigas, como remanescentes mesozóicos e até pré-cambrianos situados mais a oeste do estado, como depósitos mais recentes, tais como a Formação Cruzeiro do Sul e os terraços pleistocênicos depositados no início do Quaternário; ou mesmo terraços holocênicos relacionados aos principais rios do estado e rochas cronocorrelatas à Formação Solimões (Formação Alter do Chão). Semelhante ao argumentado para a Formação Solimões, poucos são os relatos dos solos dessas diferentes litologias e paisagens relacionadas.

O presente trabalho objetiva analisar os atributos químicos e a granulometria dos solos descritos na IX Reunião Brasileira de Correlação e Classificação dos Solos do estado do Acre, com ênfase às análises de rotina para fins de levantamento, enfatizando suas peculiaridades e aspectos relacionados à classificação taxonômica dos solos.

MATERIAL E MÉTODOS

Meio Físico

Os solos estudados correspondem aqueles descritos e amostrados na IX Reunião de Brasileira de Classificação e Correlação de Solos do estado do Acre (IX RCC). Compreendem 11 perfis, cuja localização e símbolo de identificação encontram-se na Figura 1.

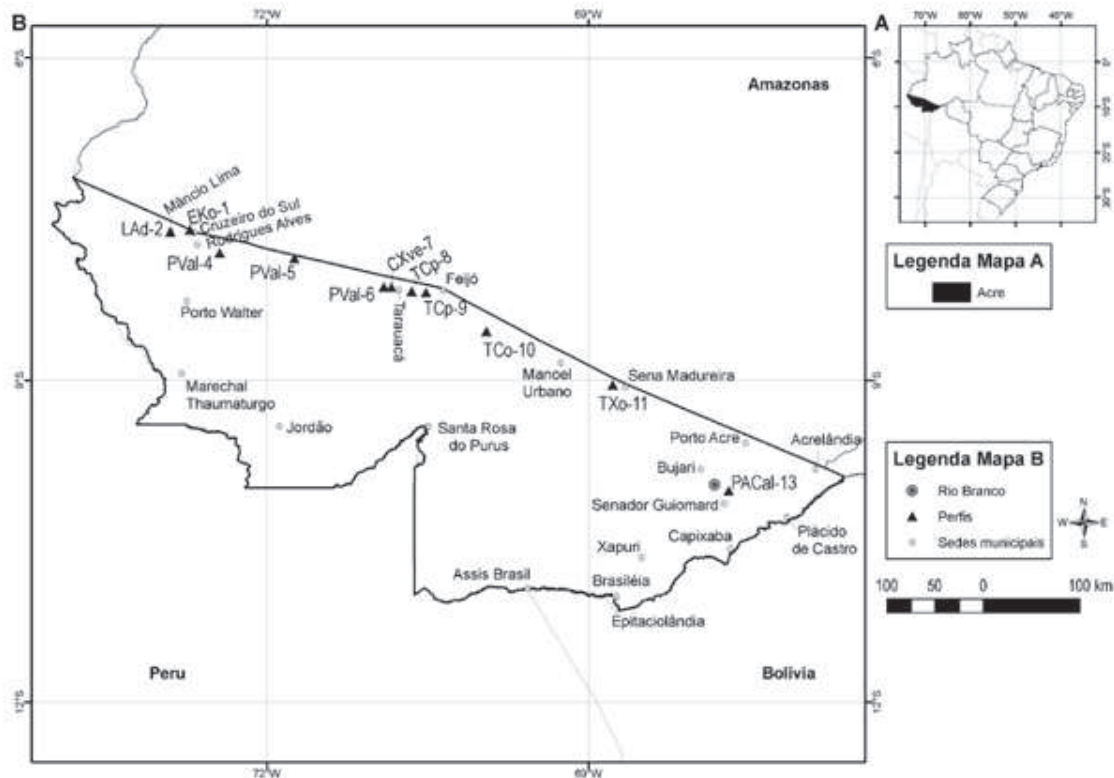


Figura 1. Localização e símbolo de identificação dos perfis estudados no estado do Acre.

Os solos mais representativos do estado compreendem os Luvisolos, Cambissolos e Argissolos (Melo, 2003), desenvolvidos predominantemente nos sedimentos terciários da Formação Solimões. Ela se estende por mais de 80% do estado (Araújo et al., 2005) e é composta por argilitos, siltitos e arenitos com intercalações de finos níveis de calcário, linhito e turfa (Cavalcante, 2005). A vegetação predominante é caracterizada como Floresta Ombrófila Densa (Brasil, 1976). O clima é classificado como Am (Köppen), com temperaturas médias anuais de 26°C (Brasil, 1976) e pluviosidade oscilando entre 1.750 e 2.000 mm/ano, com média de 1.940 ± 228 mm entre os anos de 1970 e 2000. Junho é o mês mais seco (média de 32 mm), enquanto fevereiro corresponde ao mês de maior pluviosidade (299 mm) (Duarte et al., 2002).

Análises de Rotina para Fins de Levantamento de Solos

No laboratório as amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas com um martelo de borracha e passadas em peneira n.º10 (malha de 2mm), obtendo-se a fração terra fina seca ao ar (TFSA), onde foram realizadas as análises químicas e granulométricas. Esta última foi realizada pelo método do densímetro, utilizando hidróxido de sódio 0,1 mol L⁻¹ como agente dispersante (Embrapa, 1997).

Foram as seguintes análises químicas e procedimentos analíticos utilizados (Embrapa, 1997): o pH foi determinado em água (potenciômetro) utilizando relação solo:solução 1:2,5 após agitação e repouso de 1 hora; o carbono orgânico (C) por oxidação com dicromato de potássio. Os cátions Ca^{++} , Mg^{++} e Al^{+++} foram extraídos com solução KCl 1 mol L^{-1} . A extração do $\text{H} + \text{Al}$ foi realizada com solução de acetato de cálcio 0,5 mol L^{-1} a pH 7,0. Os elementos Na^+ e K^+ foram extraídos com solução de H_2SO_4 0,0125 mol L^{-1} + HCl 0,05 mol L^{-1} . Os teores de Ca^{++} e Mg^{++} foram determinados por espectroscopia de absorção atômica; K^+ e Na^+ por fotometria de chama; Al^{+++} e $\text{H} + \text{Al}$ por titulometria. Os conteúdos de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e TiO_2 foram determinados após abertura das amostras com ácido sulfúrico 1:1, os quais, excetuando o TiO_2 , foram utilizados na determinação das relações moleculares K_i e K_r .

Análises Estatísticas

Análises de clusters e de componentes principais foram utilizadas para identificar grupos de amostras baseada na medida de 18 variáveis químicas e granulométricas de solo e como estas se relacionam com as diferenças observadas entre grupos. Cada observação reuniu dados quantitativos de variáveis edáficas obtidas por cada subhorizonte B de cada perfil, incluindo horizontes intermediários BA e BC. Para fins da análise de componentes principais e de agrupamentos (clusters), cada um dos 44 subhorizontes estudados foi considerado independentemente dos demais do mesmo perfil e dos outros perfis. O processo de agrupamento das observações por similaridade multivariada seguiu o método de Ward (ou variância mínima intragrupos); já o peso (coeficiente discriminante) de cada variável edáfica na formação dos grupos foi determinado por componente principal através da análise discriminante múltipla (Zar, 1984; Hair Junior et al., 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise Multivariada Análise de clusters

Os níveis de similaridade entre os diferentes horizontes B (incluindo BA e BC) estudados são mostrados no dendograma da Figura 2, o qual é baseado nas análises de clusters. A referida Figura ilustra a existência de 5 grupos. Os horizontes B do Latossolo (LVd-2) e Espodossolo (EKO-1) foram reunidos em um mesmo grupo. O maior agrupamento, contendo 20 horizontes dentre os 44 utilizados na análise, pertencentes a 4 perfis (PVal-4, PVal-5, PVal-6 e PACal-13), engloba todos os solos com horizontes B textural e caráter alítico. Os horizontes subsuperficiais dos Luvisolos órticos dotados de mosqueados de redução (TCo-10 e TXo-11) tiveram todos seus horizontes B ordenados em um outro grupo. Finalmente, os solos eutróficos, de argila de atividade alta, dotados de caráter vertissólico e horizontes diagnósticos Bi (CXve-7) ou Bt (incluindo intermediários; perfis TCp-8, TCp-9) foram arranjados em dois grupos: três dos horizontes texturais mais profundos, Bt2, Bt3 e BC, do perfil TCp-9 formaram um grupo individualizado; os horizontes B mais superficiais BA e Bt1 do mesmo perfil foram alocados em outro grupo, juntamente aos dos perfis CXve-7 e TCp-8.

Os resultados das análises de clusters dos horizontes B convergem para a adequabilidade do SiBCS para os solos estudados ao agrupar muitos dos horizontes com atributos químicos semelhantes em classes de solos taxonomicamente próximas, mesmo em níveis categóricos elevados do Sistema em que os atributos morfológicos preponderam na identificação da classe. Por exemplo, todos os horizontes B dos Luvisolos Crômicos e Háplicos

(TCo-10 e TXo-11), ambos órticos e com mosqueados de redução formaram um grupo individualizado dos demais Luvissoles (TCp-8 e TCp-9), esses classificados como Luvissoles Crômicos Pálicos. Estes últimos solos, por sua vez, tiveram seus horizontes arranjados em dois grupos, tal como evidenciado acima. Isso ocorreu devido a uma provável descontinuidade litológica entre os horizontes Bt1 e Bt2 do perfil TCp-9, o que será discutido posteriormente. Todos os horizontes B texturais dotados de caráter alítico e plíntico e classificados como Argissolos Vermelhos Alíticos plintossólicos (PVal-4, PVal-5, PVal-6) formaram, juntamente com o Argissolo Acinzentado Alítico (PACal-13), um grupo individualizado, os quais apresentam uma pequena distância taxonômica, ou seja, serem separados no SiBCS, em nível de ordem taxonômica, por sutis diferenças na cor da parte superior do horizonte B.

Uma aparente inconsistência entre os grupos da Figura 2 e a classificação taxonômica dos solos estudados é o elevado nível de similaridade analítica entre os horizontes do Latossolo Amarelo (LAd-2) e aqueles do Espodossolo Humilúvico (EKO-1), os quais foram agrupados juntos. Qualquer pedólogo brasileiro facilmente mentaliza e elenca grandes diferenças entre ambas as ordens de solos e os atributos que as definem. No entanto, o perfil EKO-1 apresenta algumas peculiaridades em relação à grande maioria dos Espodossolos já descritos, mapeados e estudados no Brasil: sua textura média talvez seja a principal delas. Associado a isto, ambas as ordens comumente englobam solos dessaturados, com a CTC dominada com Al trocável. Assim, há similaridades analíticas entre os Latossolos e Espodossolos, corroborada pela observação da Figura 2.

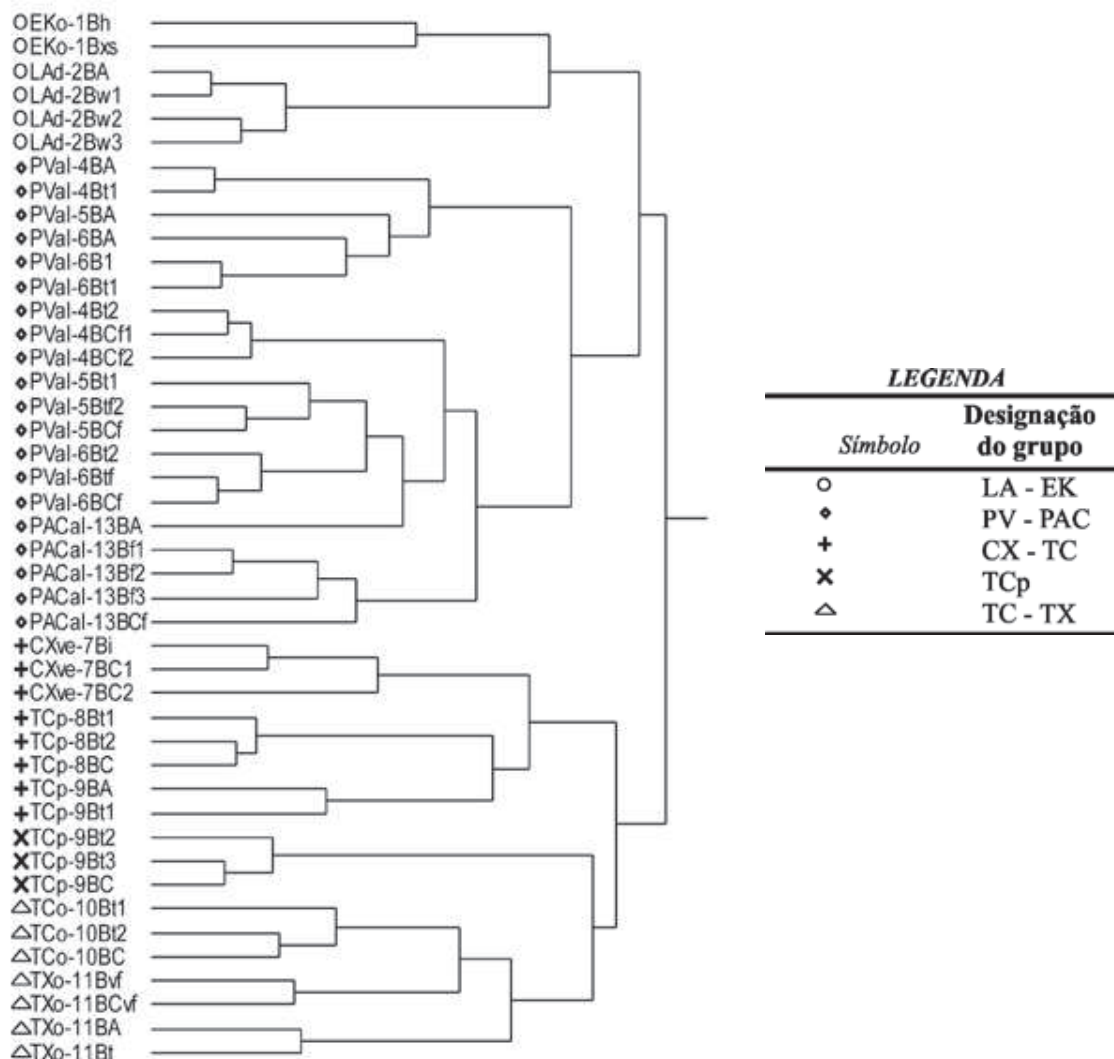


Figura 2. Dendograma considerando-se as 18 variáveis químicas e físicas dos horizontes subsuperficiais B (incluindo horizontes intermediários BA e BC) utilizados na análise de clusters dos solos da IX Reunião Brasileira de Correlação e Classificação de Solos do estado do Acre. Cada horizonte é identificado por um símbolo que engloba a classificação taxonomica do perfil segundo o SiBCS (Embrapa, 2006), o número do perfil e o horizonte propriamente dito. Os losangos na figura identificam o ponto onde 50% da variação é explicada pela análise de clusters. À direita do dendograma encontra-se a legenda de identificação dos grupos, os quais receberam designações.

Análise de Componentes Principais (CP)

O primeiro e segundo componentes principais foram responsáveis, respectivamente, por 40,13% e 17,84% do total da variação, o que somados representam 57,97% da variação global referente aos atributos químicos e físicos analisados (Tabela 1).

Tabela 1. Autovalor, variância e correlações entre as variáveis obtidas dos horizontes subsuperficiais B de 11 perfis relacionados à IX RCC do estado do Acre e os respectivos Componentes Principais CP1 e CP2.

	CP1	CP2
AUTOVALOR	7,22	3,21
% da variância	40,13	17,84
% cumulativa	40,13	57,97

Variáveis	Fator de peso	
	CP1	CP2
Areia fina (AF)	-0,15	-0,41
Silte	0,12	0,20
Arg.	0,17	0,44
Silte/Arg.	-0,01	-0,15
pH H ₂ O	0,28	-0,14
Ca ⁺⁺	0,34	-0,11
Mg ⁺⁺	0,28	0,03
K ⁺	0,19	0,28
Soma de bases (SB)	0,36	-0,09
Al ⁺⁺⁺	-0,05	0,43
CTC	0,34	0,11
V%	0,35	-0,11
m%	-0,34	0,12
C	-0,03	-0,06
N	0,002	0,32
C/N	-0,07	-0,33
Ki	0,21	-0,13
Atividade da argila (Ta)	0,30	-0,16

Variáveis com fator de peso igual ou maior que |0,20| são mostradas em negrito

O maior peso ($\geq 0,20$) de cada variável nos componentes selecionados foram: pH, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Soma de Bases (SB), CTC, V%, m%, Ki e atividade da argila (Ta) no primeiro componente; areia fina (A.F.), silte, argila (Arg.), K⁺, Al⁺⁺⁺, N e relação C/N no segundo componente. Assim, o CP1 representa as variáveis químicas responsáveis pela diferenciação entre grupos, enquanto no CP2, as variáveis físicas foram preponderantes na diferenciação, embora Al⁺⁺⁺, K⁺, N e C/N mostraram elevado fator de peso (Tabela 1).

A Figura 3 mostra os gráficos de grupos (horizontes) e de vetores (variáveis de solo) da análise de Componentes Principais considerando-se as 18 variáveis utilizadas na análise de clusters. Pelo exame da mesma observa-se que, excetuando-se os grupos CX-TC e TCp, os quais foram arranjados juntos no quadrante inferior direito da Figura 3a, os demais apre-

sentaram forte tendência de ocuparem quadrantes distintos do gráfico. Esses dados corroboram aqueles já discutidos na análise de clusters: o SiBCS eficientemente classifica os solos estudados, agrupando horizontes com atributos semelhantes na mesma ordem de solos ou em classes diferentes, mas taxonomicamente pouco distantes entre si.

Como podem ser observados na Figura 3b, os atributos de solos variaram de importância na formação dos grupos. A areia fina (A.F.), por exemplo, foi a principal variável

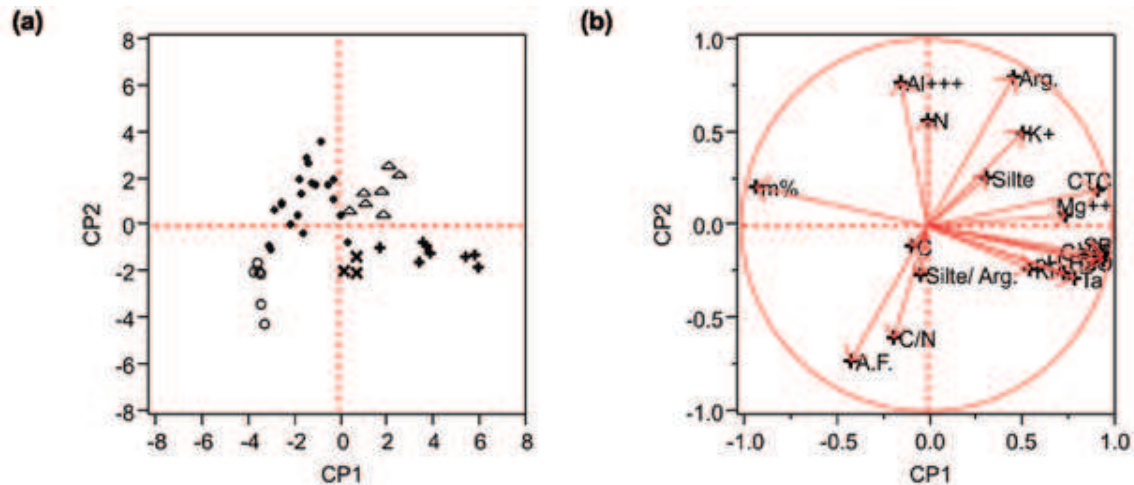


Figura 3. Gráficos de correlação entre os Componentes Principais CP1 e CP2 e as 18 variáveis de solo (horizonte B) na forma de vetores (b) e em relação aos 44 horizontes dos perfis agrupados pela análise de cluster (a). Os vetores representam o peso das variáveis de solo sobre os Componentes Principais CP1 e CP2. Quanto mais longo e menos ortogonal o vetor (Figura 3b), maior a correlação entre a variável a ele associada e os Componentes Principais CP1 e CP2. Quanto mais distante a observação (horizonte) em relação ao ponto de origem (Figura 3a), maior é sua correlação aos respectivos CP1 e CP2. Os símbolos de identificação dos grupos são mostrados na Figura 2.

responsável pela formação do grupo LA-EK, que engloba os Latossolos e Espodosolos. Esses solos, juntamente aos horizontes Bt2, Bt3 e BC do perfil TCp-9 (Grupo TCp), mostraram o maior conteúdo de areia fina dentre todos os perfis analisados (Tabela 2); daí a proximidade física desses horizontes (grupo TCp) em relação aqueles do Espodosolo (EKO-1) e Latossolo (LAd), tal como pode ser observado da Figura 3a. Possivelmente, dois fatores foram responsáveis por esses resultados: a litologia diferenciada desses perfis em relação aos demais estudados e a descontinuidade litológica do perfil TCp-9, o que pode ser facilmente constatada com os dados analíticos da Tabela 2 e será discutido no item subsequente.

Tabela 2. Resultados das análises físicas de rotina para os perfis estudados.

Ident.	Horiz.	Prof.	Composição granulométrica					Arg. disp.	G.F.	AG/ AF	AG+ AF/ TI	Silte / Arg.	Ident.	Horiz.	Prof.	Composição granulométrica					Arg. disp.	G.F.	AG/ AF	AG+ AF/ TI	Silte / Arg.
			In.	Fim	A.G.	A.F.	Silte									Arg.	In.	Fim	A.G.	A.F.					
	Simb.	cm	g/kg					%					Simb.	cm	g/kg					%					
EKo-1	Ap	0 35	400	408	112	80	20	75	0,98		1,40	TCp-8	Ap	0 10	15	81	541	363	363	0	0,19	26,7	1,49		
EKo-1	E1	35 80	264	547	109	80	20	75	0,48		1,38	TCp-8	AB	10 22	9	91	486	414	392	5	0,10	25,6	1,17		
EKo-1	E2	80 152	274	532	114	80	20	75	0,52		1,42	TCp-8	Bt1	22 60	4	39	480	477	0	100	0,10	10,0	1,01		
EKo-1	Bh	152 159	175	510	171	144	21	85	0,34	37,2	1,19	TCp-8	Bt2	60 81	4	28	492	476	0	100	0,14	6,8	1,03		
EKo-1	Bxs	159 262	71	436	158	335	21	94	0,16	93,9	0,47	TCp-8	BC	81 125	4	37	528	431	0	100	0,11	9,8	1,22		
LAd-2	Ap	0 9	451	341	45	163	82	50	1,32	344,3	0,28	TCp-8	C1	125 144	6	104	570	320	0	100	0,08	26,8	1,78		
LAd-2	AB	9 22	294	388	68	250	208	17	0,76	227,3	0,27	TCp-9	Ap	0 16	19	421	269	291	250	14	0,05	133,3	0,92		
LAd-2	BA	22 38	266	398	72	264	0	100	0,67	162,0	0,27	TCp-9	BA	16 31	6	238	279	477	0	100	0,03	53,0	0,58		
LAd-2	Bw1	38 68	280	380	75	265	0	100	0,74	143,5	0,28	TCp-9	Bt1	31 60	7	332	205	456	0	100	0,02	84,8	0,45		
LAd-2	Bw2	68 129	314	387	34	265	0	100	0,81	175,3	0,13	TCp-9	Bt2	60 102	6	501	147	346	0	100	0,01	140,8	0,42		
LAd-2	Bw3	129 166	331	375	91	203	0	100	0,88	185,8	0,45	TCp-9	Bt3	102 127	6	577	141	276	0	100	0,01	166,6	0,51		
												TCp-9	BC	127 180	4	560	162	274	0	100	0,01	170,9	0,59		
PVal-4	Ap	0 10	79	305	433	183	143	22	0,26	80,0	2,37	TCo-10	Ap	0 5	29	273	491	207	0	100	0,11	81,6	2,37		
PVal-4	BA	10 23	51	275	386	288	0	100	0,19	55,3	1,34	TCo-10	AB	5 16	23	253	518	206	41	80	0,09	64,2	2,51		
PVal-4	Bt1	23 34	52	247	384	317	0	100	0,21	46,7	1,21	TCo-10	Bt1	16 53	13	83	279	625	201	68	0,16	17,5	0,45		
PVal-4	Bt2	34 64	18	150	293	539	0	100	0,12	20,5	0,54	TCo-10	Bt2	53 80	5	90	330	575	0	100	0,06	14,0	0,57		
PVal-4	BCf1	64 109	22	133	257	588	0	100	0,17	17,8	0,44	TCo-10	BC	80 102	5	241	255	499	0	100	0,02	39,7	0,51		
PVal-4	BCf2	109 150	4	89	362	545	0	100	0,04	12,1	0,66	TCo-10	CB	102 122	7	170	315	508	0	100	0,04	28,5	0,62		
PVal-5	A1	0 4	45	232	447	276	212	23	0,19	76,9	1,62	TCo-10	C	122 137	46	31	332	591	0	100	1,48	11,0	0,56		
PVal-5	A2	4 20	32	236	435	297	255	14	0,14	57,0	1,46	TXo-11	Ap	0 20	15	56	389	540	0	100	0,27	16,1	0,72		
PVal-5	BA	20 40	35	216	397	352	0	100	0,16	52,3	1,13	TXo-11	BA	20 28	13	76	366	545	131	76	0,17	17,8	0,67		
PVal-5	Bt1	40 67	36	176	225	563	0	100	0,20	40,8	0,40	TXo-11	Bt	28 49	9	42	311	638	0	100	0,21	9,6	0,49		
PVal-5	Bt2	67 87	18	87	338	557	0	100	0,21	19,1	0,61	TXo-11	Bvf	49 77	4	11	175	810	0	100	0,36	2,6	0,22		
PVal-5	BCf	87 116	7	29	296	668	0	100	0,24	5,9	0,44	TXo-11	BCvf	77 140	7	9	201	783	0	100	0,78	2,7	0,26		
PVal-5	Cf	116 128	54	29	223	694	0	100	1,86	12,6	0,32	PACal-13	Ap	0 15	64	107	437	392	330	16	0,60	30,0	1,11		
PVal-6	Ap	0 6	29	193	484	294	252	14	0,15	38,9	1,65	PACal-13	AB	15 26	54	76	436	434	413	5	0,71	21,0	1,00		
PVal-6	BA	6 17	30	165	488	317	42	87	0,18	34,8	1,54	PACal-13	BA	26 41	29	38	281	652	0	100	0,76	11,6	0,43		
PVal-6	Bt1	17 38	27	193	402	378	0	100	0,14	36,1	1,08	PACal-13	Bt1	41 77	23	30	249	698	0	100	0,77	9,1	0,36		
PVal-6	Bt2	38 59	24	136	408	432	0	100	0,18	25,4	0,94	PACal-13	Bt2	77 127	23	34	288	655	0	100	0,68	8,9	0,44		
PVal-6	Bt3	59 100	18	112	299	571	0	100	0,16	20,0	0,52	PACal-13	Bf3	127 177	44	65	283	608	0	100	0,68	15,1	0,47		
PVal-6	Bif	100 138	7	53	346	594	0	100	0,13	8,2	0,58	PACal-13	BCf	177 210	28	15	274	683	0	100	1,87	7,4	0,40		
PVal-6	BCf	138 150	7	33	368	592	0	100	0,21	5,7	0,62														
CXve-7	A	0 25	7	80	427	486	354	27	0,09	21,8	0,88														
CXve-7	AB	25 40	7	38	315	640	375	41	0,18	9,8	0,49														
CXve-7	Bt	40 60	4	27	366	603	134	78	0,15	6,3	0,61														
CXve-7	BC1	60 95	7	31	274	688	0	100	0,23	7,8	0,40														
CXve-7	BC2	95 130	22	35	280	663	0	100	0,63	15,8	0,42														
CXve-7	C	130 147	18	37	288	657	0	100	0,49	14,1	0,44														

Granulometria

Na granulometria dos perfis estudados não foram constatadas as frações cascalho e calhaus no campo, ocorrendo, portanto, o domínio absoluto da fração terra fina.

Os valores médios das frações granulométricas da TFSA são mostrados na Figura 4. É evidente a predominância das frações argila e silte sobre a areia para oito dos perfis estudados, fato já relatado por vários autores para solos do Acre (Martins, 1993; Gama, 1986; Melo, 2003; Rodrigues et al., 2003abc). No entanto, em dois perfis, EKo-1 e LAd-2, e nos horizontes mais profundos do TCp-9, os valores médios da fração areia sobrepuseram-se às demais frações, sugerindo, para o caso dos perfis EKo1 e LAd-2, que há diferença de litologia entre esses perfis e os demais. Possivelmente, a descontinuidade litológica no perfil TCp-9 foi responsável por esses resultados, tal como comentado anteriormente.

A fração areia é dominada por areia fina, excetuando-se os perfis EKo-1 e LAd-2 em que as frações areia grossa e fina apresentam conteúdos similares nos horizontes superficiais (Figura 4). Os valores de silte são bastante elevados quando comparado aos demais solos de terra firme da amazônia, com valores mínimos e máximos em superfície de 45 e 541 g kg⁻¹, e em superfície de 34 e 528 g kg⁻¹, respectivamente. No entanto, esta é uma característica comum de muitos solos desenvolvidos da Formação Solimões, evidenciando seu incipiente estágio de intemperismo (Coelho et al., 2005ab). Os menores conteúdos dessa fração (< 175 g kg⁻¹) são observados nos perfis mais intemperizados, EKo-1 e LAd, bem como nos horizontes Bt2, Bt3 e BC do perfil TCp-9, corroborando tanto a litologia diferenciada desses em

relação aos demais perfis, como a provável descontinuidade litológica existente no TCp-9. Por outro lado, os maiores conteúdos de silte são observados em superfície, havendo uma tendência de sua redução em profundidade (Tabela 2). Comportamento similar pode ser observado para a relação silte/argila (Figura 5). Martins (1993), estudando solos semelhantes no estado do Acre, argumenta que o comportamento sinuoso dessa relação em profundidade sugere que ambas as frações, em elevados teores, foram depositadas preponderantemente nessas dimensões, não havendo tempo suficiente para atuação da pedogênese. Essa interpretação parece não proceder aos solos estudados (Figura 5).

O grau de floculação varia de 68 a 100% nos horizontes B (Tabela 2). O valor máximo, 100%, é dominante naqueles horizontes para a maioria dos perfis estudados e estão relacionados aos também elevados conteúdos de Al^{+++} e/ou H^+ e/ou Ca^{++} e/ou Mg^{++} , os quais são fortemente adsorvidos pelas micelas do solo, reduzindo, desta forma, a eletro-negatividade e criando condições ao desenvolvimento de forças atrativas entre as partículas responsáveis pela formação de agregados estáveis (Martins, 1993).

Outra peculiaridade observada dentre os perfis estudados é o elevado conteúdo das frações silte e argila dos horizontes diagnósticos subsuperficiais do Espodosolo (Eko-1; Tabela 2). No Brasil, tais solos estão mais comumente associados a depósitos psamíticos e a texturas arenosas por todo o perfil (Coelho, 2008).

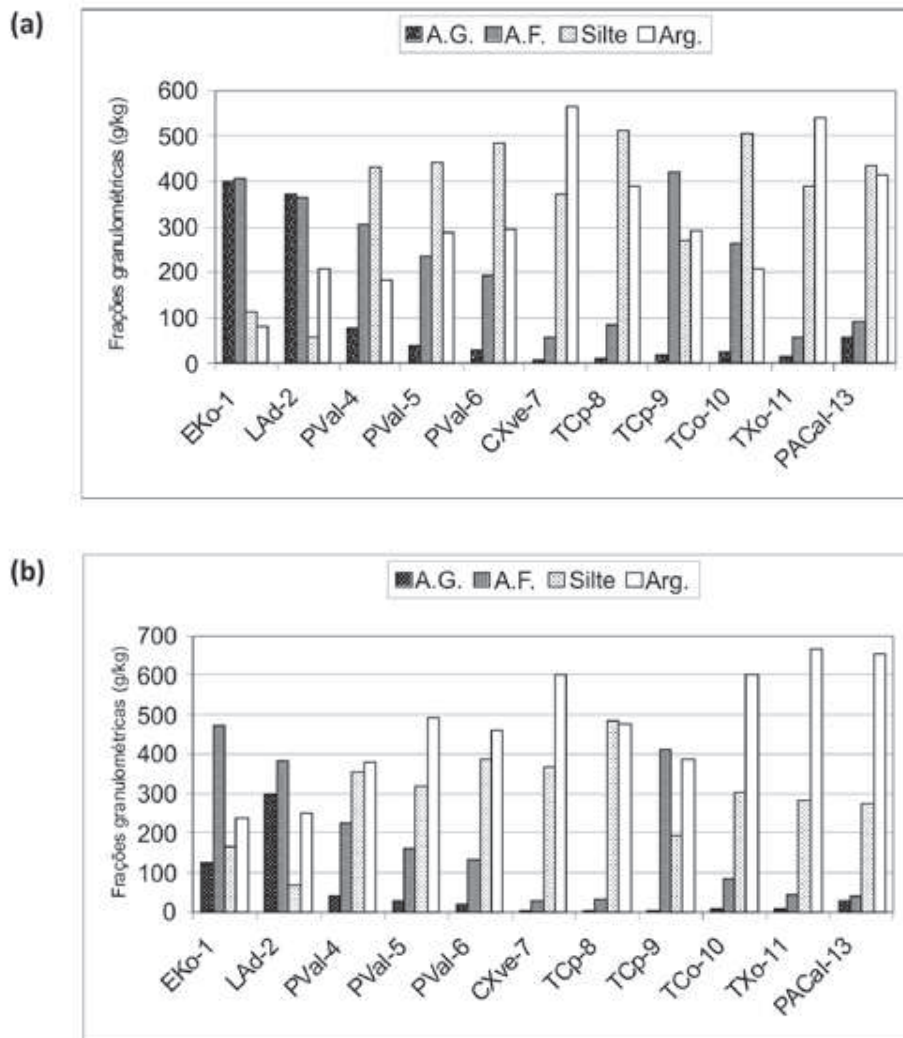


Figura 4. Valores médios de areia grossa (A.G.), areia fina (A.F.), silte e argila (Arg.) dos horizontes superficiais (a) e subsuperficiais (b) dos perfis estudados, excetuando-se horizontes C e seus intermediários.

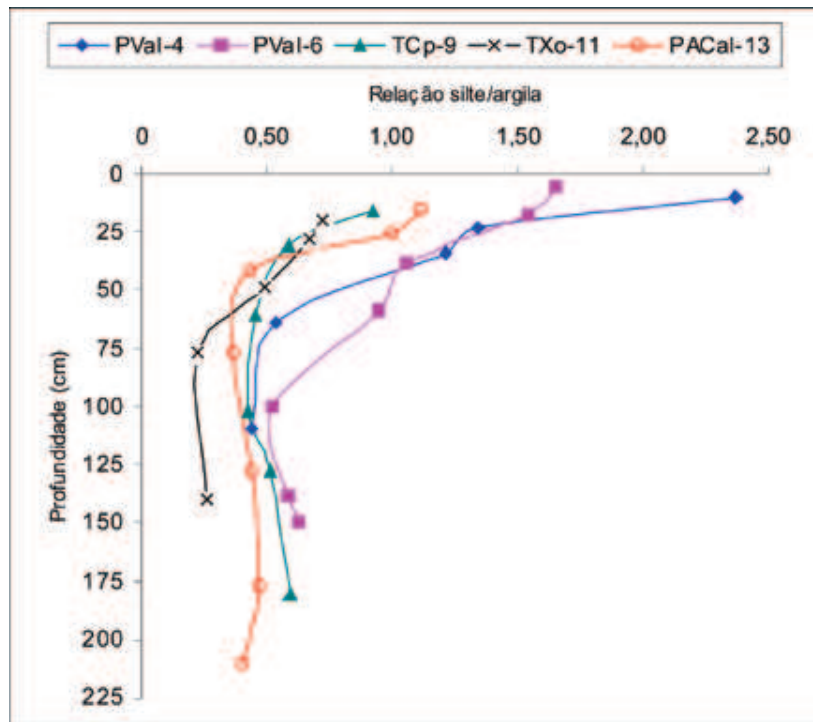


Figura 5. Distribuição, em profundidade, da relação silte/argila de perfis selecionados (PVal-4, PVal-6, TCp-9, TXo-11 e PACal-13).

Atributos Químicos

A Tabela 3 mostra os dados químicos de rotina para os perfis estudados. De acordo com estes dados, os valores de pH mostram que esses solos apresentam reação que varia de fortemente ácida (pH mínimo de 4,5) a fortemente alcalina (pH máximo de 8,7). A maior acidez manifesta-se no Espodosolo (EKO-1) e Latossolo (LAd-2), que correspondem aos solos mais intemperizados e/ou de litologia diferenciada dentre os demais estudados, como pode ser evidenciado pelos mais baixos valores de Ki e soma de bases, bem como pelo fato de manifestarem mineralogia predominantemente caulinítica (Calderano et al., 2010). No entanto, o horizonte Bh do perfil EKO-1 mostrou valor de Ki e Kr de 3,27 e 2,73, respectivamente, bem mais elevado em relação aos demais horizontes do mesmo perfil (Tabela 3); fato que, associado à sua maior atividade de argila dentre as observadas no perfil (Ta de 65,3 cmolc kg⁻¹ de argila), sugere mineralogia diferenciada e/ou material de origem de composições diferentes ao longo do perfil, imposto pela sedimentação, tal como sugerido por Martins (1993)

Os valores de Δ pH são invariavelmente negativos para todos os horizontes e solos estudados (Tabela 3). Gama (1986) e Martins (1993), estudando solos semelhantes no Acre, mostraram que grandes amplitudes de variação de Δ pH associado a altos níveis de alumínio são indicativos seguros de solos ricos em minerais onde predominam cargas permanentes. Volkoff et al. (1989), que também estudaram solos semelhantes no Acre, afirmaram que o conteúdo de alumínio está diretamente relacionado ao processo de alteração das esmectitas da fração argila, ocorrendo valores mais elevados nas porções do perfil onde as alterações se processam com maior intensidade.

A presença de elevados conteúdos de alumínio extraível, concomitantemente a altos conteúdos de cálcio e magnésio, tal como ocorre nos perfis PVal-5, PVal-6, TCp-9, TCo10, TXo-11, PCal-13, já foram constatados por vários autores nos solos da Formação Solimões (Coelho et al., 2005ab). Uehara & Gillman (1981), citados por Martins (1993), constata-

ram que solos ricos em montmorilonita desprendiam grandes quantidades de alumínio por hidrólise, uma vez que esse tipo de argila é muito instável em solos de reação ácida, com valores de pH entre 4,9 e 5,2. Essas condições são plenamente satisfeitas na maioria dos horizontes do perfil TXo-11, o qual apresenta conteúdos expressivos de esmectitas na fração argila (Calderano et al., 2010), bem como valores de pH variando entre 4,7 e 5,2 nos horizontes diagnósticos subsuperficiais, associados a conteúdos de Ca+Mg e Al máximos de 20,5 e 16 cmolc kg⁻¹ de solo, respectivamente. Os demais perfis supracitados mostram condições semelhantes àquelas relatadas por Uehara & Gillman (1981), mas parece que a hidrólise das esmectitas é mais ativa no TXo-11 pelo fato de apresentarem os maiores conteúdos de Ca, Mg e Al no perfil em alguns de seus horizontes em relação aos demais estudados (Tabela 3), bem como conteúdos significativos de esmectitas, estando dentre os maiores observados (Calderano et al., 2010).

Os solos estudados apresentam os valores de Al variando entre 0,0 e 2,4 cmolc kg⁻¹ de solo para os horizontes superficiais, e de 0 a 21,7 cmolc kg⁻¹ de solo para os subsuperficiais, com valores médios de 2,4 e 7,6 cmolc kg⁻¹ de solo para os respectivos horizontes. Esses mais elevados valores em subsuperfície, fato também relatado por Gama (1986), coincidem com as maiores amplitudes de variação do Δ pH (média de -1,3 em superfície e de -1,6 em subsuperfície), o que é condizente com os princípios da química de solo (Bloom et al., 2005): a maior eletronegatividade nesses horizontes está associada à sua maior capacidade de retenção de cátions, incluindo o Al extraível. A maior acidez trocável e potencial observada está associado a um horizonte (BCf4) com abundante mosqueamento, referente ao perfil PACal-13. Possivelmente, o mecanismo de ferrólise (Brinkman, 1970) é responsável pela destruição das argilas 2:1 e acidez desse solo e horizonte. O valor de K_i desse horizonte, 2,03, bem como os baixos valores de soma de bases nos horizontes subsuperficiais deste perfil (média de 1,6 cmolc kg⁻¹ de solo) comparativamente a maioria dos perfis analisados, indicam dominância de mineralogia silicatada 1:1, condizente com a atuação do mecanismo de ferrólise no horizonte. No entanto, esses valores estão em dissonância em relação à atividade da argila do mesmo (37,9 cmolc kg⁻¹ de argila), bem como ao ser valor de pH (5,4). Assim, outro fator pode se somar e estar relacionado ao seu elevado conteúdo de Al e química do horizonte e perfil em questão, como veremos a seguir.

Tabela 3. Resultados das análises químicas de rotina para os perfis estudados.

Identif.	Horiz.	Prof.		pH		Delta pH	Complexo Sorativo										Valor V	Sat. Al	Atividade da argila	Ca/Mg	P	C	Ataque Sulfúrico				Relações Moleculares				
		Simb.	In.	Fim	H ₂ O		KCl	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Ca+Mg	K ⁺	Na ⁺	Valor S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	Valor T							assim	org.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K _i	K _r	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃
EKo-1	Ap	0	35	5,1	3,9	-1,2			0,2	0,02	0,01	0,2	0,5	1,6	2,3	9	71			2	3,5	17	10	3	1,6	2,89	2,42	5,23			
EKo-1	E1	35	80	5,9	4,2	-1,7			0,1	0,01	0,01	0,1	0	0,2	0,3	33	0			<1	0,5	6	9	1	0,9	1,13	1,06	14,13			
EKo-1	E2	80	152	5,4	3,9	-1,5			0,1	0,01	0,01	0,1	0	0,2	0,3	33	0			<1	0,5	5	8	1	1,4	1,06	0,98	12,56			
EKo-1	Bh	152	159	4,5	3,6	-0,9			0,2	0,01	0,01	0,2	2,1	7,1	9,4	2	91	65,3		6	7,4	25	13	4	18,4	3,27	2,73	5,10			
EKo-1	Bxs	159	262	4,9	4,0	-0,9			0,4	0,02	0,03	0,4	3,2	11,4	15,0	3	89	44,8		2	11,8	107	108	9	5,4	1,68	1,60	18,84			
LAd-2	Ap	0	9	5,4	4,0	-1,4			0,7	0,06	0,02	0,8	0,7	3,4	4,9	16	47	30,1		3	6,8	48	31	14	2,3	2,63	2,04	3,48			
LAd-2	AB	9	22	5,4	4,1	-1,3			0,5	0,02	0,01	0,5	1,5	2,5	4,5	11	75	18,0		1	4,8	65	68	28	3,0	1,62	1,29	3,81			
LAd-2	BA	22	38	5,4	4,1	-1,3			0,4	0,02	0,01	0,4	1,3	2,2	3,9	10	76	14,8		1	3,1	79	72	36	4,1	1,87	1,41	3,14			
LAd-2	Bw1	38	68	5,3	4,1	-1,2			0,4	0,02	0,01	0,4	1,4	1,6	3,4	12	78	12,8		1	2,4	75	75	36	4,6	1,70	1,30	3,27			
LAd-2	Bw2	68	129	5,3	4,1	-1,2			0,3	0,02	0,01	0,3	1,3	0,2	1,8	17	81	6,8		1	1,2	72	72	30	4,0	1,70	1,34	3,77			
LAd-2	Bw3	129	166	5,1	4,1	-1			0,2	0,01	0,01	0,2	1,4	0,9	2,5	8	87	12,3		1	0,6	71	70	27	3,8	1,72	1,38	4,07			
PVal-4	Ap	0	10	5,3	3,9	-1,4	0,9	0,8	1,7	0,08	0,01	1,8	0,9	3,2	5,9	31	33	32,2	1,1	2	11,0	79	40	35	4,8	3,36	2,15	1,79			
PVal-4	BA	10	23	5,0	3,8	-1,2			0,7	0,03	0,01	0,7	3,0	2,0	5,7	12	81	19,8		1	4,0	82	78	39	5,9	1,79	1,35	3,14			
PVal-4	Bt1	23	34	5,0	3,8	-1,2			0,5	0,03	0,01	0,5	4,4	1,8	6,7	7	90	21,1		1	3,9	107	102	60	6,4	1,78	1,30	2,67			
PVal-4	Bt2	34	64	5,1	3,8	-1,3			0,3	0,03	0,02	0,3	7,9	3,5	11,7	3	96	21,7		1	3,7	166	198	92	8,2	1,43	1,10	3,38			
PVal-4	BCf1	64	109	5,2	3,8	-1,4			0,3	0,04	0,01	0,3	7,9	4,2	12,4	2	96	21,1		<1	2,4	240	200	104	8,7	2,04	1,53	3,02			
PVal-4	BCf2	109	150	5,0	3,7	-1,3			0,3	0,03	0,01	0,3	9,2	3,6	13,1	2	97	24,0		<1	2,0	249	210	97	7,7	2,02	1,56	3,40			
PVal-5	A1	0	4	6,5	5,6	-0,9	15,1	2,9	18,0	0,33	0,04	18,4	0	3,0	21,4	86	0	77,5	5,2	15	37,0	84	57	35	3,6	2,51	1,80	2,56			
PVal-5	A2	4	20	7,0	5,6	-1,4	9,9	1,6	11,5	0,16	0,01	11,7	0	0	11,7	100	0	39,4	6,2	4	9,9	96	70	45	4,7	2,33	1,65	2,44			
PVal-5	BA	20	40	5,5	3,8	-1,7	4,7	2,7	7,4	0,16	0,01	7,6	3,3	2,5	13,4	57	30	38,1	1,7	1	4,4	175	87	48	4,8	3,42	2,53	2,85			
PVal-5	Bt1	40	67	5,5	3,7	-1,8	3,8	4,5	8,3	0,09	0,01	8,4	9,6	2,9	20,9	40	53	37,1	0,8	1	3,6	281	151	61	5,2	3,16	2,51	3,89			
PVal-5	Bt2	67	87	5,4	3,6	-1,8	2,7	3,3	6,0	0,07	0,01	6,1	14,4	2,2	22,7	27	70	40,8	0,8	1	2,9	321	162	78	5,5	3,37	2,57	3,26			
PVal-5	BCf	87	116	5,3	3,6	-1,7	2,3	3,2	5,5	0,10	0,01	5,6	16,8	4,1	26,5	21	75	39,7	0,7	2	2,3	325	189	97	6,1	2,92	2,20	3,06			
PVal-5	Cf	116	128	5,3	3,6	-1,7	1,5	3,0	4,5	0,08	0,01	4,6	16,8	2,8	24,2	19	78	34,9	0,5	2	1,9	358	204	115	6,6	2,98	2,19	2,78			
PVal-6	Ap	0	6	5,1	3,7	-1,4	1,7	2,1	3,8	0,42	0,02	4,2	2,4	5,6	12,2	34	36	41,5	0,8	4	18,5	181	80	52	5,7	3,85	2,72	2,42			
PVal-6	BA	6	17	4,9	3,6	-1,3	0,9	1,1	2,0	0,09	0,01	2,1	4,3	3,2	9,6	22	67	30,3	0,8	2	8,1	175	89	53	5,6	3,34	2,42	2,64			
PVal-6	B1	17	38	4,9	3,7	-1,2	0,6	0,7	1,3	0,07	0,01	1,4	5,8	3,0	10,2	14	81	27,0	0,9	1	7,2	185	109	58	6,1	2,89	2,15	2,95			
PVal-6	Bt1	38	59	5,1	3,7	-1,4	0,5	1,4	1,9	0,06	0,01	2,0	6,7	2,7	11,4	18	77	26,4	0,4	1	5,9	198	124	68	6,3	2,71	2,01	2,86			
PVal-6	Bt2	59	100	5,1	3,7	-1,4	0,2	1,5	1,7	0,07	0,01	1,8	10,2	2,6	14,6	12	85	25,6	0,1	1	4,2	278	156	89	6,5	3,03	2,22	2,75			
PVal-6	Btf	100	138	5,0	3,7	-1,3	0,5	2,1	2,6	0,06	0,01	2,7	14,2	3,2	20,1	13	84	33,8	0,2	1	3,3	354	185	105	7,3	3,25	2,39	2,77			
PVal-6	BCf	138	150	5,1	3,7	-1,4	0,2	2,6	2,8	0,08	0,01	2,9	14,3	2,5	19,7	15	83	33,3	0,1	1	2,9	332	192	97	7,0	2,94	2,22	3,11			
CXve-7	A	0	25	6,8	5,5	-1,3	33,8	4,1	37,9	0,11	0,03	38,0	0	1,4	39,4	96	0	81,1	8,2	2	14,9	230	117	50	4,0	3,34	2,62	3,67			
CXve-7	AB	25	40	7,2	5,5	-1,7	40,4	2,3	42,7	0,11	0,03	42,8	0	0,9	43,7	98	0	68,3	17,6	1	4,9	307	155	65	4,6	3,37	2,65	3,74			
CXve-7	Bi	40	60	7,0	5,1	-1,9	37,3	6,2	43,5	0,09	0,03	43,6	0	0	43,6	100	0	72,3	6,0	1	3,5	309	163	71	4,9	3,22	2,52	3,60			
CXve-7	BC1	60	95	6,9	4,8	-2,1	40,9	6,4	47,3	0,10	0,03	47,4	0	1,4	48,8	97	0	70,9	6,4	1	2,0	303	160	75	4,9	3,22	2,48	3,35			
CXve-7	BC2	95	130	8,7	7,0	-1,7	40,6	4,9	45,5	0,03	0,18	45,7	0	0	45,7	100	0	68,9	8,3	5	1,2	261	141	66	3,6	3,15	2,42	3,35			
CXve-7	C	130	147	8,7	7,1	-1,6	39,3	7,1	46,4	0,04	0,16	46,6	0	0	46,6	100	0	70,9	5,5	7	1,1	247	142	56	3,9	2,96	2,36	3,98			

Tabela 3. Continuação

Identif.	Horiz.	Prof.	pH		Delta pH	Complexo Sorvido										Aliv. da argila	Ca/Mg	P	C	Ataque Sulfúrico				Relações Moleculares				
			In. Firm	H ₂ O		KCl	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Ca+Mg	K ⁺	Na ⁺	Vál. S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	Vál. T					cmol/kg	mg/kg	mg/kg	g/kg	Sr	Kr	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃		
TCp-8	Ap	0	10	6,3	4,9	-1,4	22,8	4,0	26,8	0,16	0,06	27,0	0	3,0	30,0	90	0	82,6	5,7	8	17,3	195	106	48	3,6	3,13	2,42	3,47
TCp-8	AB	-10	22	6,7	4,8	-1,9	21,9	3,6	25,5	0,12	0,08	25,7	0	2,3	28,0	92	0	67,6	6,1	2	10,0	227	109	56	3,9	3,54	2,66	3,06
TCp-8	B1	22	60	5,9	4,1	-1,8	23,9	4,7	28,6	0,15	0,13	28,9	0,5	2,7	32,1	90	2	67,3	5,1	1	4,3	291	150	62	4,3	3,30	2,61	3,80
TCp-8	B2	60	81	6,0	3,8	-2,2	23,3	4,0	27,3	0,16	0,16	27,6	1,5	2,4	31,5	88	5	66,2	5,8	1	2,6	236	144	80	4,7	2,79	2,60	2,63
TCp-8	BC	81	125	6,2	3,8	-2,4	22,2	5,3	27,5	0,14	0,16	27,8	1,1	2,2	31,1	89	4	72,2	4,2	12	2,2	268	133	66	4,2	3,43	2,60	3,16
TCp-8	C1	125	144	6,3	4,0	-2,3	23,0	3,6	26,6	0,13	0,13	26,9	0,4	2,3	29,6	91	1	92,5	6,4	137	1,8	203	116	62	4,1	2,97	2,22	2,94
TCp-9	Ap	0	16	5,1	4,5	-1,6	15,3	2,4	17,7	0,11	0,03	17,8	0,1	2,3	20,2	88	1	69,4	6,4	3	8,0	201	75	33	3,3	4,56	3,55	3,57
TCp-9	BA	16	31	5,9	3,8	-2,1	23,8	3,7	27,5	0,12	0,05	27,7	2,0	3,0	32,7	85	7	68,6	6,4	1	4,7	336	119	69	4,6	4,80	3,50	2,71
TCp-9	B1	31	60	5,5	3,6	-1,9	15,3	2,7	18,0	0,14	0,07	18,2	7,4	4,1	29,7	81	29	65,1	5,7	3	3,4	290	114	63	4,0	4,32	3,19	2,84
TCp-9	B2	60	102	5,5	3,6	-1,9	1,6	7,8	9,4	0,15	0,05	9,6	12,3	2,9	24,7	39	56	71,4	0,2	2	2,5	269	104	43	3,6	4,40	3,48	3,80
TCp-9	B3	102	127	5,5	3,6	-1,9	2,4	4,9	7,3	0,13	0,07	7,5	11,3	3,0	21,8	34	60	79,0	0,5	4	1,7	232	87	46	3,5	4,53	3,39	2,97
TCp-9	BC	127	180	5,7	3,6	-2,1	2,0	7,0	9,0	0,12	0,11	9,2	10,3	2,5	22,0	42	53	80,3	0,3	7	1,2	230	63	42	3,3	4,71	3,56	3,10
TCo-10	Ap	0	5	5,8	4,2	-1,4	3,5	1,8	5,3	0,21	0,01	5,5	0,6	4,9	11,0	50	10	53,1	1,9	3	15,8	122	44	28	3,7	4,71	3,35	2,47
TCo-10	AB	5	16	5,5	4,0	-1,5	3,2	1,3	4,5	0,07	0,01	4,6	0,7	3,9	9,2	50	13	44,7	2,5	2	6,9	131	49	33	4,3	4,54	3,18	2,33
TCo-10	B1	16	53	5,7	3,7	-2	3,2	9,4	12,6	0,10	0,01	12,7	6,8	3,7	23,2	55	35	37,1	0,3	1	4,7	212	180	77	5,5	2,00	1,57	3,67
TCo-10	B2	53	80	5,5	3,7	-1,8	2,6	8,7	11,3	0,16	0,01	11,5	12,2	3,2	26,9	43	51	46,8	0,3	1	3,2	252	189	81	6,6	2,27	1,78	3,66
TCo-10	BC	80	102	5,5	3,7	-1,8	2,8	7,5	10,3	0,10	0,01	10,4	13,3	3,6	27,3	38	56	54,7	0,4	1	3,1	218	168	83	6,2	2,21	1,68	3,18
TCo-10	CB	102	122	5,4	3,7	-1,7	3,8	4,6	8,4	0,12	0,01	8,5	13,0	3,5	25,0	34	60	49,2	0,8	1	2,3	352	167	94	6,2	3,58	2,63	2,79
TCo-10	C	122	137	5,4	3,7	-1,7	3,3	3,2	6,5	0,15	0,01	6,7	11,8	3,4	21,9	31	64	37,1	1,0	1	1,9	388	179	116	7,0	3,67	2,69	2,42
TXo-11	Ap	0	20	5,4	4,2	-1,2	19,0	5,1	24,1	0,16	0,06	24,3	0,5	4,9	29,7	82	2	55,0	3,7	6	18,8	248	115	58	4,4	3,64	2,75	3,11
TXo-11	BA	20	28	5,2	3,7	-1,5	17,0	3,5	20,5	0,11	0,03	20,6	2,6	4,6	27,8	74	11	51,0	4,9	2	9,9	193	118	68	5,0	2,78	2,03	2,72
TXo-11	Bt	28	49	4,9	3,7	-1,2	14,1	5,2	19,3	0,14	0,05	19,5	8,2	5,4	33,1	59	30	51,9	2,7	1	8,5	294	163	60	5,3	3,07	2,48	4,27
TXo-11	Bvf	49	77	4,7	3,6	-1,1	15,1	5,4	20,5	0,17	0,11	20,8	16,0	6,1	42,9	48	43	53,0	2,8	1	5,8	393	192	84	5,8	3,48	2,72	3,59
TXo-11	BCvf	77	140	5,3	3,6	-1,7	15,8	6,8	22,6	0,14	0,29	23,0	17,4	4,8	45,2	51	43	57,7	2,3	1	3,3	341	195	87	5,9	2,97	2,31	3,52
PACal-13	Ap	0	15	5,9	4,6	-1,3	8,5	1,3	9,8	0,11	0,01	9,9	0,1	4,1	14,1	70	1	36,0	6,5	2	12,7	110	96	62	5,7	1,95	1,39	2,43
PACal-13	AB	15	26	5,5	4,2	-1,3	6,8	1,3	8,1	0,10	0,01	8,2	0,4	3,5	12,1	68	5	27,9	5,2	2	6,0	134	111	64	6,2	2,05	1,50	2,72
PACal-13	BA	26	41	5,2	3,8	-1,4	4,8	1,8	6,6	0,14	0,01	6,7	6,6	4,3	17,6	38	50	27,0	2,7	1	6,0	167	173	77	5,8	1,64	1,28	3,53
PACal-13	B1	41	77	5,0	3,7	-1,3	1,3	1,0	2,3	0,15	0,01	2,5	12,9	4,2	19,2	13	83	27,5	1,3	1	3,6	214	192	85	5,8	1,89	1,48	3,55
PACal-13	B2	77	127	5,0	3,7	-1,3	0,4	0,7	1,1	0,18	0,02	1,3	14,8	3,7	19,8	7	92	30,2	0,6	1	2,6	230	208	84	6,4	1,86	1,49	3,89
PACal-13	B3	127	177	5,5	3,8	-1,7	0,7	0,7	0,7	0,13	0,07	0,9	12,4	2,5	15,8	6	93	26,0	1	0,8	218	205	113	7,2	1,81	1,34	2,85	
PACal-13	BCf	177	210	5,4	3,5	-1,9	0,6	0,6	1,2	0,21	0,32	1,7	21,7	2,5	25,9	7	93	37,9	1,0	1	1,1	236	198	83	5,8	2,03	1,60	3,75

A Tabela 4 mostra os coeficientes de correlação “r” e o nível de significância “P” para as correlações entre diferentes formas de acidez (troçável, potencial e pH) e alguns atributos dos solos estudados. As melhores correlações foram observadas entre os valores de pH e as variáveis soma de bases e saturação por bases ($r = 0,80^{***}$; $r = 0,77^{***}$, respectivamente), sendo bem mais fraca a correlação entre o pH e os conteúdos de Al e C. Para o caso do Al, esses resultados podem indicar uma provável ação do KCl 1 mol L⁻¹ sobre formas não troçáveis de Al, tal como sugerido por Gama & Kiehl (1999) e Marques et al. (2002). Gama & Kiehl (1999) observaram que as culturas desenvolvidas em solos semelhantes no estado do Acre não manifestavam sérios sintomas de toxicidade por alumínio. Segundo os autores, esse comportamento estaria relacionado à conjugação de, basicamente, dois fatores: os teores de cálcio na solução do solo poderiam mitigar a toxicidade do alumínio, e o método padrão para extração do elemento (KCl 1 mol L⁻¹) pode não ser adequado para tais solos. Almeida et al. (2010) avaliando as formas de Al em horizontes dos mesmos solos aqui estu-

dados sugerem outros extratores para quantificar as formas de Al trocável.

Marques et al. (2002) tentando explicar como a mineralogia poderia condicionar os elevados teores do elemento em solos semelhantes (Alto Javari), concluíram que a presença comum de minerais interestratificados com Al-hidróxi entrecamadas condicionou os elevados e anormais teores do elemento extraído com solução de KCl 1 mol L⁻¹. Os autores ainda sugerem que esses valores não necessariamente estariam correlacionados com a atividade do alumínio na solução do solo e, portanto, com a sua toxicidade.

A baixa ou inexistente correlação entre as formas de acidez da Tabela 4 e o carbono orgânico (C) evidencia que a matéria orgânica pouco contribui para a acidez desses solos, bem como para a sua CTC ($r = -0,04$ n.s. para a correlação entre C e CTC; dados não mostrados), a qual inclui cargas permanentes devido à presença expressiva de minerais filosilicatados 2:1 na fração argila, tal como argumentado anteriormente. Esta fração granulométrica relaciona-se positiva e significativamente com Al ($r = 0,59^{***}$), H+Al ($r = 0,52^{***}$) e CTC ($r = 0,71^{***}$; dados não mostrados), mas não com pH em água ($r = 0,14$ n.s.), fatos que podem estarem associados, conjuntamente ou não, a dois fatores (a) o Al extraído por KCl 1 mol L⁻¹ pode estar parcialmente relacionado a formas não trocáveis do elemento e associadas a minerais interestratificados, os quais estão presentes na maioria dos solos estudados (Calderano et al., 2010); (b) a presença expressiva de cargas permanentes na maioria dos horizontes e solos.

Os valores de carbono orgânico (C) são relativamente baixos em superfície (média de 12,2 g kg⁻¹ de solo), reduzindo ainda mais em profundidade (média de 3,8 g kg⁻¹ de solo). O máximo valor em subsuperfície, 11 g kg⁻¹ de solo, corresponde ao único perfil em que há aumento do C em profundidade, condizente com os processos envolvidos na forma-

Tabela 4. Coeficiente de correlação r e nível de significância P do momento do produto Pearson para a relação entre atributos de acidez do solo (Al, H+Al e pH em H₂O) e as seguintes variáveis: pH em H₂O (pH), soma de bases (SB), saturação por bases (V%), capacidade de troca de cátions (CTC), carbono orgânico (C) e conteúdo de argila para todos os horizontes e perfis estudados ($n = 68$).

Variáveis	pH		SB		V%		CTC		C		argila	
	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P
Al	-0,44	<0,0001	-0,33	0,06	-0,48	<0,0001	0,16	0,19	-0,36	0,003	0,59	<0,0001
H+Al	-0,55	<0,0001	-0,33	0,06	-0,47	<0,0001	0,14	0,27	-0,20	0,11	0,52	<0,0001
pH	-	-	0,80	<0,0001	-0,77	<0,0001	0,57	<0,0001	-0,07	0,60	0,14	0,25

ção de Espodosolos já que a acidez potencial também aumenta significativamente em profundidade. O máximo valor de H⁺ foi observado neste perfil (11,4 cmolc kg⁻¹ de solo) e no horizonte subsuperficial que detém o maior conteúdo de C, inclusive superior aos dos horizontes superficiais, sugerindo tipo diferenciado de matéria orgânica em relação aos demais perfis e horizontes analisados, a qual foi passível de mobilidade no sistema, depositando e formando os horizontes espódicos às expensas dos eluviais.

Os maiores conteúdos de Ca e Mg observados estão associados aos horizontes do perfil CXve-7 (Tabela 3), os quais são provenientes do próprio material de origem. Associado a isso, a pequena profundidade do solum (60 cm) neste perfil, seus elevados conteúdos de silte (> 270 g kg⁻¹) e valores de Ki (> 3,0), além de nulos de alumínio extraível e os maiores valores de pH observados por todo o perfil (pH >6,0), sugerem menor idade relativa e grau de intemperismo deste em relação aos demais perfis estudados.

Uma peculiaridade em relação a esses cátions básicos é a inversão da relação Ca/Mg que ocorre a partir de 16 cm de profundidade no perfil TCo-10, fato já relatado por Coelho et al. (2005ab) em solos provenientes da Formação Solimões. Essa inversão, associada aos elevados conteúdos de Al extraível no perfil, os quais podem ou não estarem associados à

sua atividade na solução do solo, restringem a utilização de tais solos para muitas culturas cultivadas, sem a adequada adição de corretivos. Tal inversão também é observada no perfil TCp-9 a partir de 60 cm de profundidade. Neste, é acompanhada pela redução expressiva em profundidade dos conteúdos de Ca e aumento de Mg e Al. Para este perfil, essas expressivas variações químicas em profundidade possivelmente estão relacionadas as diferenças de sedimentação impostas pelo próprio material de origem, fato já relatado acima e por Martins (1993) para solos semelhantes no estado do Acre.

Em termos gerais, os teores de fósforo assimilável são muito baixos nos solos estudados, fato já relatado por Moreira et al. (2009) para os solos da Formação Solimões. Os maiores valores são observados, ou em superfície, devido à reciclagem de nutrientes, e/ou em profundidade, nos horizontes C ou intermediários, os quais, neste último caso, estão relacionados ao material de origem, sugerindo perda do elemento durante o processo de intemperismo e formação desses solos pelo fato dos teores não se manterem nos horizontes sobrejacentes. O máximo valor, 137 mg kg⁻¹, foi observado no horizonte C do perfil TCp-8 (Tabela 3). Valor este muito superior ao dos demais perfis e em relação ao horizonte sobreposto do mesmo perfil (Tabela 3), sugerindo mineralogia diferenciada, possivelmente originada pela diferença de sedimentação imposta pelo material de origem, tal como relatado para o perfil TCp-9. O horizonte Bhx do perfil EKO-1 concentra o maior teor do elemento do perfil (6 mg kg⁻¹), o que pode estar relacionado à sua mobilização conjunta aos complexos organo-metálicos dos horizontes superficiais e deposição no Bhx (Gomes, 2005), e/ou à presença e adsorção do fósforo nos compostos amorfos inorgânicos, comuns nos horizontes espódicos de Espodosolos (Coelho, 2008).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os atributos químicos de muitos solos da Formação Solimões diferem consideravelmente da maioria daqueles de terra firme já descritos e mapeados na região Amazônica, dominada por Latossolos e Argissolos. Melo (2003) salienta que em torno de 64% do estado do Acre é coberto por Luvisolos e Cambissolos, solos, segundo o autor, de boa fertilidade natural. No entanto, muitos deles podem estar associados a elevados e anormais conteúdos de Al extraível em profundidade, como pode ser observado nos perfis TCp-9, TCo-10 e TXo-11, os quais, em alguns casos, relacionam-se a diferenças de sedimentação naturalmente impostas pelo material origem, o que parece ser de ampla ocorrência e se manifestar em superfície nos solos da Formação Solimões. Esses fatos (descontinuidade litológica e teor de Al), mesmo se desconsiderarmos a real atividade do Al na solução dos solos estudados e seu efeito fitotóxico, nos impele a refletir sobre os parâmetros utilizados na classificação desses solos no SiBCS, sobretudo no que se refere a ordem dos Luvisolos. Por definição, tal classe deveria abarcar solos com alta atividade da argila e saturação por bases imediatamente abaixo de horizonte A ou horizonte E (Embrapa, 2006), o que ocorre nos três perfis supracitados. No entanto, se desejarmos que os Luvisolos representem apenas solos eutróficos e quimicamente férteis por todo o perfil, há necessidade de se redefinir critérios e conceitos taxonômicos para a ordem, ou mesmo valores de Al extraído por outros extratores, o que terá também repercussão em outra(s) classe(s) do SiBCS, as quais deverão abarcar aqueles solos dotados de elevada atividade de argila e elevados conteúdos de cátions básicos e Al extraível em profundidade. Aparentemente, esses solos estão frequentemente associados aos sedimentos terciários da Formação Solimões no Brasil.

Devido às peculiaridades de tais solos, estudos são necessários para melhor entendimento tanto dos processos que neles ocorrem como do seu comportamento frente a diversos usos e práticas de manejo, a fim averiguar quais devem ser os procedimentos adequados para o melhor uso e manejo sustentáveis dessas terras. Tais procedimentos requerem um conhe-

cimento preciso dos atributos e distribuição dos solos na paisagem.

Ênfase futura deverá ser direcionada aos estudos da atividade do Al na solução do solo e do extrator mais adequado do elemento em substituição ao KCl 1 mol L⁻¹, objetivando avaliar as formas e conteúdos reativos e trocáveis do elemento, cujos resultados terão implicação na definição do caráter alítico, aluminico e álico e, conseqüentemente, na classificação de muitos solos da Formação Solimões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. de; CAMPOS, M.L.; FERREIRA, E.R.N.; GATIBONI, L.C. Formas de alumínio em solos do Acre. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CLASSIFICAÇÃO E CORRELAÇÃO DE SOLOS, 9., 2010.
- ARAÚJO, E. A. de; AMARAL, E. F. do; WADT, P. G. S.; LANI, J. L. Aspectos gerais dos solos do Acre com ênfase ao manejo sustentável. In: WADT, P. G. S. (Ed.). Manejo do solo e recomendação de adubação para o estado do Acre. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005. p.27-62.
- BLOOM, P. R.; SKYILBERG, U. L.; SUMMER, ME. Soil acidity. In: TABATABAI, M. A., Sparks, D. L (Ed.). Chemical Processes in Soils. Madison: SSSA, 2005. p. 411-459.
- BRASIL. Folhas SC. 19 Rio Branco: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1976.
- BRINKMAN, R. Ferrollysis, a hidromorphic soil formig process. Geoderma, v.3, p.199-206, 1970.
- CALDERANO, S.B.; CARVALHO FILHO, A. de.; GREGORIS, G. Mineralogia da fração da argila dos solos da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos no estado do Acre. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CLASSIFICAÇÃO E CORRELAÇÃO DE SOLOS, 9., 2010.
- CAVALCANTE, L.M. Aspectos geológicos do estado do Acre e implicações na evolução da paisagem. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2006. 25 p. (Embrapa Acre. Documentos, 104).
- COELHO, M. R. Caracterização e gênese de Espodossolos da planície costeira do estado de São Paulo. 2008. 270 f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- COELHO, M. R.; FIDALGO, E. C. C.; ARAUJO, F. de O.; SANTOS, H. G. dos; BREFIN, M. de L. M. S.; PEREZ, D. V.; MOREIRA, F. M. de S. Levantamento pedológico de uma área-piloto relacionada ao Projeto BiosBrasil (Conservation and Sustainable Management of Below-Ground Biodiversity: Phase I), município de Benjamin Constant (AM): janela 6. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005a. 95 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 68).
- COELHO, M. R.; FIDALGO, E. C. C.; ARAUJO, F. de O.; SANTOS, H. G. dos; BREFIN, M. de L. M. S.; PEREZ, D. V.; MOREIRA, F. M. de S. Solos das áreas-piloto do Projeto BiosBrasil (Conservation and Sustainable Management of Below-Ground Biodiversity: Phase I), município de Benjamin Constant, Estado do Amazonas. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005b. 159 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 67).
- DUARTE, A.F.; ARTAXO NETO, P.; BROWN, I.F.; QUINTELA, T.S.; CHAIM, A.C. O clima em Rio Branco – Acre, Brasil entre os anos 1970 e 2000. Rio Branco: CNPq, 2002. 25p (Relatório Técnico).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p
- GAMA, J. R. N. F.; KIEHL, J. C. Influência do alumínio de um Podzólico Vermelho Amarelo do Acre sobre o crescimento das plantas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, p. 475-482. 1999.

- GAMA, J. R. N. F. Caracterização e formação de solos com argila de atividade alta do estado do Acre. 1986. 150p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Itaguaí.
- GOMES, F.H. Gênese e classificação de solos sob vegetação de restinga na Ilha do Cardoso-SP. 2005. 107p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz do Queiroz” - São Paulo, Universidade de São Paulo.
- HAIR JUNIOR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. Análise multivariada de dados. 5.ed. New Jersey: Prentice Hall. 1995. Trad. Sant’Anna, A.S. & Chaves Neto, A. Porto Alegre, Bookman, 2005. p. 441 - 446.
- HORBE, A. M. C.; PAIVA, M. R. P.de; MOTTA, M. B.; HORBE, M. A. Mineralogia e geoquímica dos perfis sobre sedimentos neógenos e quaternários da bacia do Solimões na região de Coari – AM. *Acta Amazonica*, v. 37, p. 81-90, 2007.
- MARQUES, J. J.; TEIXEIRA, W. G.; SCHULZE, D. G.; CURI, N. Mineralogy of soils with unusually high exchangeable Al from the western Amazon Region. *Clay Minerals*, v. 37, p. 651-661. 2002.
- MARTINS, J. S. Pedogênese de Podzólicos Vermelho-Amarelos do estado do Acre. 1993. 100 f. Tese (Mestrado). Faculdade de Ciências Agrárias do Pará.
- MELO, A. W. F. de. Avaliação do estoque e composição isotópica do carbono do solo no Acre. 2003. 73 f. Tese (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- MOREIRA, F. M. de S.; NÓBREGA, R. S. A.; JESUS, E. da C.; FERRERA, D. F.; PÉREZ, D. V. Differentiation in the fertility of Inceptisols as related to land use in the upper Solimões River region, Western Amazon. *Science of the Total Environment Journal*. v. 408, p. 349-355, 2009.
- RODRIGUES, T. E.; GAMA, J. R. N. F.; SILVA, J. M. L. da; CARDOSO JÚNIOR, E. Q. Caracterização e classificação dos solos do Pólo Acre I. Área de Rio Branco, estado do Acre. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 64 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 153).
- RODRIGUES, T. E.; GAMA, J. R. N. F.; SILVA, J. M. L. da; VALENTE, M. A.; SANTOS, E. da S.; ROLIM, P. A. M. Caracterização e classificação dos solos do município de Plácido de Castro, estado do Acre. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 50p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 160).
- RODRIGUES, T. E.; GAMA, J. R. N. F.; SILVA, J. M. L. da; VALENTE, M. A.; SANTOS, E. da S.; ROLIM, P. A. M. Caracterização e classificação de solos no município de Senador Guiomar, estado do Acre. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 67 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 166).
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B.de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. da. (Ed.). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- TEIXEIRA, W. G.; BUENO, N. Caracterização química e granulométrica de solos do Alto Solimões-AM. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa, Minas Gerais. Resumos expandidos...Universidade Federal de Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995, v. 4, p. 2.076-2.078.
- UEHARA, G.; GILLMAN, G. The mineralogy, chemistry and physics of tropical soils with variable charge clays. Boulder, CO: Westview Press, 1981. 170 p. (Westview Tropical Agriculture, 4).
- VOLKOFF, B.; MELFI, A. J.; CERRI, C. C. Solos Podzólicos e Cambissolos Eutróficos do Alto Purus (estado do Acre). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 13, p. 363-372, 1989.
- ZAR, J.H. *Biostatistical Analysis*. 2nd ed. Prentice Hall International, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. 1984.