

# IX RCC

IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos

Solos Sedimentares em Sistemas Amazônicos - Potencialidades e Demandas de Pesquisa

ACRE 2010

12 a 17 de Setembro



**PESQUISAS COLIGADAS**



Sociedade Brasileira de  
Ciência do Solo

**Embrapa**





# IX RCC

## IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos

Solos Sedimentares em Sistemas Amazônicos - Potencialidades e Demandas de Pesquisa

A C R E 2 0 1 0

12 a 17 de Setembro



PROMOÇÃO



Sociedade Brasileira de  
Ciência do Solo

REALIZAÇÃO

**Embrapa**



APOIO





## COORDENAÇÃO GERAL

Lucielio Manoel da Silva (Embrapa Acre)  
Paulo Guilherme Salvador Wadt (Lincenciado)

## VICE-COORDENADORES

Lúcia Helena Cunha dos Anjos (UFRRJ)  
Amaury de Carvalho Filho (Embrapa Solos)  
Falberni de Souza Costa (Embrapa Acre)

## TESOURARIA

Lucielio Manoel da Silva (Embrapa Acre)  
Paulo Guilherme Salvador Wadt (Embrapa Acre - licenciado)

## COORDENAÇÃO DE LOGÍSTICA

Francisco de Assis Correa Silva (Embrapa Acre)  
Neutemir de Souza Feitoza (Embrapa Acre)  
Eufan Ferreira do Amaral (SEMA)  
Edson Alves de Araújo (SEMA)

## CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

Lúcia Helena Cunha dos Anjos (UFRRJ)  
Paulo Klinger Tito Jacomine (UFRPE)  
Virlei de Oliveira (IBGE)

## EDITORIAÇÃO DO GUIA DE CAMPO

Lúcia Helena Cunha dos Anjos (UFRRJ)  
Lucielio Manoel da Silva (Embrapa Acre)  
Paulo Guilherme Salvador Wadt (Embrapa Acre - licenciado)



# APRESENTAÇÃO

A comissão organizadora da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos (RCC) trabalhou para que esta primeira reunião do gênero, realizada na Amazônia, incorporasse os principais avanços obtidos nas reuniões anteriores.

Foi assim que se optou por adotar novamente as pesquisas coligadas, que haviam ocorrido uma única vez, na IV RCC. A importância dessas pesquisas está tanto na qualidade dos resultados pedológicos como na possibilidade de aplicar sobre os mesmos ambientes uma grande série de estudos de química, física, mineralogia, aptidão agrícola, entre outras áreas. Representam, todavia, a cooperação informal e espontânea de pesquisadores e estudantes de vários laboratórios de pedologia do Brasil, que se dedicam voluntariamente a essas tarefas. A disposição de dezenas de colaboradores, muitos dos quais nem mesmo poderão participar da reunião dados os elevados custos envolvidos e a limitação de vagas, representa para esta RCC sua principal realização.

Que nas próximas RCCs as pesquisas coligadas passem a fazer parte integrante do processo, ainda mais que, à medida que o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) evolui, mais detalhamento e respostas a novas questões se farão necessárias.

Outro aspecto que merece destaque nesta RCC tratou da democratização do processo de inscrição para os interessados em participar do evento. Dada a limitação de recursos e de vagas para a realização das RCCs, sempre foi necessário que o Comitê Executivo do SiBCS fizesse uma triagem para identificar, dentre os interessados, quais iriam efetivamente participar do evento. Na RCC anterior, já houve avanço, à medida que essa listagem foi abertamente discutida no blog do SiBCS.

Na IX RCC, optamos por tornar o processo ainda mais democrático. Primeiro, mesmo considerando as limitações de logística de transporte, alimentação e hospedagem que há atualmente no Estado do Acre, decidimos dobrar o número de vagas disponíveis para os participantes da RCC.

Como segunda medida, optamos por não realizar a seleção prévia de nenhum participante, em função de sua maior ou menor contribuição ao SiBCS. Criamos inicialmente uma lista de pré-inscritos, os quais tiveram inicialmente a oportunidade de confirmar a inscrição e, depois, não havendo a confirmação, a inscrição foi aberta aos demais interessados.

Em função desses critérios, alguns pesquisadores importantes, cuja contribuição ao SiBCS foi muito relevante no passado, não participam desta RCC. Entretanto, nunca houve um número tão vasto de participantes de diferentes regiões do País como agora, além de se ter viabilizado a participação de professores do ensino superior e pesquisadores de instituições que até agora não podiam participar devido à restrição de vagas.

O resultado foi que a RCC, a partir de agora, deixa de ser um evento de validação unicamente do Comitê Executivo do SiBCS para se tornar uma Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos, recebendo, em função disso e pela primeira vez na história das RCCs, apoio financeiro do CNPq e da Capes, além do apoio já existente da Embrapa e de diversas universidades públicas brasileiras.

Outro avanço importante desta RCC está na produção de videoaulas. Em todas as RCCs anteriores, o registro do evento, e em especial da apresentação dos perfis e dos debates, foi feito por meio de fotografias e da relatoria. Nesta RCC, a produção de videoaulas, a serem distribuídas gratuitamente para universidades e centros de pesquisa, terá como finalidade propiciar que detalhes do evento, não adequadamente registrados nos outros meios, sejam preservados, além de transferir para o sistema de ensino de ciência do solo uma nova dimensão de materiais didáticos.

Mas até aqui falamos do passado ou do presente. A importância desta RCC pode estar no futuro que ela representa.

Trata-se da primeira RCC a ser realizada na Amazônia e poderá, logo de início, demonstrar quão diversos e desconhecidos ainda são os solos da Amazônia. E se considerarmos que a Amazônia não representa apenas o Brasil, mas também a Bolívia, Peru, Equador, Colômbia, Venezuela, Suriname, Guiana Francesa e Inglesa, fica lançado o desafio para que maior atenção seja dada à integração do conhecimento entre todos esses países.

É necessário que a Ciência do Solo Brasileira, uma área na qual temos reconhecimento internacional pelo nível de excelência alcançado, seja uma das locomotivas da integração social e econômica da Amazônia e dessa parte da América Latina.

Precisamos pensar grande a além de nossas fronteiras. O SiBCS necessita romper o muro que separa as diversas amazônias sul-americanas e caminhar para a integração do conhecimento e dos recursos naturais, inclusive caminhar em direção a sua integração dentro de um sistema internacional que inclua, além do sistema taxonômico americano (USDA soil taxonomy), o sistema pedológico francês e russo (Référentiel Pédologique and Russian concepts) e a legenda do mapa de solos da FAO (FAO Soil Map of the World 1988), também o SiBCS.

Para isso, precisamos de mais RCCs na Amazônia e também de ações coordenadas de pesquisa e de treinamento de pesquisadores latino-americanos para utilização do SiBCS.

No mundo globalizado não haverá lugar para vários sistemas de classificação, por isso, o SiBCS necessita olhar para o futuro e se internacionalizar para continuar se perpetuando. E a Amazônia representa hoje a oportunidade de internacionalização do SiBCS, dada a grande demanda de observações e a oferta de recursos para a pesquisa científica nesta região.

É nesse sentido que a IX RCC pretende ser um divisor de águas. Não por consolidar o evento como nacional, mas por chamar a atenção da Ciência do Solo Brasileira para a Amazônia e a necessidade de nossa integração científica com os demais países detentores desse Bioma.

## **Comissão Organizadora IX RCC**

# SUMÁRIO

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; José Francisco Lumberas; Humberto Gonçalves dos Santos; Ricardo de Oliveira Dart; Jorge Araújo de Sousa Lima. ....	11
TESTES PARA IDENTIFICAÇÃO DE PLINTITA EM SOLOS DA FORMAÇÃO SOLIMÕES NO ACRE. Paulo Klinger Tito Jacomine; José Coelho de Araújo Filho; José Fernando Wanderley. ....	27
ESTUDOS PRELIMINARES SOBRE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E HÍDRICAS DE ALGUNS PERFIS DE SOLOS DA IX RCC NO ACRE. Brivaldo Gomes de Almeida; Luiz Bezerra de Oliveira; Paulo Klinger Tito Jacomine; Larissa Cecília Brandão de Lima Rocha. ....	33
FORMAS DE ALUMÍNIO EM SOLOS DO ACRE. Jaime A. de Almeida; Mari Lúcia Campos; Élen Ramos N. Ferreira; Luciano C. Gatiboni. ....	38
FASES NÃO-CRISTALINAS ASSOCIADAS AOS SOLOS DA FORMAÇÃO SOLIMÕES NO ACRE. Marcelo Metri Corrêa; José Coelho de Araújo Filho; Paulo Klinger Tito Jacomin. ....	51
GRANULOMETRIA DOS SOLOS DA IX RCC DO ACRE. João Herbert Moreira Viana; Guilherme Kangussu Donagemma; Marcos Bacis Ceddia; Bruno Unterline; Hosana Maria Andrade.....	56
FRACIONAMENTO QUÍMICO DA MATÉRIA ORGÂNICA DE SOLOS DA FORMAÇÃO SOLIMÕES, ACRE, SUDOESTE DA AMAZÔNIA. Falberni de Souza Costa; Lucielio Manoel da Silva; Dayanne Cristyne de Souza Moura; Ana Áurea Almeida de Melo; Gleiciane A.D. Vincula Almeida. ....	64
ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO DE SOLOS DA FORMAÇÃO SOLIMÕES, ACRE, SUDOESTE DA AMAZÔNIA. Falberni de Souza Costa; Paulo Guilherme Salvador Wadt; Lucielio Manoel da Silva; Dayanne Cristyne de Souza Moura; Gleiciane AD Vincula Almeida; Eberson de Souza Brito. ....	68
FRACIONAMENTO FÍSICO E FRAÇÕES OXIDÁVEIS DA MATÉRIA ORGÂNICA EM SOLOS SOB PASTAGENS NO ESTADO DO ACRE. Elaine Almeida Delarmelinda; Arcângelo Loss; Lúcia Helena Cunha dos Anjos; Marcos Gervasio Pereira; Paulo Guilherme Salvador Wadt. ....	73
ATIVIDADE ENZIMÁTICA EM SOLOS SEDIMENTARES DA AMAZÔNIA. Sandra Tereza Teixeira. ....	79
USO DE GEORADAR NO ESTUDO DE SOLOS DO ACRE. Marcio Rocha Francelino; Lúcia Helena Cunha dos Anjos. ....	82

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DAS FRAÇÕES AREIA E SILTE DE SOLOS DA IX RCC, ACRE. João Herbert Moreira Viana. ....	<b>90</b>
CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS DA IX RCC - COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS SOIL TAXONOMY, WRB E SiBCS. Lúcia Helena Cunha dos Anjos; Marcos Gervasio Pereira. ....	<b>98</b>
AVALIAÇÃO DA APTIDÃO DAS TERRAS ESTUDANDAS NA IX RCC – ACRE. Antonio Ramalho Filho; Enio Fraga da Silva. ....	<b>103</b>
VALIDAÇÃO DE SOFTWARE DE AVALIAÇÃO DA APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS EM NÍVEL DE PROPRIEDADE RURAL. Elaine Almeida Delarmelinda; Paulo Guilherme Salvador Wadt; Lúcia Helena Cunha dos Anjos; Wanderson Henrique Couto. ....	<b>109</b>
FIXAÇÃO DE MAGNÉSIO EM SOLOS ÁCIDOS COM ARGILAS DE ALTA ATIVIDADE. Paulo Guilherme Salvador Wadt; Lucielio Manoel da Silva; Valdomiro Catani. ....	<b>124</b>
MINERALOGIA DA FRAÇÃO ARGILA DOS SOLOS DA IX REUNIÃO BRASILEIRA DE CLASSIFICAÇÃO E CORRELAÇÃO DE SOLOS DO ESTADO DO ACRE. Sebastião Barreiros Calderano, Amaury de Carvalho Filho, José Francisco Lumbreras, Gilson Gregoris. ....	<b>132</b>

# **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<sup>(1)</sup>; José Francisco Lumbreras<sup>(1)</sup>; Humberto Gonçalves dos Santos<sup>(1)</sup>; Ricardo de Oliveira Dart<sup>(2)</sup>; Jorge Araújo de Sousa Lima<sup>(1)</sup>**

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

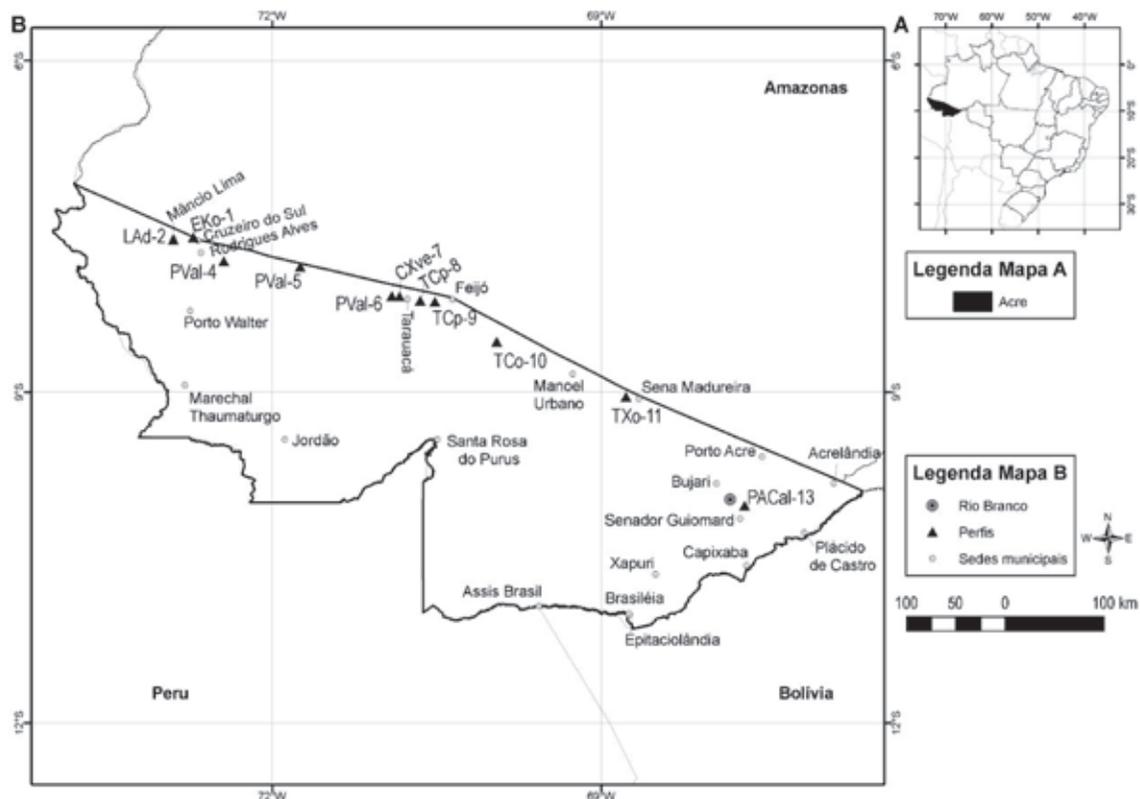


Figura 1. Localização e símbolo de identificação dos perfis estudados no estado do Acre.

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  $1.940 \pm 228$  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<sup>-1</sup> 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  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  e  $\text{Al}^{+++}$  foram extraídos com solução  $\text{KCl}$  1 mol  $\text{L}^{-1}$ . A extração do  $\text{H} + \text{Al}$  foi realizada com solução de acetato de cálcio 0,5 mol  $\text{L}^{-1}$  a pH 7,0. Os elementos  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  foram extraídos com solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,0125 mol  $\text{L}^{-1}$  +  $\text{HCl}$  0,05 mol  $\text{L}^{-1}$ . Os teores de  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$  foram determinados por espectroscopia de absorção atômica;  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$  por fotometria de chama;  $\text{Al}^{+++}$  e  $\text{H} + \text{Al}$  por titulometria. Os conteúdos de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{TiO}_2$  foram determinados após abertura das amostras com ácido sulfúrico 1:1, os quais, excetuando o  $\text{TiO}_2$ , foram utilizados na determinação das relações moleculares  $\text{K}_i$  e  $\text{K}_r$ .

## **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

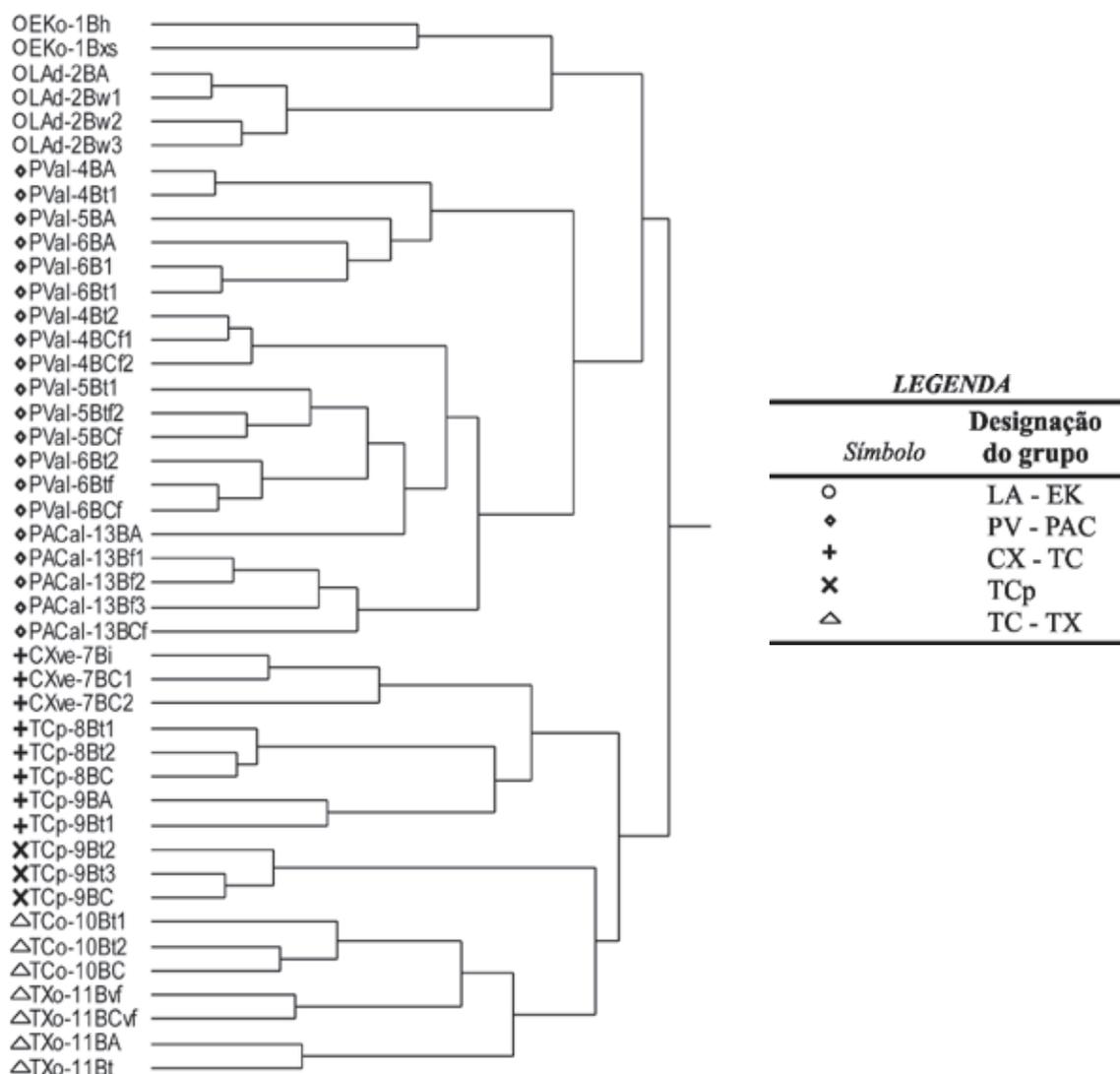
#### Análise de clusters

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 taxonômica 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
<b>AUTOVALOR</b>	7,22	3,21
<b>% da variância</b>	40,13	17,84
<b>% cumulativa</b>	40,13	57,97

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

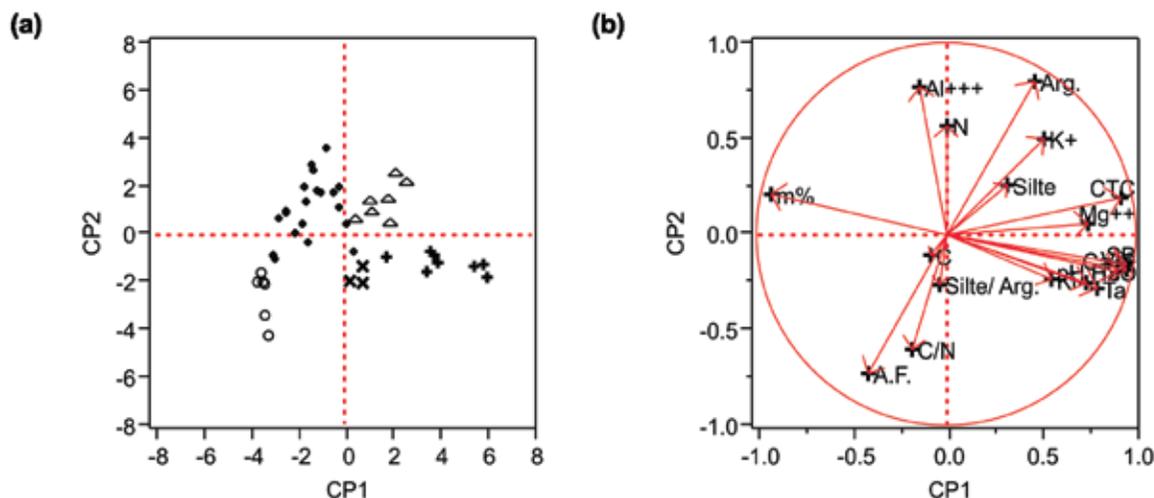
Variáveis com fator de peso igual ou maior que |0,20| são mostradas em negrito

O maior peso ( $\geq 0,20$ ) de cada variável nos componentes selecionados foram: pH, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Soma de Bases (SB), CTC, V%, m%, Ki e atividade da argila (Ta) no primeiro componente; areia fina (A.F.), silte, argila (Arg.), K<sup>+</sup>, Al<sup>+++</sup>, 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<sup>+++</sup>, K<sup>+</sup>, 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 Espodossolos. 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 Espodossolo (Eko-1) e Latossolo (LAd), tal como pode ser observado da Figura 3a. Possivelmente, dois fatores foram responsáveis por esses resultados: a litotologia 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.	Silte	Arg.					
		cm	cm	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	%							cm	cm	g/kg	g/kg	g/kg	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		1,36	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	0,06	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	0,57
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													
PVal-6	Ap	0	6	29	193	484	294	252	14	0,15	38,9	1,65	PACal-13	Ap	0	15	64	107	437	392	330	16	0,60	30,0	1,11
PVal-6	BA	6	17	30	165	488	317	42	87	0,18	34,8	1,54	PACal-13	AB	15	26	54	76	436	434	413	5	0,71	21,0	1,00
PVal-6	Bt1	17	38	27	193	402	378	0	100	0,14	36,1	1,06	PACal-13	BA	26	41	29	38	281	652	0	100	0,76	11,6	0,43
PVal-6	Bt1	38	59	24	136	408	432	0	100	0,18	25,4	0,94	PACal-13	Bf1	41	77	23	30	249	698	0	100	0,77	9,1	0,36
PVal-6	Bt2	59	100	18	112	299	571	0	100	0,16	20,0	0,52	PACal-13	Bf2	77	127	23	34	288	655	0	100	0,68	8,9	0,44
PVal-6	Btf	100	138	7	53	346	594	0	100	0,13	8,2	0,58	PACal-13	Bf3	127	177	44	65	283	608	0	100	0,68	15,1	0,47
PVal-6	BCf	138	150	7	33	368	592	0	100	0,21	5,7	0,62	PACal-13	BCf	177	210	28	15	274	683	0	100	1,87	7,4	0,40
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.

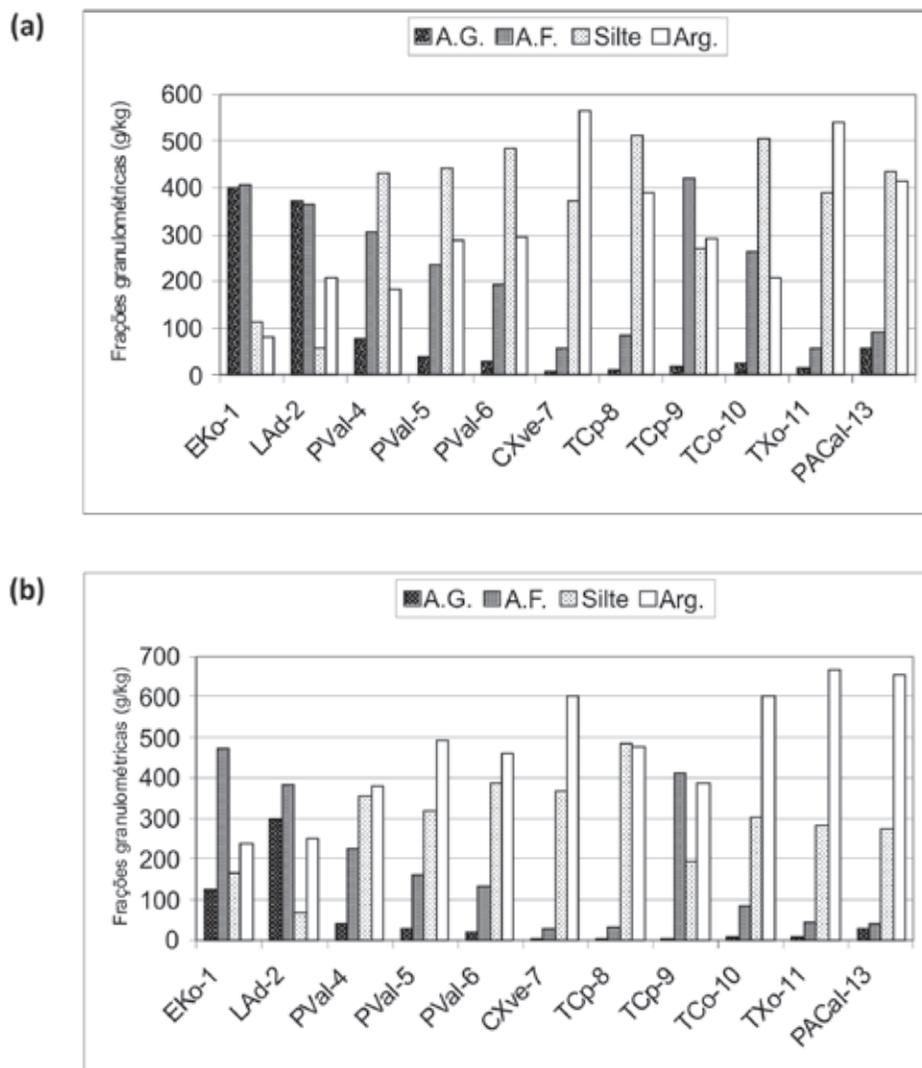
Os valores médios das frações granulométricas da TFSA são mostrados na Figura 4. É evidente a predominância das frações argila e silte sobre a areia para oito dos perfis estudados, fato já relatado por vários autores para solos do Acre (Martins, 1993; Gama, 1986; Melo, 2003; Rodrigues et al., 2003abc). 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<sup>-1</sup>, e em superfície de 34 e 528 g kg<sup>-1</sup>, 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<sup>-1</sup>) 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

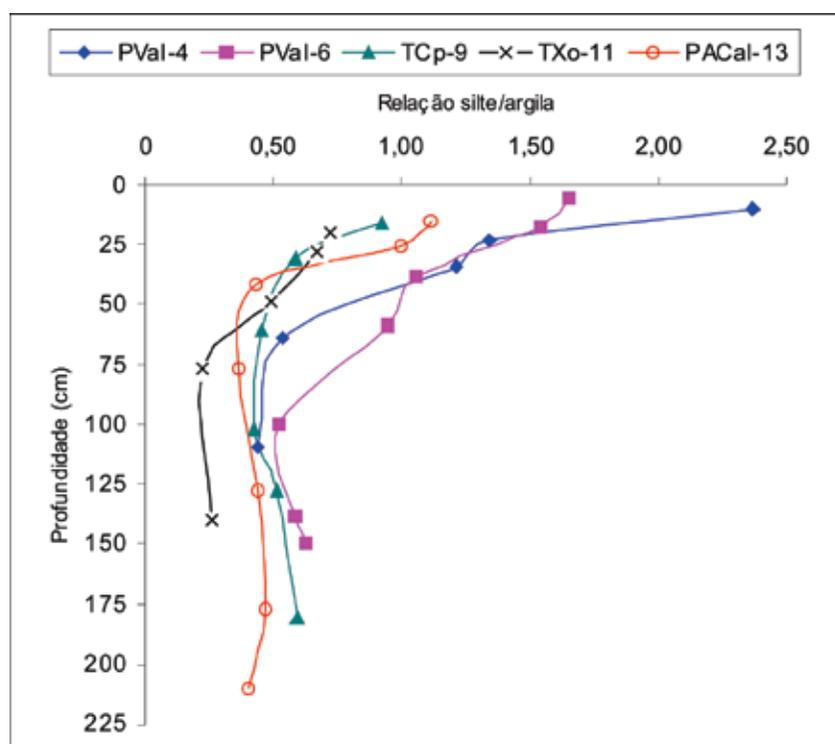
relação aos demais perfis, como a provável descontinuidade litológica existente no TCp-9. Por outro lado, os maiores conteúdos de silte são observados em superfície, havendo uma tendência de sua redução em profundidade (Tabela 2). Comportamento similar pode ser observado para a relação silte/argila (Figura 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 Espodossolo (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 Espodossolo (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  $K_i$  e soma de bases, bem como pelo fato de manifestarem mineralogia predominantemente caulinitica (Calderano et al., 2010). No entanto, o horizonte Bh do perfil EKO-1 mostrou valor de  $K_i$  e  $K_r$  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<sup>-1</sup> 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  $\Delta pH$  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  $\Delta pH$  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<sup>-1</sup> de solo, respectivamente. Os demais perfis supracitados mostram condições semelhantes às aquelas 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<sup>-1</sup> de solo para os horizontes superficiais, e de 0 a 21,7 cmolc kg<sup>-1</sup> de solo para os subsuperficiais, com valores médios de 2,4 e 7,6 cmolc kg<sup>-1</sup> 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  $\Delta$ 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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> 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.





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-hidrôxi entrecamadas condicionou os elevados e anormais teores do elemento extraído com solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. 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 filosilicatos 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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> de solo), reduzindo ainda mais em profundidade (média de 3,8 g kg<sup>-1</sup> de solo). O máximo valor em subsuperfície, 11 g kg<sup>-1</sup> 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 H<sub>2</sub>O) e as seguintes variáveis: pH em H<sub>2</sub>O (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<sup>+</sup> foi observado neste perfil (11,4 cmolc kg<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup>) 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 subjacentes. O máximo valor, 137 mg kg<sup>-1</sup>, 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<sup>-1</sup>), 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<sup>-1</sup>, 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.

# TESTES PARA IDENTIFICAÇÃO DE PLINTITA EM SOLOS DA FORMAÇÃO SOLIMÕES NO ACRE

Paulo Klinger Tito Jacomine<sup>(1)</sup>; José Coelho de Araújo Filho<sup>(2)</sup>; José Fernando Wanderley Fernandes Lima<sup>(3)</sup>

(1) Professor da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pauloklinger@hotmail.com; (2) Pesquisador da Embrapa Solos UEP Nordeste, coelho@uep.cnps.embrapa.br; (3) Engenheiro Agrônomo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, zecasolos@yahoo.com.br

## INTRODUÇÃO

Grande parte dos solos do Acre apresenta mosqueados de redução, os quais em sua maioria tem sido identificados como plintita, a exemplo dos estudos realizados por Gama (1986). Durante a viagem de campo para a IXRCC, no final do ano de 2009, foram selecionados 13 perfis de solo para descrição e coleta. Dentre estes perfis, a grande maioria apresentou cor com mosqueados nos horizontes B e/ ou C. Surgiram muitas dúvidas por não se ter certeza se esses mosqueados avermelhados seriam plintita ou não. Em face do exposto, foi necessário fazer testes para confirmar ou não a presença de plintita nesses solos. A hipótese do trabalho é que a plintita só se forma em solos com argila de atividade baixa.

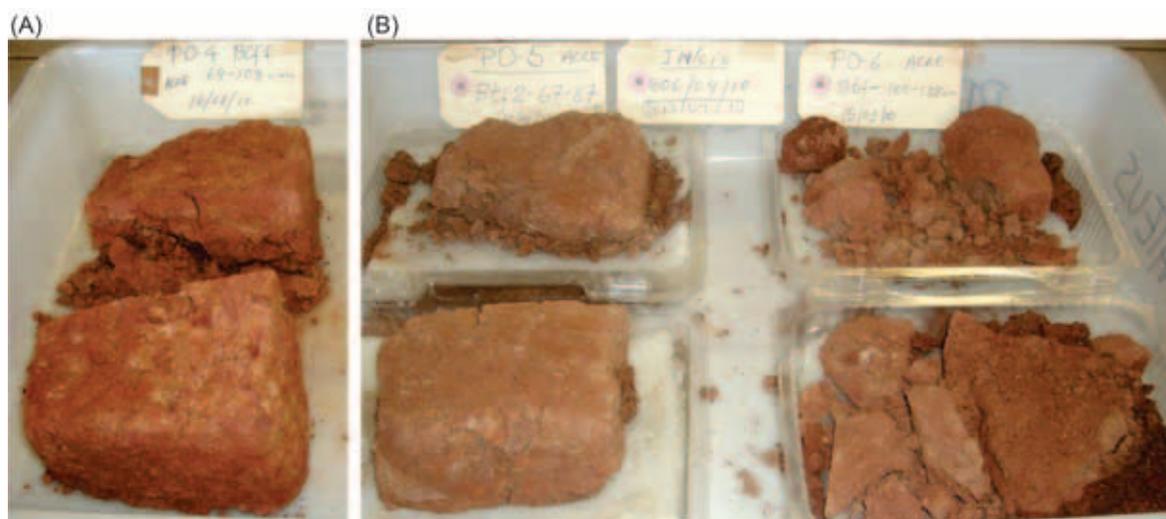
## MATERIAIS E MÉTODOS

### Testes para Identificação de Plintita

Amostras coletadas de alguns perfis selecionados para a IX RCC do Acre, contendo mosqueados avermelhados, foram enviadas para o Laboratório de Física da UFRPE, em Recife. A coleta em final de 2009 foi feita de forma a preservar a umidade de campo das amostras. Essas amostras foram submetidas a ciclos de umedecimento e secagem para diagnosticar a presença de plintita (Embrapa, 2006), em conformidade com observações de Daniels et al. (1978). As amostras foram obtidas dos seguintes perfis: AC-P04 (descrito inicialmente como horizonte BCf1), de cor variegada composta de vermelho e vermelho-amarelado; AC-P05 (descrito inicialmente como horizonte Btf2), de coloração variegada composta de bruno-avermelhado e bruno-claro-acinzentado; e AC-P06 (descrito inicialmente como horizonte Btf), de cor da matriz vermelha e contendo mosqueados vermelho distinto e amarelo-claro proeminente (Figura 1).

Para realização dos testes de identificação da plintita as amostras foram colocadas em pratos dentro de bandejas de plástico e deixadas para secar ao sol. Com isto, estava, assim, concluído o primeiro ciclo de umedecimento e secagem. O segundo ciclo foi iniciado com a saturação das amostras com água natural para, em seguida, proceder-se a nova secagem ao sol. Esse mesmo procedimento foi repetido até o quinto e último ciclo. Os cinco ciclos foram realizados num período de dois meses.

Durante a condução dos ciclos de umedecimento e secagem, amostras de referência foram submetidas aos mesmos ciclos para fins comparativos visando à identificação da plintita. As amostras de referência foram selecionadas de solos com horizonte plíntico já identificado (Embrapa, 1983), como as de amostras coletadas no estado de Goiás, e solos com plintita pouco evoluída, da Zona da Mata de Pernambuco. Nos testes de umedecimento e secagem, para confirmar a hipótese básica de estudo, foi avaliada a evolução das amostras ao longo dos testes e, ao final dos mesmos, foram feitas comparações entre amostras considerando suas características morfológicas, estimativa da atividade da fração argila (para 100 g de argila sem correção para carbono) e os valores da relação molecular Ki.



**Figura 1.** Aspecto das amostras de solos, ao natural, selecionados para os testes de umedecimento e secagem visando identificação de plintita: (A) amostra do perfil AC-P04; (B) amostras dos perfis AC-P05 e AC-P06.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Aspectos Morfológicos

Os testes de umedecimento e secagem visando identificação de plintita foram realizados durante cinco ciclos. Verificou-se que nas amostras testadas, em todos os casos, a repetição dos ciclos promoveu fendilhamento e/ou esboroamento progressivo reduzindo substancialmente o tamanho dos agregados. No final do primeiro ciclo a principal modificação observada foi o fendilhamento das amostras no estado seco (Figura 2), ainda conservando-se a agregação praticamente como no seu estado natural. Nos ciclos subsequentes as amostras apresentaram maior número de fendas, se desfazendo em agregados cada vez menores, restando material relativamente solto, exceto no perfil P04, onde se constatou alguns poucos agregados vermelhos que permaneceram relativamente intactos.

No final do quinto e último ciclo de umedecimento e secagem, as amostras testadas, incluindo as de referência, ficaram com o aspecto mostrado na Figura 3. Como pode ser notado, os agregados avermelhados estáveis, considerados como plintita, só aparecem em destaque nas amostras de referência contidas nas duas bandejas do canto inferior esquerdo da Figura 3.



**Figura 2.** Aspecto da amostra de solo (AC-P05) no final do primeiro ciclo de umedecimento e secagem (Foto gentilmente cedida por Brivaldo Gomes de Almeida).



**Figura 3.** Aspecto geral das amostras no final do quinto e último ciclo de umedecimento e secagem. Nota-se material plíntico (agregados avermelhados estáveis > 2 mm) nas duas badeiras do canto esquerdo inferior que correspondem às amostras de referência.

Nas figuras que se seguem (Figuras 4, 5 e 6) pode-se diferenciar melhor as amostras que contêm material plíntico daquelas onde os testes não mostraram a presença de plintita. Na figura 4, parte superior (bandeja retangular) pode-se ver a plintita (cor avermelhada) bem típica na amostra de referência (Btf – Goiânia) com consistência variando de dura até extremamente dura, entremeada por uma matriz clara de consistência macia. Já na parte inferior da mesma figura (bandeja circular), tem-se a amostra do perfil AC-P04 (originalmente identificado como BCf1, 64-109 cm) onde foram constatados alguns poucos agregados avermelhados, pequenos, de consistência dura a muito dura, com características de plintita, contidos numa matriz de consistência macia. Tais agregados, tipificados como material plíntico, ocorrem em quantidade muito baixa, não satisfazendo os requisitos para horizonte plíntico. Na figura 5 (AC-P05, horizonte identificado originalmente como Btf2, 67-87 cm), nota-se que o material do horizonte Btf2 (bandeja circular inferior) no estado seco apresenta-se fendilhado, com consistência macia, portanto, não apresentou qualquer indício de material plíntico. Na figura 6 (AC-P06, horizonte identificado originalmente como Btf, 100-138 cm), o material apresentou o mesmo comportamento da amostra do perfil AC-P05.



**Figura 4.** Aspecto da amostra de referência (bandeja retangular superior) e da amostra do perfil AC-P04 (BCf1) (bandeja circular inferior) no final do quinto e último ciclo de umedecimento e secagem. Nota-se material plíntico (agregados com cor vermelha e estáveis > 2 mm) na amostra de referência e alguns poucos agregados avermelhados, pequenos, de consistência dura a muito dura, contidos numa matriz de consistência macia e com características de plintita na amostra BCf1 (material esborado e fendilhado na sua maior parte).



**Figura 5.** Aspecto da amostra de referência (bandeja retangular superior) e da amostra do perfil AC-P05 (Bt2, 67-87 cm) (bandeja circular inferior) no final do quinto e último ciclo de umedecimento e secagem. Nota-se material plíntico (agregados com cor vermelha e estáveis > 2 mm) na amostra de referência e nenhum indício de plintita na amostra Bt2 (material esboroado e fendilhado com consistência macia).



**Figura 6.** Aspecto da amostra de referência (Bandeja retangular superior) e da amostra do perfil AC-P06 (Bt2, 100-108 cm - Acre) (bandeja circular inferior) no final do quinto e último ciclo de umedecimento e secagem. Nota-se material plíntico (agregados com cor vermelha e estáveis > 2 mm) na amostra de referência e nenhum indício de plintita na amostra Bt2 (material esboroado e fendilhado com consistência macia).

## Atividade da Fração Argila e Valores da Relação Ki

Para testar a hipótese do estudo, foram comparados seis perfis de solos com presença confirmada de horizonte plíntico contra três perfis de solos da IX RCC, do Estado do Acre (Tabela 1).

**Tabela 1** – Solos com plintita ou mosqueados (não plínticos) e suas relações com a atividade da fração argila, sem desconto para carbono, e valores da relação Ki

<b>Solos com plintita</b>				
Local	Perfil	Horizonte	CTC cmol <sub>e</sub> /kg de argila	Ki
GO - Margem direita do Rio	25	Btf1	13	2,15
		Btf2	20	2,11
	26	Btf1	17	2,17
		Btf2	19	2,16
		Btf3	18	2,17
		Btf4	18	2,28
PA – Ilha de Marajó (Tese de R.S. Rego)	1	Btf1	20	2,23
		Btf2	22	2,23
		Btf3	19	2,29
	2	Btf1	17	2,19
		Btf2	18	2,27
		Btf3	17	2,27
		Btf4	16	2,31
	3	Btf1	16	2,14
		Btf2	18	2,12
	4	Btf1	10	1,85
		Btf2	9,4	1,65
	IX RCC Acre*	P04	Btf2	24
BCf			21	2,02
<b>Solos sem plintita</b>				
IX RCC Acre*	P05	Btf1	37	3,16
		Btf2	40	3,37
		BCf	39	2,92
	P06	Bt2	26	2,71
		Btf	25	3,03
		BCf	33	3,25

\*A identificação do subscrito f nos perfis da IXRCC refere-se à descrição original no campo, em 2009.

Constata-se que todos os solos com plintita selecionados para a comparação apresentam argila de atividade baixa (< 27 cmol<sub>e</sub>/kg de argila, sem desconto para carbono), com valores entre 9,4 e 24,0 cmol<sub>e</sub>/kg de argila, e com predomínio de valor da relação molar Ki ao redor de 2, mas com alguns valores entre 2,2 e 2,3, o que significa solos com predomínio de argilominerais do tipo 1:1. Por outro lado, nas três amostras de solos da IX RCC, do Estado do Acre, duas provem de perfis de solos com argila com atividade alta (AC-P05 e AC-P06) com CTC estimada de 25 a 40 cmol<sub>e</sub>/kg argila, e valor de Ki ao redor de 3. Neste perfis os testes foram negativos para plintita. Na amostra coletada no perfil com argila de atividade baixa (CTC estimada entre 21 e 24 cmol<sub>e</sub>/kg argila) foi constatada a presença de pouco material plíntico, não atendendo requisitos para horizonte plíntico.

É importante lembrar que mosqueados avermelhados em solos com argila de atividade baixa podem ser ou não plintita, dependerá da evolução pedogenética do material.

Gama (1986), em estudo no Acre com solos com argila de atividade alta, relata a presença de alguns mosqueados avermelhados, endurecidos, com aspecto de plintita. Entretanto, o autor não informa se foi realizada a identificação da plintita, através dos testes de secagem e umedecimento, ou se foi inferida a sua presença com base em aspectos morfológicos do solo.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados obtidos, para o número limitado de amostras, indicam que os materiais plínticos, entre outras condições favoráveis, são desenvolvidos no contexto de materiais com predomínio de argilas com atividade baixa. Porém, nem todos os solos com argila de atividade baixa encontram condições favoráveis para desenvolver plintita. São vários fatores que devem ser considerados conjuntamente para o entendimento da formação dos materiais plínticos.

Vale salientar que é necessário testar outros solos, de outras áreas do Acre, abrangendo maior número de perfis e de amostras. O trabalho realizado não exclui a possibilidade de ocorrência de Plintossolos em outras áreas do Estado.

Por fim, é necessário considerar que neste trabalho não se dispunha dos resultados da mineralogia da fração argila, que são imprescindíveis para validar as interpretações feitas sobre os perfis de solo da IX RCC.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao pedólogo Virlei Álvaro de Oliveira pela coleta e envio de amostras de horizonte plíntico proveniente do município de Goiânia, GO. Os nossos agradecimentos também são estendidos ao Prof. Brivaldo Gomes de Almeida pela cessão de fotos das amostras de solos relativas ao primeiro ciclo de umedecimento e secagem.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

DANIELS, R.B.; PERKINS, H.F.; HAJECK, B.F.; GAMBLE, E.E. Morphology of discontinuous phase plinthite and criteria for its field identification in the Southeastern United States. *Soil Society of America Journal*, Madison, v.42, n.6, p. 944-949, 1978.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2.ed). Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamentos e Conservação de Solos. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da margem direita do Rio Paranã – Estado de Goiás. Rio de Janeiro, 1983. 503p (EMBRAPA-SNLCS. Boletim de Pesquisa, 23).

GAMA, J.R.N.F. Caracterização e formação de solos com argila de atividade alta do Estado do Acre. Itaguaí, 1986. 150f. Tese (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 1986.

# ESTUDOS PRELIMINARES SOBRE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E HÍDRICAS DE ALGUNS PERFIS DE SOLOS DA IX RCC NO ACRE

**Brivaldo Gomes de Almeida<sup>(1)</sup>; Luiz Bezerra de Oliveira<sup>(2)</sup>; Paulo Klinger Tito Jacomine<sup>(3)</sup>; Larissa Cecília Brandão de Lima Rocha<sup>(4)</sup>**

(1) Professor Adjunto, Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, brivaldo@depa.ufrpe.br; (2) Pesquisador Aposentado da EMBRAPA SOLOS, luizbo@hotmail.com; (3) Professor Sênior da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pauloklinger@hotmail.com; (4) Bolsista PIBIC Júnior, Colégio Agrícola Dom Agostinho Ikas, CODAI-UFRPE, larissacecilia231@gmail.com.

## INTRODUÇÃO

A IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos (IX RCC), que ocorrerá no estado do Acre, em setembro de 2010, com o tema “Solos Sedimentares em Sistemas Amazônicos: Potencialidades e Demandas de Pesquisa”, é uma atividade apoiada pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo e realizada pela Embrapa em associação com a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, a Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Acre e parcerias com diversas Universidades brasileiras e outros setores da Embrapa. Durante a viagem de coleta dos perfis de solos para este evento, no final do ano de 2009, verificou-se que, durante o período chuvoso, alguns solos ficavam saturados com água abaixo de horizontes A. Em consequência disto, tem ocorrido a morte de *Brachiaria brizanta* (braquiarião) nas pastagens, mesmo nas elevações com relevo ondulado e forte ondulado.

Para tentar explicar a razão deste fenômeno, em solos de elevação, optou-se por estudar as características físico-hídricas destes solos, principalmente a densidade dos solos, sua condutividade hidráulica, e a macro e microporosidade, na expectativa de que estas pesquisas possam contribuir para esclarecer tal processo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Amostragem e Estratégia de Análises

Foram coletadas amostras dos solos com estrutura não deformada, utilizando amostrador tipo Uhland, com anéis volumétricos medindo 5 x 5 cm (altura e diâmetro). Os conjuntos anel-amostra foram envolvidos em plástico filme, devidamente empacotados e enviados para o Laboratório de Física de Solos da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para posterior determinação de condutividade hidráulica saturada ( $K_0$ ), macro e microporosidade, densidade do solo ( $D_s$ ) e das partículas ( $D_p$ ).

De cada perfil (no total de 11) foi coletada apenas uma amostra por horizonte, o que exigiu que todas as análises fossem realizadas no mesmo conjunto anel-amostra e tivessem a seguinte ordem de determinação: saturação por capilaridade; seguindo-se da macroporosidade;  $K_0$ ;  $D_s$  e finalmente  $D_p$ .

### Processo de Saturação das Amostras

Os conjuntos anel-amostra foram preparados no laboratório, nivelando as extremidades das amostras, tomando-se o cuidado para não “espelhar” as suas superfícies. Em seguida, procedeu-se a saturação da mesma por capilaridade, que consistiu em colocar os conjuntos em bandejas plásticas, forradas com espuma (2 cm de espessura), umedecida com água destilada e deaerada. A partir daí, elevou-se gradualmente a lâmina de água da bandeja até próximo da altura do anel (cerca de 0,5 cm).

De acordo com Mesquita et al. (2007), este procedimento deve ser realizado para evitar o problema de formação de bolsas de ar e facilitar a dissolução do ar contido dentro da amostra. O tempo de saturação variou entre 24 e 120 horas. No entanto, mesmo após este período, em algumas amostras, não foi alcançada a saturação; e outras, apresentaram hidrofobia (provavelmente por compostos oleosos), necessitando aplicação de etanol (borrifamento), para redução da tensão superficial, tentando-se assim obter a sua saturação. As amostras que atingiram a completa saturação foram pesadas, obtendo-se assim a massa do solo saturado, utilizada nos cálculos da umidade volumétrica de saturação ( $\theta_{\text{saturada}}$ ).

### **Porosidade Total, Macro e Microporosidade**

Em seguida à determinação da massa do solo saturado, os conjuntos anel-amostra foram cuidadosamente transferidos para uma mesa de tensão, que foi usada nos ensaios da microporosidade, conforme sugerido em Oliveira (1968). Segundo Danielson e Sutherland (1986) a microporosidade corresponde à umidade de tensão 6 kPa e a porosidade total pode ser obtida a partir dos valores da densidade do solo e da densidade de partículas. Deste modo, a macroporosidade foi obtida pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade.

### **Condutividade Hidráulica Saturada ( $K_o$ )**

Durante o processo de saturação, foram feitas avaliações das amostras que seriam submetidas aos ensaios de condutividade hidráulica saturada ( $K_o$ ), separando-as em dois grupos: as com texturas mais argilosas; e as com texturas mais arenosas, para escolha do método mais apropriado de acordo com a sua textura. Segundo Prevedello (1996) e Libardi (2005), os permeômetros de carga constante, aparelhos utilizados para determinação da condutividade hidráulica do solo saturada, são recomendados para solos que apresentam altos valores de  $K_o$ ; enquanto que os de carga decrescente (ou variável) são mais indicados para solos de baixa condutividade ( $K_o < 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m s}^{-1}$ ).

Assim, nas amostras com textura arenosa, usou-se o método de carga constante; e para as de textura argilosa, o de carga decrescente, conforme descrito em Klute e Dirksen (1986).

### **Densidade do Solo e de Partículas Sólidas**

Na sequência, os conjuntos anel-amostra foram colocados em latas de alumínio e levados à estufa (48 h, 105 °C), esfriados em dessecadores e pesados para obtenção da massa de solo seco em estufa e cálculo da densidade do solo, conforme Blake e Hartge (1986).

Para a determinação da densidade de partículas, as amostras foram removidas dos anéis, destorroadas, passadas em peneiras com malha de 2 mm e levadas à estufa (24 h, 105 °C), obtendo-se a terra fina seca em estufa (TFSE), cujo volume foi obtido pelo método do balão volumétrico, utilizando álcool etílico como líquido penetrante, conforme metodologia sugerida em EMBRAPA, 1997).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 11 perfis coletados na IX RCC, 9 foram selecionados para o estudo, e em cada um deles trabalhou-se apenas com amostras dos horizontes diagnósticos, além daquelas localizadas imediatamente acima destes, cujas principais características físicas e hídricas são mostradas na Tabela 1.

Segundo Freeze e Cherry (1979) e Fetter (1994), valores típicos de condutividades hidráulicas podem ser classificados como:  $> 10^{-3}$  m s<sup>-1</sup>, muito alta;  $10^{-3}$  a  $10^{-5}$  m s<sup>-1</sup>, alta;  $10^{-6}$  m s<sup>-1</sup>, moderada;  $10^{-7}$  a  $10^{-8}$  m s<sup>-1</sup>, baixa e  $< 10^{-8}$  m s<sup>-1</sup>, muito baixa.

O perfil AC-P01, classificado no campo como Espodossolo Humilúvico, foi o solo que mostrou maior homogeneidade nos valores da  $K_o$ , que, embora baixos, mostrou-se permeável à grande profundidade (262 +cm). Isto pode ser explicado pela distribuição dos tamanhos dos poros. Embora os altos teores de areia total (81 a 51 %) constituem-se, em sua maioria, de areia fina, este solo apresentou a maior macroporosidade, que variou pouco ao longo do perfil (31 a 38 %), explicando assim a semelhança nos valores da  $K_o$  em profundidade.

Para o restante dos solos estudados, de um modo geral, as condutividades hidráulicas saturadas foram muito baixas, excetuando-se o perfil AC-P02, Latossolo Amarelo, com valores bem mais elevados. Foi marcante a quantidade de amostras que não saturaram (NS, na Tabela 1) e, conseqüentemente, não forneceram condições de se determinar as suas condutividades hidráulicas (perfis AC-P07, AC-P08, AC-P09 e AC-P13). Nestes perfis, após 120 horas sob condições de saturação, pode-se admitir que, o menor valor da  $K_o$  seria zero, o qual indicaria que estes solos não permitiriam o fluxo de água por entre os seus poros.

De fato, na maioria destes solos, há vários indícios de drenagem restringida, confirmada pela descrição morfológica, com presença de mosqueados e/ou coloração variegada, abrangendo também cores de redução. Entretanto, no horizonte superficial de alguns desses solos, como no caso do perfil AC-P08 (classificado como Cambissolo ou Vertissolo), este fato não foi observado, apresentando razoável permeabilidade à água, confirmada pela sua  $K_o$  de 2,36 cm h<sup>-1</sup> e porosidade total de 57 %. Este horizonte (Ap) possui espessura de apenas 10 cm, passando à AB (10-22 cm), onde a  $K_o$  praticamente passa a ser zero. Este fato vem corroborar a idéia de que, durante o período chuvoso, alguns solos ficavam saturados com água abaixo do horizonte A, devido principalmente à baixa permeabilidade dos horizontes subsuperficiais, o que tem levado a morte do braquiário nas áreas com pastagens. Nestes horizontes (AB, Bt1 e Bt2), embora não apresentem mudança textural abrupta, as densidades do solo são altas, com valores em torno de 1,82 Mg m<sup>-3</sup>, refletindo as baixas porosidades (em torno de 29 %), o que deve ter provavelmente contribuído para a redução, ou até mesmo impedimento, do fluxo de água por entre os seus poros.

**Tabela 1** – Solos com plintita ou mosqueados (não plínticos) e suas relações com a atividade da fração argila, sem desconto para carbono, e valores da relação Ki

Perfil	Classificação de Campo	Horizonte	Profundidade (cm)	Ds (Mg m <sup>-3</sup> )	Dp (Mg m <sup>-3</sup> )	Porosidade (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )			Ko (cm h <sup>-1</sup> )
						Total	Macro	Micro	
AC-P01	Espodossolo Humilúvico	E1	35-80	1,59	2,75	0,42	0,38	0,04	1,48
		Bh	152-159	1,65	2,69	0,39	0,31	0,08	1,31
		Bhsx	159-262+	1,49	2,76	0,46	0,31	0,15	1,72
AC-P02	Latossolo Amarelo	Ap	0-9	1,31	2,72	0,52	0,48	0,04	61,65
		Bw1	38-68	1,49	2,81	0,47	0,39	0,08	13,93
		Bw3	129-166	1,35	2,75	0,51	0,46	0,05	17,23
AC-P04	Argissolo Vermelho	BA	10-23	1,53	2,78	0,45	0,31	0,14	0,10
		Bt1	23-34	1,97	2,63	0,25	ND	NS	ND
		Bt2	34-64	1,43	2,57	0,45	0,26	0,19	0,03
AC-P05	Argissolo Vermelho	BA	20-40	1,51	2,54	0,41	0,25	0,16	0,02
		Bt1	40-67	1,86	2,89	0,36	ND	NS	ND
		Bt2	67-87	1,92	2,79	0,31	ND	NS	ND
AC-P06	Argissolo Vermelho	BA	6-17	1,22	2,42	0,49	0,28	0,21	12,16
		B1	17-38	1,32	2,67	0,50	0,18	0,32	3,68
		Bt2	59-100	1,82	2,90	0,37	ND	NS	ND
AC-P07	Cambissolo Háplico	AB	25-40	1,75	2,74	0,36	ND	NS	ND
		Bi	40-60	1,76	2,49	0,29	ND	NS	ND
		BC1	60-95	1,80	2,64	0,32	ND	NS	ND
AC-P08	Cambissolo / Vertissolo	Ap	0-10	0,99	2,32	0,57	0,08	0,54	2,36
		AB	10-22	1,82	2,27	0,20	ND	NS	ND
		Bt1	22-60	1,82	2,74	0,33	ND	NS	ND
AC-P09	Argissolo Vermelho-Amarelo	Bt2	60-81	1,81	2,80	0,35	ND	NS	ND
		BA	16-30	1,72	2,82	0,39	ND	NS	ND
		Bt2	60-102	1,85	2,64	0,30	ND	NS	ND
AC-P013	Plintossolo / Argissolo	Bt3	102-127	1,90	2,78	0,32	ND	NS	ND
		BA	26-41	1,80	2,66	0,32	ND	NS	ND
		Bt2	77-127	1,29	2,87	0,55	0,18	0,37	ND
		Bt3	127-177	1,71	2,72	0,37	ND	NS	ND

Ds = Densidade do solo; Dp = Densidade das partículas sólidas do solo; Macro = Macroporosidade; Micro = Microporosidade; Ko = Condutividade hidráulica do solo saturado; NS = amostra, após 120 horas, não saturou; ND = sem condições de ser determinada.

Por outro lado, os maiores valores da porosidade total foram apresentados pelo perfil AC-P02, Latossolo Amarelo, e o perfil AC-P06 (Argissolo Vermelho), com médias em torno de 50 %, que conferiram a estes solos elevadas  $K_0$ . Nestes perfis, como também para os demais, houve uma tendência para maiores valores de  $K_0$  na superfície, sendo mais expressivo o horizonte Ap do Latossolo Amarelo, com mais de 61 cm h<sup>-1</sup>. Quanto ao fluxo de água nos restantes dos Argissolos Vermelhos (perfis AC-P04 e AC-P05) os valores podem ser considerados como baixos, ratificados pelas altas densidades destes solos, com valores atingindo patamares próximo a 2 Mg m<sup>-3</sup>.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com Brady e Weil (2008), qualquer fator que exerça alguma influência na distribuição dos tamanhos dos poros e na sua configuração, influenciará também na condutividade hidráulica do solo. Desta forma, a determinação de atributos do solo tais como: textura, estrutura, densidade do solo e de partículas, micro, macro e porosidade total, é de fundamental importância para o diagnóstico mais exato com relação à qualidade física dos solos (Almeida, 2008).

A condutividade hidráulica de solos é muito sensível a pequenas variações nos parâmetros comentados acima. A grande variabilidade espacial nos valores da condutividade hidráulica exige, portanto, uma amostragem mais representativa, com um maior número de repetições, que poderá reduzir tais variações.

A qualidade de algumas amostras enviadas ao Laboratório de Física de Solos da UFRPE não foi satisfatória para se ter confiança nos dados gerados a partir destas. Isto permitiu inferir que, compactações durante o processo de amostragem, principalmente em solos argilosos, como os aqui estudados, bem como a falta de amostras para completar o volume dos anéis de alguns solos arenosos, pode ter alterado alguns dos resultados obtidos. Portanto, sugerimos que estas investigações tenham continuidade, sendo necessário para isto, maior número de amostras, mais repetições, e cuidados para manter a estrutura de campo.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao bolsista do PIBICJ-FACEPE, Edinaldo José da Penha Filho e aos alunos do Curso de Agronomia da UFRPE, Andrezza Emanuella Oliveira Silva e Rudson Elanio Rosas de Carvalho, bolsistas do PIBIC e do PIC da UFRPE, respectivamente, pelo apoio nas análises físicas e tabulação dos dados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, B. G. Métodos alternativos de determinação de parâmetros físicos do solo e uso de condicionadores químicos no estudo da qualidade do solo. Piracicaba, 105p, Tese de Doutorado. ESALQ/USP. 2008.
- BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). Methods of soil analysis. Madison: Soil Science Society of America, 1986. pt. 1, p. 363-375.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. The nature and properties of soils. 14th ed. Harlow: Prentice Hall, 2008. 980 p.
- DANIELSON, R. E.; SUTHERLAND, P. L. Porosity. In: KLUTE, A. (Ed.). Methods of soil analysis: Physical and mineralogical methods. Madison, 1986. p. 443-461.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análises de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.

- FETTER, C.W. Applied Hydrogeology. 3 Ed. New York: MacMillan College Publisher Co., 691 p., 1994.
- FREEZE, R.A.; CHERRY, J.A. Groundwater. New York: Prentice Hall, 604 p., 1979.
- KLUTE, A. & DIRKSEN, C. Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods. In: KLUTE, A., Ed. Methods of soil analysis. Part 1. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, 1986. p.687-732.
- LIBARDI, P.L. Dinâmica da água no solo. São Paulo: EDUSP, 2005. 335 p.
- Mesquita, M.G.B.F.; Moraes, S.O.; Peruchi, F.; Tereza, M.C. Alternativa para caracterização da condutividade hidráulica saturada do solo utilizando probabilidade de ocorrência. Ciência Agrotécnica, v. 31, n. 6, p. 1605-1609, 2007.
- OLIVEIRA, L.B. Determinação da macro e microporosidade pela “mesa de tensão” em amostras de solo com estrutura indeformada. Pesq. Agropec. Bras., 3:197-200, 1968.
- PREVEDELLO, C.L. Física do solo com problemas resolvidos. Curitiba, Salesward-Discovery, 1996. 446 p.

## FORMAS DE ALUMÍNIO EM SOLOS DO ACRE

Jaime A. de Almeida<sup>(1)</sup>; Mari Lúcia Campos<sup>(1)</sup>; Élen Ramos N. Ferreira<sup>(1)</sup>; Luciano C. Gatiboni<sup>(1)</sup>

(1)Professor Associado, CAV – UDESC, Lages, SC. a2jaa@cav.udesc.br

### INTRODUÇÃO

Grande parte dos solos do Estado do Acre é desenvolvida de rochas sedimentares cenozóicas da Formação Solimões, compostas por argilitos, siltitos e arenitos, depositados em ambiente lacustre (Cavalcante, 2006), sob influência de depósitos sedimentares dos contrafortes da cordilheira Andina. Há evidências da presença de compostos de baixa cristalinidade e amorfos, provenientes de cinzas vulcânicas, no material constitutivo desta formação, dentre os quais se destacam as alofanos e imogolitas, bem como compostos inorgânicos amorfos. Gama et al. (1992) detectaram a presença de material alofânico, bem como de vidro vulcânico, na fração areia de alguns solos do Acre.

Muitos solos derivados destes materiais apresentam características químicas peculiares, tendo reação ácida e elevado teor de alumínio trocável, associado a altos teores de cálcio e magnésio, que os tornam diferentes dos demais solos brasileiros. Entretanto, apesar dos altos níveis de alumínio trocável, que podem superar os 10 cmolc kg<sup>-1</sup>, esse elemento normalmente não exerce efeitos fitotóxicos, mesmo para plantas sensíveis (Gama & Kiehl, 1999; Wadt, 2002). Grande parte destes solos tem argila de atividade alta, com participação de esmectitas (incluindo beidelitas) e vermiculitas com polímeros de hidróxi Al entrecamadas (EHE e VHE, respectivamente) e quantidades variáveis de compostos amorfos de alumínio (Gama, 1986; Marques et al., 2002; Amaral, 2003). O conteúdo de óxidos de ferro e de alumínio (gibbsita) geralmente é baixo e por esta razão, suas propriedades químicas assemelham-se às de solos de regiões temperadas (Wadt, 2002).

O mecanismo para explicar a baixa fitotoxicidade do alumínio, segundo alguns autores, estaria relacionado à força de retenção dos polímeros de alumínio interestratificados e do alumínio amorfo nas superfícies de troca catiônica: como a força de atração da superfície

pelos íons alumínio seria superior à exercida pelos demais cátions, como o cálcio e o magnésio, esses íons de menor valência ficariam mais livres na solução, reduzindo a atividade do alumínio (Wadt, 2002; Araújo et al., 2005). Mesmo não tendo ocorrido efeito fitotóxico do Al para as plantas de arroz, milho e feijão, Gama & Kiehl (1999) encontraram valores muito altos de Al na solução de um Argissolo Vermelho-Amarelo de Sena Madureira. Os autores atribuem a alta relação Ca:Al, superior a 14 no horizonte A e de 0,48 no horizonte B, à ausência de fitotoxidez para estas culturas.

Araújo et al. (2005) sugerem que grande parte dos altos teores de Al trocável nestes solos seria originada da desestabilização das esmectitas (montmorilonita e beidelita). Já Marques et al. (2002), trabalhando com solos similares do estado do Amazonas, atribuem estes altos valores aos polímeros de hidróxi-Al presentes nas entrecamadas dos argilominerais 2:1, embora este trabalho tenha focado mais os aspectos da mineralogia da fração argila.

Utilizando diferentes extratores para determinar o conteúdo de amorfos em vários solos do Acre, Johas et al. (1997) concluíram que o método mais apropriado para esta quantificação seria o de Tamm modificado. Com base na análise do resíduo após a extração com o oxalato de amônio, os autores encontraram teores de amorfos entre 4,6 e 9,3%, inferiores aos obtidos pelos métodos mais drásticos utilizados. O método seria sensível, portanto, para solos com teor de amorfos inferior a 10%, nos quais é reconhecida a dificuldade de quantificação de material amorfo pelos métodos tradicionais.

Considerando o exposto, várias hipóteses necessitam ser consideradas para explicar a origem dos altos teores de Al extraíveis com KCl 1M nos solos estudados: a) a de Araújo et al. (2005), de que os altos teores de Al seriam originados da desestabilização de esmectitas, considerando a instabilidade destes argilominerais no ambiente lixiviante do clima atual; b) a de Marques et al. (2002), que atribuem os altos teores de Al a presença de polímeros de Al nas entrecamadas de argilominerais 2:1; c) a de que poderiam ser originados da dissolução de compostos de baixa cristalinidade ou amorfos, instáveis no clima atual; d) a de que poderiam ser devido ao abaixamento drástico do pH da solução extratora de KCl 1M após a agitação das amostras, provocando maior hidrólise do Al proveniente de diferentes formas, as quais poderiam não ser trocáveis ao pH natural do solo.

A maioria destas hipóteses não será testada, tendo em vista a especificidade deste trabalho, que objetiva apenas testar o emprego de diferentes métodos clássicos de extração de alumínio, buscando identificar as diferentes fontes ou compartimentos, onde o alumínio pode estar presente em alguns solos do Acre selecionados.

O alumínio pode ocorrer no solo como um elemento estrutural, fazendo parte da constituição química de muitos argilominerais, óxidos e hidróxidos de ferro e de alumínio e dos minerais primários, tais como micas e feldspatos. A maior parte deste alumínio pode ser quantificada no extrato de análises químicas totais, tais como a do ataque sulfúrico. Nos óxihidróxidos de ferro, o alumínio pode estar presente como elemento substituinte do ferro, podendo assim ser quantificado, pelo menos em grande parte, no extrato de ditionito-citrato-bicarbonato (DCB).

Nos solos, o alumínio também pode estar presente como elemento complexado a compostos orgânicos. Neste caso, para sua determinação, são normalmente empregados extratores químicos mais brandos, como o  $\text{CuCl}_2$  e  $\text{LaCl}_3$ , que extraem o Al ligado à MO em complexos de baixa à média estabilidade (Urrutia et al., 1995), sendo então denominado de “Al não trocável potencialmente reativo” (Juo & Kamprath, 1979), ou extratores mais fortes, tais como o pirofosfato de sódio (McKeague, 1967), o qual dissolve Al ligado aos compostos húmicos em geral, inclusive os mais estáveis. Entretanto, pode superestimar o Al associado ao material orgânico (García-Rodeja et al., 2004;), podendo incluir também Al ligado a compostos inorgânicos de baixa cristalinidade e amorfos (Kaizer & Zech, 1996) O método tradicionalmente utilizado para a quantificação das formas de baixa cristalinidade

e amorfas de compostos de ferro e alumínio é o de Tamm modificado, que preconiza a utilização de solução de oxalato de amônio a pH 3, no escuro, para evitar a redução fotoquímica do ferro dos compostos cristalinos (Schwertmann, 1964; McKeague & Day, 1966).

O método, entretanto, não é totalmente seletivo, podendo também extrair alumínio ligado à matéria orgânica (Schwertman, 1973; Cornell & Schwertmann, 1996).

Para a determinação das formas trocáveis do Al, o uso de sais não tamponados de Ca, Na e K são os mais utilizados para sua extração, sendo a solução de KCl 1M a mais empregada para esta finalidade em vários países. Além do KCl 1M, alguns países, como o Canadá e a Nova Zelândia, por exemplo, utilizam como extrator das formas trocáveis solução de CaCl<sub>2</sub> 0,02 ou 0,01M, cujas baixas concentrações simulam melhor as condições encontradas na solução dos solos. Este método extrai quantidades muito menores de Al trocável, sendo necessário neste caso, calibrar o método para a definição dos níveis considerados tóxicos para as culturas.

Os objetivos do presente trabalho foram de testar o emprego de diferentes extra- tores químicos para determinação do Al dos solos selecionados, interpretar seus resultados considerando suas características e limitações e finalmente, com base nas relações entre os teores determinados e os atributos químicos e mineralógicos dos solos, procurar identificar as possíveis fontes/origens dos altos teores de Al trocável encontrados nestes solos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Solos Estudados

Foram selecionadas amostras de horizontes de quatro perfis de solo do Estado do Acre, descritos e analisados nos laboratórios da EMBRAPA Solos, que integram a relação dos solos que serão observados na viagem de campo da IX Reunião Brasileira de Clas- sificação e Correlação de Solos do Acre (IX RCC). Três destes perfis (AC-P05, AC-P06 e AC-P10) possuem altos teores de Al trocável, principalmente no horizonte B. O perfil AC- P02, utilizado como padrão de comparação com os demais, apresenta baixos teores de Al trocável e atributos similares aos solos mais intemperizados da região tropical. Um total de 20 amostras de horizontes foi obtido, considerando os quatro perfis.

Na Tabela 1, estão indicadas as principais características físicas e químicas dos perfis e respectivos horizontes que foram utilizados no trabalho.

**Tabela 1.** Principais características dos solos estudados no Estado do Acre

Perfil	Horiz	Prof cm	Argila g kg <sup>-1</sup>	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Al —cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> —	S	V %	C g kg <sup>-1</sup>
AC-P02	Ap	0-9	163	5,4	4,0	0,7	0,8	16	6,8
	AB	-22	250	5,4	4,1	1,5	0,5	11	4,8
	BA	-38	264	5,4	4,1	1,3	0,4	10	3,1
	Bw1	-68	265	5,3	4,1	1,4	0,4	12	2,4
	Bw2	-129	265	5,3	4,1	1,3	0,3	17	1,2
	Bw3	-166	203	5,1	4,1	1,4	0,2	8	0,6
AC-P05	A1	0-4	276	6,5	5,6	0	18,4	86	37,0
	A2	-20	297	7,0	5,6	0	11,7	100	9,9
	BA	-40	352	5,5	3,8	3,3	7,6	57	4,4
	Bt1	-67	563	5,5	3,7	9,6	8,4	40	3,6
	Bt2	-87	557	5,4	3,6	14,4	6,1	27	2,9
	BC	-116	668	5,3	3,6	16,8	5,6	21	2,3
	C	-128	694	5,3	3,6	16,8	4,6	19	1,9
AC-P06	Ap	0-6	294	5,1	3,7	2,4	4,2	34	18,5
	AB	-17	317	4,9	3,6	4,3	2,1	22	8,1
	BA	-38	378	4,9	3,7	5,8	1,4	14	7,2
	Bt1	-59	432	5,1	3,7	6,7	2,0	18	5,9
	Bt2	-100	571	5,1	3,7	10,2	1,8	12	4,2
	Bt3	-138	594	5,0	3,7	14,2	2,7	13	3,3
	BC	-150	592	5,1	3,7	14,3	2,9	15	2,9
AC-P10	Ap	0-5	207	5,6	4,2	0,6	5,5	50	15,8
	AB	-16	206	5,5	4,0	0,7	4,6	50	6,9
	Bt1	-53	625	5,7	3,7	6,8	12,7	55	4,7
	Bt2	-80	575	5,5	3,7	12,2	11,5	43	3,2
	BC	-102	499	5,5	3,7	13,3	10,4	38	3,1
	CB	-122	508	5,4	3,7	13,0	8,5	34	2,3
	C	-137	591	5,4	3,7	11,8	6,7	31	1,9

## Métodos de Extração do Al

Na fração TFSA, finamente moída em almofariz de ágata, foram feitas extrações com diferentes soluções extratoras para Al, cuja metodologia é resumidamente descrita a seguir:

1 - KCl 1M, método tradicionalmente empregado para extração das formas trocáveis do Al. Foram utilizadas 5g de TFSA, 50 ml da solução extratora, agitação por 30 minutos a 140 rpm, repouso por 16 horas e quantificação do Al no extrato por titulação com base padronizada e por espectrofotometria de absorção atômica.

2- CaCl<sub>2</sub> 0,01M, método utilizado em alguns países, como o Canadá e Nova Zelândia, extrai quantidades menores e supostamente formas trocáveis mais fracamente adsorvidas aos colóides. Existem muitas variações na concentração do sal utilizada, relações solo-solução e tempos de agitação. Foram utilizadas 20 g de TFSA e 40ml da solução extratora, repouso de 16 horas e quantificação do Al no extrato por titulação com base padronizada e por espectrofotometria de absorção atômica.

3 - CuCl<sub>2</sub> 0,5M, o método extrai principalmente as formas de Al complexadas pela matéria orgânica, junto com o Al trocável, mas pode extrair também formas inorgânicas de Al, devido ao baixo pH (3,0) da solução tamponada. Foram utilizados 5 g de TFSA, 50 ml da solução extratora, repouso por 16 horas e quantificação do Al por espectrofotometria de absorção atômica.

4 - Oxalato de Amônio a pH 3, no escuro, o método extrai principalmente as formas amorfas e de baixa cristalinidade dos compostos inorgânicos de Al, mas pode extrair também Al ligado à compostos orgânicos. Foi utilizada 1g de TFSA, 50 ml da solução extratora, agitação por 4 horas, no escuro, centrifugação a 2000 rpm e quantificação do Al por espectrofotometria de absorção atômica.

5 - Pirofosfato de Sódio 0,1M pH 10, que extrai principalmente Al ligado aos compostos orgânicos, mas pode extrair também formas inorgânicas de Al, de baixa cristalinidade ou amorfas. Foi utilizada 1g de TFSA, 100 ml da solução extratora, agitação por 16 horas, centrifugação a 2000 rpm e quantificação do Al por espectrofotometria de absorção atômica.

6 - Ataque ácido (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1:1), usado para estimativa do Al total do solo. Utilizou-se os dados do ataque sulfúrico obtidos nos laboratórios da EMBRAPA, CNPS. Ao final de cada procedimento de agitação das amostras, foi feita a leitura do pH.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Valores de pH dos Solos, das Soluções Extratoras e dos Extratos

Na Tabela 2, estão indicados os valores de pH originais dos solos, dos extratos após o procedimento de agitação das amostras e de cada solução extratora utilizada.

Todos os solos apresentam saldo de carga líquida negativa, indicada pelos valores negativos do delta pH, condizentes com a mineralogia da fração argila, composta por caulinita e argilominerais 2:1HE, com pouca ou nenhuma gibbsita (informações a serem confirmadas). Chama atenção, entretanto, a grande diferença do pH em água em relação a solução de KCl 1M, cujos valores chegam a ser 2,0 unidades mais baixos do que em água. O pH dos extratos dos solos com a solução de KCl 1M, após a agitação das amostras (relação solo:solução 1:10), são muito similares aos valores do pH em solução salina (relação solo:solução de 1:2,5), indicando que a maior diluição da amostra nos extratos não deve ter modificado as reações de hidrólise dos compostos de Al ao ponto de liberar mais hidrogênio para a solução. O pH dos extratos de CaCl<sub>2</sub>, após a agitação das amostras (relação solo:solução de 1:2), também situou-se em valores muito próximos, ou apenas ligeiramente superiores, ao pH em KCl dos solos originais. Portanto, independente da concentração salina, do efeito de diluição ou do sal empregado, todos deslocaram quantidades semelhantes de H<sup>+</sup> para a solução, resultando em valores de pH muito similares.

Apesar disso, os teores de alumínio “trocável” quantificados foram diferentes para os dois extratores, conforme será discutido adiante.

Para as demais soluções extratoras, os valores de pH após a agitação das amostras mantiveram-se similares ao pH destas soluções tamponadas, conforme esperado.

**Tabela 2.** Valores de pH originais dos solos, determinados em água e em solução de KCl 1M, pH dos extratos após o período de agitação das amostras, e pH original de cada solução extratora utilizada.

Perfil	Hor	Valores do solo original			-----				
		pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	Delta pH	KCl	CaCl <sub>2</sub>	CuCl <sub>2</sub>	Oxalato	Pirofosfato
AC-P02	Ap	5,4	4,0	-1,4	4,0	3,8	3,1	2,8	9,9
	AB	5,4	4,1	-1,3	4,1	3,9	3,3	2,8	9,9
	BA	5,4	4,1	-1,3	4,2	4,0	3,5	2,8	10,0
	Bw1	5,3	4,1	-1,2	4,3	3,9	3,5	2,8	9,9
	Bw2	5,3	4,1	-1,2	4,2	3,9	3,4	2,8	10,0
	Bw3	5,1	4,1	-1,0	4,1	3,9	3,4	2,8	9,9
AC-P05	A1	6,5	5,6	-0,9	5,8	6,1	3,4	2,8	10,0
	A2	7,0	5,6	-1,4	5,4	6,2	3,4	2,8	9,8
	BA	5,5	3,8	-1,7	3,8	4,1	3,4	2,8	9,9
	Bt1	5,5	3,7	-1,8	3,7	3,8	3,4	2,7	9,8
	Bt2	5,4	3,6	-1,8	3,6	3,6	3,3	2,7	9,8
	BC	5,3	3,6	-1,7	3,6	3,6	3,3	2,8	9,8
	C	5,3	3,6	-1,7	3,6	3,6	3,3	2,8	9,8
AC-P06	Ap	5,1	3,7	-1,4	3,6	3,6	3,1	2,8	9,7
	BA	4,9	3,6	-1,3	3,6	3,5	3,1	2,8	9,8
	B1	4,9	3,7	-1,2	3,6	3,5	3,2	2,8	9,8
	Bt1	5,1	3,7	-1,4	3,6	3,5	3,3	2,8	9,8
	Bt2	5,1	3,7	-1,4	3,6	3,5	3,3	2,8	9,8
	Bt3	5,0	3,7	-1,3	3,6	3,6	3,4	2,7	9,8
	BC	5,1	3,7	-1,4	3,7	3,6	3,4	2,8	9,8
AC-P10	Ap	5,6	4,2	-1,4	4,1	4,4	3,1	2,8	9,8
	AB	5,5	4,0	-1,5	3,9	4,1	3,2	2,8	9,9
	Bt1	5,7	3,7	-2,0	3,6	3,6	3,4	2,8	9,8
	Bt2	5,5	3,7	-1,8	3,6	3,7	3,4	2,7	9,8
	BC	5,5	3,7	-1,8	3,6	3,7	3,3	2,7	9,8
	CB	5,4	3,7	-1,7	3,6	3,7	3,3	2,7	10,0
	C	5,4	3,7	-1,7	3,6	3,7	3,4	2,7	9,8
<b>pH original dos extratores</b>					<b>5,4</b>	<b>6,5</b>	<b>3,02</b>	<b>2,8</b>	<b>9,77</b>

## Testes Comparativos de Quantificação do Al no Extrato de KCl

Na figura 1a, estão indicados os teores de Al quantificados no extrato de KCl por titulação com base padronizada, determinados nos laboratórios da EMBRAPA-CNPS e nos do CAV, cujos valores foram ligeiramente inferiores para os solos AC-P05 e AC-P06 e expressivamente mais baixos para os horizontes subsuperficiais do perfil AC-P10, quando realizados no CAV. O coeficiente de correlação entre as duas determinações foi bastante alto (Figura 1b). Apesar destas diferenças, constata-se que, em ambos os casos, as quantidades de Al supostamente “trocáveis”, são extremamente elevadas nestes três perfis, confirmando resultados obtidos por vários autores para outros solos do Acre.

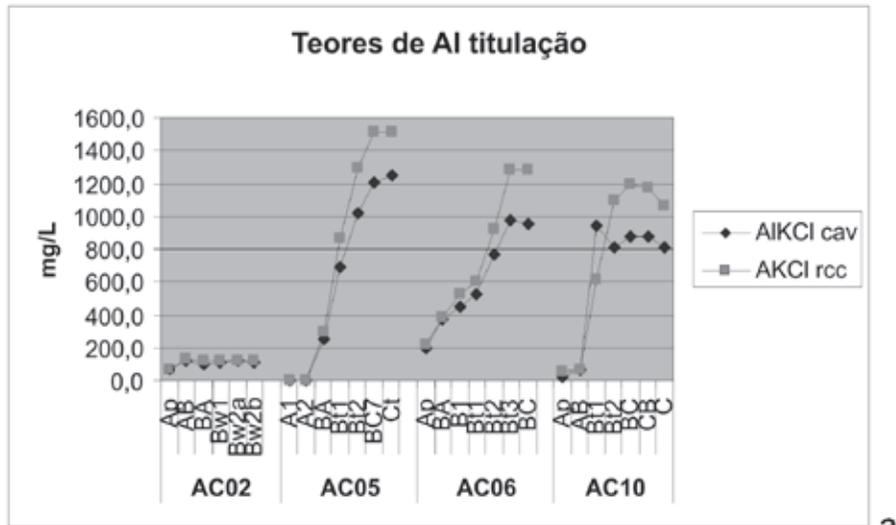
Para avaliar eventuais diferenças nos teores de Al do extrato de KCl devidas ao método de quantificação deste elemento, comparou-se os teores de Al obtidos por titulação com base (TB) e por espectrofotometria de absorção atômica (AA). Na figura 1c, observa-se que para o solo AC-P02, referência de solo com baixo teor de Al trocável, os teores obtidos foram similares para os dois métodos. Para os solos AC-P05 e AC-P06, os teores quantificados por AA foram mais altos do que por TB, enquanto que para o solo AC-P10, ocorreu o inverso.

## Teores de Al Quantificados nos Diferentes Extratores

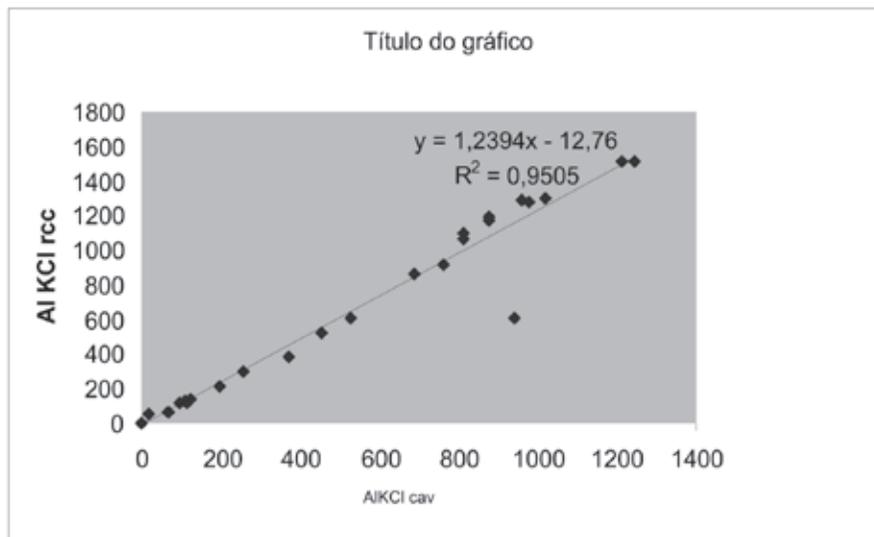
Os teores de alumínio totais e os obtidos segundo as diferentes soluções extratoras utilizadas estão indicados na figura 2. Em relação ao alumínio total (Figura 2a), observa-se o aumento dos seus valores em profundidade, com alto coeficiente de correlação entre estes e o teor de argila (superior a 0,96 para os solos AC-P05, AC-P06 e AC-P10).

Os teores de Al “trocáveis”, extraídos com solução de KCl 1M foram baixos no solo AC-P02, tomado como referência de solo com mineralogia mais semelhante à da maioria dos solos tropicais, com fração argila dominada por caulinita e gibbsita (Figura 2b). Neste solo há ligeiro incremento do horizonte Ap para o AB, e a partir deste os valores se mantêm similares nos demais horizontes. Nos demais solos, os teores de Al-KCl são nulos ou muito baixos nos horizontes superficiais dos perfis AC-P05 e AC-P10, compatíveis com os mais altos valores de pH constatados nestes horizontes, superiores a 5,5 (Tabela 1), mas sofrem incremento acentuado a partir desses horizontes, assim como no perfil AC06, atingindo valores extremamente altos, apesar dos valores de pH em água terem variado de 4,9 a 5,7 para o conjunto dos horizontes destes três solos (Tabela 2). Este comportamento parece indicar que grande parte destes altos teores de Al não deve ser trocável, já que em valores de pH próximo ou acima de 5,5, a maior parte do Al encontra-se precipitado, em formas já não tóxicas para as plantas. Enquanto os teores de Al-KCl sofrem incremento constante nos perfis AC05 e AC06, no perfil AC10 os teores sofrem um decréscimo a partir do horizonte Bt1, os quais podem estar relacionados aos maiores valores de soma de bases verificados neste solo em relação aos anteriores (Quadro 1). O comportamento das curvas de Al-KCl é semelhante à do Al-oxalato, cujos valores são ascendentes nos perfis AC05 e AC06, mas estabilizam ou decrescem a partir do Bt2 no AC10 (Figura 2b). Este comportamento parece indicar que grande parte dos altos teores de Al-KCl sejam provenientes de compostos de Al menos estáveis, tais como as formas amorfas ou de baixa cristalinidade, que podem ter sido hidrolisadas durante o contato do solo com a solução de KCl, favorecida pelo forte abaixamento do pH (Tabela 2), levando a superestimar os teores de Al trocáveis destes solos.

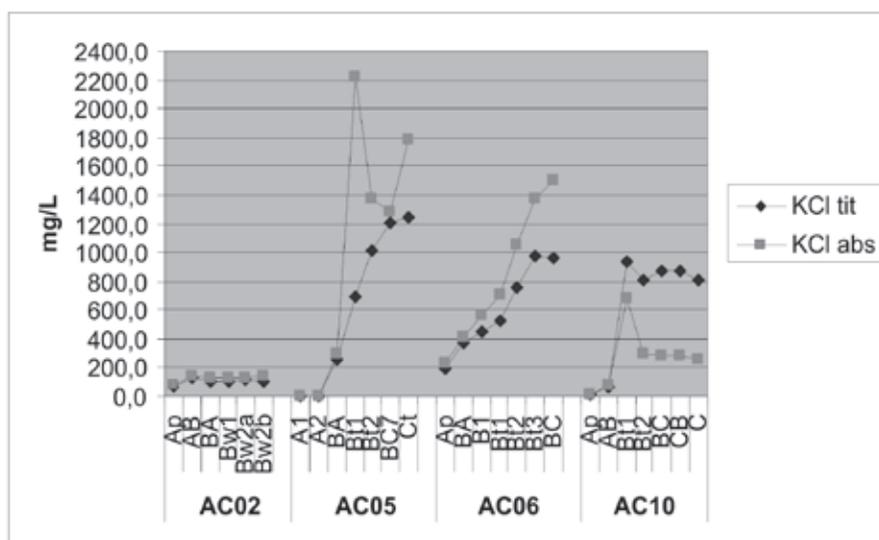
No perfil AC-P02, apesar de baixos teores de Al-KCl, os teores de Al quantificados nos extratos de pirofosfato, oxalato e cloreto de cobre foram bem mais altos (Figura 2b), observando-se um incremento até o horizonte AB ou BA e um decréscimo acentuado a partir daí, para os três extratores. Este comportamento pode ser atribuído às características dos extratores. O  $\text{CuCl}_2$ , segundo Juo & Kamprath (1979) deve extrair, além do Al trocável.



a

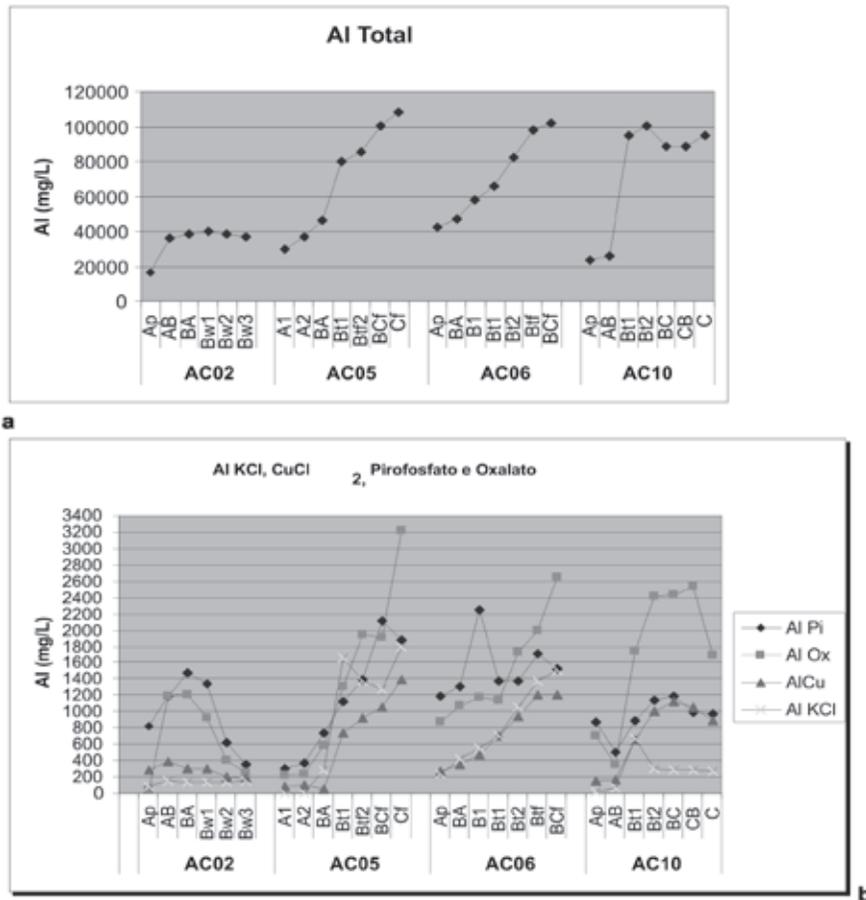


b



c

**Figura 1.** (a) Teores de alumínio extraídos com solução de KCl 1M e quantificados por titulação, nos laboratórios do CAV (AIKCl cav) e na EMBRAPA (AIKCl rcc); (b) Correlação entre os teores de Al extraídos com KCl, quantificados no CAV e na EMBRAPA e (c) teores de Al extraídos com KCl e quantificados por titulação e por espectrofotometria de absorção atômica, nos laboratórios do CAV.



**Figura 2.** Teores de alumínio extraídos com diferentes soluções extratoras para vários horizontes de quatro solos do estado do Acre.

Também o Al não trocável “potencialmente reativo”, ligado a compostos orgânicos, provavelmente menos estáveis. Já o pirofosfato de sódio, extrai Al ligado aos compostos húmicos, inclusive os mais estáveis, por isso seus valores são mais altos. O oxalato de amônio, apesar de mais seletivo para dissolver Al de compostos de baixa cristalinidade ou amorfos, também pode extrair Al ligado a compostos orgânicos (Schwertman, 1973; Cornell & Schwertmann, 1996). Isto pode explicar, portanto, os maiores valores de Al encontrados nos horizontes mais superficiais deste solo, onde os teores de matéria orgânica são mais altos. O decréscimo verificado pelos três extratores nos horizontes mais inferiores, mas ainda elevados quando comparados aos obtidos com a solução de KCl, pode ser atribuído a dissolução de formas de Al associados a compostos de baixa cristalinidade ou amorfos, que podem ainda estar presentes neste solo, já que tanto o pirofosfato como a solução de cloreto de cobre podem igualmente extrair outras formas de Al, não associadas somente aos compostos orgânicos.

No perfil AC-P05, que apresenta altíssimos valores de Al supostamente trocável (Tabela 1), com exceção dos horizontes superficiais, conforme já comentado, os teores de Al obtidos pelos vários extratores utilizados foram crescentes e com valores bastante altos a partir do horizonte A2, sendo os do extrato de KCl inclusive mais elevados do que os obtidos com a solução de cloreto de cobre. Este comportamento não pode ser convenientemente explicado, já que se considerarmos a hipótese de que o Al extraído com KCl possa provir da hidrólise de formas de Al de baixa cristalinidade ou amorfos, favorecida pela redução drástica do pH do extrato, isto também deveria ter sido verificado com a solução de cloreto de cobre, cuja redução do pH foi ainda maior (Tabela 2). Já os teores de Al obtidos nos extratos de pirofosfato e oxalato de amônio foram similares e superiores aos obtidos com o KCl. Para o

extrato de oxalato, isto deve ter ocorrido pela dissolução de formas de baixa cristalinidade e amorfas de alumínio presentes neste solo. Quanto aos teores altos de Al no extrato de pirofosfato, os dados obtidos são conflitantes, já este extrator é recomendado para quantificação de formas de Al ligadas principalmente aos compostos orgânicos, e este solo apresenta teores muito baixos de carbono orgânico, principalmente nos horizontes mais profundos (Tabela 1).

Entretanto, vários autores (McKeague & Schuppli, 1982; Jarvis, 1986 e Kaizer & Zech, 1996) relatam que o pirofosfato também pode extrair Fe e Al de fontes inorgânicas. Kaizer & Zech (1996) mostraram significativa liberação de Al de compostos amorfos e de gibbsita em extratos de pirofosfato de sódio a pH10, tendo atribuído isto aos efeitos de complexação do reagente e a solubilização (ou peptização) de complexos organo-metálicos, devido ao alto pH e o aumento das cargas negativas do sistema. Comparando-se as figuras 2a e 2b, observa-se que o comportamento da curva de Al total é muito similar a da curva do oxalato, sugerindo que a grande parte do Al supostamente trocável provém mesmo de formas de baixa cristalinidade ou amorfas.

O perfil AC06 também apresenta teores muito altos de Al no extrato de KCl 1M, cujos valores crescem linearmente em profundidade, com valores semelhantes aos obtidos no extrato de CuCl<sub>2</sub> (Figura 2b). Este comportamento similar das duas curvas deve ter ocorrido em consequência da redução drástica do pH (em torno de 3,6 no extrato de KCl e entre 3,1 a 3,4 no extrato de CuCl<sub>2</sub>) durante a agitação nos dois extratos, promovendo liberação de compostos de Al de baixa estabilidade. Como no extrato de cloreto de cobre os conteúdos de carbono orgânico decrescem até valores muito baixos em profundidade e os de Al aumentam neste mesmo sentido, não há como justificar que os altos teores de Al possam provir do material orgânico, e sim de fontes inorgânicas solubilizadas pelo efeito acidificante do meio, ou ao efeito complexante do cobre (Juo & Kamprath, 1979). Os teores de Al nos extratos de oxalato e de pirofosfato são expressivamente mais altos do que nos de KCl e CuCl<sub>2</sub>, havendo um crescimento linear em profundidade no extrato de oxalato e um aumento linear no de pirofosfato até o horizonte B1, com redução dos valores a partir daí. O fato dos teores de Al-oxalato crescerem linearmente indica que este extrator dissolveu Al de compostos de baixa cristalinidade ou amorfos, cujos teores aumentam em profundidade.

Embora tenha havido decréscimo nos teores de Al pirofosfato a partir do horizonte B1, os teores de Al mantém-se ainda em valores mais altos do que os do extrato de oxalato, até o horizonte Bt1 (Figura 1a), indicando que este extrator dissolveu também formas de Al inorgânicas, de baixa estabilidade, tal como já relatado por Kaizer & Zech (1996). Outra hipótese, menos provável, é de que os altos teores de Al pirofosfato sejam decorrência de inadequada centrifugação das amostras (2000 rpm), levando a superestimação dos teores de Al durante a quantificação por absorção atômica, já que neste caso poderia estar sendo computado algum alumínio não livre, mas ligado a compostos orgânicos coloidais. Os baixos teores de carbono orgânico, entretanto, não dão suporte plausível a esta hipótese.

No último solo (AC-P10), o comportamento das curvas foi diferenciado daquele obtido nos perfis AC05 e AC06 (Figura 2b). Um exemplo é o comportamento da curva do Al no extrato de KCl, que é semelhante ao da curva do extrato de CuCl<sub>2</sub> até o horizonte Bt1, mas decresce a partir daí, enquanto os teores de Al-CuCl<sub>2</sub> continuam crescentes em profundidade. O Al em todos estes extratos foi quantificado por espectrofotometria de absorção atômica. Se considerarmos, entretanto, a quantificação do Al-KCl por titulação, o comportamento da curva seria bastante similar ao da curva de CuCl<sub>2</sub>, conforme fica evidenciado na figura 1c. Não se encontrou uma razão para explicar essa diferença somente neste perfil.

O extrator de oxalato de amônio tem sido tradicionalmente indicado para detectar metais como ferro, alumínio e silício associados a compostos inorgânicos de baixa cristalinidade, ou mesmo amorfos, (Schwertmann, 1964; McKeague & Day, 1966), embora possa também dissolver Al de compostos orgânicos (Schwertman, 1973; Cornell & Schwertmann,

1996). Considerando, entretanto, que os teores de Al aumentam expressivamente em profundidade, nos três solos analisados, e que os teores de carbono orgânico nestes horizontes são muito baixos, é pouco provável que as altas quantidades de Al encontradas sejam provenientes de compostos orgânicos.

Constata-se, portanto, fortes indicações de que devem ter sido originadas da dissolução de formas amorfas, ou de baixa cristalinidade, de compostos inorgânicos contendo alumínio, que acabam sendo artificialmente dissolvidas nos extratos de KCl pelo efeito da grande acidificação do sistema. Se este alumínio provém da dissolução de esmectitas (Araújo et al., 2005), da dissolução de polímeros de Al nas entrecamadas de argilominerais 2:1 (Marques et al., 2002) ou de compostos inorgânicos amorfos presentes no solo, provenientes de material alofânico, ou de vidros vulcânicos (Gama, 1986), deve ser objeto de maiores investigações.

### **Teores de Al nos Extratos de KCl 1M e de CaCl<sub>2</sub> 0,01M**

Na tabela 3, estão indicados os teores de Al quantificados por espectrofotometria de absorção atômica nos extratos de KCl 1M (relação solo:solução 1:10) e de CaCl<sub>2</sub> 0,01M (relação solo:solução 1:2). A figura 3 ilustra as curvas do elemento para os dois extratos.

As quantidades de Al nos dois extratos são diferentes, com valores muito mais altos para o extrato de KCl. Enquanto o comportamento das curvas é similar para o perfil AC-P02, tomado como referência de solo com baixo teor de Al extraído com KCl, nos demais três solos, as curvas de Al no extrato de KCl indicam valores extremamente mais altos e ascendentes, enquanto as do CaCl<sub>2</sub> apresentam pequeno crescimento a partir dos horizontes mais superficiais, mantendo valores relativamente similares nos demais horizontes subsuperficiais.

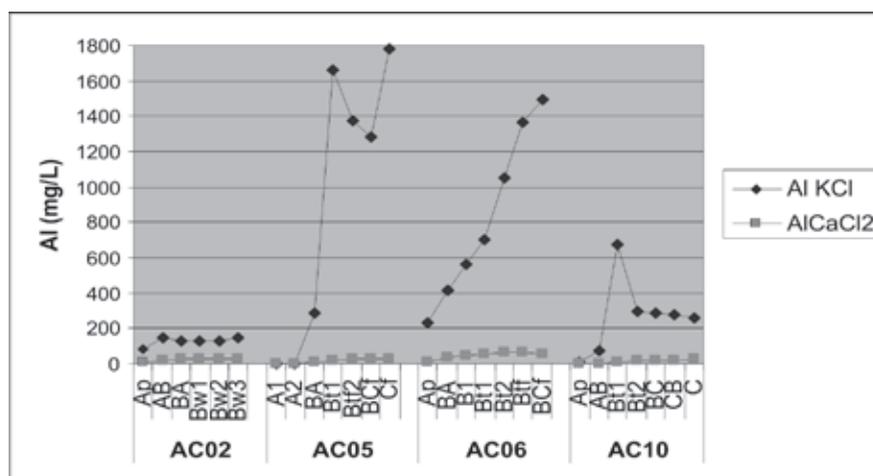
Portanto, além da solução mais diluída de CaCl<sub>2</sub> extrair menores quantidades de Al, aparentemente não ocorrem reações de dissolução de formas de Al menos cristalinas, tal como parece ocorrer na extração com KCl, confirmada por dados do oxalato de amônio.

Deste modo, o cloreto de cálcio 0,01M parece ser um extrator com características mais adequadas para detectar teores de Al potencialmente tóxicos para as plantas. Há necessidade, entretanto, de promover a calibração do método para diferentes situações de solo no estado do Acre, definindo os intervalos de teores no solo que podem ser considerados críticos para as culturas. Uma das desvantagens deste método, é o de extrair quantidades de Al muito mais baixas quando comparados com o extrator de cloreto de potássio 1M, podendo haver maior possibilidade de erros analíticos durante a quantificação, principalmente quando esta for realizada por titulometria de neutralização.

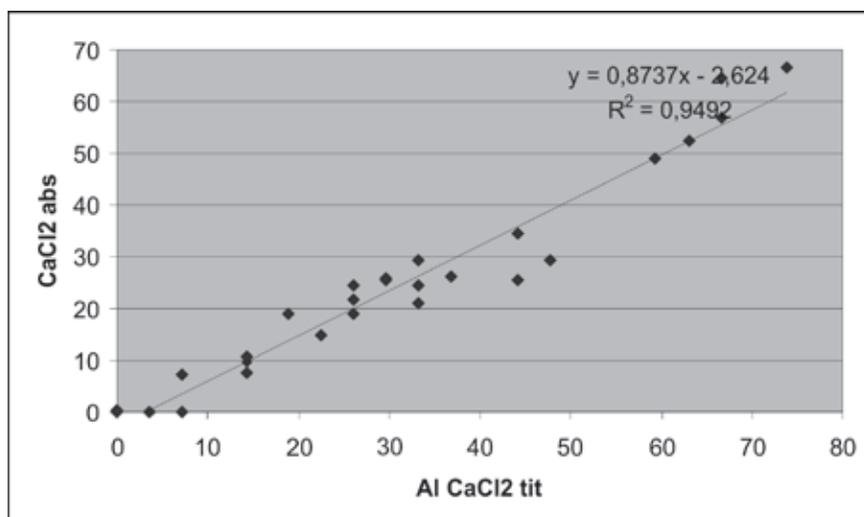
A correlação entre os teores de Al quantificados por titulometria e espectrofotometria de absorção atômica nos extratos de CaCl<sub>2</sub> foi bastante alta, indicando similaridade entre os dois métodos de quantificação (Figura 4).

**Tabela 3.** Teores de Al extraídos com solução de cloreto de potássio 1M e cloreto de cálcio 0,01M e quantificados por espectrofotometria de absorção atômica.

Perfil	Horiz	Al KCl mg/L	AlCaCl <sub>2</sub> mg/L	Perfil	Horiz	Al KCl mg/L	AlCaCl <sub>2</sub> mg/L
AC-P02	Ap	83	10	AC-P06	Ap	230	8
	AB	144	22		BA	417	34
	BA	133	24		B1	559	49
	Bw1	127	26		Bt1	700	52
	Bw2	128	26		Bt2	1052	64
	Bw3	145	29		Bt3	1368	67
				BC	1500	57	
AC-P05	A1	0	0	ACP10	Ap	13	0
	A2	0	0		AB	71	0
	BA	290	7		Bt1	675	11
	Bt1	1663	19		Bt2	297	15
	Bt2	1379	26		BC	284	19
	BC	1281	29		CB	279	21
C	1785	25	C	260	24		



**Figura 3.** Comportamento das curvas de Al extraídos com solução de cloreto de potássio 1M e Cloreto de Cálcio 0,01M e quantificados por espectrofotometria de absorção atômica.



**Figura 4.** Correlação entre os teores de Al quantificados no extrato de cloreto de cálcio 0,01M por espectrofotometria de absorção atômica e por titulação com base.

## CONCLUSÕES

Os altos teores de Al quantificados nos extratos de KCl em solos do Acre não representam unicamente as formas trocáveis deste elemento, devendo incluir também formas não trocáveis, provavelmente originadas da dissolução de compostos inorgânicos de baixa cristalinidade, ou amorfos, artificialmente dissolvidas durante a extração, pelo efeito da drástica redução do pH da solução extratora durante o processo de agitação das amostras;

As soluções de  $\text{CuCl}_2$  e de pirofostafa de sódio, tradicionalmente utilizadas para quantificação de formas de Al ligadas a compostos orgânicos, indicaram níveis muito altos de alumínio, incompatíveis com os baixos teores de matéria orgânica nos horizontes subsuperficiais dos solos, indicando que devem ter dissolvido igualmente formas inorgânicas de baixa estabilidade, deste elemento;

Os altos níveis de Al quantificados nos extratos de oxalato de amônio, crescentes em profundidade, confirmam que a maior parte do alumínio, supostamente “trocável” presente nestes solos, provém realmente da dissolução de formas amorfas, ou de baixa cristalinidade de compostos inorgânicos contendo alumínio;

O cloreto de cálcio, na concentração 0,01M, parece constituir um extrator com características promissoras para quantificação dos níveis de Al potencialmente tóxicos para as culturas nos solos do Acre, necessitando ser testado com mais detalhes metodológicos e definindo classes de teores no solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, E.F. Ambientes, com ênfase nos solos e indicadores ao uso agroflorestal das bacias dos rios Acre e Iaco, Acre, Brasil. Viçosa, UFV (Dissertação Mestrado) 2003, 129p.

ARAÚJO, E.A.; AMARAL, E.F.; WADT, P.G.S. & LANI, J.L. Aspectos gerais dos solos do Acre com ênfase no manejo sustentável. In: Wadt, P.G.S. (Org.). Manejo de solo e recomendação de adubação para o estado do Acre. Rio Branco, EMBRAPA/CPAF-Acre, p.10-38, 2005

CAVALCANTE, L.M. Aspectos geológicos do Estado do Acre e implicações na evolução da paisagem. Rio Branco, Embrapa-Acre, 2006, 25p. (EMBRAPA-ACRE, Documentos, 104).

CORNELL, R.M. & SCHWERTMANN, U. The iron oxides. VCH Publishers, Weiheim, Germany. 1996.

GAMA, J.F.N.F. Caracterização e formação de solos com argila de atividade alta no estado do Acre. Itaguaí, UFFRJ, 1986, 150p. (Tese de Mestrado)

GAMA, J.F.N.F. & KIEHL, J.C. Influência do alumínio de um podzólico vermelho-amarelo do estado do Acre no crescimento de plantas. R. Bras. Ci. Solo, Viçosa, 23:475-482, 1999.

GAMA, J. R. N. F.; KUSUBA, T.; AMANO, Y. Influência de material vulcânico em alguns solos do Estado do Acre. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 16, p. 103-106, 1992.

GARCÍA-RODEJA, E.; NÓVOA, J.C.; PONTEVEDRA, X.; MARTÍNEZ-CORTÍZES, A.; BUURMAN, P. Aluminium fractionation of European volcanic soils by selective dissolution techniques. Catena, Amsterdam, v.56, p.155-183, 2004.

JARVIS, S.C. Forms of aluminium in some acid permanent grassland soils. Journal of Soil Science 37, pp. 211–222, 1986.

IYENGAR, S.S.; ZELASNY, L.W. & MARTENS, D.C. Effect of photolytic oxalate treatment on soil hydroxi interlayered vermiculites. *Clays Clay Miner.*, 29:429-434, 1981.

JOHAS, R.A.L.; CLAESSEN, M.E.C. & DURIEZ, M.A.M. Amorfos: identificação por diferentes metodologias em alguns solos do Acre. Rio de Janeiro, EMBRAPA-CNPS, 1997, 17p. (Boletim de Pesquisa, 3)

JUO. A.S.R.; KAMPRATH, E.J. Copper chloride as na extractant for estimating the potentially reactive aluminum pool in acid soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.43, p.35-38, 1979.

KAISER, K., ZECH, W. Defects in estimation of aluminum in humus complexes of podzolic soils by pyrophosphate extraction. *Soil Science*, Madison, v.161, p.452-458, 1996.

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*, 37:651-661, 2002.

MCKEAGUE, J.A. An evaluation of pyrophosphate and pyrophosphate-dithionite in comparison with oxalate as extractant of the accumulation products in Podzol and some other soils. *Can. J. Soil Sci.*, 47:95-99, 1967

MCKEAGUE J A & DAY J H. Dithionite-and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. *Can. J. Soil Sci.* 46:13-22, 1966.

MCKEAGUE, J.A. & SCHUPPLI, P.A. Changes in concentration of iron and aluminum in pyrophosphate extracts of soils and comparison of sediment resulting from ultracentrifugation in relation of spodic horizon criteria. *Soil Science*, 134:265-270. 1982

SCHWERTMANN U. The differentiation of iron oxide in soils by photochemical extraction with ammonium oxalate. *Z. Pflanzetwrnahr. Dung. Bodenkunde* 105:194-201. 1964.

SCHWERTMANN U. Use of oxalate from Fe extraction from soils. *Can. J. Soil Sci.*, 53:244-246, 1973.

URRUTIA, M.; MACÍAS, F.; GARCÍA-RODEJA, E. Evaluación del  $\text{CuCl}_2$  y del  $\text{LaCl}_3$  como extractantes de aluminio en suelos ácidos de Galicia. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, Santiago de Compostela, v.5, p.173-182, 1995.

WADT, P.G.S. Manejo de solos ácidos do Estado do Acre. Rio Branco, EMBRAPA, Acre, 2002, 28p. (EMBRAPA-ACRE, Documentos, 79)

# FASES NÃO-CRISTALINAS ASSOCIADAS AOS SOLOS DA FORMAÇÃO SOLIMÕES NO ACRE

Marcelo Metri Corrêa<sup>(1)</sup>; José Coelho de Araújo Filho<sup>(2)</sup>;  
Paulo Klinger Tito Jacomine<sup>(3)</sup>

(1) Professor da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns, marcelometri@yahoo.com; (2) Pesquisador da Embrapa Solos UEP Nordeste, coelho@uep.cnps.embrapa.br; (3) Professor da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, pauloklinger@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

Procurando verificar a existência de Andossolos (Andisols no Soil Taxonomy) no território brasileiro, foi realizada viagem de estudos de solos no Acre, na década de 1970, para exame de diversas classes de solos na região de Sena Madureira. A partir das observações de campo e outras informações, foram selecionados perfis, com morfologia semelhante aos atuais Argissolos Vermelhos-Amarelos, para dar suporte ao projeto de Tese do Pesquisador José Raimundo Gama. O projeto foi desenvolvido em seguida com o objetivo central de verificar se as características dos solos poderiam indicar a presença de Andossolos no Acre. Os resultados mostraram que não se tratavam de Andossolos, entretanto os solos apresentavam apreciáveis quantidades de materiais “amorfo” que estão entre as características dos Andossolos.

Segundo o Soil Taxonomy, os Andisols são solos que apresentam propriedades ândicas, ou seja, com presença significativa de alofana, imogolita, ferrihidrita ou complexos Al-húmicos. Esses compostos desenvolvidos, comumente, a partir de material de origem rico em vidros vulcânicos, em conjunto, eram reconhecidos como “amorfo”, porém sendo entendido que continham o mineral alofana, conforme consta na edição de 1975 do Soil Taxonomy. Solos com morfologia similar aos caracterizados no projeto de José Raimundo Gama foram constatados na viagem de descrição e coleta de perfis para a IX RCC no Estado do Acre. Desta forma, pela necessidade de aprofundar as investigações no contexto dos referidos solos, foi consenso desenvolver esta pesquisa com o objetivo de avaliar a presença de frações não-cristalinas em horizontes selecionados nos solos que fazem parte do roteiro da IX RCC no Estado do Acre. Estes resultados serão importantes, não só para os estudos de gênese e morfologia de solos, mas também para as interpretações de uso e manejo agrosilvopastoril.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Solos Amostrados

Foram utilizadas amostras selecionadas a partir do horizonte subsuperficial (B) de quatro perfis de solos do roteiro da IXRCC (Tabela 1) para avaliar as propriedades ândicas. Para fins comparativos, utilizou-se uma amostra de referência considerada isenta de materiais com estas propriedades, proveniente de horizonte Bw de Latossolo Amarelo da região da Chapada do Araripe.

### Ferro, Alumínio e Silício Extraídos por DCB e Oxalato de Amônio

Os elementos ferro, alumínio e silício na fração TFSA foram determinados por espectroscopia de emissão de plasma (ICP-AES), após extrações seletivas por três métodos. As extrações com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB) (Mehra & Jackson, 1960), foram realizadas em três etapas sucessivas, com aquecimento de 15 minutos a 60°C e relação solo:extrator de 1:10. Os mesmos elementos foram extraídos por uma única extração

com oxalato de amônio pH 3,0 (no escuro), utilizando-se agitação de 4 horas e relação solo:extrator de 1:20. (McKeague & Day, 1966). Complementando as extrações seletivas, esses elementos também foram extraídos pelo método do pirofosfato de sódio (McKeague, 1978) considerado como mais seletivo para extração desses elementos associados à fração orgânica do solo.

### **Percentagem de Amorfos**

Após extração com oxalato de amônio, o resíduo de TFSA (sobrenadado) foi lavado duas vezes com álcool a 85%, seco em estufa à 105°C e pesados. Por diferença, determinou-se o percentual de amorfos. Considerou-se como massa inicial para o cálculo, o valor de TFSA corrigido por meio de fator de umidade em base de solo seco em estufa a 105°C.

### **Superfície Específica**

A superfície específica (SE) da TFSA foi determinada por meio do método de sorção de vapor de água (Quirk, 1955). Para tanto, foram utilizadas amostras de 1 g de TFSA, que permaneceram em dessecador com P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> até atingir peso constante (8 dias). Em seguida, essas amostras foram postas em outro dessecador com acetato de potássio, durante o mesmo intervalo de tempo. De acordo com o método, a superfície específica pode ser obtida pela diferença de peso entre estes dois tratamentos.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Fe, Si e Al Extraídos por DCB, Oxalato de Amônio e Pirofosfato de Sódio**

Os resultados de ferro, alumínio e silício extraídos por DCB, por oxalato de amônio e pirofosfato de sódio são apresentados na Tabela 1. Em geral, os solos apresentam baixos teores de ferro extraído por DCB (Fed), variando de 0,80 a 3,13 dag kg<sup>-1</sup>, sugerindo pobreza desse elemento no material de origem (sedimentos da Formação Solimões, para solos do Acre, e arenitos para o Latossolo Amarelo (LA) da Chapada do Araripe). Mesmo considerando o somatório de todas as extrações pelo DCB, são baixos os teores de óxidos de Fe nos solos estudados, sendo o maior valor observado para o perfil AC-P04 (PV), de 3,13 dag kg<sup>-1</sup>.

Os teores de ferro extraídos por oxalato de amônio (Feo) variaram entre 0,04 a 0,49 dag kg<sup>-1</sup> sendo o valor mais baixo encontrado na amostra de referência (Chapada do Araripe). Para os solos do Acre, os conteúdos variaram entre 0,19 a 0,49 dag kg<sup>-1</sup>, de modo que a relação Feo/Fed variou de 0,11 a 0,45. Tais valores indicam presença marcante de formas de ferro de baixa cristalinidade, conferidas pelo ambiente mais úmido em que se encontram os solos da região Amazônica. Para o Latossolo Amarelo da Chapada do Araripe, a relação muito baixa (0,05) sugere domínio de formas de ferro de melhor cristalinidade.

Foram verificados teores de alumínio extraído por DCB (Ald) entre 0,21 e 0,65 dag kg<sup>-1</sup>, superiores aos extraídos por oxalato (Alo). Comportamento inverso foi observado para o silício. Os valores de Ald e Alo foram semelhantes àqueles descritos por Johas et al. (1997) para solos do Acre. Nos solos estudados, os altos valores de Alo (0,36 a 0,66 dag kg<sup>-1</sup>) sugerem a ocorrência de formas de óxidos e hidróxidos de alumínio de baixa cristalinidade. Contudo, a ocorrência de alofana e imogolita não pode ser inferida em razão dos baixos valores da relação (Alo-Alp)/Sio, entre 0,36 e 1,32, e ausência de significância entre os valores de Sio e Alo. Comparativamente o conteúdo de Alo e Ald dos solos da IX RCC Acre foi, em média, 2,5 vezes superior ao Latossolo da Chapada do Araripe.

A correlação significativa ( $p < 0,05$ ) entre os valores de Ald e Fed deve-se, provavelmente, a presença marcante do alumínio na estrutura dos óxidos de ferro cristalinos dos solos estudados, sendo reflexo da condição pedoclimática reinante. Em geral, altos valores de substituição isomórfica (SI) sugerem ambiente de acentuada intemperização, não hidromór-

fico, e sob condição ácida (alta atividade de alumínio) (Fitzpatrick e Schuwertmann, 1982), coerente com as atuais condições ambientais da região de coleta dos solos.

Foi observada pouca diferenciação entre os teores de Sio para os solos estudados. Contudo, nítida diferenciação foi identificada para os valores de Sid. Comparativamente os teores de Sid dos solos da IX RCC foram cerca de cinco vezes maiores do que no Latossolo da Chapada do Araripe.

Nos solos estudados não foi detectado Fe extraído por pirofosfato de sódio (Fep). Para Al e Si (Alp e Sip) foram identificados baixos conteúdos, indicando pouca participação de complexos organo-metálicos no conteúdo total desses elementos nos horizontes subsuperficiais dos solos estudados.

Os percentuais de “amorfos” variaram entre 3,6 e 6,8 dag kg<sup>-1</sup> na TFSA nos solos da IX RCC, sendo, portanto, inferiores aos valores encontrados por Gama (1986). Os valores mais baixos (2,3 dag kg<sup>-1</sup>) foram constatados no solo de referência (Latosolo Amarelo) da região da Chapada do Araripe.

### **Identificação de Propriedades Ândicas**

De acordo com o Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2010), as propriedades ândicas podem ser conferidas pelo intemperismo de materiais de origem que apresentam quantidades significativas de vidro vulcânico. Tais propriedades representam uma etapa de transição, em que o intemperismo e a transformação de aluminossilicatos primários no solo (por exemplo, vidro vulcânico) formam quantidades significativas de matérias de “vida curta”, tais como alofanos, imogolitas, ferridrita e complexos organo-metálicos. Os critérios utilizados para sua identificação incluem determinações analíticas por meio do oxalato de amônio pH 3,0, retenção de fosfatos e percentagem de vidro vulcânicos na fração areia, além de determinações físicas como a densidade do solo.

No solos estudados, não foram identificados teores de Alo e Sio que possibilitassem sugerir a presença dos referidos aluminossilicatos amorfos. Os valores das relações (Alo-Alp)/Sio mostraram-se bem abaixo dos valores exigidos para essa inferência (menores que 2,0).

Pela relação  $Alo + \frac{1}{2}Feo$ , utilizada como critério na avaliação de propriedades ândicas, tem-se as seguintes condições a se observar. O material para ter propriedades ândicas (Soil Survey Staff, 2010) deve ter menos de 25% de carbono orgânico (CO) e atender uma das condições a seguir: (a) densidade de 0,90 g cm<sup>-3</sup> ou menor; retenção de fosfatos de 85% ou maior; e  $(Alo + \frac{1}{2}Feo) > 2\%$ ; ou (b) silte + areia soma mais de 30% na TFSA; retenção de fosfatos de 25% ou maior;  $(Alo + \frac{1}{2}Feo) > 0,4\%$ ; conteúdo de vidro vulcânico mínimo de 5%. Conforme conteúdo de argila dos solos estudados, eles devem ser observados pela condição (a). Porém, sendo os valores  $(Alo + \frac{1}{2}Feo)$  menores que 2% (Tabela 1), esses solos não apresentariam propriedades ândicas por esse critério.

### **CONCLUSÕES**

Os valores da relação Feo/Fed sugerem presença marcante de formas de óxidos de ferro de baixa cristalinidade;

Os valores de Si, Al e Fe extraídos por pirofosfatos, oxalato e DCB, além das relações calculadas de  $(Alo-Alp)/Sio$  e  $Alo + \frac{1}{2}Feo$ , são indicativos que os solos da região do Acre não apresentam propriedades ândicas.

### **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos aos discentes do curso de Agronomia da UAG, Danilo de Lima Camêlo e Karlos Henrique V. Santos, pelo auxílio na realização das análises.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FITZPATRICK, R.W.; SCHUWERTMANN, U. Al-substituted goethite – an indicator of pedogenic and other weathering environments in South Africa. *Geoderma*, v. 27: 335-347. 1982.
- GAMA, J.R.N.F. Caracterização e formação de solos com argila de atividade alta do Estado do Acre. Itaguaí, RJ: UFRRJ, 1986, 150p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1986.
- JOHAS, R.A.L.; CLAESSEN, M.E.C.; DURIEZ, M.A.M. Amorfos, identificação por diferentes metodologias em alguns solos do Acre. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS. 1997, 17p. (Boletim de Pesquisa, 3).
- MCKEAGUE, J.A. Manual on soil sampling and methods of analysis. 2th ed. Canadian Society of Soil Science, 212p. 1978
- MCKEAGUE, J.A.; DAY, J.H. Dithionite and oxalate – extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. *Can. J. Soil. Sci.* v. 56: 13-22p., 1966.
- MEHRA, J.P.; JACKSON, M.L. Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with bicarbonate sodium. *Clay Clay Miner.* v. 7: 317-327p., 1960.
- PARFITT, R.L.; KIMBLE, J.M. Conditions for formation of allophane in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v. 53: 971-977, 1989.
- Soil Survey Staff. Keys to Soil Taxonomy, 11th ed. USDA -Natural Resources Conservation Service, Washington, DC. 338p. 2010
- QUIRK, J.P. Significance of surface areas calculated from water vapor sorption isotherms by use of the B.E.T. equation. *Soil Sci.*, v. 80: 423-430, 1955.

**Tabela 1.** Teores de Fe, Si e Al extraídos por pirofosfato de sódio, ditionito-citrato-bicarbonato (DCB) e por oxalato de amônio pH 3,0, substituição isomórfica de ferro por alumínio, percentagem de amorfos e superfície específica dos solos estudados.

Perfil (Solo)	Hor.	Prof.	Oxalato de amônio										DCB <sup>1/</sup>		$\frac{Al_0-Al_2}{Si_0}$	Amorfos	S.E. <sup>3/</sup>
			Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>d</sub>	Al <sub>0</sub> +1/2Fe <sub>0</sub>	Si <sub>0</sub>			
AC-P04	BC <sub>1</sub>	64-109	0,00	0,01	0,07	0,34	1,14	0,43	3,13	0,13	0,64	0,11	1,32	0,38	3,88	49	
AC-P05	Bt <sub>2</sub>	67-87	0,00	0,08	0,14	0,38	1,11	0,54	0,88	0,11	0,49	0,43	0,59	0,45	6,84	82	
AC-P06	Bt <sub>1</sub>	38-59	0,00	0,03	0,06	0,49	0,63	0,37	1,09	0,09	0,45	0,45	0,58	0,60	3,57	47	
AC-P06	Bt	100-138	0,00	0,05	0,15	0,32	0,63	0,66	1,70	0,13	0,65	0,19	0,94	1,02	6,64	82	
AC-P08	Bt <sub>2</sub>	60-81	0,00	0,07	0,12	0,19	0,61	0,45	0,67	0,10	0,28	0,29	0,47	0,73	5,00	100	
AC-P09	Bt <sub>2</sub>	60-102	0,00	0,10	0,07	0,24	0,63	0,36	1,58	0,12	0,25	0,15	0,74	0,63	6,30	73	
Refer. LA	Bw	150-200	0,00	n.d.	n.d.	0,04	0,59	0,15	0,80	0,02	0,21	0,05	0,36	n.d.	2,26	12	

1/ Ditionito-citrato-bicarbonato.

2/ relação molar Al/Si calculado pela equação  $[(Al_0-Al_1)/Si_0] \times 1,037$  (Parfitt e Kimble, 1989), dados iniciais em ppm.

3/ Superfície específica em m<sup>2</sup> por grama de TFSA.

n.d. = não determinado.

Ref. LA = solo de referência, Latossolo Amarelo, Chapada do Araripe

## GRANULOMETRIA DOS SOLOS DA IX RCC DO ACRE

**João Herbert Moreira Viana<sup>(1)</sup> ; Guilherme Kangussu Donagemma<sup>(2)</sup> ; Marcos Bacis Ceddia<sup>(3)</sup> ; Bruno Unterline<sup>(4)</sup> ; Hosana Maria Andrade<sup>(5)</sup>**

(1) Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, jherbert@cnpmc.embrapa.br; (2) Pesquisador, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ, donagemmaster@gmail.com; (3) Professor Associado, UFRRJ, Seropédica, RJ, ceddia@ufrj.br; (4) Graduando em Agronomia, UFRRJ, Seropédica, RJ; (5) Técnica, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

### INTRODUÇÃO

A análise granulométrica constitui-se em uma das análises básicas para a caracterização de um solo, tanto para fins taxonômicos como para avaliação de sua capacidade de uso e de seu manejo (Klute, 1986). Apesar disso, problemas metodológicos têm sido levantados, em função de o método tradicional ter sido originalmente desenvolvido para países com solos de características e ambientes de formação bastante diversos do Brasil (Donagemma, 2003). Entre eles, problemas de dispersão em Latossolos, especialmente os mais oxídicos, cujos procedimentos analíticos encontram-se atualmente em fase de revisão.

A análise granulométrica compreende as seguintes etapas: pré-tratamentos, dispersão, separação e quantificação. A dispersão é a etapa mais crítica da análise granulométrica. A mesma tem que ser eficiente para desagregar e manter separadas as partículas do solo ao longo de toda análise. Nesse sentido, associa-se a dispersão física (agitação rápida ou lenta) com a dispersão química, utilizando dispersantes químicos.

Em geral, os solos tropicais mais intemperizados, pobres em nutrientes e ácidos (pH < 5,5) apresentam na mineralogia da fração argila, predomínio de minerais de carga variável dependente de pH, tais como óxidos de ferro e de alumínio e caulinita, além de substâncias húmicas. Portanto, é necessário elevar o pH da solução acima do ponto de carga zero (PCZ) do solo, para que se formem cargas negativas, favorecendo a dispersão. Além disso, devem-se substituir, no complexo de troca, cátions mais flocculantes ( $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ) por um cátion dispersante, como o sódio. Este elemento possui maior raio iônico hidratado, o que favorece a expansão da dupla camada difusa e, assim, a dispersão da fração argila.

O dispersante mais indicado para a análise granulométrica de solos no Brasil tem sido o hidróxido de sódio. Porém, em solos tropicais brasileiros que apresentam pH mais elevado (pH > 6,0), podem ocorrer altos teores de cátions flocculantes como cálcio e magnésio, e o predomínio de minerais 2:1 de carga permanente na fração argila, como as esmectitas. Neste caso, o dispersante mais indicado deveria ser o hexametáfosfato de sódio. Observa-se então, que o dispersante químico a ser usado depende do solo, ao contrário do estabelecimento de um único dispersante para ser utilizado na rotina dos laboratórios de física do solo no país. No caso dos solos amazônicos, novos desafios se apresentam, na medida em que solos com características peculiares são descritos, os quais necessitam novos testes e validação dos métodos. Nesse sentido, ressalta-se que são escassos os estudos de dispersão para indicar o dispersante mais adequado, particularmente para os solos do Acre.

No Estado do Acre, a influência de materiais de origem derivados de sedimentos andinos, potencialmente mais ricos e complexos que os materiais mais intemperizados do Brasil central, exige uma abordagem mais cautelosa do uso do método padrão, a análise criteriosa dos resultados e a verificação da eventual necessidade de adaptações e/ou ajustes no método de análise granulométrica.

Nesse estudo foi utilizada a análise granulométrica convencional, com adaptações propostas para a padronização do método (dispersão por agitação lenta e pipetagem de silte + argila).

Foram também testadas outras soluções e avaliada a eficiência destas na dispersão dos solos da IX RCC, no Estado do Acre.

O estudo foi dividido em duas partes para facilitar a compreensão.

## **PARTE 1 – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA CONVENCIONAL**

### **MATERIAL E MÉTODOS**

A análise granulométrica foi efetuada conforme os procedimentos descritos em detalhe a seguir, com base no método original (Vettori, 1969; Embrapa, 1997) e com modificações sugeridas e em fase de aprovação na revisão do método (Ruiz, 2005).

As amostras da terra fina seca ao ar, coletadas quando da descrição e preparação dos perfis para a IX RCC, foram separadas em duas frações, uma para a análise propriamente dita e outra para determinação da umidade e correção do valor da massa inicial pelo fator F (conforme descrição na Tabela 1). Foram usados 10 gramas de TFSA para a determinação da umidade em estufa a 105°C, por 24 horas e 25 gramas da TFSA para a análise granulométrica. Essas amostras, pesadas em balança analítica, foram colocadas em garrafas de vidro, sendo a seguir adicionado o dispersante NaOH 1 M, e 100 ml de água deionizada. As garrafas foram colocadas para agitar em agitador do tipo Wagner, de agitação lenta (50 rpm), por 16 horas. Em seguida foi separada a fração areia em peneira de 0,053 mm, através de lavagem com água. Toda a suspensão foi colocada em cilindro de sedimentação e o volume completado para um (01) litro. Para a coleta do silte + argila foi efetuada a agitação constante da suspensão por meio de agitador magnético com a barra imantada mergulhada no cilindro. Após homogeneização da suspensão, foi coletada por meio de pipeta (10 ml) uma alíquota para silte + argila, que então foi levada para secar em estufa. A seguir, a suspensão foi deixada em repouso pelo tempo calculado conforme a Lei de Stokes, ajustada para a temperatura do laboratório. Foi então coletada alíquota da suspensão para quantificar argila, tomada com pipeta a 5 cm de profundidade do topo do líquido no cilindro de sedimentação, sendo esta levada para secar em estufa. As amostras secas foram pesadas em balança analítica e os resultados calculados por meio de planilha eletrônica.

Os resultados foram ajustados para 100% pela divisão do valor obtido pela soma das frações, com a redistribuição proporcional dos valores. Não foram feitas repetições em função da pequena quantidade de material de solos, exceto para duas amostras que foram analisadas em triplicata para se avaliar a variância dos resultados. Foram medidos também o pH em água (relação 1:2,5) e a densidade de partícula pelo método do picnômetro.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os perfis apresentam uma grande variabilidade na granulometria, chamando a atenção os elevados teores de silte de alguns perfis, como o AC – P07 ou o AC – P08. Os resultados são apresentados nas Figuras 1 a 5 em função da profundidade dos horizontes nos perfis.

As transições de horizontes descritas no campo ficam evidentes também nestas figuras, como a transição E2/Bh no perfil AC – P01, a transição BA/Bt1 no AC – P05, a transição Bt1/Bt2 no AC – P04 ou a transição BA/Bt no AC – P11. É clara a uniformidade do padrão latossólico (Bw) do perfil AC – P02, assim como a transição mais suave no Argissolo AC – P06. Os contatos com o material de origem dos solos no horizonte C se destacam nos perfis AC – P07, AC – P08 e AC – P10.

Já o elevado teor de silte no perfil AC – P07 pode ser devido a ineficiência da dispersão pela solução de NaOH, usada nessa etapa, o que se coaduna com os resultados obtidos no teste de dispersantes na parte 2 desse trabalho, e pode ter ocorrido também nos demais perfis. Ou

ainda pode haver descontinuidade entre os horizontes nos perfis ou do próprio material de origem, a ser confirmada pelos dados de geoquímica. As triplicatas de duas amostras (Tabela 2) apresentaram baixo desvio padrão entre subamostras, indicando incerteza reduzida, apesar do teor geral elevado do silte indicar a necessidade de ajuste do método para esses solos, conforme visto nos testes de soluções dispersantes (Parte 2).

Os resultados obtidos para a densidade de partículas indicam tendência geral de valores menores que o valor tomado como densidade de referência na Lei de Stokes, de 2,65 Mg m<sup>-3</sup> (Figura 6). Este resultado pode ser devido à influência da matéria orgânica ou a agregados e concreções com porosidade oclusa ou ainda menor densidade das partículas minerais que formam o solo. Apenas os perfis AC – P01, AC – P02, AC – P04 e AC – P05 tiveram comportamento próximo dos perfis de solos comumente observados em outras regiões do Brasil.

## CONCLUSÕES

Os resultados das análises granulométricas estão coerentes com as descrições morfológicas dos perfis. Os resultados elevados de silte afirmam a peculiaridade dos solos da IX RCC Acre, comparados aos de outras regiões do Brasil, além de indicarem a necessidade de validação e adequação do método de análise granulométrica para esta condição específica.

**Tabela 1.** Identificação das amostras da IX RCC, no Estado do Acre

Número de Registro	Identificação	Número de Registro	Identificação
138615	Perfil AC - P01 – Ap	138646	Perfil AC - P08 – Ap
138616	Perfil AC - P01 - E1	138647	Perfil AC - P08 – AB
138617	Perfil AC - P01 - E2	138648	Perfil AC - P08 - Bt1
138618	Perfil AC - P01 – Bh	138649	Perfil AC - P08 - Bt2
138619	Perfil AC - P01 – Bhxs	138650	Perfil AC - P08 – BC
138620	Perfil AC - P02 – Ap	138651	Perfil AC - P08 - C1
138621	Perfil AC - P02 – AB	138652	Perfil AC - P09 – Ap
138622	Perfil AC - P02 – BA	138653	Perfil AC - P09 – BA
138623	Perfil AC - P02 - Bw1	138654	Perfil AC - P09 - Bt1
138624	Perfil AC - P02 - Bw2	138655	Perfil AC - P09 - Bt2
138625	Perfil AC - P02 - Bw3	13656	Perfil AC - P09 - Bt3
138626	Perfil AC - P05 - A1	138657	Perfil AC - P09 – BC
138627	Perfil AC - P05 - A2	138658	Perfil AC - P10 – Ap
138628	Perfil AC - P05 – BA	138659	Perfil AC - P10 - AB
138629	Perfil AC - P05 - Bt1	138660	Perfil AC - P10 - Bt1
138630	Perfil AC - P05 - Bt2	138661	Perfil AC - P10 - Bt2
138631	Perfil AC - P05 – BC	138662	Perfil AC - P10 – BC
138632	Perfil AC - P05 – C	138663	Perfil AC - P10 – CB
138633	Perfil AC - P06 – Ap	138664	Perfil AC - P10 – C
138634	Perfil AC - P06 – BA	138665	Perfil AC - P11 – Ap
138635	Perfil AC - P06 - B1	138666	Perfil AC - P11 – BA
138636	Perfil AC - P06 - Bt1	138667	Perfil AC - P11 – Bt
138637	Perfil AC - P06 - Bt2	138668	Perfil AC - P11 – Bv
138638	Perfil AC - P06 - Bt3	138669	Perfil AC - P11 – BCv
138639	Perfil AC - P06 – BC	138670	Perfil AC - P04 – Ap
138640	Perfil AC - P07 – A	138671	Perfil AC - P04 – BA
138641	Perfil AC - P07 – AB	138672	Perfil AC - P04 - Bt1
138642	Perfil AC - P07 – Bi	138673	Perfil AC - P04 - Bt2
138643	Perfil AC - P07 - BC1	138674	Perfil AC - P04 - BC1
138644	Perfil AC - P07 - BC2	138675	Perfil AC - P04 - BC2
138645	Perfil AC - P07 – C		

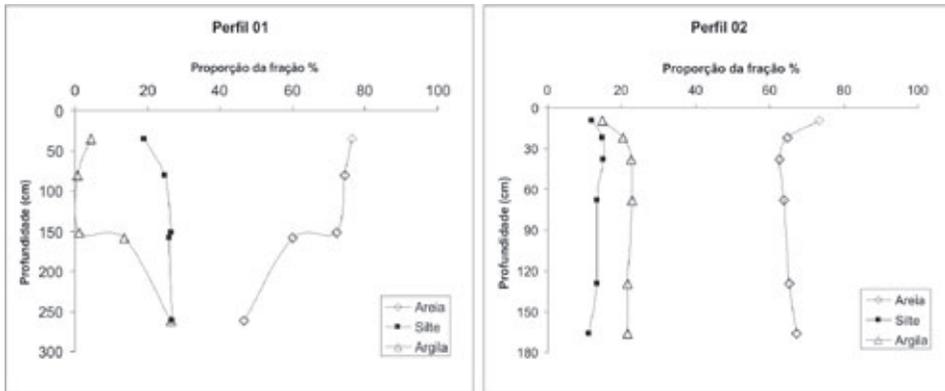


Figura 1. Distribuição granulométrica nos perfis AC – P01 e AC – P02.

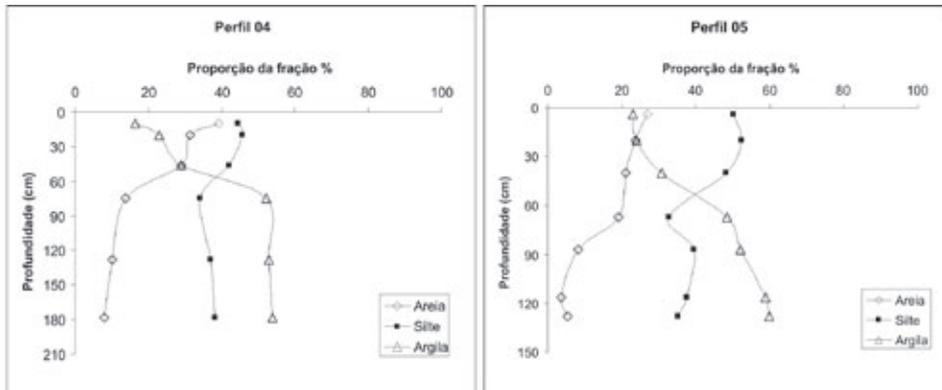


Figura 2. Distribuição granulométrica nos perfis AC – P04 e AC – P05.

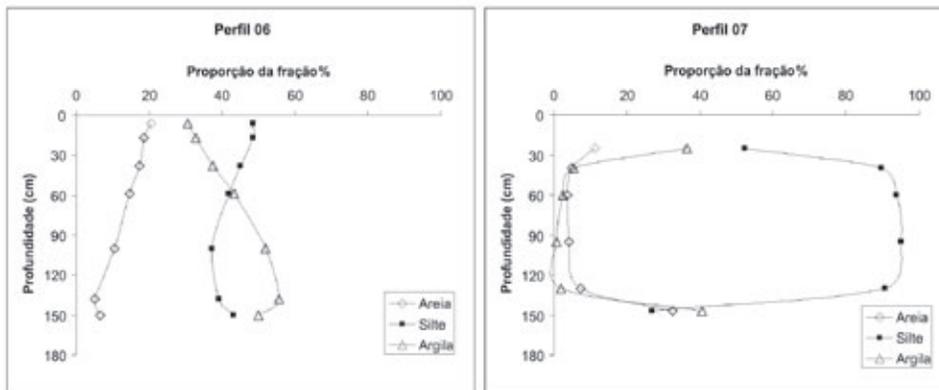


Figura 3. Distribuição granulométrica nos perfis AC – P06 e AC – P07.

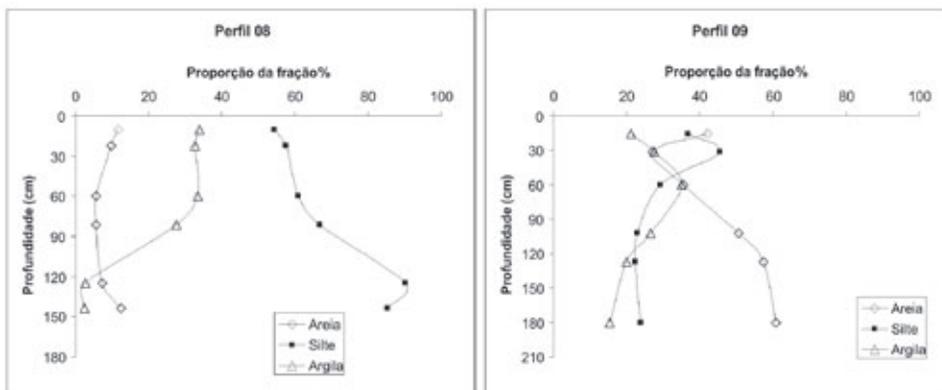


Figura 4. Distribuição granulométrica nos perfis AC – P08 e AC – P09.

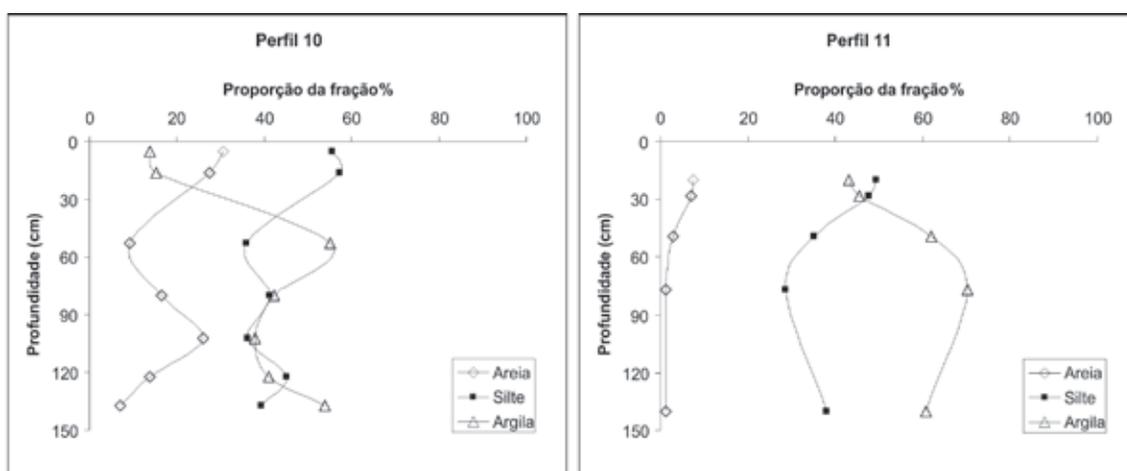


Figura 5. Distribuição granulométrica nos perfis AC – P10 e AC – P11.

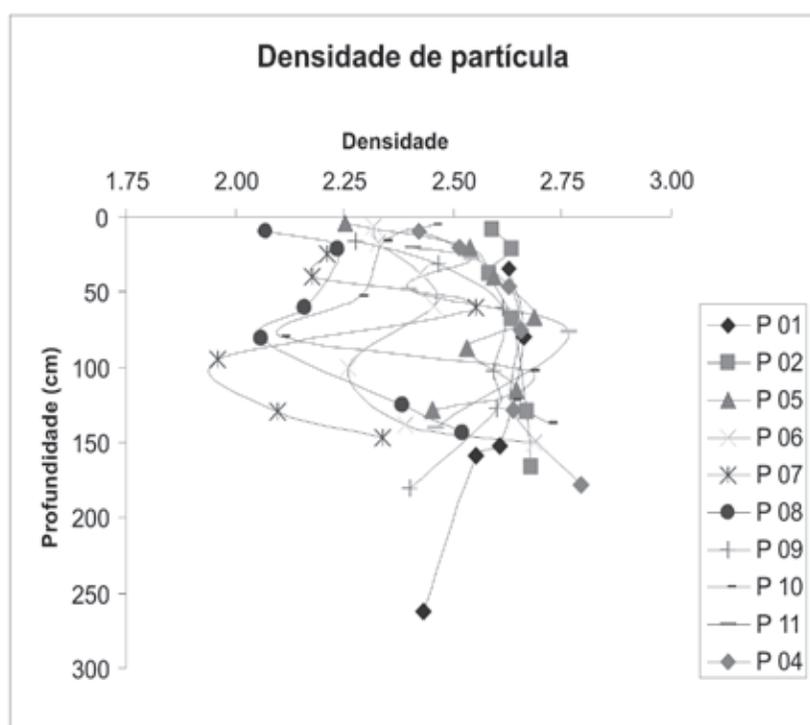


Figura 6. Distribuição da densidade de partícula (Mg m<sup>-3</sup>) nos perfis da IX RCC, Acre.

Tabela 2. Resultados de granulometria de amostras avaliadas em triplicata.

	Perfil AC - P05 - A2			Perfil AC - P06 - BA		
	Areia	Silte	Argila	Areia	Silte	Argila
R1	26,6	50,5	23,0	19,2	50,5	30,3
R2	24,8	53,2	22,0	18,6	51,5	29,9
R3	25,7	52,3	22,0	19,1	50,5	30,4
-	<b>25,7</b>	<b>52,0</b>	<b>22,3</b>	<b>19,0</b>	<b>50,8</b>	<b>30,2</b>
Desvio Padrão	<b>0,9</b>	<b>1,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,3</b>	<b>0,6</b>	<b>0,3</b>

## **PARTE 2 – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA COM DISPERSANTES ALTERNATIVOS: DISPERSÃO DOS SOLOS DO ACRE INFLUENCIADA PELO TIPO DE DISPERSANTE**

### **MATERIAL E MÉTODOS**

Foi realizado teste de dispersão com 11 perfis de solos da IX RCC, no Estado do Acre, selecionando-se o horizonte A e um dos horizontes diagnósticos subsuperficiais de cada perfil. Com estes materiais foi realizado experimento de dispersão em laboratório, com duas repetições, sendo assim o delineamento constituído de: onze perfis de solo, dois horizontes (A e horizonte subsuperficial) e três dispersantes químicos (hidróxido de sódio, hexametáfosfato de sódio, hexametáfosfato + hidróxido de sódio), mantendo-se a concentração dos dispersantes conforme Embrapa (1997).

A análise granulométrica foi feita da seguinte forma: 10 gramas de TFSA de cada amostra foram colocadas em frascos de vidro, onde se adicionou 50 ml da solução dispersante, conforme os tratamentos. Para o hidróxido de sódio, o hexametáfosfato de sódio e a mistura das duas soluções foram seguidos o procedimento de Camargo et al. (2009). O volume então foi completado com 150 ml de água destilada e a amostra foi colocada em agitador recíprocante, para agitação lenta por 16 horas, a 120 rpm. Após o término do tempo de dispersão, as amostras foram passadas em peneira de 0,053 mm, para separar a areia, que foi coletada e levada a secar em estufa a 105°C. As frações silte e argila foram coletadas em provetas de 500 ml. O volume foi completado até a marca, a suspensão foi homogeneizada e imediatamente após foi pipetada alíquota para determinar o silte + argila (Ruiz, 2005). A suspensão então foi deixada em descanso, por tempo calculado segundo a Lei de Stokes, e, após o tempo de sedimentação, pipetou-se outra alíquota para determinar a fração argila. As amostras das frações silte + argila e argila foram levadas para secar em estufa a 105°C, após o que foram pesadas as amostras secas em balança analítica e feitos os cálculos conforme Ruiz (2005).

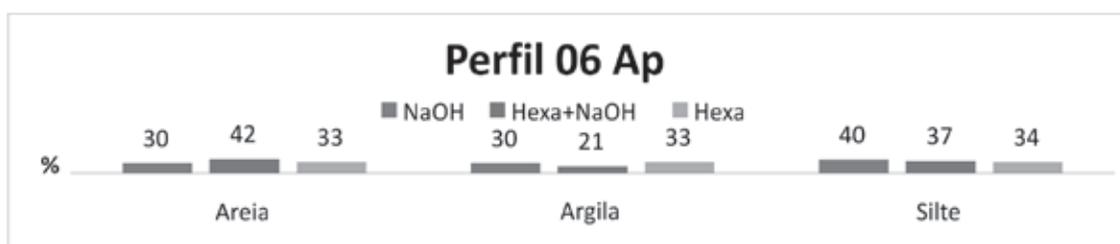
### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste trabalho é apresentado o valor médio das frações granulométricas e discutido o comportamento geral de todos os perfis frente aos tratamentos, porém, será apresentado apenas o resultado de três solos, cuja caracterização química encontra-se na Tabela 3.

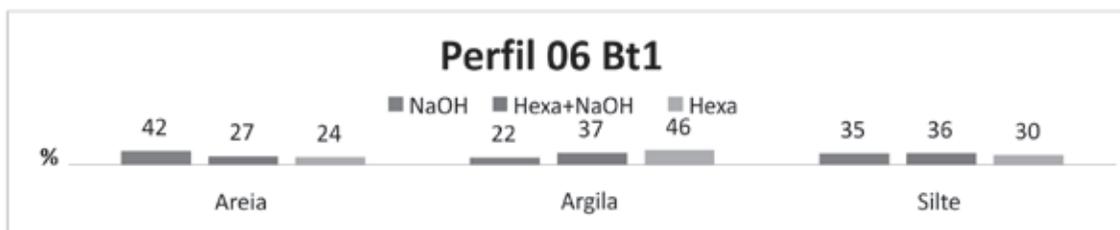
De modo geral que, para os perfis da IX RCC, particularmente aqueles que têm argila de atividade alta, pH elevado (acima de 6,00) e elevados teores de cálcio e magnésio trocáveis, o dispersante mais eficiente foi o hexametáfosfato de sódio, que resultou em maiores teores de argila (Figuras 7, 8, 9, 10, 11 e 12). A mistura hexametáfosfato de sódio + hidróxido de sódio não foi tão eficiente, não se recomendando seu uso. Esse resultado pode estar relacionado ao fato que esses solos, como já têm pH elevado, e com isso já apresentam elevada proporção de cargas negativas, não requerem elevação adicional do pH. Além disso, devido às concentrações elevadas de cálcio e magnésio, este deve ser complexado pelo fosfato proveniente do hexametáfosfato para facilitar a dispersão.

**Tabela 3.** Caracterização química dos perfis de solo da IX RCC, no Estado do Acre.

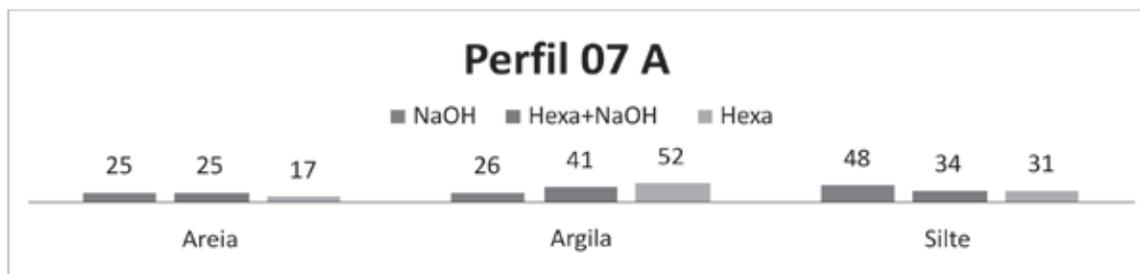
Horizonte	pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	V %
Argissolo Vermelho Alftico - AC - P06						
Ap	5,1	1,7	2,1	0,42	2,4	34
Bt1	5,1	3,7	1,4	0,06	6,7	18
Cambissolo Háplico / Vertissolo Háplico - AC - P07						
A	6,8	33,8	4,1	0,11	0,0	96
Bi	7,0	37,3	6,2	0,09	0,0	100
Vertissolo Háplico / Luvisolo Cromico - AC - P11						
A	5,4	19,0	5,1	0,16	0,5	82
Bt	4,9	14,1	5,2	0,14	8,2	59



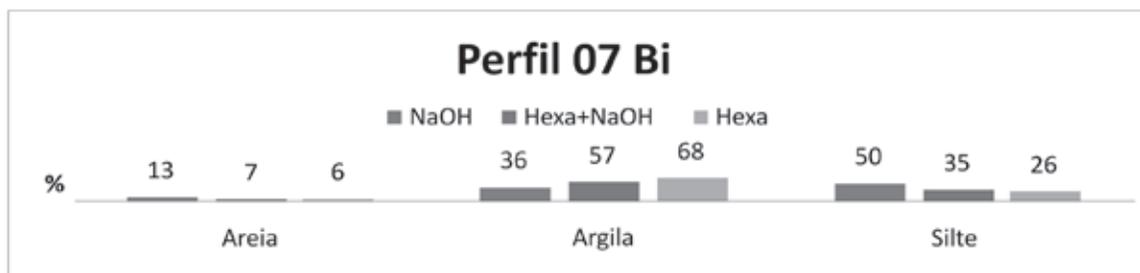
**Figura 7.** Proporções de Areia, Silte e Argila de Horizonte Ap (AC – P06) influenciadas por diferentes dispersantes químicos.



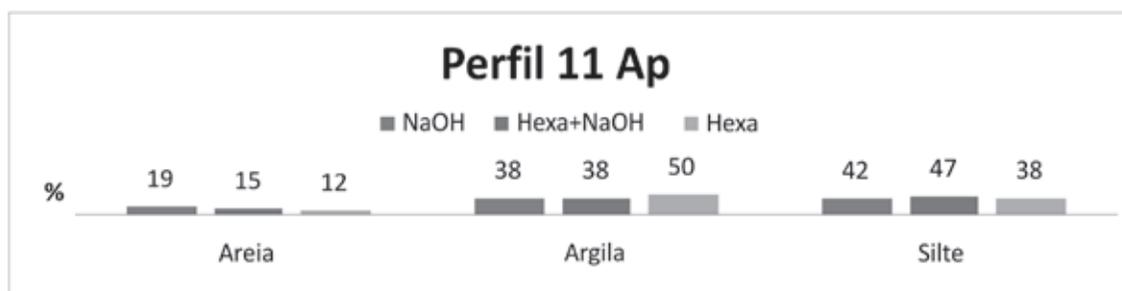
**Figura 8.** Proporções de Areia, Silte e Argila de Horizonte Bt1 (AC – P06) influenciadas por diferentes dispersantes químicos.



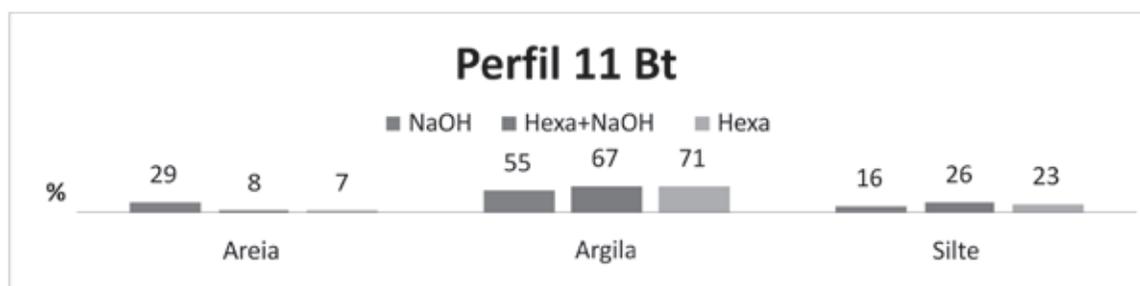
**Figura 9.** Proporções de Areia, Silte e Argila de Horizonte A (AC – P07) influenciadas por diferentes dispersantes químicos.



**Figura 10.** Proporções de Areia, Silte e Argila de Horizonte Bi (AC – P07) influenciadas por diferentes dispersantes químicos.



**Figura 11.** Proporções de Areia, Silte e Argila de Horizonte Ap (AC – P11) influenciadas por diferentes dispersantes químicos.



**Figura 12.** Proporções de Areia, Silte e Argila de Horizonte Bt (AC – P11) influenciadas por diferentes dispersantes químicos.

Por outro lado, o hidróxido de sódio, em geral, conduziu a valores menores da fração argila e maiores das frações silte e areia nos solos com argila de atividade alta. Neste caso, como os solos apresentam predomínio de minerais de carga permanente na fração argila, não é necessário aumentar o valor de pH, com a solução de NaOH, para obter mais cargas negativas e, assim, favorecer a dispersão. Além disso, como estes solos têm concentrações elevadas de cálcio e magnésio, ao se adicionar sódio em concentração maior que a do hexametáfosfato, os cátions competem pela água de hidratação e pode haver a compressão da dupla camada difusa, reduzindo a estabilidade da dispersão. Portanto, a baixa eficiência do tratamento com a mistura de dispersantes pode estar também relacionada a este fenômeno.

## CONCLUSÕES

### Conclui-se preliminarmente que:

As proporções das frações argila, silte e areia dos solos da IX RCC foram influenciadas pelo tipo de dispersante químico, seguindo a ordem de eficiência de dispersão: hexametáfosfato > hexametáfosfato + hidróxido de sódio > hidróxido de sódio.

Para os solos da IX RCC, particularmente os que apresentam argila de atividade alta na fração argila, pH elevado (>6,00) e elevados teores de cálcio e magnésio trocáveis, o dispersante mais indicado é o hexametáfosfato de sódio.

Para os solos da IX RCC que apresentam argila de atividade alta, pH menor que 5,5, cálcio, magnésio e alumínio trocáveis elevados, a mistura hidróxido de sódio + hexametáfosfato de sódio pode ser usada na dispersão.

Este estudo deve ser aprofundado com maior número de repetições e associando os resultados da análise granulométrica aos das análises químicas e mineralógicas desses solos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, Instituto Agrônomo, 2009. 77 p. (Boletim técnico, 106, Edição revista e atualizada)
- DONAGEMMA, G.K.; RUIZ, H.A.; FONTES, M.P.F.; KER, J.C.; SCHAEFER, C.E.G.R. Dispersão de Latossolos em resposta a pré-tratamentos na análise textural. R. Bras. Ci. Solo, v. 27, n.1, p. 762-765, 2003.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2ª ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- KLUTE, A. Methods of soil analysis. Part 1 – Physical and mineralogical methods. 2nd ed. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, 1986. 1188 p.
- RUIZ, H.A. Incremento da exatidão na análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão silte + argila. R. Bras. Ci. Solo, v. 29, n.1, p. 297-300, 2005.
- VETTORI, L. Métodos de análise do solo. Rio de Janeiro, EPFS, 1969. 34p. (Boletim Técnico, 7).

## FRACIONAMENTO QUÍMICO DA MATÉRIA ORGÂNICA DE SOLOS DA FORMAÇÃO SOLIMÕES, ACRE, SUDOESTE DA AMAZÔNIA

Falberni de Souza Costa<sup>(1)</sup>; Lucielio Manoel da Silva<sup>(2)</sup>; Dayanne Cristyne de Souza Moura<sup>(3)</sup>; Ana Áurea Almeida de Melo<sup>(4)</sup>; Gleiciane A.D. Vincula Almeida<sup>(4)</sup>

(1) Pesquisador da Embrapa Acre, falberni@cpafac.embrapa.br; (2) Analista da Embrapa Acre, lucielio@cpafac.embrapa.br; (3) Bolsista DTI/CNPq, projeto 575508/2008-6, dayflorestal@yahoo.com.br; (4) Estagiária da Embrapa Acre. Graduanda em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Acre (UFAC) aurea\_aninha\_ok@hotmail.com; (5) Estagiária da Embrapa Acre. Graduanda Ciências Biológicas, União Educacional do Norte, gleicianead@r7.com

## INTRODUÇÃO

A matéria orgânica do solo (MOS) e o carbono orgânico (CO), um de seus principais componentes, estão em evidência há décadas, tanto do ponto de vista agropecuário quanto em sentido mais ambiental-ecológico, envolvendo inclusive a participação de carbono na forma de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na composição da atmosfera terrestre e seus efeitos de transferência e armazenamento de energia na biosfera. Especial atenção é dada quando se trata da relação da rápida alteração da qualidade do solo pelo uso antrópico com a produção de alimentos em escala global, visto que a MOS e o CO são indicadores da qualidade do solo consolidados para avaliação e monitoramento. Aumentar o conhecimento e entendimento do papel do C-MOS nos solos tropicais é crítico para o manejo dos mesmos em condições de temperaturas acima de 25o C e precipitações pluviométricas elevadas (> 2.000 mm ano<sup>-1</sup>) e bem distribuídas ao longo do ano.

As substâncias húmicas (SH), frações húmicas ou frações orgânicas podem ser obtidas mediante fracionamento físico ou químico da MOS e determinação do teor de CO em cada fração. No método químico, a solubilidade diferencial (Swift, 1996) é a técnica mais utilizada.

As frações obtidas, com denominação baseada no teor de CO em cada fração, são: fração ácidos fúlvicos (C-FAF), fração ácidos húmicos (C-FAH), e humina (C-HUM). O somatório das frações 1 e 2 é denominado como extrato alcalino (C-EA). São obtidas ainda as relações: C-FAH / C-FAF, que indica a mobilidade ou potencial de perda de C do solo, e C-EA / C-HUM, que indica o potencial de iluviação de MOS.

A influência da construção da BR 364 no trecho Rio Branco – Cruzeiro do Sul e do uso posterior de solos neste trecho sobre as alterações e a distribuição das substâncias húmicas na MOS não está devidamente esclarecida, em termos de quantidade e qualidade. O objetivo deste trabalho foi investigar a distribuição das substâncias húmicas nas diferentes frações da MOS e suas relações nas amostras coletadas para a IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos (IX RCC), realizada no Acre.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Em viagem prospectiva realizada em outubro de 2009, no trecho entre Rio Branco e Cruzeiro do Sul foram selecionados onze perfis de solos para a realização da IX RCC. A partir da descrição a campo foram pré-definidas as possíveis classes de solos para amostragem e análises. Desta forma, as correspondências perfil-provável classe de solo foram: AC P01, Espodossolo; AC-P02, Latossolo; AC-P04, Argissolo; AC P05, Argissolo; AC-P06, Argissolo; AC-P07, Cambissolo; AC P08, Luvisso/Cambissolo; AC P09, Argissolo; AC 10, Argissolo; AC-P11, Vertissolo e AC-P13, Plintossolo.

Amostras de solo foram coletadas em outubro de 2009, em cada horizonte dos perfis sem repetição, e enviadas para o laboratório de solos da Embrapa Acre, onde foram secas à sombra, tamisadas (2 mm) e analisadas quanto aos teores de carbono total (por combustão úmida), segundo método em Embrapa (1997). A extração e o fracionamento quantitativo das substâncias húmicas do solo, conforme Benites et al. (2003), foram realizadas apenas nos horizontes superficiais (A, Ap, A1 A2, AB e BA, este quando próximo a superfície), onde a influência da mudança no uso do solo sobre a MOS pode ser mais evidentes.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As frações da MOS dominantes em ambos os horizontes para os perfis de AC-P04 a AC-P11 e AC-P13 foram a humina e os ácidos fúlvicos, com percentuais de carbono variando de 5 a 45 g kg<sup>-1</sup>, no horizonte A, e de 5 a 38 g kg<sup>-1</sup>, na transição deste para o horizonte B. O C-HUM variou de 29 a 354 g kg<sup>-1</sup>, no horizonte A, e de 34 a 89 g kg<sup>-1</sup>, na transição deste para o horizonte B. Na mesma lógica de variação, o carbono nos ácidos húmicos variou de 0,02 a 3,91 g kg<sup>-1</sup>, no horizonte A, e de 0,07 a 4,63 g kg<sup>-1</sup>, na transição deste para o horizonte B (Tabela 1).

**Tabela 1** - Valores de carbono nas frações das substâncias húmicas (SH), carbono total, teores relativos das SH em relação ao carbono total, e as relações entre frações, agrupados por perfil de solo e horizonte.

Perfil	Horizonte	C total	C-FAF	C-FAH	C-HUM	C-FAF	C-FAH	C-HUM	C-AH/ C-AF	EA/C-HUM
g kg <sup>-1</sup>										
01	Ap	35	5	1,33	29	14	3,8	83	0,27	0,21
02	Ap	68	15	3,91	50	22	5,7	73	0,26	0,37
04	Ap	110	17	1,04	92	16	0,9	83	0,06	0,20
05	A1	370	15	0,99	354	4	0,3	96	0,07	0,04
06	Ap	185	45	1,12	138	25	0,6	75	0,02	0,34
07	Ap	149	11	0,05	138	8	0,03	92	0,004	0,08
08	Ap	173	26	0,75	147	15	0,4	85	0,03	0,18
09	Ap	80	15	0,76	64	19	0,9	80	0,05	0,25
10	Ap	158	16	1,71	140	10	1,1	89	0,11	0,13
11	Ap	188	19	0,02	169	10	0,01	90	0,001	0,11
13	Ap	127	15	0,73	111	12	0,6	87	0,05	0,14
04	BA	40	5	2,41	34	13	6,0	85	0,48	0,22
05	A2	99	38	0,53	60	38	0,5	61	0,01	0,64
06	BA	81	29	4,63	47	36	5,7	59	0,16	0,70
07	AB	49	9	0,12	40	18	0,2	82	0,01	0,22
08	AB	100	10	0,40	89	10	0,4	89	0,04	0,12
09	BA	47	8	0,07	39	16	0,1	84	0,01	0,20
10	AB	69	4	1,68	63	6	2,4	91	0,39	0,09
11	BA	99	25	3,01	65	25	3,0	66	0,12	0,43
13	AB	60	15	2,51	43	25	4,2	72	0,17	0,40

Os valores anteriores, conseqüentemente, resultaram na variação percentual média entre todos os perfis de 85 % para o C-HUM no horizonte A e de 77 % na transição deste para o horizonte B. Na mesma seqüência, essa variação para o carbono dos ácidos fúlvicos foi de 14 e 21 %.

Os resultados demonstram, portanto, que esses solos em seus horizontes superficiais são compostos por uma associação de substâncias húmicas mais estáveis (humina) e menos estáveis (ácidos fúlvicos), com predomínio da primeira.

A relação C-FAH/C-FAF representa a relação entre os teores de carbono na forma de ácidos húmicos e ácidos fúlvicos e indica o grau de conversão do carbono orgânico insolúvel presente no solo em frações solúveis ou a mobilidade ou potencial de perda de C do solo. Nessa perspectiva, solos mais arenosos apresentam valores superiores para a relação C-FAH/C-FAF, o que significa a perda seletiva da fração mais solúvel (FAF). Os maiores valores dessa relação para o AC-P01 e AC-P02 corroboram essa afirmação, visto que são solos com alto percentual de areia total (> 80 % e > 70 %, respectivamente) nos horizontes superficiais (Costa et al., 2010; Coelho et al., 2010).

A relação EA/C-HUM, quociente entre o extrato alcalino (EA = ácidos fúlvicos + ácidos húmicos) e a humina, indica a iluviação de MOS ou do CO no solo. Desta forma, quanto à iluviação do C no solo, os perfis apresentaram a seguinte ordem: AC-P02>AC-P06>AC-P09>AC-P01>>AC-P05 no horizonte A. Na transição deste para o B a ordem foi: AC-P06>AC-P05>AC-P11>AC-P13>>AC-P10. Devido a natureza solúvel das substâncias que compõem o EA e a relativamente insolúvel da humina, a matéria orgânica tende a ser mais solúvel nos solos mais arenosos, além de este parâmetro indicar maior recalcitrância da MOS nos perfis de textura mais argilosa (Stevenson, 1994).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A correspondência perfil-provável classe de solo estabelecida a campo em 2009 e dos dados sobre a avaliação das substâncias húmicas será revista a partir da interpretação dos demais resultados de análise, associados a outros estudos coligados e também os relacionados a pedogênese/classificação dos perfis da IX RCC.

Os resultados obtidos, embora sem repetição de amostras, são indicativos de que, nos solos da IX RCC, onde foi alterada sua cobertura primária de mata, há significativa presença de ácidos fúlvicos, compostos menos recalcitrantes, embora a fração húmica ainda predomine entre as substâncias húmicas da MOS.

É importante salientar que devem ser avaliados outros solos, de outras áreas do Estado do Acre, abrangendo maior número de perfis e amostras, que possam ser utilizadas como referência para estudos futuros relacionados à quantidade e qualidade da MOS.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (processo 575795/2008-5), FDCT (TO 001/2009) e FAPESP (2008/04490-4) pelo apoio financeiro parcial para a realização deste estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENITES, V.M.; MADARI, B.; MACHADO, P.L.O. A. Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado e de baixo custo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 7 p. (Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 16).
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SB/SC.18 Javari/Contamana; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro. (Levantamento de recursos naturais, v.13). 1977.
- COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; SANTOS, H.G.; DART, R.O.; LIMA, J.A.S. Atributos químicos e granulometria dos solos da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos do estado do Acre: um enfoque pedológico. In: Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos, 9., 2010.
- COSTA, F.S.; WADT, P.G.S.; SILVA, L.M. et al. Características físicas e estoques de carbono de solos da formação solimões, Acre, sudoeste da Amazônia. In: Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos, 9., 2010.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).
- STEVENSON, F.J. 1994. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. 2. ed. John Wiley, New York, USA. 496pp.
- SWIFT, R. S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D. L.; PAGE, A. L.; HELMKE, P. A.; LOEPPERT, R. H.; SOLTANPOUR, P. N.; TABATABAI, M. A.; JOHNSTON, C. T.; SUMNER, M. E. (Ed.) Methods of soil analysis. Madison: Soil Science Society of America/ American Society of Agronomy, 1996. p.1011 1020., Pt. 3.

# ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO DE SOLOS DA FORMAÇÃO SOLIMÕES, ACRE, SUDOESTE DA AMAZÔNIA

Falberni de Souza Costa<sup>(1)</sup>; Paulo Guilherme Salvador Wadt<sup>(1)</sup>; Lucielio Manoel da Silva<sup>(2)</sup>; Dayanne Cristyne de Souza Moura<sup>(3)</sup>; Gleiciane AD Vincula Almeida<sup>(4)</sup>; Eber-son de Souza Brito<sup>(5)</sup>

(1) Pesquisador da Embrapa Acre, falberni@cpafac.embrapa.br, paulo@cpafac.embrapa.br; (2) Analista da Embrapa Acre, lucielio@cpafac.embrapa.br; (3) Bolsista DTI/CNPq, projeto 575508/2008-6, dayflorestal@yahoo.com.br; (4) Estagiária da Embrapa Acre. Graduanda Ciências Biológicas, União Educacional do Norte, gleicianead@r7.com; (5) Bolsista IC – CNPq. Graduando em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Acre (UFAC), campus de Cruzeiro do Sul, erbessondesouzabrito@ymail.com.

## INTRODUÇÃO

A mudança no uso da terra de floresta primária para atividades agropecuárias e a realização de obras de construção civil alteram a distribuição granulométrica das camadas superficiais do solo devido à erosão laminar, com o transporte de sedimentos (areia, silte e argila, e matéria orgânica) e sua deposição em outros locais, sobretudo nos cursos de água. Assim, a densidade do solo pode ser alterada como produto da alteração da distribuição granulométrica e, especialmente pelo maior tráfego de animais e de máquinas sobre o solo (Brasil, 1977). Outra mudança importante se dá no estoque de matéria orgânica do solo (MOS), o que mais relevante nas camadas superficiais, onde a sua influência na produção das culturas de interesse agrônômico é ainda maior.

A influência da construção da BR 364 no trecho Rio Branco – Cruzeiro do Sul e do uso posterior de solos neste trecho sobre a distribuição granulométrica, densidade do solo e os estoques de matéria orgânica não estão devidamente esclarecidos. O objetivo deste trabalho foi investigar essas alterações de forma relativa, sem considerar neste momento o histórico de uso das áreas ou sistemas primários como referência. Foram abordadas inicialmente as características de granulometria e densidade do solo, básicas para o cálculo dos estoques de matéria orgânica e suas relações em amostras de solo coletadas para a IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos (IX RCC), realizada no Acre.

## MATERIAL E MÉTODOS

Em viagem prospectiva realizada em outubro de 2009, no trecho entre Rio Branco e Cruzeiro do Sul foram selecionados onze perfis de solos para a realização da IX RCC. A partir da descrição a campo foram pré-definidas as possíveis classes de solos para amostragem e análises. Desta forma, as correspondências perfil-provável classe de solo foram: AC P01, Espodossolo; AC-P02, Latossolo; AC-P04, Argissolo; AC P05, Argissolo; AC-P06, Argissolo; AC-P07, Cambissolo; AC P08, Luvisso/Cambissolo; AC P09, Argissolo; AC 10, Argissolo; AC-P11, Vertissolo e AC-P13, Plintossolo.

Amostras de solo (indeformadas e deformadas) foram coletadas em janeiro de 2010, sem repetição e em sete camadas (0-5; 5-10; 10-15; 15-20; 20 30; 30-40 e 40-50 cm). O perfil AC P10 (Argissolo) não foi amostrado visto que o acesso terrestre ao mesmo nessa época (estação chuvosa) é muito difícil, mesmo para veículo com tração nas quatro rodas. As amostras foram enviadas para o laboratório de solos da Embrapa Acre, em Rio Branco, onde foram analisadas a granulometria (método da pipeta), a densidade do solo (coletada pelo método do anel volumétrico) e o teor de carbono total (por combustão úmida), segundo Embrapa (1997).

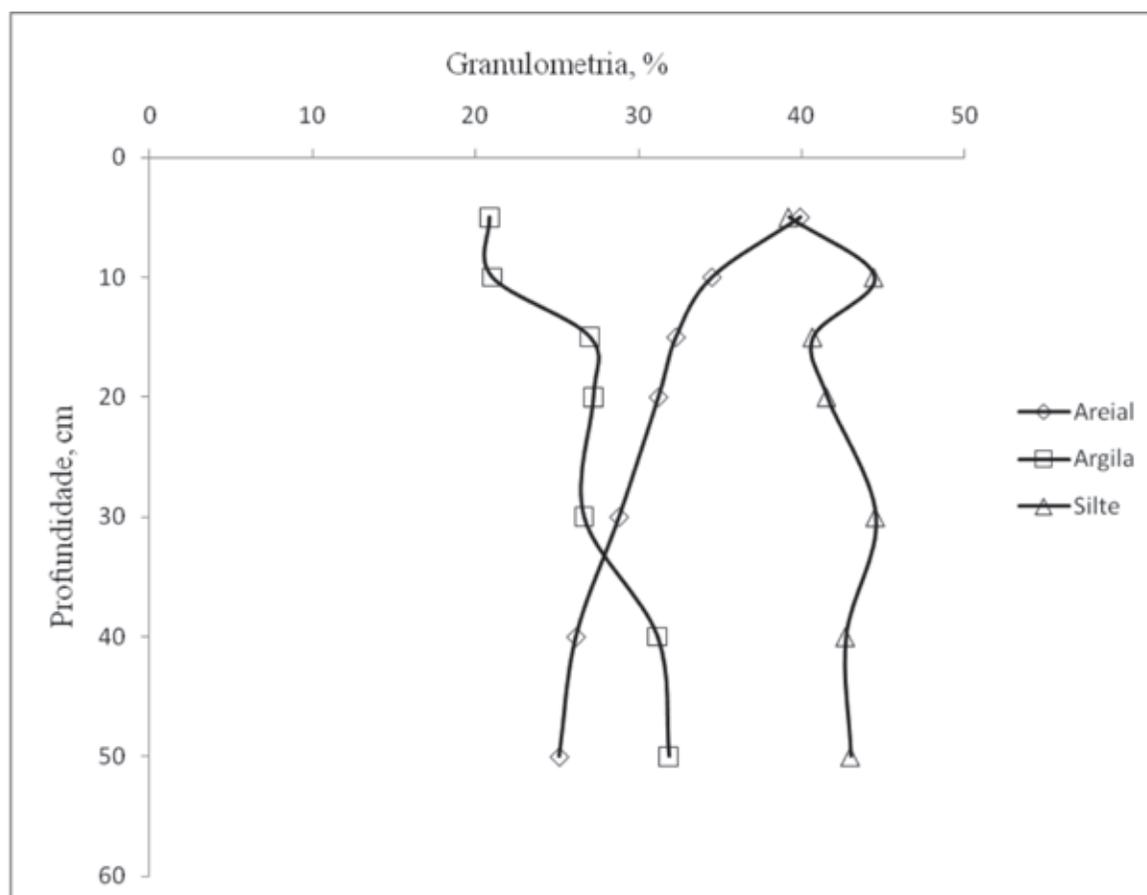
O estoque de carbono foi calculado com base em massa por camada, sem correção pelo valor de densidade de um sistema de referência, que normalmente seria o de solo sob floresta primária. O estoque de carbono foi calculado por camada e o estoque total do perfil pelo somatório das camadas amostradas no intervalo de 0-50 cm.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Granulometria

A granulometria dos solos amostrados indicou predomínio do somatório das frações argila e silte sobre a fração areia, com exceção dos perfis AC-P01 e AC-P02, conforme relatado também por Coelho et al. (2010). A presença de silte é característica desses solos de formação relativamente recente, como já destacado por outros autores (Coelho et al., 2005ab, Gama, 1986; Volkoff et al., 1989). Os resultados percentuais apresentados na figura 1 são as médias por profundidade entre todos os perfis. A fração areia decresceu com a profundidade do solo, passando de valores de 40 % na superfície (0-5 cm) para 25 % em subsuperfície (40-50 cm). Em sentido inverso, os teores de argila variaram entre 21 % (0-5 cm) e 32 % (40-50 cm). A distribuição dos valores de silte foi relativamente uniforme em profundidade (Figura 1).

Devido à formação recente destes solos sedimentares no Estado do Acre, a maior contribuição percentual do silte por camada é um aspecto destacável, com valores médios desta fração acima de 40 %, exceto para a camada de 0-5 cm.

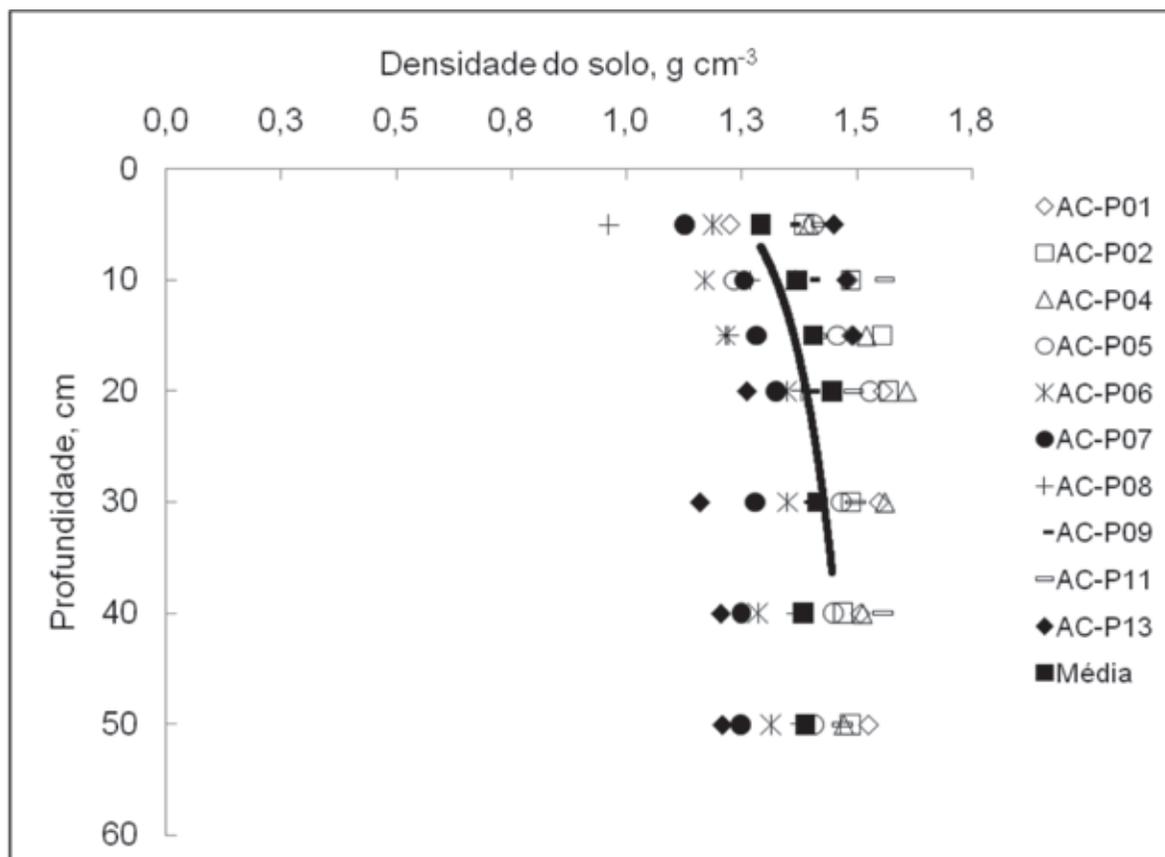


**Figura 1.** Distribuição granulométrica percentual em profundidade nos perfis de solos amostrados, em janeiro de 2010, no trecho Cruzeiro do Sul – Rio Branco da BR 364 e na área da Embrapa Acre. Os valores são médias dos perfis para as profundidades de amostragem (camadas de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm).

## Densidade do Solo

O comportamento geral da densidade do solo foi de aumentar os valores com a profundidade (Figura 2). A média geral ( $\pm$  erro padrão) foi de  $1,39 \pm 0,02 \text{ g cm}^{-3}$ , considerada alta quando comparada a valores de solos mais intemperizados. Os valores de densidade do solo variaram entre os diversos perfis, de  $0,96 \text{ g cm}^{-3}$ , na camada de 0-5 cm do perfil AC-P08, a  $1,61 \text{ g cm}^{-3}$ , na camada de 15-20 cm do perfil AC P04, resultando em amplitude de variação de  $0,65 \text{ g cm}^{-3}$ .

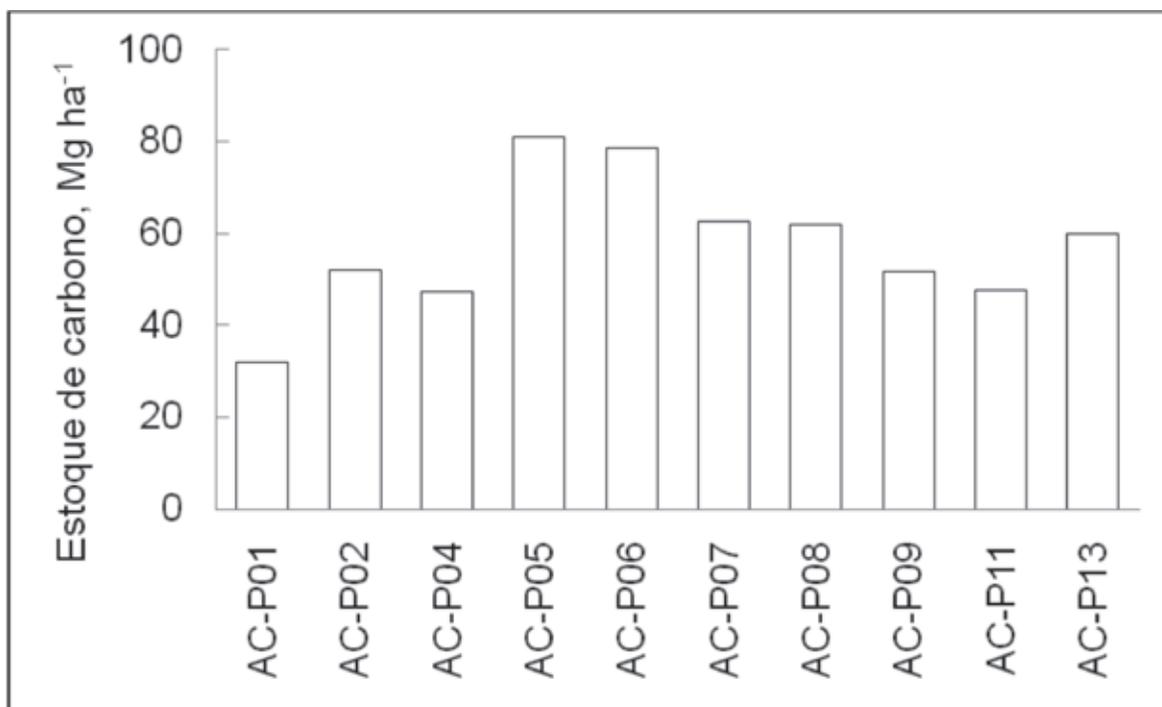
Valores altos de densidade do solo também são encontrados em sistemas primários no estado do Acre, o que pode ser explicado, em parte, pela contribuição da fração areia na granulometria destes solos jovens e desenvolvidos a partir de sedimentos da Formação Solimões.



**Figura 2.** Densidade do solo nos perfis amostrados no trecho Cruzeiro do Sul – Rio Branco da BR 364 (perfis 01, 02, 04, 05, 06, 07, 08, 09 e 11) e na área da Embrapa Acre (perfil 13). A linha preta representa a tendência de variação da densidade do solo com aumento da profundidade. As amostragens foram feitas nas camadas de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm.

## Estoque de Carbono (0-50 cm)

O estoque de carbono orgânico, até a profundidade de 50 cm do perfil do solo, variou de 32 (perfil AC-P01) a  $81 \text{ Mg ha}^{-1}$  (perfil AC-P05), com valor médio ( $\pm$  erro padrão) de  $57 \pm 4,4 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Figura 3).



**Figura 3.** Estoques de carbono total (camada de 0-50 cm) do solo nos perfis amostrados no trecho Cruzeiro do Sul – Rio Branco da BR 364 (AC P01, AC-P02, AC-P04, AC-P05, AC-P06, AC-P07, AC-P08, AC P09 e AC-P11) e na área da Embrapa Acre (AC-P13).

Os resultados foram semelhantes aos já encontrados pelo primeiro autor deste trabalho em Argissolos e Neossolos na região de Cruzeiro do Sul e municípios vizinhos (Mâncio Lima e Rodrigues Alves), entretanto os valores são maiores do que os estoques de carbono obtidos por Cerri et al. (1996) para solos arenosos da Amazônia.

Um aspecto a ser considerado para interpretação destes dados é o uso atual dos solos amostrados. Os perfis AC-P01, AC-P02, AC-P04, AC-P11 estão localizados na paisagem em situação de encosta, enquanto que os perfis AC-P05, AC-P06, AC-P07, AC-P08 e AC-P09 estão também em posição de encosta, todavia sob pastagem. O perfil AC-P13 está sob cobertura de floresta. Isso pode explicar, ao menos parcialmente, os maiores estoques de carbono nos perfis sob pastagem, onde o “turnover” de raízes e serrapilheira é maior que nos demais solos, contribuindo com aporte de carbono diferenciado nos diversos compartimentos de armazenagem.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A correspondência perfil-provável classe de solo estabelecida a campo em 2009 será ajustada a partir da interpretação dos demais resultados analíticos, associados a outros estudos coligados e também os relacionados a pedogênese/classificação dos perfis da IX RCC.

Os resultados obtidos, embora sem repetição de amostras, são indicativos da influência do estágio de desenvolvimento dos solos do Acre, mais jovens quando comparados aos demais solos, de mesma classe, no Brasil.

Finalmente, é importante salientar que devem ser avaliados outros solos, de outras áreas do Estado do Acre, abrangendo maior número de perfis e amostras, que possam ser utilizadas como referência para estudos futuros relacionados ao estoque de carbono de solo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (processo 575795/2008-5), FDCT (TO 001/2009) e FAPESP (2008/04490-4) pelo apoio financeiro parcial para a realização deste estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SB/SC.18 Javari/Contamana; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro. (Levantamento de recursos naturais, v.13). 1977.
- CERRI, C.C., BERNOUX, M., VOLKOFF, B. & MORAES, J.L. Dinâmica do carbono nos solos da Amazônia. In: ALVAREZ V., V. H., FERNANDES FILHO, E. I., FONTES, L. E. F. (Orgs.). O Solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa: SBCS/UFV/DPS, 1996. p.61-69.
- COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; SANTOS, H.G.; DART, R.O.; LIMA, J.A.S. Atributos químicos e granulometria dos solos da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos do estado do Acre: um enfoque pedológico. In: Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos, 9., 2010.
- 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).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).
- GAMA, J.R.N.F. Caracterização e formação de solos com argila de atividade alta do Estado do Acre. Rio de Janeiro, 1986. 150f. Tese (Mestrado) – Instituto de Agronomia, Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- VOLKOFF, B.; MELFI, A.J.; CERRI, C.C. 1989. Solos Podzólicos e Cambissolos eutróficos do alto rio Purus (estado do Acre). R. Bras. Ci. Solo, 13:363-372.

# FRACIONAMENTO FÍSICO E FRAÇÕES OXIDÁVEIS DA MATÉRIA ORGÂNICA EM SOLOS SOB PASTAGENS NO ESTADO DO ACRE

Elaine Almeida Delarmelinda<sup>(1)</sup>; Arcângelo Loss<sup>(2)</sup>; Lúcia Helena Cunha dos Anjos<sup>(3)</sup>; Marcos Gervasio Pereira<sup>(3)</sup> & Paulo Guilherme Salvador Wadt<sup>(4)</sup>

(1) Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Bolsista CAPES – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, CEP: 69915-900 elaineadell@gmail.com; (2) Doutorando do Curso de Pós Graduação em Agronomia – Ciência do Solo (CPGA-CS), Bolsista CNPq Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ, CEP: 23890-000, rcangeloloss@yahoo.com.br; (3) Professor Associado, UFRRJ, Departamento de Solos, lanjoso@ufrj.br, gervasio@ufrj.br; (4) Pesquisador Embrapa Acre, Rodovia Br 364, km 14, Caixa Postal: 321, Rio Branco, AC, CEP: 68908-970, paulo@cpafac.embrapa.br

## INTRODUÇÃO

Nos sistemas de produção agrícola, a matéria orgânica tem papel importante na qualidade do solo, influenciando em seus atributos químicos, físicos e biológicos. Dentre os vários benefícios atribuídos a matéria orgânica destacam-se: melhorias na retenção de água e de cátions, atuação como colóide orgânico, redução da densidade do solo, disponibilização de nutrientes e aumento da diversidade e atividade biológica do solo.

O estudo da matéria orgânica em agroecossistemas brasileiros é um tema estratégico para a sustentabilidade da agricultura e a preservação ambiental Cunha et al. (2007). Na região amazônica, com elevada ocorrência de solos de baixa fertilidade natural e alta intemperização, a manutenção da matéria orgânica na produção agrícola representa importante ferramenta para a implantação de manejos conservacionistas.

O estudo dos compartimentos mineral e particulado do carbono orgânico tem grande importância para entendimento da dinâmica da matéria orgânica, pois os mesmos possuem comportamentos distintos Roscoe & Machado (2002). Os autores observam que o carbono orgânico associado à fração areia é mais instável e facilmente decomposto, quando comparado ao carbono orgânico associado as frações silte e argila, sendo este responsável pela formação e estabilidade de agregados além de oferecer proteção física quanto aos processos de degradação.

É importante ressaltar que do ponto de vista ambiental, de acordo com Fidalgo et al. (2007), o solo tem importante função como sumidouro de carbono, devido a capacidade que este compartimento tem em estocar carbono, observando-se que o aumento ou diminuição deste estoque depende da quantidade e qualidade da matéria orgânica que é aportada. A velocidade de decomposição do material depositado, é determinada pela interação entre o clima, atributos do solo e uso e manejo das terras. Vários trabalhos (Lima et al., 2008; Martins et al., 2009; Neves et al., 2004 ) analisaram a influência do manejo do solo no estoque de carbono e nas frações da matéria orgânica em vários ambientes e agrossistemas, verificando que a redução ou aumento e/ou manutenção dos conteúdos de carbono é um reflexo do manejo adotado na área.

A partir de métodos de determinação de carbono é possível identificar as diferentes frações que compõe a matéria orgânica, possibilitando a identificação de compartimentos de diferentes graus de decomposição. Analisando as frações da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho cultivado com cafeeiro no Estado de Minas Gerais, Rangel et al. (2008) relatam que o carbono lábil é aquele que constitui compostos orgânicos mais facilmente mineralizados pelos microrganismos do solo. Desta forma a matéria orgânica possui compartimentos que apresentam diferentes graus de suscetibilidade à decomposição.

Desta forma, o presente estudo tem como objetivos quantificar o carbono do solo e a

sua distribuição nas frações mineral e particulada, bem como as frações oxidáveis, em solos sob pastagem, no Estado do Acre, que foram objeto da IX RCC.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados 11 perfis de solo classificados conforme Embrapa (2006), localizados no Estado do Acre, ao longo da rodovia BR 364, no percurso que liga os municípios de Rio Branco e Cruzeiro do Sul. Os perfis foram selecionados de modo a representar solos desenvolvidos a partir de materiais da Formação Solimões, que tem sua origem influenciada por sedimentos provenientes da Cordilheira dos Andes. A área de estudo está circunscrita dentro de um quadrante delimitado pelas coordenadas 07°38'48''S e 72°48'00''W e 07°58'48''S e 72°59'24''W; 10°17'24''S e 67°45'36''W; 09°52'48''S e 67°28'48''W.

A região é caracterizada por temperatura média anual de 24,5 °C, clima equatorial quente e úmido, enquadrando-se na classificação de Köppen como Af, e com índice pluviométrico anual de 2000 mm. A vegetação natural predominante é a Floresta Ombrófila aberta com palmeiras e bambus. Todos os perfis estavam localizados em áreas com pastagens (*Brachiaria*).

As amostras foram caracterizadas química e fisicamente segundo Embrapa (1997). Para cada perfil foi realizado o fracionamento granulométrico da matéria orgânica (Cambardella & Elliot, 1992) e estimado o estoque de carbono orgânico total em amostras do horizonte A.

Foi determinado o carbono orgânico total pelo método adaptado de Yeomans & Bremmer (1988) e calculado seu estoque pela equação:  $Cac = (C \times Ds \times e)/10$  onde: *Cac* é o estoque de carbono do solo em Mg ha<sup>-1</sup>; *C* é o carbono orgânico total do solo em dag kg<sup>-1</sup>; *Ds* é a densidade do solo em t m<sup>-3</sup>; e *e* a espessura do horizonte em cm. A densidade do solo foi calculada por equação de pedotransferência, segundo Benites et al. (2007):  $Ds = 1.56 - (0,0005 \cdot \text{Argila}) - (0,01 \cdot C) + (0,0075 \cdot S)$ , onde *Ds* é a densidade do solo, em Mg m<sup>-3</sup>, *Argila* é o conteúdo de argila em g kg<sup>-1</sup>, *C* é o conteúdo de carbono orgânico em g kg<sup>-1</sup> e *S* é a soma de cátions (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>).

Para o fracionamento granulométrico foi pesado 20 g de solo, acondicionado em recipiente de plástico, adicionado 60 ml de hexametáfosfato de sódio (5 g L<sup>-1</sup>) e agitados durante 15 horas, em agitador horizontal. Posteriormente a suspensão foi passada em peneira de 53 mesh. O material retido pela peneira consistiu do carbono orgânico particulado (COp), que então seco em estufa a 50°C, triturado em almofariz e determinado o teor de C pelo método adaptado de Yeomans & Bremmer (1988). O carbono orgânico mineral (COm), associado a fração silte e argila, foi determinado pela diferença entre COT e COp.

Para a avaliação das frações oxidáveis da matéria orgânica, foram utilizados 2 g de TFSA moídas em almofariz e peneiradas em peneiras 60 mesh. O solo foi acondicionado em erlenmeyer e adicionado 10 ml de solução de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,0167 mol L<sup>-1</sup>, adicionando-se quantidades de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> correspondentes às concentrações de 3, 6, 9 e 12 mol L<sup>-1</sup> e 80 ml de água destilada. Após o resfriamento da solução foram adicionadas 5 gotas do indicador ferroin e feita a titulação do excesso de dicromato com Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>) 6H<sub>2</sub>O 0,5 mol L<sup>-1</sup>. Foi determinado o carbono orgânico em quatro frações: fração 1: C oxidado por K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> em meio ácido de 3 mol L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; fração 2: diferença do C oxidado por K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> em meio ácido entre 6 e 3 mol L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; fração 3: diferença do C oxidado por K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> em meio ácido entre 9 e 6 mol L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; e fração 4: diferença do C oxidado por K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> em meio ácido entre 12 e 9 mol L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Com a determinação do teor de carbono de cada fração, essas foram somadas e determinando-se o valor total de carbono orgânico.

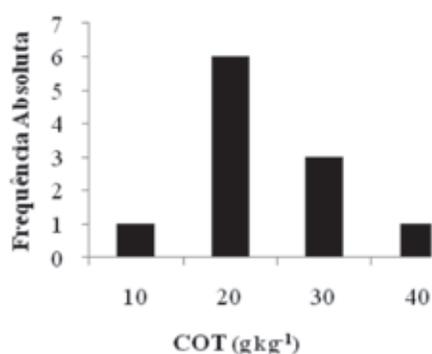
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maioria dos solos apresentou valores de carbono orgânico total em torno de 20 g kg<sup>-1</sup> de solo (Figura 1), caracterizando um ambiente de baixo aporte de matéria orgânica. Apesar da cobertura de pastagem, as altas temperaturas e o alto índice pluviométrico aceleraram a decomposição da matéria orgânica.

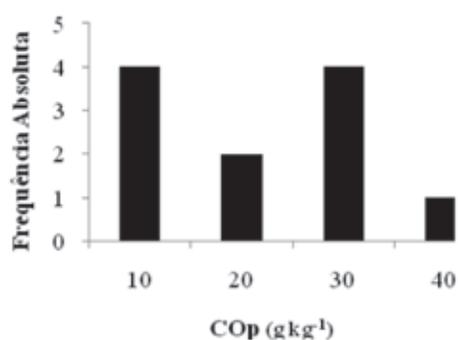
**Tabela 1.** Valores de carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COp), carbono orgânico mineral (COM) e estoque de carbono orgânico acumulado (Cac) de diferentes classes de solos sob cobertura de pastagens no Acre

Perfil de solo	Horizonte	Espessura m	Argila g kg <sup>-1</sup>	COT			Cac Mg ha <sup>-1</sup>
				COT	COp g kg <sup>-1</sup>	COM	
AC - P01	Ap	0,35	80	9,26	4,85	4,40	48,01
AC - P02	Ap	0,09	163	22,92	5,17	17,75	25,87
AC - P04	Ap	0,10	183	13,51	0,16	13,35	18,18
AC - P05	A1	0,04	276	31,12	23,45	7,67	15,53
	A2	0,16	297	13,21	4,85	8,35	28,87
AC - P06	Ap	0,06	294	18,37	21,46	3,09	13,84
AC - P07	A	0,25	486	17,04	22,24	5,20	60,84
AC - P08	Ap	0,10	363	24,17	39,08	14,91	32,27
AC - P09	Ap	0,16	291	18,90	11,12	7,78	41,09
AC - P10	Ap	0,05	207	15,18	18,34	3,15	10,16
AC - P11	Ap	0,20	540	20,80	28,10	7,30	52,59

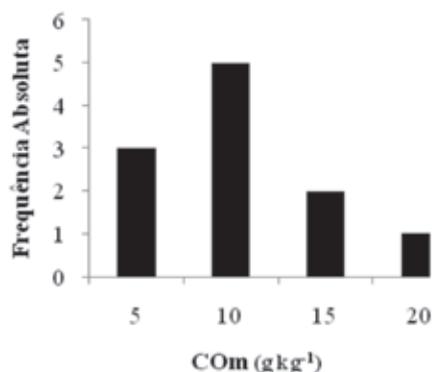
A distribuição do carbono orgânico particulado no horizonte A (Figura 2) mostra dois grupos de solos, com valores em torno de 10 e de 30 g kg<sup>-1</sup>. Já para o carbono orgânico mineral (Figura 3), associado às frações silte e argila, o predomínio é de valores em torno de 10 g kg<sup>-1</sup>. Esta distribuição indica que, em geral, a matéria orgânica nos solos estudados no Acre está pouco protegida da ação de fatores que favorecem sua mineralização e transformação, possibilitando a maior degradação da mesma.



**Figura 1.** Histograma da distribuição dos valores de carbono orgânico total do horizonte A.



**Figura 2.** Histograma da distribuição dos valores de carbono orgânico particulado do horizonte A.



**Figura 3.** Histograma da distribuição dos valores de carbono mineral do horizonte A.

Não foi encontrada correlação entre aumento de argila e de matéria orgânica nos perfis, deste resultado pode-se inferir que não há um processo eficiente de proteção dos agregados contra a decomposição da matéria orgânica ou que esta matéria orgânica interage de forma diferenciada nas diferentes ordens de solo. Na Tabela 1, observa-se que o Latossolo Amarelo (AC-P02) apresentou maior teor de carbono orgânico mineral (COM), mas não apresentou o maior teor de argila; isto pode estar relacionado ao fato deste solo apresentar alta interação entre as frações mineral e orgânica no interior dos agregados, aprisionando matéria orgânica associada as frações silte e argila.

As classes Luvisolo (AC-P08) e Vertissolo (AC-P07 e P11) apresentaram os maiores teores de argila em superfície (Tabela 1); dentre estes, o Luvisolo (AC-P08) mostrou o maior teor de carbono orgânico total (COT) e carbono orgânico particulado (COp). Já o perfil AC-P07 apresentou o maior estoque de carbono (Cac), o que está relacionado à maior espessura do horizonte A (25cm), ao alto teor de argila e a maior densidade estimada.

Os Argissolos apresentaram variação nos teores de carbono na fração particulada (COp), o que pode estar relacionado com o maior teor de areia do horizonte A destes solos.

O Espodosolo Humilúvico (AC-P01) apresentou o menor teor de carbono orgânico total (COT), em função dos elevados teores de areia no horizonte superficial. Tendo em vista a reduzida interação entre esta fração do solo e a matéria orgânica, a baixa superfície específica, a elevada taxa de drenagem, a matéria orgânica associada à fração areia neste solo encontra-se não complexada e constituída predominantemente por resíduos em estágio inicial de decomposição (Roscoe & Machado, 2002). Em contraste, o Espodosolo apresentou o maior estoque de carbono, o que é justificado pela maior espessura do horizonte A (35 cm) entre todos os solos, superestimando o valor do estoque de carbono. Portanto, uma limitação do método.

Os dados referentes a distribuição do COT nas diferentes frações oxidáveis são apresentados na Tabela 2 e os dados referentes aos atributos físicos e químicos dos solos na Tabela 3. Observaram-se diferentes proporções nas frações oxidáveis entre as classes de solo sob pastagem, assim foi possível analisar que apenas as propriedades do solo influenciaram na proporção das frações oxidáveis presentes, já que a matéria orgânica presente apresenta semelhança em sua composição química em decorrência dos perfis estarem sob a mesma cobertura vegetal *Brachiaria Brizantha*. Para o Espodosolo Humilúvico (AC-P01) verificou-se maiores valores nas frações F3 e F4 apresentando frações mais resistentes a decomposição, e ausência da fração F1, o que caracteriza um material de maior labilidade. Provavelmente devido este solo possuir textura arenosa, essa propriedade tenha sido deter-

minante para a ausência desta fração, pois a matéria orgânica presente está mais suscetível a decomposição. Os baixos teores de argila favorecem uma rápida mineralização, permanecendo apenas as frações mais estáveis no solo (F3 e F4).

**Tabela 2.** Frações oxidáveis de carbono de diferentes classes de solos cultivados com pastagem

Perfil de solo	Horizonte	Espessura m	g kg <sup>-1</sup>				T
			F1	F2	F3	F4	
AC - P01	Ap	0,35	0,00	2,25	3,00	3,80	9,00
AC - P02	Ap	0,09	6,00	3,75	2,30	3,00	15,00
AC - P04	Ap	0,10	7,50	1,50	1,50	2,30	12,75
AC - P05	A1	0,04	9,00	21,0	12,00	1,50	43,50
	A2	0,16	3,80	0,75	3,00	0,00	7,50
AC - P06	Ap	0,06	6,00	1,50	10,50	2,30	20,30
AC - P07	A	0,25	7,50	3,00	4,50	0,00	15,00
AC - P08	Ap	0,10	8,30	0,00	3,00	7,50	18,80
AC - P09	Ap	0,16	5,20	1,50	0,80	1,50	9,00
AC - P10	Ap	0,05	6,70	4,50	3,00	3,00	17,20
AC - P11	Ap	0,20	6,00	1,50	3,00	0,00	10,50

F1: C oxidado por K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> em meio ácido de 3 mol L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; F2: diferença do C oxidado por K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> em meio ácido entre 6 e 3 mol L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; F3: diferença do C oxidado por K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> em meio ácido entre 9 e 6 mol L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; F4: diferença do C oxidado por K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> em meio ácido entre 12 e 9 mol L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; T: soma das frações.

**Tabela 3.** Atributos físicos e químicos de diferentes classes de solos cultivados com pastagem

Perfil de solo	Horizonte	g kg <sup>-1</sup>			cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>						P mg kg <sup>-1</sup>
		Areia	Silte	Argila	Ca	Mg	K	Na	Al	H	
AC - P01	Ap	808	112	80	0,20	0,20	0,02	0,01	0,50	1,60	2,00
AC - P02	Ap	792	45	163	0,70	0,70	0,06	0,02	0,70	3,40	3,00
AC - P04	Ap	384	433	183	0,90	0,80	0,08	0,01	0,90	3,20	2,00
AC - P05	A1	277	447	276	15,10	2,90	0,33	0,04	0,00	3,00	15,00
	A2	268	435	297	9,90	1,60	0,16	0,01	0,00	0,00	4,00
AC - P06	Ap	222	484	294	1,70	2,10	0,42	0,02	2,40	5,60	4,00
AC - P07	A	87	427	486	33,80	4,10	0,11	0,03	0,00	1,40	2,00
AC - P08	Ap	96	541	363	22,80	4,00	0,16	0,06	0,00	3,00	8,00
AC - P09	Ap	440	269	291	15,30	2,40	0,11	0,03	0,10	2,30	3,00
AC - P10	Ap	302	491	207	3,50	1,80	0,21	0,01	0,60	4,90	3,00
AC - P11	Ap	71	389	540	19,00	5,10	0,16	0,06	0,50	4,90	6,00

O Latossolo Amarelo (AC-P02) apresentou maior valor de carbono na fração F1, indicando um maior teor de carbono orgânico mais lábil, de fácil decomposição. Rangel et al. (2008) ressaltam que o carbono lábil pode apresentar variações no aumento ou decréscimo num menor intervalo de tempo do que o carbono orgânico não lábil, sendo assim, um índice importante para avaliar mudanças na matéria orgânica do solo. Para os Argissolos, verificou-se que alguns perfis apresentaram maiores teores de carbono em F1 enquanto outros os maiores teores ocorreram nas frações F2 e F3.

Loss et al. (2009) estudando Argissolos cultivados com diferentes espécies de leguminosas no Estado de Rio de Janeiro, identificaram maior disponibilidade de carbono nas frações mais lábeis e relatam que devido as condições dos ambientes situados na região do trópico úmido de elevadas temperaturas e alta pluviosidade é desejável formas de carbono orgânico mais resistentes a decomposição, para que os nutrientes sejam liberados gradativamente no solo.

Para os perfis AC-P07 e AC-P11, Vertissolos, verificou-se maior participação da fra-

ção em F1 e ausência da fração F4. Para os Luvisolos (AC-P08 e AC-P11) observou-se maior valor da fração em F1. Avaliando as frações de carbono em um Cambissolo Háptico sob pastagem no Estado do Acre Bernini et al (2009) também observaram maiores valores da fração F1.

## CONCLUSÕES

Observou-se que a maior parte da matéria orgânica presente nos solos está associada à fração areia, mesmo para solos mais argilosos, podendo-se inferir que a matéria orgânica presente nos solos está em um estado inicial de decomposição.

A distribuição das frações granulométricas e oxidáveis da matéria orgânica indicou que esta se concentrou nas formas mais lábeis, portanto facilmente mineralizadas e transformadas; em especial nas condições de clima tropical no Estado do Acre.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENITES, V.M.; MACHADO, P.L. de O.A.; FIDALGO, E.C.; COELHO, M.R.; MADARI, B.E. Pedotransfer function for estimating soil bulk density from existing soil survey reports in Brazil. *Geoderma*, 139: 90-97, 2007.
- BERNINI, T.A.; LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; COUTINHO, F.S.; ZATORRE, N.P.; WADT, P.G.S. Frações granulométricas e oxidáveis da matéria orgânica do solo em sucessão floresta - pastagem no Acre. *Rev. Bras. de Agroecologia*, 4: 4334-4338, 2009.
- CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOTT, E.T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society of America Journal*, 56: 777-783, 1992.
- CUNHA et al. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte A antrópico da Amazônia (Terra Preta). *Acta Amazonica*, 37: 91-98, 2007.
- EMBRAPA. CNPS. Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997, 212p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2ed. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 2006. 306p.
- FIDALGO, E.C.C. et al. Estoque de carbono nos solos do Brasil. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2007. 27p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 121).
- LIMA, A.M.N. et al. Frações da material orgânica do solo após três décadas de cultivo de eucalipto no Vale do Rio Doce – MG. *R. Bras. Ci. Solo*, 32: 1053-1063, 2008.
- LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; FERREIRA, E.P.; SANTOS, L.L. dos; BEUTLER, S.J.; FERREIRA JÚNIOR, A.S. de L. Frações oxidáveis do carbono orgânico em Argissolo Vermelho Amarelo sob sistema de aleias. *R. Bras. Ci. Solo*, 33: 867-874, 2009.
- MARTINS, E. de L.; CORINGA, J. do E.S.; WEBER, O.L. dos S. Carbono orgânico nas frações granulométricas e substâncias húmicas de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico – LVAd sob diferentes agrossistemas. *Acta Amazonica*, 39: 665-660, 2009.
- NEVES, C.M.N das; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; MACEDO, R.L.G.; TOKURA, A.M. Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do Estado de Minas Gerais. *Ciênc. Agrotec.*, 28: 1038-1046, 2004.
- RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A.; GUIMARÃES, P.T.G.; GUILHERME, L.R.G. Frações oxidáveis do carbono orgânico de Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, 32: 429-437, 2008.
- ROSCOE, R.; MACHADO, P.L.O. de A. Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica. Dourados, MS, Embrapa Agropecuária Oeste, 2002, 88p.
- YEOMANS, J.C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Commun. Soil Science Plant Anal*, 19: 1467-1476, 1988.

# ATIVIDADE ENZIMÁTICA EM SOLOS SEDIMENTARES DA AMAZÔNIA

Sandra Rocha Teixeira<sup>(1)</sup>

(1) Professora, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre. Rodovia 364, km 04. Rio Branco, AC. sandratereza@ig.com.br  
Apoio: Embrapa, Funtac.

## INTRODUÇÃO

O solo é formado pela interação dos fatores tempo, relevo, material de origem, clima e organismos. A ação dos organismos define-se basicamente pela fitosfera e zoosfera. De acordo com Amaral (2006), em solos da Amazônia Sul Ocidental os efeitos da vegetação condicionam uma moderada relação com a distribuição dos solos da paisagem, em função de sua inserção ser posterior à formação do relevo atual. Não se verifica uma relação direta do tipo de solo com a vegetação, exceto para alguns ecossistemas, como a Campinarana que está associada aos Espodosolos, em algumas inclusões de manchas no extremo oeste do Acre.

Quanto à zoosfera existem poucos trabalhos científicos relatando o efeito destes organismos na dinâmica destes solos. Todavia, Carvalho (2005) em estudos sobre atributos bioquímicos em solo sob floresta conclui que as características do solo aliadas à cobertura vegetal, rizosfera e clima desempenham grande influencia nas diferenças ocorridas entre os ecossistemas. Nesta linha de estudo, Araújo (2008) verificou em solos de pastagens e florestas do Acre que a atividade das enzimas fosfatases e  $\beta$ -glicosidases apresentaram o mesmo padrão de atividade, mostrando-se, em geral, maiores nos solos sob pastagem. Isso demonstra uma tendência de maiores valores em solos com maiores teores de C orgânico e P disponível e está relacionada ao tipo de ocupação dos solos Amazônicos.

O horizonte superficial tem maior quantidade de microrganismos devido ao teor de matéria orgânica mais elevada. Os microrganismos do solo, bactérias e fungos, decompositores degradam a matéria orgânica para poder absorver os compostos para seu metabolismo. Neste processo liberam substâncias denominadas enzimas que tem o papel de transformar polímeros e monômeros. A atividade microbiana é um parâmetro importante no estudo de solos porque os microrganismos têm papel fundamental na manutenção da fertilidade, na estrutura e reciclagem do material orgânico. Essa atividade está relacionada a disponibilidade de fonte de C e de nutrientes os quais estão intimamente relacionados com as características físicas e químicas dos solos.

As enzimas podem ser classificadas em função da sua origem ou de seu modo de ação. As exoenzimas são aquelas que agem extracelularmente, quer na solução do solo, ou então acopladas a componentes inorgânicos ou orgânicos do mesmo. Elas são liberadas por animais, plantas (sobretudo pela raiz) e microrganismos, ou ainda estão presentes nas células mortas de restos orgânicos. As endoenzimas agem nas células microbianas em proliferação. Admite-se que espécies diferentes têm complexos enzimáticos diferentes e é devido a isso que se explica a diversidade de nichos ecológicos (Melo, 2008).

O estudo da atividade enzimática pode proporcionar melhor entendimento dos processos bioquímicos que ocorrem no solo. Desta forma, o objetivo deste trabalho é verificar os níveis de atividade enzimática em amostras de solo dos diferentes perfis da IX RCC, no Estado do Acre.

## MATERIAIS E METODOS

As amostras de solos utilizadas foram provenientes de horizontes A e B de dez (10) perfis de solo do estado do Acre, descritos e analisados nos laboratórios da EMBRAPA, CNPS e integrantes da relação dos solos que serão observados na viagem de campo da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos do Acre (IX RCC). Para a análise da atividade enzimática, realizada no laboratório de solos da Embrapa Acre, as amostras foram secas em estufa e peneiradas. No laboratório cada amostra foi avaliada com três repetições.

As desidrogenases são enzimas que catalisam a oxidação de um substrato específico pela subtração de hidrogênio, promovem a oxidação na célula viva pela remoção do hidrogênio do substrato. Inúmeros microrganismos são capazes de hidrolisar o hidrogênio molecular, para obter energia e poder redutor necessário a redução de gás carbônico. A atividade de desidrogenase foi determinada segundo metodologia de Casida et al. (1964). O método baseia-se na extração com metanol e determinação colorimétrica do trifenil formazam (TPF) produzido pela redução do triphenil Tretazolium Chloride (TTC) nos solos.

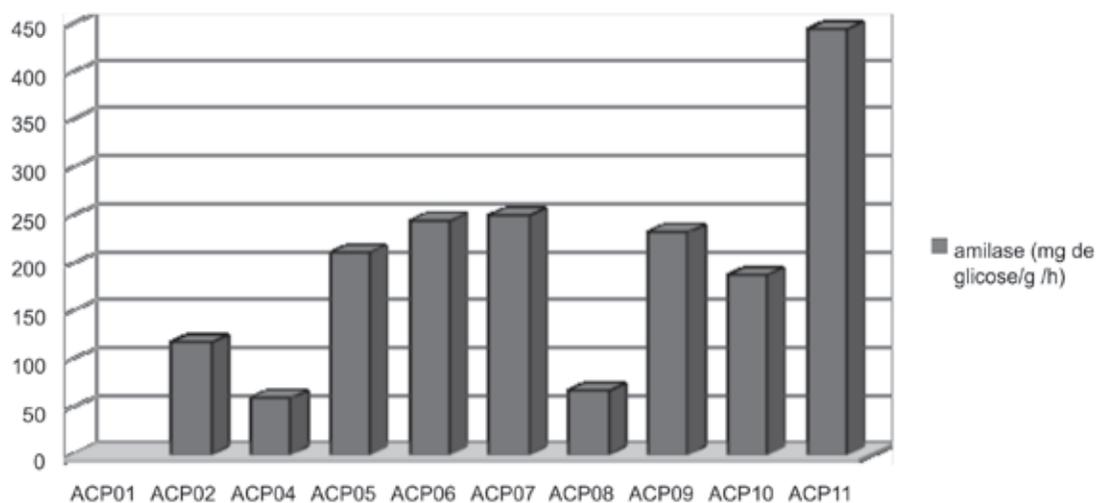
As amilases são enzimas hidrolíticas que rompem ligações glicosídicas do tipo 1,4 sendo encontradas em plantas, animais e microrganismos. O princípio do método para atividade de amilase é a determinação do teor de amido pelo método do reagente alcalino baseia-se na hidrólise ácida do amido com liberação da glicose, um açúcar redutor capaz de reduzir o Cu do reagente alcalino formando óxido cuproso, um precipitado de cor vermelho tijolo. O precipitado formado reage com o ácido fosfomolibdico, formando um complexo de cor azul, cuja intensidade de cor, dentro de certos limites é proporcional à concentração de glicose no meio da reação. A atividade da amilase foi determinada de acordo com o método de Pancholy e Rice (1973).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

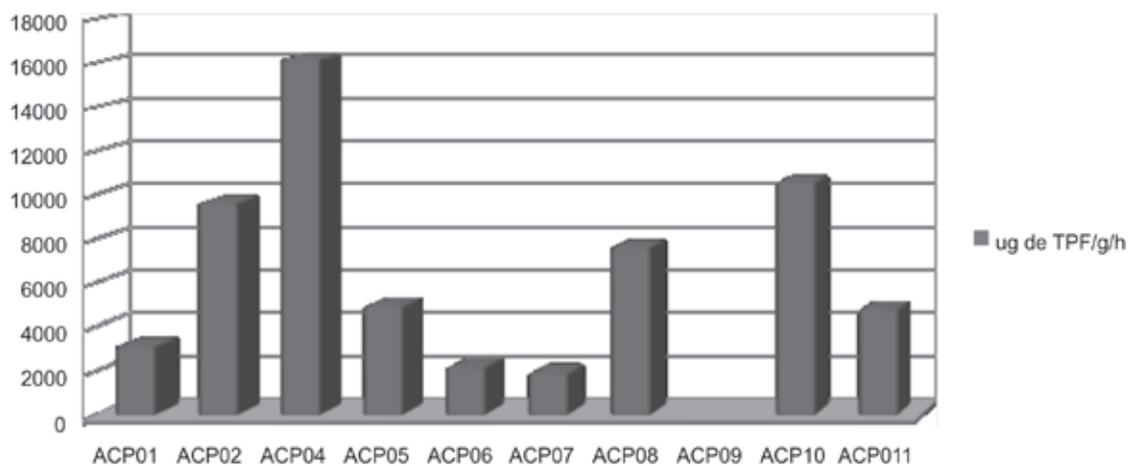
A atividade da desidrogenase foi maior nas camadas superficiais dos perfis de solo. A enzima desidrogenase se correlaciona com os teores de matéria orgânica do solo, sendo indicador sensível de alterações na qualidade do solo.

A atividade enzimática foi maior e diferenciada no perfil AC-P04, a alta atividade neste perfil pode ser um indicativo de aporte de material orgânico recente. Nos perfis AC-P02 e AC-P04 foi possível verificar atividade microbiana até os horizontes Bw1 e Bt1, respectivamente. No caso do perfil AC-P02, a atividade pode ser justificada pelo teor uniforme de C-orgânico no perfil. No perfil AC-P04, se observou gradiente nos teores de C-orgânico; assim a atividade no horizonte Bt1 pode ser função da translocação de compostos orgânicos no perfil.

A análise do fracionamento da matéria orgânica destes perfis pode fornecer informações sobre o tipo ou qualidade dos compostos orgânicos presentes. No perfil AC-P10 a atividade da enzima foi similar a do perfil AC-P02, mas somente foi expressiva nos horizontes Ap e AB. Nestes horizontes também são verificados altos teores de C-orgânico. Os perfis AC-P01, AC-P05, AC-P06 e AC-P07 apresentam o mesmo padrão de atividade, e comparando com outros perfis a atividade foi menor. No perfil AC-P09 não foi observada atividade enzimática.



**Figura 2.** Atividade enzimática da amilase em diferentes perfis de solo.



**Figura 2.** Atividade enzimática da desidrogenase em diferentes perfis de solo.

A atividade da amilase foi realizada somente nos horizontes superficiais. Observou-se uma atividade decrescente nos perfis 11>7> 6>9>5>10>2>8>4>1. Nos horizontes A dos perfis AC-P011, AC-P07, AC-P06 e AC-P09 a maior atividade de amilase pode ser devida a uma contribuição da rizosfera por meio da liberação de exsudados que por sua vez servirá de fonte de nutrientes para o desenvolvimento dos microrganismos.

As enzimas têm participação essencial nos ciclos dos elementos no solo e, como são sintetizadas principalmente pelos organismos que nele crescem, as condições que favorecem a atividade microbiana como a presença de vegetação (rizosfera) também favorecem a atividade enzimática. Melo & Pizauro Jr. (1985) verificaram maior atividade de amilases em Latossolo Vermelho nas áreas com adição de labe-labe, comparada com as que haviam recebido restos da cultura de sorgo. Teixeira et al. (2007) observaram relação linear entre doses de lodo de estação de tratamento de água e atividade de amilase em solos degradados pela mineração na Amazônia.

Os perfis com baixa atividade enzimática (AC-P08, AC-P04 e AC-P01) refletem ambientes com baixos teores de matéria orgânica facilmente decomponível e/ou condições desfavoráveis para o desenvolvimento de microrganismos. De acordo com Melo (2010) condições de pH extremo, alta umidade, baixa aeração diminuem a atividade da maioria das enzimas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, E.F. Estratificação de ambientes para gestão ambiental e transferência de conhecimento, no estado do Acre, Amazônia Ocidental. Tese. UFV, Viçosa, 2007, 185f.
- ARAÚJO, E.A. Qualidade do solo em ecossistemas de mata nativa e pastagens na região leste do Acre, Amazônia Ocidental. Tese. UFV Viçosa, 2008. 233f.
- CARVALHO, F. Atributos bioquímicos como indicadores da qualidade do solo em florestas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) Ktze no Estado de São Paulo. Dissertação. ESALQ 2005. 79p.
- CASIDA, L.E.; A.Jr.,d., KLEIN,T.S. Soil dehydrogenase activity. In: WEAVER, R.W. et al. (Ed.) *Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties*. Madison: ASA/SSA. p.775-883. 1964.
- MELO,W.J. Enzimas no solo. Disponível em :<[www.ambientenet.com.br](http://www.ambientenet.com.br)> Acesso em 15/07/2010
- PANCHOLY, S.K.; RICE, E.L. Soils enzymes in relation to old field succession; amylase, cellulase, invertase, dehydrogenase, and urease. *Soil Science Society American Journal*,n.37p.47-50, 1973.
- TEIXEIRA, S.T.; MELO, W.J.; SILVA, E.T. Plants nutrients in a degraded soil treated with water treatment sludge and cultivated with grasses and leguminous plants. *Soil Biology & Biochemistry* . , v.39, p.1348 - 1354, 2007.

## USO DE GEORADAR NO ESTUDO DE SOLOS DO ACRE

Marcio Rocha Francelino<sup>(1)</sup> & Lúcia Helena Cunha dos Anjos<sup>(2)</sup>

(1) Professor Associado, UFRRJ, Instituto de Florestas, Seropédica, RJ, CEP: 23890-000; marcio.francelino@gmail.com (2) Professor Associado, UFRRJ, Instituto de Agronomia, Depto Solos, lanj@ufrj.br

## INTRODUÇÃO

Existem ferramentas da geofísica que podem auxiliar no processo de caracterização do solo e que são pouco utilizadas para essa finalidade, das quais o Radar Penetrante no Solo (Ground Penetrating Radar - GPR) ou simplesmente georadar, se destaca por possibilitar a visualização detalhada dos horizontes sub-superficiais. Trata-se de um método não invasivo, de enorme versatilidade operacional (equipamento leve e portátil) que permite a aquisição de grande quantidade de dados num curto intervalo de tempo, viabilizando desta forma uma amostragem espacial bastante detalhada. O uso do GPR também pode contribuir para a obtenção de informações sobre a profundidade do lençol freático, profundidade do embasamento, existência de aquíferos, caminhos preferenciais de propagação subterrânea e outras feições geológicas de interesse.

O método baseia-se na emissão de um pulso de energia eletromagnética (EM) para o subsolo através de uma antena transmissora. A propagação do sinal irá depender das propriedades elétricas dos materiais existentes e mudanças nessas propriedades fazem com que parte do sinal transmitido e refletido se altere, criando registros diferenciados no radargrama na forma de hipérbolas e ruídos, permitindo o delineamento das interfaces em subsuperfície (RODRIGUES & PORSANI, 2006).

O sinal após sofrer reflexões, refrações e difrações é captado ao retornar à superfície, por uma antena receptora. Esses sinais são gravados digitalmente como valores de intensidade, convertidos em sinais analógicos por softwares de exibição e podem ser visualizados como “sinais de voltagem contra o tempo duplo”. O eixo vertical descendente do ponto de medida representa o tempo duplo e o eixo horizontal, a intensidade do sinal. Esta representação gráfica do sinal adquirido é denominada “traço”. Armazenados digitalmente, os sinais podem ser processados em uma etapa posterior em programas específicos. O funcionamento do sistema é representado de forma esquemática na Figura 1.

A propagação da onda eletromagnética de alta frequência no terreno pode ser descrita pela sua velocidade e a atenuação sofrida durante o percurso. Em condições de baixa perda, a velocidade ( $v$ ) está relacionada com a parte real da constante dielétrica ( $K$ ) do meio de propagação, sendo dada pela seguinte expressão:

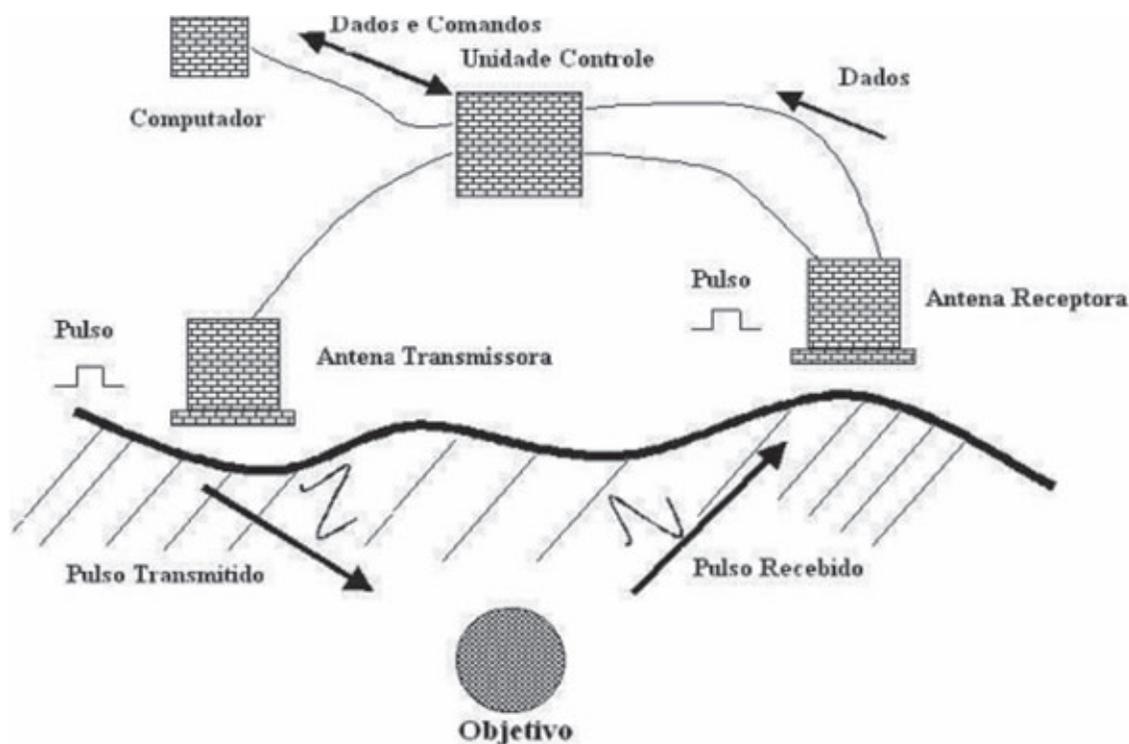
$$v = \frac{c}{\sqrt{K}}$$

onde  $c$  é velocidade da onda eletromagnética no espaço livre (DAVIS e ANNAN, 1989).

As reflexões da energia eletromagnética ocorrem nas interfaces entre materiais ou camadas que apresentem distintos valores de velocidade. A amplitude do sinal refletido será mais intensa quanto maior for o contraste existente entre as velocidades (ou constantes dielétricas) dos correspondentes materiais. Em caso de mudança textural abrupta no solo, o contraste é claramente registrado no radargrama (FRANCELINO et al., 2007).

O georadar pode operar com diversas frequências, cada qual correspondendo ao uso de uma antena, cuja escolha depende do objetivo do levantamento (dimensões e profundidade do alvo) assim como das condições pedológicas locais. Sinais de alta frequência produzem alta resolução com pouca penetração, ocorrendo o inverso para sinais de baixa frequência. Os pulsos de ondas eletromagnéticas e a recepção dos sinais refletidos nas estruturas ou interfaces em superfície ocorrem por meio de antenas dispostas na superfície do terreno (GLÓRIA, 2002). As medidas de tempo em nanosegundos e do percurso das ondas eletromagnéticas são efetuadas ao longo de uma linha e, quando justapostas, fornecem uma imagem detalhada da subsuperfície, podendo variar entre poucos centímetros até 40 metros, conforme a frequência da antena utilizada. Quando a energia radiada encontra material com propriedade elétrica diferente da superfície, parte da energia incidente é refletida e retorna para a antena do radar. Os sinais refletidos são amplificados, transformados para áudio-frequência, gravado, processado e mostrado em tela ou na forma de radargramas.

<sup>1</sup>Segundo Sansonowski (2003), a grande facilidade na aquisição do dado GPR permite que uma coleção grande de traços produza uma seção de alta definição denominada radargrama.



**Figura 1.** Diagrama esquemático do princípio de aquisição dos dados de GPR (modificado de FISCHER et al., 1992).

A propagação deste sinal no solo está condicionada primeiramente pelas propriedades elétricas dos terrenos (condutividade/resistividade elétricas), que são controladas principalmente pela umidade, quantidade e tipo de sais em solução e teor de argila (FISHER & ANNAN, 1992; BREWSTER et al., 1995). Em situações de baixa condutividade, o sinal de radar pode atingir profundidades superiores a 20 metros; entretanto, no caso de alta condutividade, como a presença de água salgada, não existe resolução, o que é um fator limitante ao uso do GPR (BERES & HAENI, 1991). Além disso, a presença de alto teor de argila atenua a propagação dos campos e ondas eletromagnéticas, reduzindo a profundidade de investigação com esse tipo de equipamento.

Embora seja uma técnica bem consolidada para estudos da geofísica e arqueologia, para fins pedológicos é ainda pouco utilizada, sendo que possui potencialidade para o estudo de características do solo, seja para avaliar a existência de camadas adensadas, seja na avaliação de poluentes ou mesmo auxiliar na classificação dos solos.

Com o uso da tecnologia GPR é possível obter informações contínuas de faixas do solo, permitindo conhecer as variações existentes na subsuperfície e, conseqüentemente, ampliando o entendimento de várias características do solo.

Este trabalho teve como objetivo geral avaliar a aplicabilidade do radar penetrante no solo (GPR) em estudos pedológicos, tendo como objetivos específicos:

- Gerar radargramas para os diferentes tipos de solos estudados na IX RCC-Acre;
- Relacionar variações nos radargramas com diferentes características dos solos, como profundidade, adensamento, variação textural e diferenciação de horizontes.

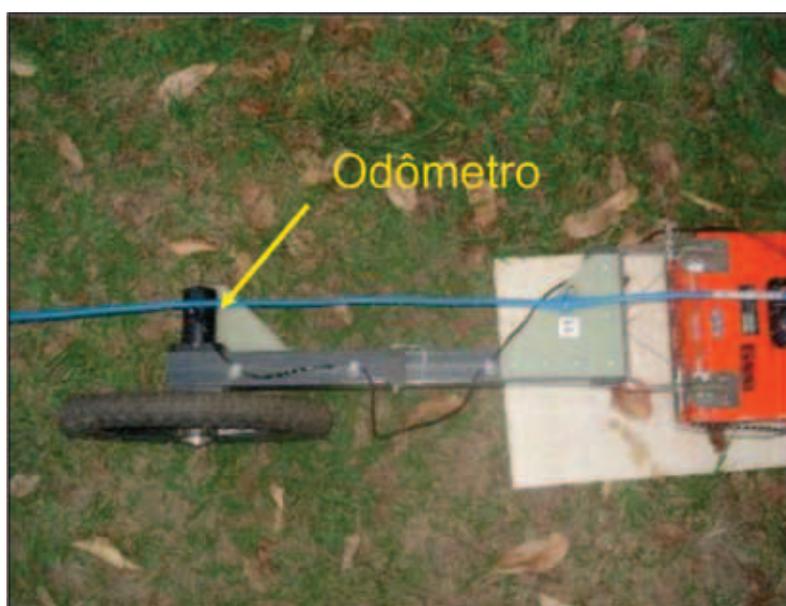
## MATERIAIS E METODOS

Nesse estudo foi utilizado Radar Penetrante do solo TerraSIRch modelo SIR-3000, equipado com antenas de 400 MHz, que possui capacidade de realizar leituras de até 4 metros de profundidade, com comprimento de registro de 256 ns com 512 amostras por traço.

Uma barra de ferro com aproximadamente 1 metro de comprimento, foi enterrada transversalmente em cada perfil, a uma profundidade conhecida, com objetivo de estabelecer uma boa estimativa da profundidade alcançada. Isso auxiliou a calibração de profundidade do radargrama. Devido a particularidade de cada superfície nos locais de abertura dos perfis, foi necessário realizar calibração do odômetro (Figura 2) em cada seção. Nessa etapa, foram medidos 5 metros de comprimento, com fita métrica, e foi feita uma passagem preliminar com o Radar, com o intuito de apenas calibrar a leitura de comprimento registrada pelo equipamento.

Os dados foram coletados de maneira contínua, com 532 leituras em cada ponto. As antenas foram montadas sobre um “esqui” de PVC para facilitar seu deslizamento sobre o terreno (Figura 3).

Em todas as áreas foi registrada a localização geográfica com equipamento de recepção de sinais de satélite de sistema de posicionamento global do tipo navegação, sendo coletados pontos nos extremos de cada transecto.



**Figura 2.** Odômetro do georadar.

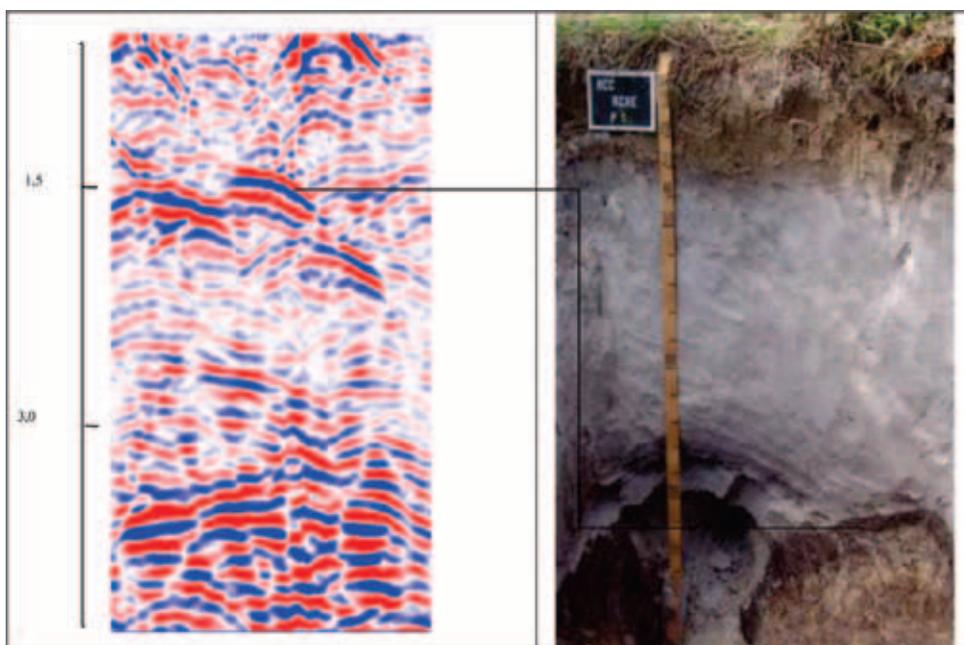


**Figura 3.** GPR sendo tracionado na área.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Perfil AC-P01

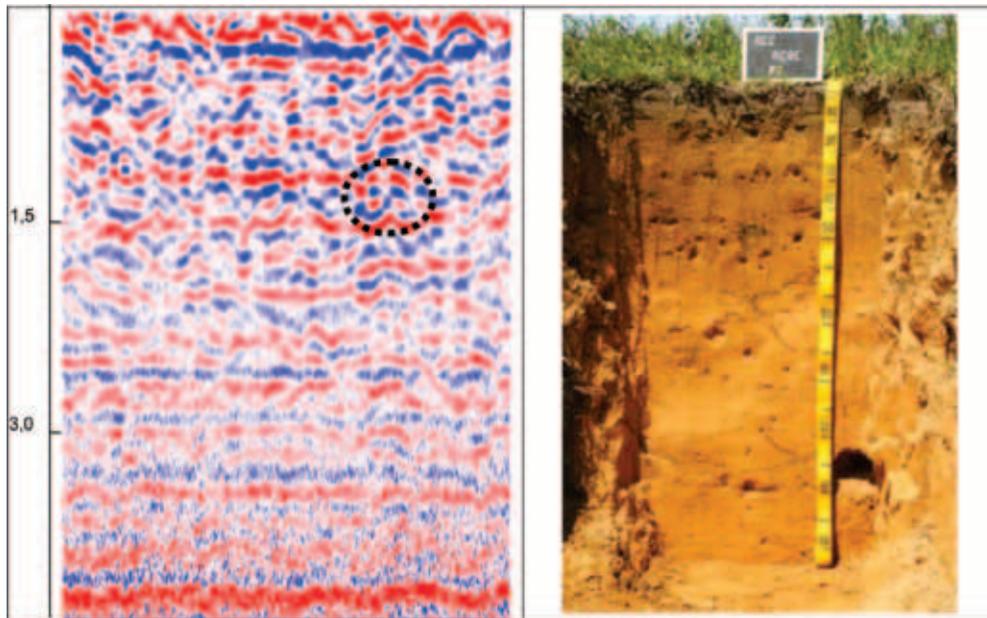
A textura arenosa deste solo permitiu obter alcance de mais de 4,5 m de profundidade. O acúmulo de matéria orgânica no horizonte espódico permitiu gerar um forte refletor, observado na superfície do Bh, e permitindo registrar a convexidade da superfície desse horizonte. Pode-se notar que este padrão ocorre de forma contínua nesta profundidade (1,5 m), porém, com registro menos intenso do sinal na parte esquerda do perfil. Abaixo do Bh, o radargrama indica a existência de outra camada arenosa. Ainda, na profundidade abaixo de 3 m (não visualizada na foto do perfil) padrão semelhante se repete, porém mais intenso e contínuo. Neste caso, possivelmente devido a presença de camada com maior teor de umidade.



**Figura 4.** Radargrama e foto correspondente do perfil AC-P01. No eixo y, distância aproximada em metros.

### Perfil AC-P02

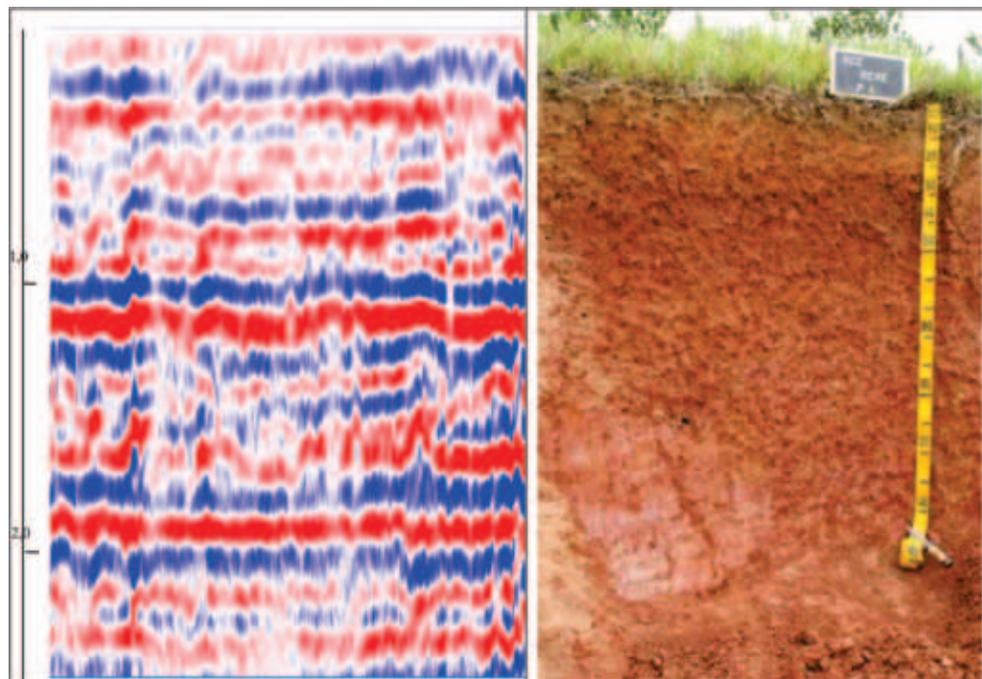
Neste perfil, o radargrama foi fortemente influenciado pela umidade do solo, o que levou a maior absorção da energia eletromagnética (EM) emitida pelo equipamento, assim se obteve forte contraste do sinal até a profundidade de 1,8 m (Figura 5). O maior teor de matéria orgânica no horizonte superficial também intensificou a absorção do sinal devido à diferença na constante dielétrica deste material, como observado por Francelino et al. (2010). De forma geral, o perfil AC-P02, um Latossolo, apresenta-se relativamente homogêneo, sendo que a diminuição da umidade em profundidade indica a influência de precipitação recente no local de abertura do perfil. A interpretação do radargrama indica que os horizontes B latossólicos atingem a profundidade aproximada de 2,8 m. Entre 2,8 e 3,2 m parece existir um horizonte de transição e depois disso o padrão indica a presença do horizonte C. Ainda, notam-se na imagem a presença de pedocanais, cujo padrão é ilustrado pela forma circular em destaque no radargrama.



**Figura 5.** Radargrama e foto correspondente do perfil AC-P02. Destaque para a presença de pedocanais (círculo tracejado). No eixo y, distância aproximada em metros.

### Perfil AC-P04

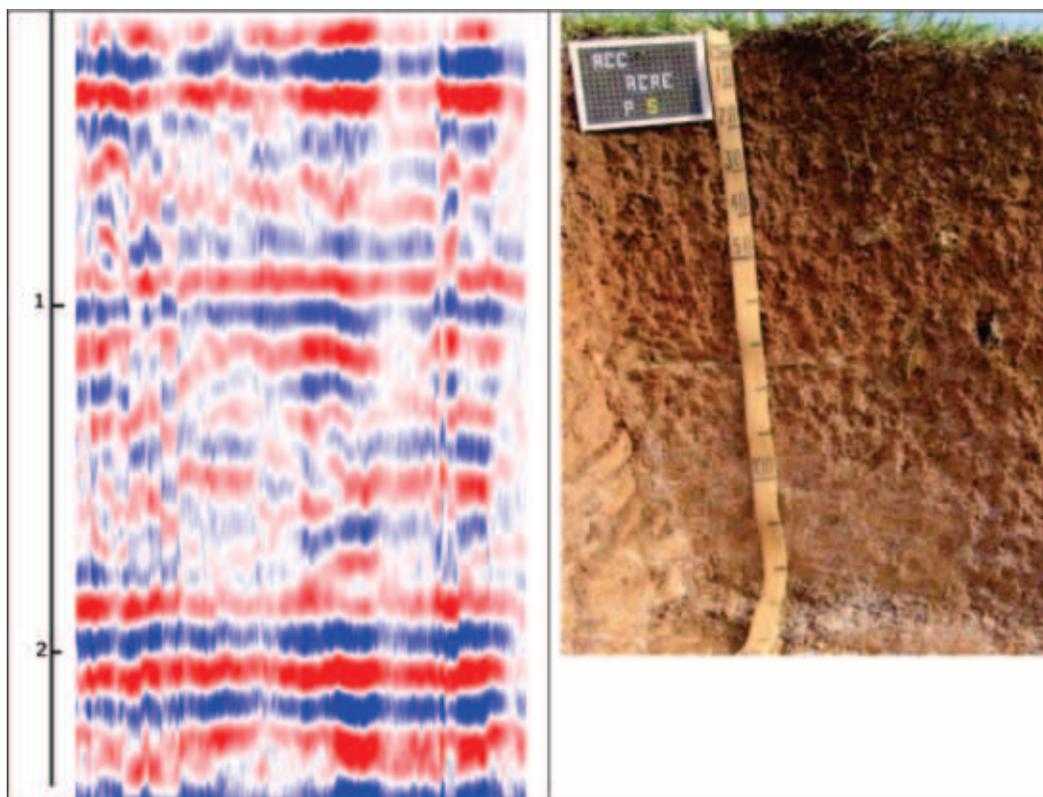
A textura do perfil P04, com elevados valores de silte e argila, atenuou a penetração do sinal, que atingiu cerca de 2 metros de profundidade (Figura 6). Foram observados três padrões distintos. O primeiro ocorreu entre 0 e 0,8 m, onde o aumento do teor de argila em profundidade foi claramente registrado no radargrama, que aponta também a maior concentração da argila na camada entre 0,8 e 1,0 m, que gerou um forte refletor plano-paralelo. A presença dessa camada atenuou a penetração do sinal no restante do perfil. O segundo padrão foi observado entre 0,8 e 1,7 m, o que corresponde aos horizontes de transição (BC). A presença de um forte refletor tabular, a cerca de 1,70 m, abaixo da seção do perfil observada no campo, indica, provavelmente, o topo do horizonte C e constitui o terceiro padrão.



**Figura 6.** Radargrama e foto correspondente do perfil AC-P04. No eixo y, distância aproximada em metros.

## Perfil AC-P05

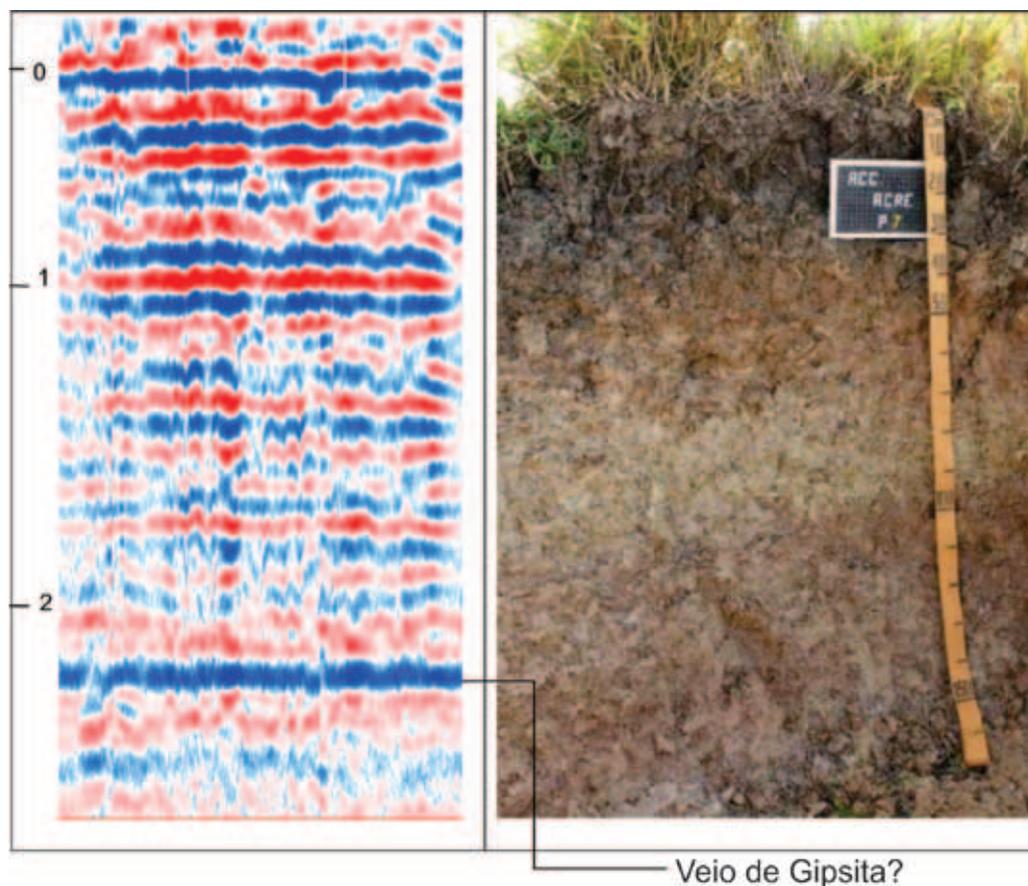
O alto teor de argila deste solo atenuou a penetração do sinal, alcançando pouco mais de 2 m de profundidade (Figura 7). Verifica-se um forte refletor em superfície em decorrência do maior teor de matéria orgânica nos horizontes superficiais. A presença de um refletor plano-paralelo, a cerca de 1 m de profundidade, é interpretada como reflexo do incremento textural em profundidade. Após 1,8 m surge uma camada homogênea (argilo-siltosa) onde o sinal é influenciado pelo elevado teor de umidade.



**Figura 7.** Radargrama e foto correspondente do perfil AC-P05. No eixo y, distância aproximada em metros.

## Perfil AC-P07

Neste solo, embora presente elevado teor de argila, a EM alcançou a profundidade de aproximadamente 3 m (Figura 8), o que pode ser devido à condutividade elétrica do material constituinte, conforme verificado por Borges et al. (2006). A primeira parte do radargrama refere-se ao “off-set”, que não foi possível eliminar no processamento. Como no perfil AC-P02, a matéria orgânica foi responsável pelo primeiro forte refletor observado em superfície. A variação encontrada entre 0,5-0,6 m de profundidade indica a possível existência de material de diferente constante dielétrica. Destaca-se ainda a presença de camada mais argilosa entre 0,9 – 1,3 m e, abaixo desta seção, o sinal é atenuado e torna-se homogêneo até 2,0 m. Após esta profundidade, nota-se um refletor forte e tabular que pode estar relacionado ao lençol freático ou a presença de veio de gipsita.



**Figura 8.** Radargrama e foto correspondente do perfil AC-P05. No eixo y, distância aproximada em metros.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do uso do georadar foi possível inferir sobre algumas características dos solos, principalmente aquelas relacionadas a sua profundidade e textura. A frequência de 400 MHz se apresentou adequada neste estudo.

De maneira geral, a propagação do sinal eletromagnético emitido foi influenciada pelo teor de matéria orgânica, a umidade e as variações de textura dos solos.

Em solos com elevados teores de areia, como no Espodosolo (P01), a propagação do sinal foi maior, alcançando a profundidade máxima para a frequência da antena utilizada, registrando inclusive a presença do horizonte Bh. O gradiente textural e seções do solo com umidade elevada também foram adequadamente registradas.

O uso desta ferramenta é ainda incipiente nos estudos pedológicos. Porém, nota-se pelos resultados apresentados o seu elevado potencial para avaliar diversas características dos solos, expandindo as observações além dos limites do perfil para uma faixa maior da paisagem, além de auxiliar a delimitação dos horizontes do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERES Jr. M.; HAENI, F.P. Application of ground - penetrating - radar methods in National Working Group for the IGCP Project, Ground Water, v.29, n.3, p.375-386, 1991.
- BORGES, W.; LAGO, A.; FACHIN, S.; ELIS, V.; SANTOS, E. GPR utilizado na detecção da geometria de cavas usadas para disposição de resíduos de óleos lubrificantes. Revista Brasileira

de Geofísica, v.4(4): p.483-494. 2006

BREWSTER, M.L.; ANNAN, A.P.; GREENHOUSE, J.P.; KUEPER, B.H.; OLHOEFT, G.R.; REDMAN, J.D.; SANDER, K.A. Observed migration of a controlled DNAPL release by geophysical methods. *Ground Water*, v. 33, n. 6, p. 977-987, 1995.

DAVIS J.L.; ANNAN A.P. Ground penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy. *Geophysical Prospecting*, p. 531–551. 1989.

FISHER, E.; MCMECHAN, G.A.; ANNAN, A.P. Acquisition and processing of wideaperture Ground-Penetrating Radar Data. *Geophysics*, 57(3): 1992, p.495-504.

FRANCELINO, M.R.; GÓES, L.G.; SALAMENE, S; SCHAEFER, C.E.R.G.; ANJOS, L.H.C. Use of GPR in the study of tropical soils. In: XIX World Congress of the Soil Science. Brisbane, Australia. 2010.

FRANCELINO, M.R.; LANI, J.L.; FIRME SÁ, M.M.; ARANHA, P.R.A.; VILARINHO, E.S. Estudo do lençol freático utilizando radar de penetração do solo. In: XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Natal, 2007.

GLÓRIA, K. S. Metodologias alternativas para detecção e localização de vazamentos. *Bol. Téc. Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 45, n.2, p.114-126, 2002.

MARCELINO, T. H.; SHIRAIWA, S; BORGES, W.R.; FILHO, N.P.; RAITER, F. GPR para a verificação do nível d'água subterrânea em transição Floresta Amazônica e Cerrado. *Acta Amazônica*, v. 35, n. 3, p.367-374, 2005.

PORSANI, J.L.; ELIS, V.R.; HODO, F.Y. Geophysical investigations for the characterization of fractured rock aquifers in Itu, SE – Brazil. *Journal of Applied Geophysics*, v. 57, p.119-128, 2005.

RODRIGUES S.; PORSANI J.L. Utilização do GPR para caracterizar tambores plásticos enterrados no sítio controlado de geofísica rasa do IAG/USP. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 24, n.2, p.1-12, 2006.

## **CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DAS FRAÇÕES AREIA E SILTE DE SOLOS DA IX RCC, ACRE**

**João Herbert Moreira Viana<sup>(1)</sup>**

(1) Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo – Sete Lagoas – MG, [jherbert@cnpms.embrapa.br](mailto:jherbert@cnpms.embrapa.br)

### **INTRODUÇÃO**

O estudo da fração areia representa importante auxiliar na interpretação dos aspectos relativos à gênese e geoquímica dos solos, pois esta fração guarda a memória de parte significativa da história da formação e dos processos pedogenéticos ocorridos. Sua análise detalhada permite inferências sobre os materiais de origem, na medida em que é a fração onde os minerais mais resistentes são identificados, e sobre processos de alteração e formação de novos constituintes, como as plintitas e outros materiais concrecionários. Pode também ajudar a esclarecer dúvidas pela presença de materiais transportados, como colúvios ou alúvios, além de indicar a intensidade de intemperismo, no caso de marcas de dissolução no quartzo.

Neste trabalho são apresentadas imagens de minerais nas frações areia e silte de solos coletados na IX RCC no Estado do Acre.

## MATERIAL E MÉTODOS

A fração areia foi separada durante o procedimento de análise granulométrica. Foi feita a dispersão da amostra de terra fina seca ao ar em agitador do tipo Wagner, utilizando-se a agitação lenta (50 rpm) por 16 horas, e como dispersante o NaOH 1 M. Foram usados 25 g de TFSA, acrescidos de 25 ml da solução do NaOH 1 M e 100 ml de água deionizada em garrafa de vidro. Não foi efetuado pré-tratamento anterior à dispersão. Após a agitação, a areia foi separada em peneira de 0,053 mm, através de lavagem em água corrente. As amostras foram então secas em estufa a 105°C e levadas para observação em lupa Zeiss com câmera digital acoplada. Foram tomadas imagens com magnificação de 20x, com luz branca. Não foram separadas as frações areias grossa e fina, pois, em algumas amostras havia muito pouco material disponível.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os perfis apresentam em sua maioria domínio do mineral quartzo na fração areia. Os grãos de quartzo se apresentam, em geral, desarestados e alguns são arredondados, indicando processo de transporte e abrasão. Minerais acessórios e nódulos ou concreções são também comuns a todos os solos e alguns minerais opacos não magnéticos estão presentes. Fragmentos de carvão são também comuns nos horizontes superficiais.

A seguir serão feitos destaques em cada perfil e as imagens estão nas figuras de 1 a 10.

O perfil AC - P01 apresenta grande uniformidade entre os horizontes, com predomínio de quartzo hialino e alguns grãos com recobrimento por óxidos de ferro. O mesmo padrão é observado no perfil AC - P02, sendo, porém observadas concreções ou nódulos ferruginosos a partir do Bw.

No perfil AC - P04 observam-se grãos de quartzo hialinos e concreções ou nódulos ferruginosos, que aumentam de quantidade em profundidade, a partir do Bt.

O perfil AC - P05 apresenta muito material orgânico particulado e fragmentos de carvão nos horizontes superficiais. Ocorrem ainda algumas concreções escuras (que podem ser de manganês) e outras mais claras. A partir do BA, essas concreções aumentam em quantidade. No horizonte C predomina material concrecionário, incluindo material aparentemente retrabalhado e de composição variada.

O perfil AC - P06 apresenta alguma similaridade com o AC - P 04, porém é menor a quantidade de concreções ou nódulos.

No perfil AC - P07 nota-se muito material orgânico particulado nos horizontes Ap e AB. O mineral quartzo é comum em todo o perfil na forma de areia fina. Na fração areia grossa observa-se concreções ou nódulos de dois tipos: o primeiro mais claro, possivelmente de carbonatos (BC1) e o segundo de cor bem escura (provavelmente manganês).

O perfil AC - P 08 possui quartzo e concreções escuras na areia fina do horizonte Ap. A partir do Bt1, a areia é predominantemente constituída de material concrecionário escuro, similar ao perfil AC - P07, além de algum material orgânico particulado.

No perfil AC - P09 predomina quartzo hialino na areia fina e concreções ou nódulos escuros, em quantidade menor, em todos os horizontes, mas comuns a partir do Bt1.

O perfil AC - P10 tem mineralogia bastante heterogênea, apresentando no Ap e AB concreções ou nódulos escuros, além de material orgânico particulado. A partir do Bt, predominam concreções ou nódulos avermelhados e amarelados, junto ao mineral quartzo na areia fina. Nota-se predomínio de material concrecionário de cor vermelha na fração areia do horizonte C.

O perfil AC - P 11 apresenta-se similar ao AC - P 10, com presença no Ap e AB de concreções ou nódulos escuros e com muito material orgânico particulado. A partir do Bt, passam também a dominar concreções ou nódulos vermelhos e amarelados.

## CONCLUSÕES

Os solos da IX RCC são bastante diversos em relação à mineralogia da fração areia, embora seja ainda comum a todas as amostras o predomínio de quartzo e concreções/nódulos.

Na sequência do estudo, será feito o detalhamento da mineralogia e da composição química da fração areia, para a melhor compreensão dos aspectos relacionados à gênese e à geoquímica dos solos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2ª ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. p. 212.

KLUTE, A. Methods of soil analysis. Part 1 – Physical and mineralogical methods. Second edition. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison. 1986. 1188 p.

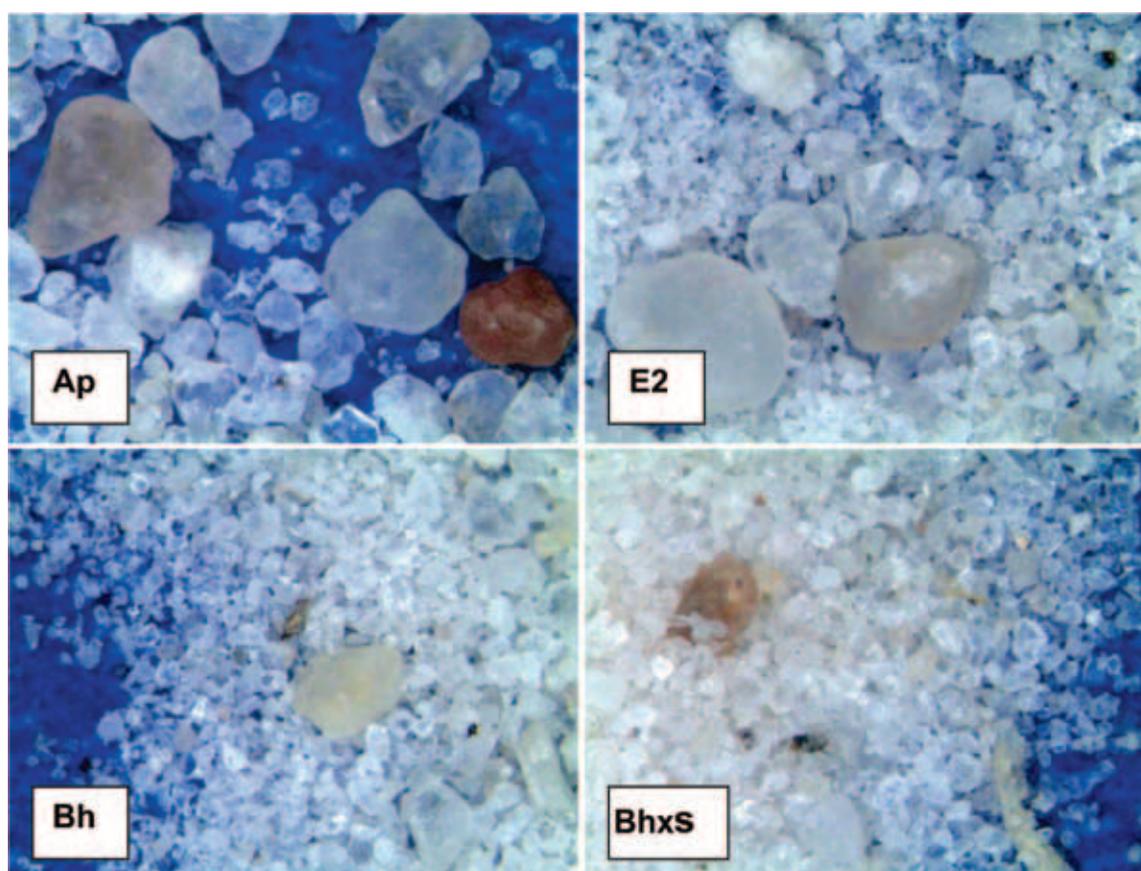


Figura 1. Imagens das areias separadas do perfil AC - P01. As imagens têm 4,1 mm de largura.

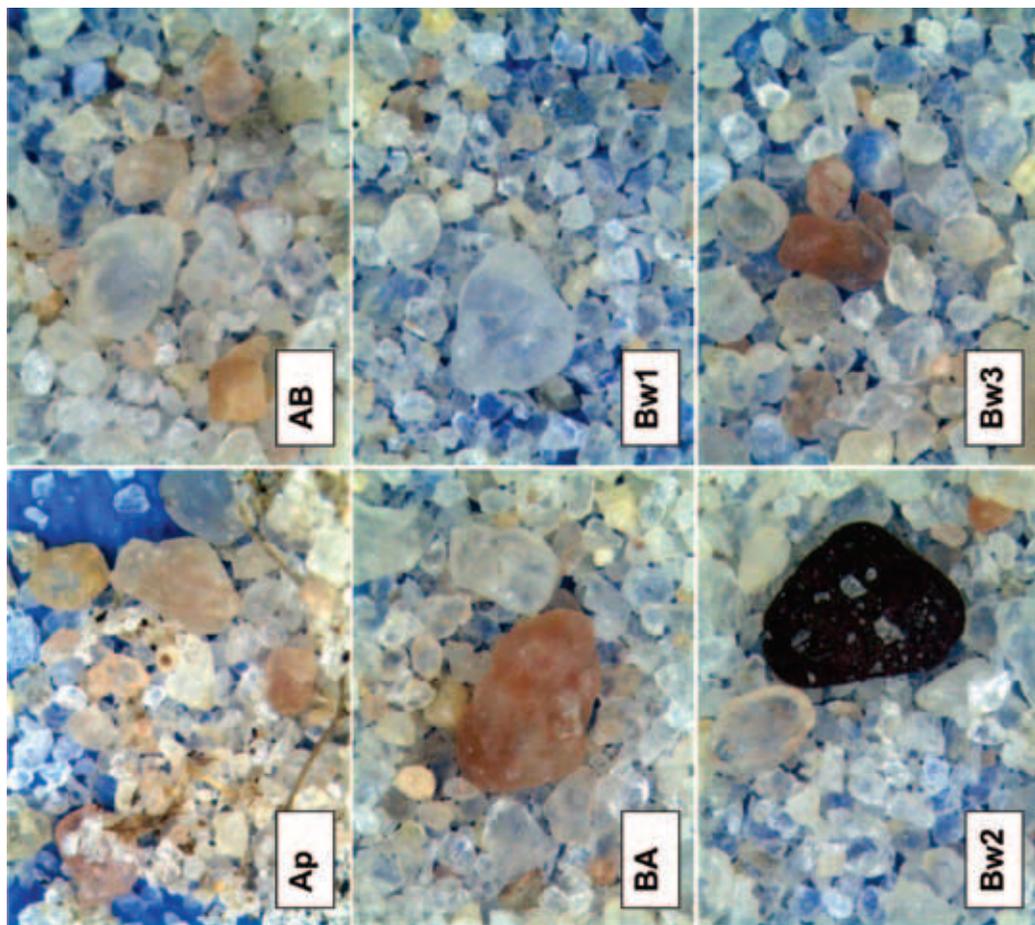


Figura 2. Imagens das areias separadas do perfil AC - P 02. As imagens têm 4,1 mm de largura.

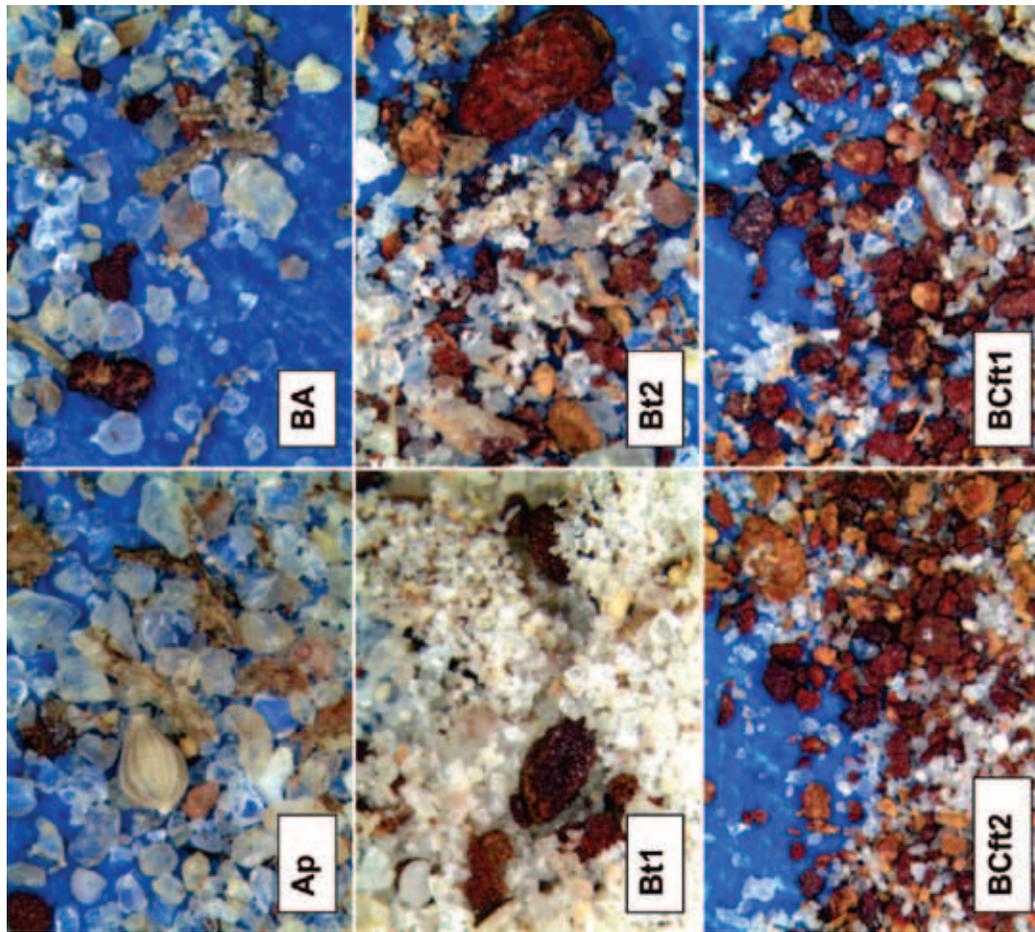


Figura 3. Imagens das areias separadas do perfil AC - P04. As imagens têm 4,1 mm de largura.

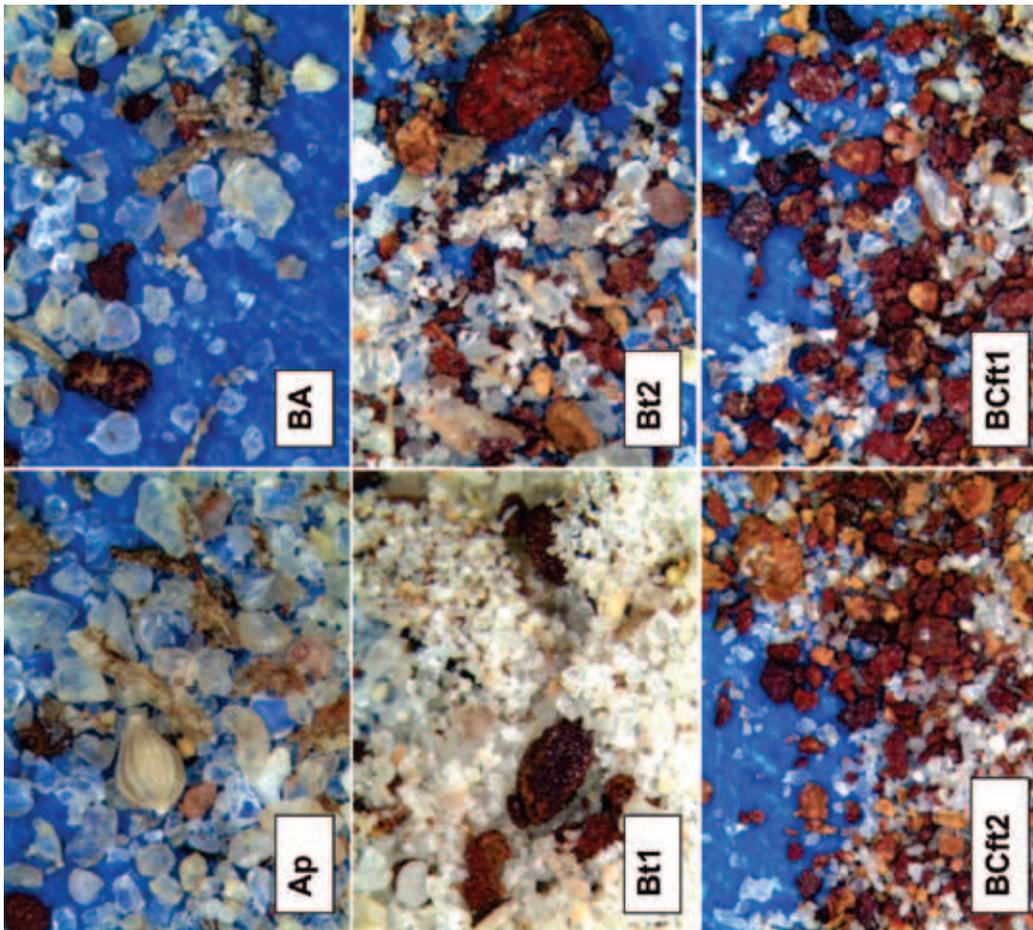


Figura 4. Imagens das areias separadas do perfil AC - P05. As imagens têm 4,1 mm de largura.

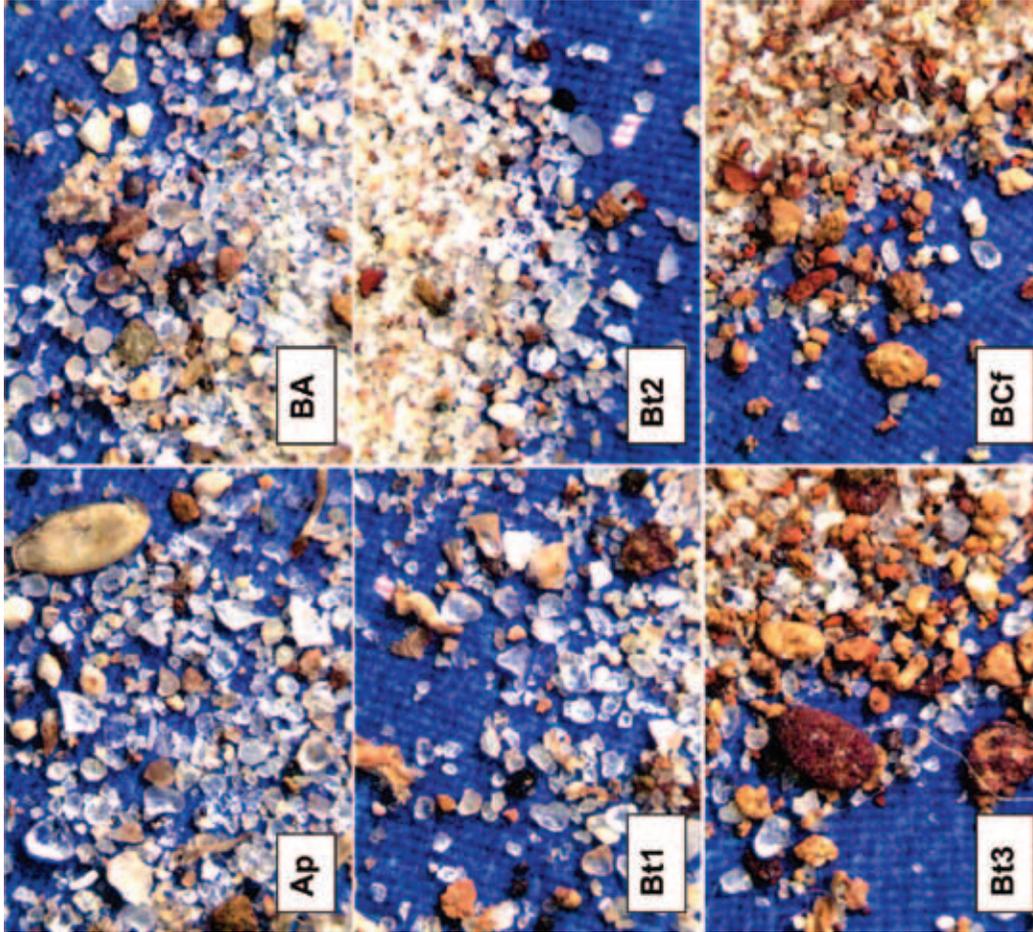


Figura 5. Imagens das areias separadas do perfil AC - P06. As imagens têm 4,1 mm de largura.

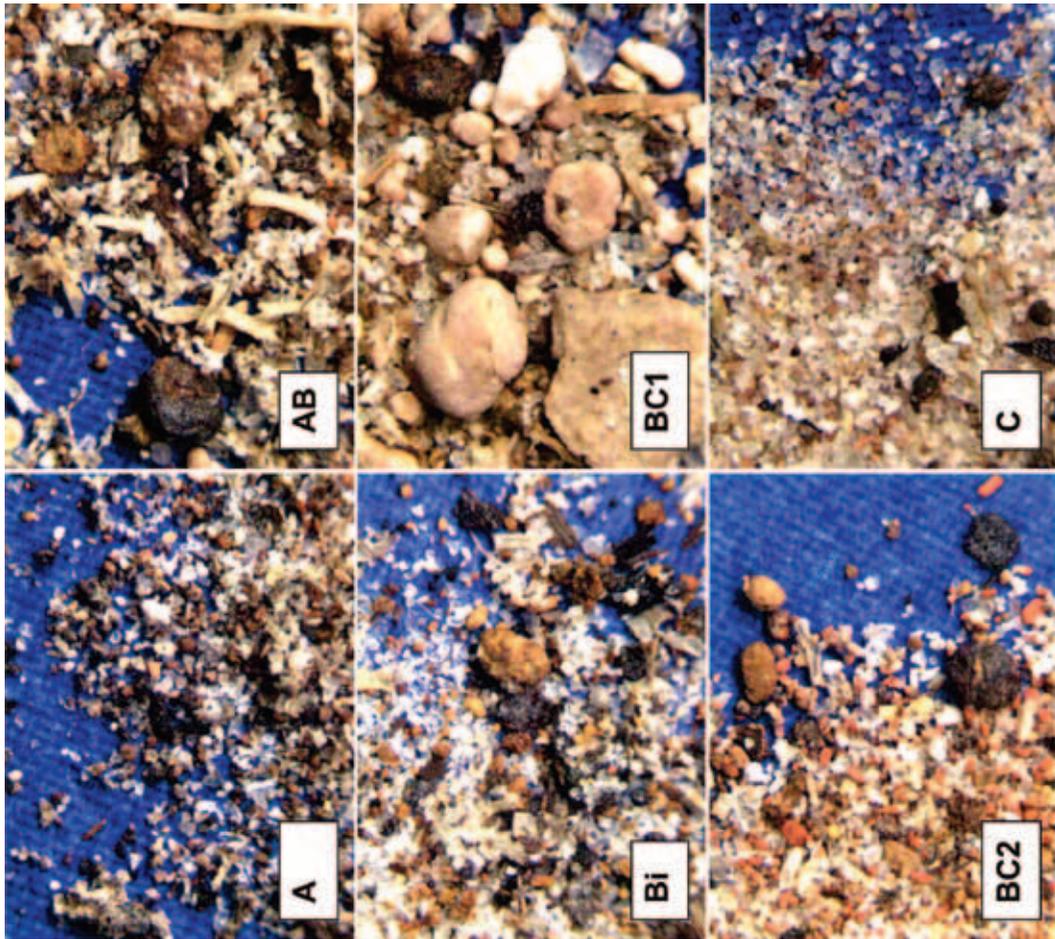


Figura 6. Imagens das areias separadas do perfil AC - P07. As imagens têm 4,1 mm de largura.

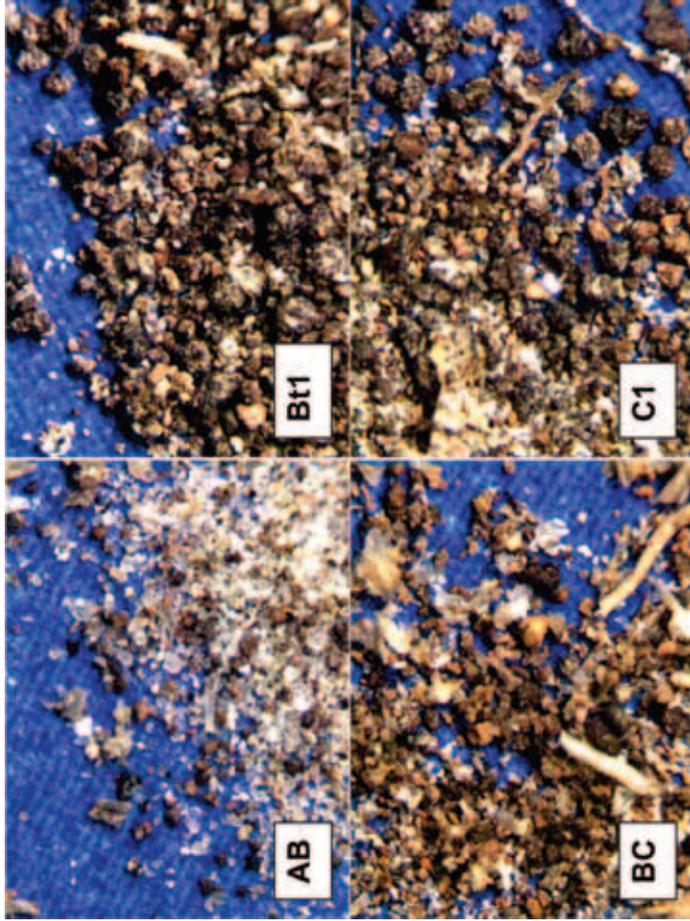


Figura 7. Imagens das areias separadas do perfil AC - P08. As imagens têm 4,1 mm de largura.

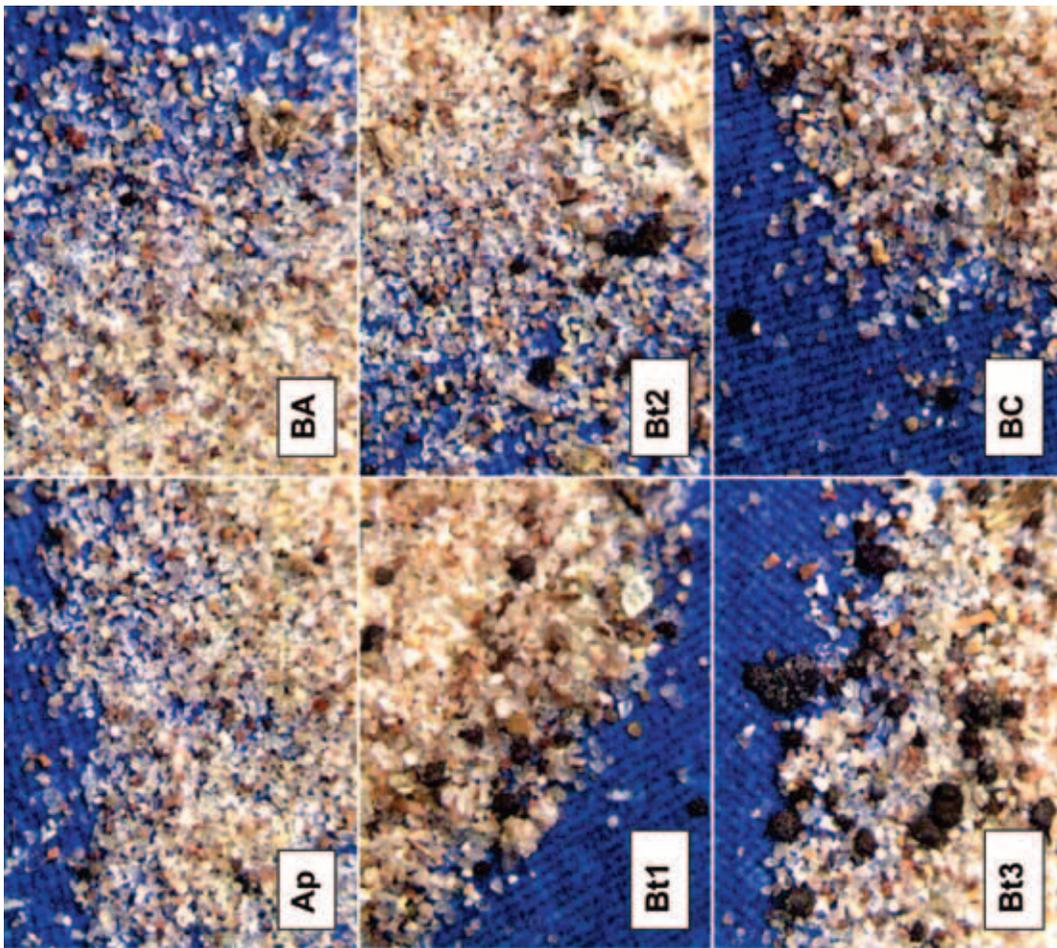


Figura 8. Imagens das areias separadas do perfil AC - P09. As imagens têm 4,1 mm de largura.

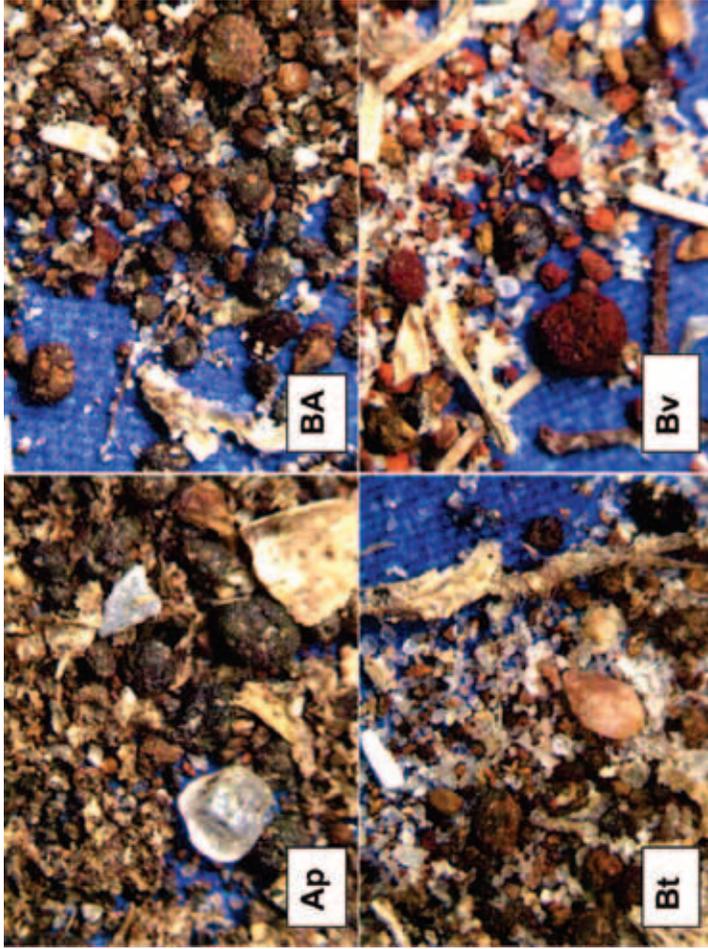


Figura 9. Imagens das areias separadas do perfil AC - P10. As imagens têm 4,1 mm de largura.

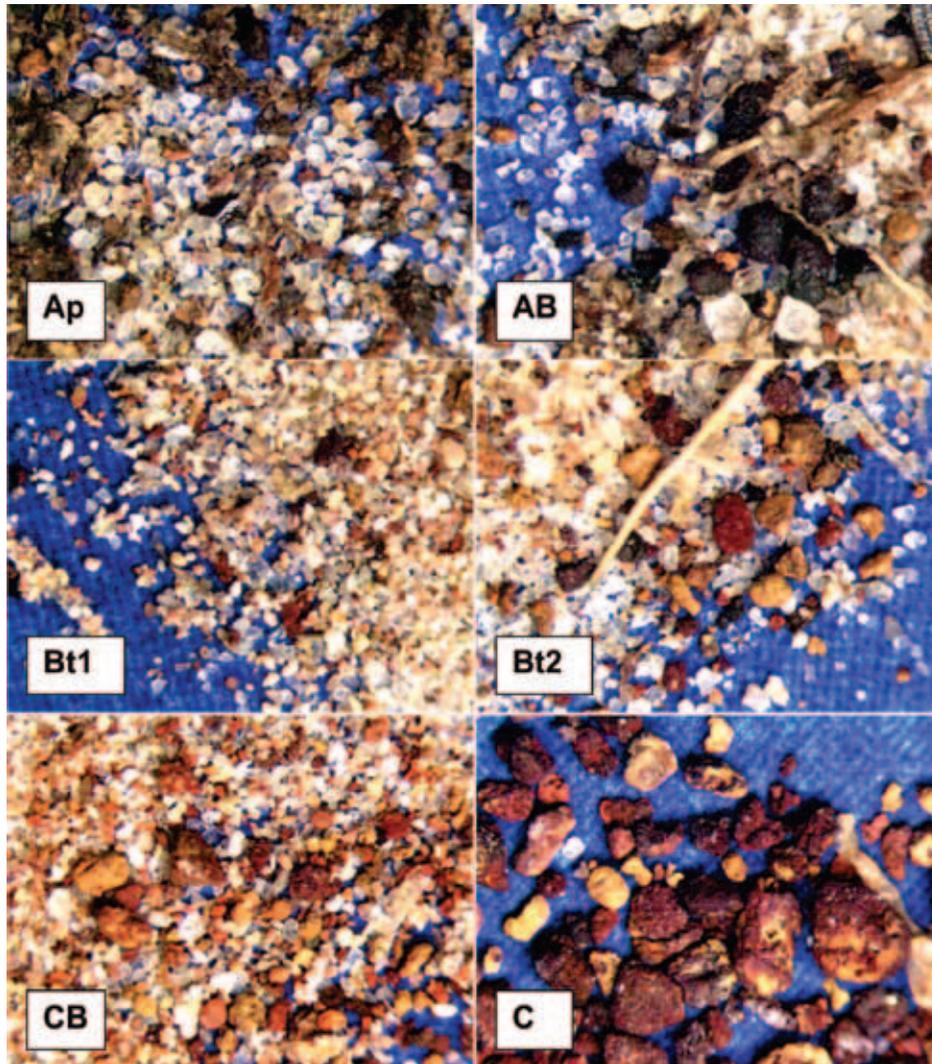


Figura 10. Imagens das areias separadas do perfil AC - P11. As imagens têm 4,1 mm de largura.

# CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS DA IX RCC - COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS SOIL TAXONOMY, WRB E SiBCS

Lúcia Helena Cunha dos Anjos<sup>(1)</sup> & Marcos Gervasio Pereira<sup>(1)</sup>

(1) Professor Associado, Departamento de Solos, UFRRJ, BR 465, km 7 Seropédica, RJ. 23890-000 lanjos@ufrj.br, gervasio@ufrj.br

## INTRODUÇÃO

Tendo em vista a localização geográfica do Estado do Acre e a frequente interação com outros países da América do Sul, a correspondência de classes de solo entre o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), os sistemas americano (Soil Taxonomy) e o World Reference Base for Soil Resources (WRB), torna-se ainda mais relevante que em outras regiões do Brasil.

Para tal, serão feitas algumas comparações entre os três sistemas taxonômicos, ressaltando os conceitos e atributos utilizados para diferenciar classes no 1º nível categórico.

O SiBCS (Embrapa, 2006) considera 6 níveis hierárquicos, a saber: ordem, subordem, grande grupo, subgrupo, família e série, estando os quatro primeiros níveis organizados em forma de chave taxonômica. Na estruturação do SiBCS, as ordens de solos são diferenciadas pela presença ou ausência de atributos, horizontes diagnósticos ou propriedades que são, preferencialmente, características passíveis de serem identificadas no campo e relacionadas ao ambiente e a materiais de origem, e que evidenciam processos pedogenéticos. Os atributos que indicam processos pedogenéticos secundários; condições especiais de material de origem, clima, classe de drenagem, grau de intemperismo, entre outros, que resultam em características morfológicas ou químicas e físicas distintas; e atributos de importância agrônômica; são usados nos níveis hierárquicos subseqüentes.

O Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999; 2010) é um sistema taxonômico, hierárquico, multicategórico, de abrangência internacional, incluindo mesmo os solos que têm pequena expressão geográfica nos Estados Unidos. Como no SiBCS, seu principal objetivo é agrupar solos em diferentes taxa, permitindo compreender a relação entre as classes de solos, fatores pedogenéticos e o comportamento dos solos. O Soil Taxonomy, ao contrário dos demais sistemas de classificação de solos, é essencialmente ascendente em sua origem, isto é, as classes foram agrupadas a partir do nível hierárquico de maior detalhe, as séries de solos.

Os atributos diferenciais no Soil Taxonomy são propriedades ou características do solo, observadas no campo ou inferidas a partir de outras propriedades, ou ainda, dados combinados de solo e áreas correlatas. Dados obtidos de análises químicas, físicas e outras medidas de laboratório são comumente usados para definir taxa, mesmo nos níveis hierárquicos mais elevados. Dados de mineralogia do solo são aplicados em níveis hierárquicos inferiores (família e série), obtidos diretamente ou inferidos a partir de informações de geologia e geomorfologia. Informações sobre temperatura e umidade do solo também são usadas para definir taxa; entretanto, devido à variação sazonal e dificuldades na medição dos mesmos, eles podem ser estimados a partir de informações da área de meteorologia. No nível de família, atributos específicos são definidos para determinadas ordens ou grupos de ordens, entre eles o regime de temperatura do solo, a classe textural, a reação química do solo e a mineralogia do solo. O nível de série, mais detalhado quanto à variação de atributos, é amplamente utilizado em classificações técnicas, inclusive para uso não agrícola, como obras de engenharia, saneamento, disposição de resíduos e outros, representando informação base para planejamento a nível municipal.

Ao contrário do SiBCS, que é de abrangência nacional, o atual sistema adotado pela FAO (World Reference Base for Soil Resources – WRB) (FAO, 2006) é um padrão de referência internacional para classificação e correlação de solos. Ele foi desenvolvido por um grupo de cientistas

colaboradores de vários países, coordenados pelo International Soil Reference and Information Centre (ISRIC), com o endosso da International Union of Soil Science (IUSS), e pela divisão de Land & Water Development da FAO. O WRB substitui o documento original - FAO Legend for the Soil Map of the World (1974) e a sua versão revisada em 1994.

O WRB é um sistema hierárquico baseado, principalmente, em atributos morfológicos do solo, os quais, se presume, expressam os efeitos da intensidade pedogenética. O WRB apresenta dois níveis categóricos. O primeiro é a base de referência e contém 32 Grupos de Solos de Referência. O segundo nível, equivalente ao subgrupo, é formado pela combinação de uma série de prefixos e sufixos que identificam atributos qualificadores (ou modificadores) e são adicionados aos grupos de solos de referência. Nesse sentido há certa similaridade com o sistema de classificação de solos francês. Como exemplos de denominação de algumas classes: Mollic Leptosol, Grumic Vertisol e Plinthic Ferralsol.

No nível hierárquico mais elevado, as classes no WRB são diferenciadas, principalmente, com base nos processos pedogenéticos dominantes, que resultaram em atributos marcantes nos solos. No segundo nível as classes se diferenciam em função de processos de formação secundários ou, em alguns casos, características do solo que têm efeito significativo no seu uso. O sistema não pretende ser utilizado em mapeamentos de solos semidetalhados ou detalhados. Portanto, muitos atributos importantes para interpretar o comportamento do solo, diante de manejos diversos, não são apresentados em detalhe suficiente nos dois níveis do WRB.

Uma distinção entre o WRB (2006) e outros sistemas taxonômicos foi o reconhecimento da influência de atividades humanas como fator de formação principal, assim definindo as classes Anthrosols e Technosols, que se diferenciam pela origem da atividade, se por uso agrícola intenso ou pela presença de artefatos, respectivamente. Essas classes são colocadas na chave de classificação logo após os solos com marcante influência de material orgânico, os Histosols.

Comparado ao Soil Taxonomy, o WRB tem maior número de classes no primeiro nível taxonômico. Ainda, as informações relativas a clima, material de origem, vegetação, profundidade do lençol freático ou classe de drenagem, e aspectos fisiográficos tais como: declividade, geomorfologia e erosão, não são consideradas como atributos diferenciais de classe ou como propriedades do solo, exceto quando elas influenciam a morfologia do solo. Os critérios diagnósticos, em geral, têm definições e conceitos semelhantes ou mesmo iguais aos adotados em outros sistemas, em especial: a legenda para o Mapa de Solos do Mundo, da FAO, o 'Soil Taxonomy', o 'Référentiel Pédologique', conceitos básicos da antiga classificação de solos da Rússia e os conceitos usados nas primeiras aproximações do sistema brasileiro de classificação, conforme apresentado nas legendas e relatórios de mapeamentos de solos. Assim, a correlação com sistemas nacionais e anteriores internacionais é direta sendo por isso possível migrar entre classes de solos.

Desta forma, neste trabalho serão comparadas as classificações dos solos estudados na IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos do estado do Acre (IX RCC), realizada no Estado do Acre, nos três sistemas taxonômicos, a saber: SiBCS, Soil Taxonomy e WRB.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados 11 perfis de solo, localizados no Estado do Acre e coletados ao longo da rodovia BR 364, no percurso que liga os municípios de Rio Branco e Cruzeiro do Sul. Os perfis foram selecionados de modo a representar solos desenvolvidos a partir de materiais da Formação Solimões em diferentes condições topográficas e ambientes do Acre. A área de estudo está circunscrita dentro de um quadrante delimitado pelas coordenadas 07°38'48''S e 72°48'00''W e 07°58'48''S e 72°59'24''W; 10°17'24''S e 67°45'36''W; 09°52'48''S e 67°28'48''W. Os perfis foram descritos segundo Santos et al. (2006) e as amostras de solos foram caracterizadas química e fisicamente nos laboratórios da Embrapa Solos segundo métodos de rotina em levantamentos de solos (Embrapa, 1997).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para fins de comparação geral entre as classes no nível de Ordem, na Tabela 1 são apresentadas equivalências aproximadas entre os sistemas de classificação SiBCS, WRB (FAO) e o Soil Taxonomy.

A comparação das classes de solos no nível hierárquico mais elevado (Tabela 1) mostra que o Soil Taxonomy possui 12 ordens, das quais, os Gelisols foram recentemente incorporados, e esta classe e os Aridisols não têm correspondente no SiBCS. Os Andisols não foram, até o presente, identificados em território brasileiro. A maior parte dos solos brasileiros tem correspondência, no nível de ordem, com as classes no Soil Taxonomy, em especial os Oxisols, Ultisols e Inceptisols. Entretanto, as definições dos horizontes diagnósticos para as classes citadas não são inteiramente coincidentes; portanto, apesar da maior parte dos Latossolos serem classificados no Soil Taxonomy como Oxisols, e dos Argissolos como Ultisols ou Alfisols, se diferenciando em função da saturação por bases, alguns destes solos podem ter correspondentes em outras ordens. Por outro lado as classes Gleissolos e Plintossolos do SiBCS não têm classe equivalente, no nível de ordem, no Soil Taxonomy, estando tais solos incluídos em várias outras ordens, nos níveis de subordem (ex.: Aquents para Gleissolos) ou grande grupo (Ex.: Plinthaquox para Plintossolos).

**Tabela 1.** Classes de solo e correspondência aproximada no primeiro nível nos sistemas SiBCS, WRB (FAO) e Soil Taxonomy.

SIBCS	WRB	Soil Taxonomy
Neossolos (Neossolos ----- (Neossolos Regolíticos) (Neossolos Litólicos) (Neossolos Flúvicos)	Arenosols  Regosols Leptosols Fluvisols	Entisols (Quartzipsamments)  (Psamments) (Lithic...Orthents, Lithic...Psamments) (Fluvents)
Vertissolos	Vertisols	Vertisols
Cambissolos	Cambisols	Inceptisols
Chernossolos	Chernozems Kastanozems Phaeozems	----- Molisols (apenas os Ta) -----
Luvissolos	Luvissols	Alfisols, Aridisols (Argids)
Argissolos	Acrisols Lixisols Alisols	Ultisols Oxisols (Kandic)
Latossolos	Ferralsols	Oxisols
Espodossolos	Podzols	Spodosols
Planossolos (Planossolos Nátricos) (Planossolos Hápicos)	Planosols Solonetz  Planosols	Alfisols Natr (ust-ud) alf  Albaquults, Albaqualfs, Plinthaqu (alf-ept-ox-ult)
Plintossolos	Plinthosols	Subgrupos Plinthic (várias classes de Oxisols, Ultisols, Alfisols, Entisols, Inceptisols)
Gleissolos (Gleissolos Sálicos)	Gleysols Solonchaks	Entisols (Aqu-alf-and-ent-ept-) Aridisols, Entisols (Aqu-sulfa-hydra-salic)
Organossolos	Histosols	Histosols
Nitossolos	Nitisols  Lixisols Alisols Cryosols Anthrosols	Ultisols, Oxisols (Kandic), Alfisols    Gelisols -----
Não classificados no Brasil	Technosols <sup>1</sup> Andosols Umbrisols Gypsisols Durisols Calcisols Albeluvisols	----- Andisols ----- Vários Subgrupos de Aridisols Vários Grandes Grupos Dura de Alfisols, Andisols, Aridisols, Inceptisols, etc. Vários Subgrupos de Vertisols, Molisols, Inceptisols, Alfisols (várias classes Alb-alb-gloss...)

<sup>1</sup> Inclui parcialmente os solos identificados como Terra Preta do Índio.

Algumas classes do SiBCS apresentam estreita relação com classes do WRB, como os Plintossolos; outras foram ‘emprestadas’ da FAO para o SiBCS, como os Nitossolos (Nitisols no WRB), sendo feitas modificações na conceituação e características diagnósticas. Já os Ferralsols, do WRB têm forte contribuição de conceito dos Latossolos, do sistema brasileiro, e da definição dos Oxisols, do Soil Taxonomy. Várias classes do primeiro nível no WRB são discriminadas no SiBCS no nível de subordem, como exemplos: Fluvisols - Neossolos Flúvicos, Solonchacks - Gleissolos Sálícos e Solonetz - Planossolos Nátricos. Outras classes não foram, até o momento, identificadas em território brasileiro (como exemplos os Andossols e Gypsisols).

Na Tabela 2 são apresentadas as classificações dos perfis da IX RCC, no Estado do Acre, pelos três sistemas taxonômicos.

**Tabela 2.** Classificação dos solos da IX RCC nos sistemas SiBCS, WRB e Soil Taxonomy.

Perfil	SiBCS <sup>1</sup>	WRB <sup>2</sup>	Soil Taxonomy <sup>3</sup>
AC-P01	Espodossolo Humilúvico Órtico	Hyperalbic Podzol	Typic Haplohumod
AC-P02	Latossolo Amarelo Distrófico	Haplic Ferralsol (Alumic, Xanthic)	Xanthic Hapludox
AC-P04	Argissolo Vermelho Alítico plinthico	Plinthic Acrisol (Alumic, Clayic)	Plinthic Paleudult
AC-P05	Argissolo Vermelho Alítico	Hyperallic Alisol (Clayic, Chromic)	Typic Paleudult
AC-P06	Argissolo Vermelho Alítico	Hyperallic Alisol (Clayic, Rhodic)	Rhodic Paleudult
AC-P07	Vertissolo (?) Háplico Carbonático chernossólico	Mollic Calcic Vertisol (Hypereutric)	Typic Hapludert
AC-P08	Luvissolo Crômico Pálico	Vertic (?) Luvisol (Hypereutric)	Typic Hapludalf or Vertic Hapludalf
AC-P09	Argissolo Vermelho-Amarelo Alítico	Hyperallic Alisol (Chromic)	Typic Hapludult
AC-P10	Luvissolo (?) Crômico Órtico abruptico	Hyperallic Alisol (Abruptic, Clayic, Chromic)	Typic Hapludult
AC-P11	Vertissolo Háplico Órtico ou Luvissolo Cromico Palico	Gleyic Vertisol (Epieutric)	Chromic Dystrudert
AC-P13	Plintossolo Háplico ou Argissolo (?)	Haplic Plinthosol (Abruptic, Alumic, Clayic)	Typic Plinthudult (grande grupo indiviso)

1 Os sinais de interrogação nas classes dependem de dados analíticos ainda não avaliados.

2 No WRB, a classe de solo de referência é indicada pela palavra terminada em -sol, antecedida de um ou mais prefixos, que indicam o segundo nível categórico e seguida (entre parênteses) de sufixos indicativos de outros atributos relevantes, em nível inferior.

3 No Soil Taxonomy a ordem de solo é indicada pelo sufixo da segunda palavra (ex. od = Spodosol) ao qual se somam prefixos indicativos de subordem (+ hum) e grande grupo (+ Haplo), antecedidos do primeiro prefixo (Typic) indicativo do subgrupo.

Dentre os perfis da IX RCCA a melhor equivalência entre as classes ocorreu para o AC-P01, classificado como Espodossolo, Podzol e Spodosol, respectivamente no SiBCS, WRB e Soil Taxonomy. O mesmo para o perfil AC-P02, classificado como Latossolo, Ferralsol e Oxisol. Nos perfis AC-P06 e AC-P11, embora também haja coincidência no nível de ordem, pois foram preliminarmente classificados como Vertissolo (Vertisol no WRB e Soil Taxonomy), nos demais níveis, atributos relevantes para o manejo destes solos no Brasil não foram destacados no Soil Taxonomy (em especial no AC-P07).

Já entre os perfis classificados como Argissolos ou Luvissolos no SiBCS, há grande variação nas classes correspondentes no WRB e no Soil Taxonomy. Onde, em geral, o WRB permite melhor distinção de atributos relevantes para o uso dos solos em comparação ao Soil Taxonomy. Esta diferença é esperada, pela própria estruturação dos dois sistemas, onde os atributos de maior

relevância para o uso ou vulnerabilidade ou aspectos geotécnicos são colocados como diagnósticos no Soil Taxonomy nas classes nos níveis hierárquicos de família e série.

Contraste maior de classes é observado para o perfil AC-P13, o qual no SiBCS e no WRB é classificado preliminarmente como Plintossolo (Plinthosol) enquanto no Soil Taxonomy a presença de plinthita só é considerada no terceiro nível, ou seja no grupo Plinthic e a ordem de solo não se diferencia dos perfis AC-P04, AC-P05, AC-P06, AC-P09 OU AC-P10, ou seja todos são Ultisols. Ainda, no Soil Taxonomy o grande grupo Plinthudult é indiviso, isto é, há apenas um subgrupo o Typic.

Nos solos classificados como Argissolos com caráter alítico, apenas o WRB destacou este atributo diagnóstico em algum nível. No Soil Taxonomy não foi possível fazer esta distinção, mesmo no nível de subgrupo.

## CONCLUSÕES

A classificação dos perfis da IX RCC pode ser comparada, para fins de transferência de informações e comunicação com outros países da América do Sul, através de sua classe correspondente utilizando o WRB.

O Soil Taxonomy, em geral, não foi capaz de discriminar, até o nível de subgrupo, atributos relevantes para avaliação da potencialidade ou vulnerabilidade dos solos da IX RCC.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997, 212p.

EMBRAPA. CNPS. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. 2ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006, 306p.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Survey Division. Soil Conservation Service. Soil Survey Staff. Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for marking and interpreting soil surveys. Washington. 1999. 754p. (USDA, Agriculture Handbook 436).

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Keys to soil taxonomy. 11 edition. Washington, D.C., 2010. 338p.

FAO. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. 2nd edition. World Soil Resource Report No. 103.FAO. Rome. 2006.128p.

SANTOS, R. D. dos; LEMOS, R. C. de; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5.ed. rev. e ampl. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: UFV; [Rio de Janeiro]: Embrapa Solos: UFRRJ, 2005. 92 p

# **AVALIAÇÃO DA APTIDÃO DAS TERRAS ESTUDADAS NA IX RCC - ACRE**

**Antonio Ramalho Filho<sup>(1)</sup>; Enio Fraga da Silva<sup>(2)</sup>**

(1) Pesquisador aposentado da Embrapa Solos (Consultor), Tel. ++55(21)25439273/99799804; aramalho@gmail.com, (2) Pesquisador da Embrapa Solos. Rua Jardim Botânico, 1024. Jardim Botânico. CEP 22460-000 - Rio de Janeiro, RJ; enio@cnpes.embrapa.br

## **INTRODUÇÃO**

A avaliação da aptidão agrícola das terras é um dos temas de discussão durante a realização da IX RCC, que inclui solos no Estado do Acre. Basicamente, essa avaliação consiste em classificar as terras em seis grupos de aptidão, baseados na interpretação das características do solo e considerando práticas agrícolas em três níveis de manejo tecnológico: baixo, médio e alto – chamados de Nível de Manejo A, Nível de Manejo B, Nível de Manejo C. Essa interpretação visa diagnosticar o comportamento dos solos em três níveis operacionais considerando planejamento de uso das terras em condições de sequeiro. As condições de uso das terras são avaliadas não só para lavouras como também para pastos e silvicultura, conforme o ‘Sistema de Avaliação da Aptidão agrícola das Terras (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foi avaliada a aptidão agrícola das terras a partir dos dados de 11 perfis de solo, no Estado do Acre, situados ao longo da rodovia BR 364, no percurso que liga os municípios de Cruzeiro do Sul e Rio Branco.

Os perfis de solo foram classificados de acordo com o Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995), considerando os três níveis de manejo. O nível de manejo A (pouco tecnificado ou rudimentar) é baseado em práticas agrícolas que refletem um baixo nível técnico-cultural. No nível B (medianamente tecnificado), as práticas de manejo estão condicionadas a um nível razoável de conhecimento técnico. Há modesta aplicação de capital e utilização de resultados de pesquisa para a manutenção e melhoramento das condições agrícolas das terras e das lavouras. As práticas de manejo neste nível de manejo incluem calagem e adubação, tratamentos fitossanitários simples, mecanização com base, principalmente, na tração animal ou na tração motorizada, apenas para desbravamento e preparo inicial do solo.

As práticas agrícolas no nível C de manejo estão condicionadas a um alto nível de conhecimento tecnológico. Caracterizam-se pela aplicação intensiva de capital para a manutenção e melhoramento das condições das terras e das lavouras. As práticas de manejo são conduzidas com auxílio de maquinário agrícola e dispõem conhecimento técnico operacional capaz de elevar a capacidade produtiva. Incluem-se, nas práticas de manejo, trabalhos intensivos de drenagem, medidas de controle de erosão, tratamentos fitossanitários, plantio direto com rotação de culturas com sementes melhoradas, calagem e fertilizantes, em nível econômico indicado através das pesquisas e mecanização adequada.

Conforme preceitua o método citado, são admitidos 6 grupos de aptidão para avaliar as condições agrícolas de cada unidade de mapeamento do solo e distribuí-las nas classes Boa, Regular, Restrita e Inapta com indicação para diferentes tipos gerais de uso, devendo as terras inaptas ser indicadas para preservação da flora e da fauna, ou outra atividade não agrônômica. Em outras palavras, as terras consideradas inaptas para lavoura são analisadas de acordo com os fatores básicos limitantes e classificadas segundo sua aptidão para usos menos intensos.

Os grupos 1, 2 e 3 identificam terras cujo tipo de uso mais intensivo é a lavoura. O grupo 4 é constituído de terras em que o tipo de uso é a pastagem plantada, enquanto que o grupo 5 engloba subgrupos que identificam terras nas quais os tipos mais intensivos são silvicultura e/ou pastagem natural. O grupo 6 refere-se a terras inaptas para quaisquer tipos de utilizações mencionadas, a não ser em casos especiais (Tabela 1).

**Tabela 1.** Simbologia correspondente às classes de aptidão agrícola das terras.

Grupo de Aptidão	Tipo de utilização					
	Lavoura			Pasto plantado	Silvicultura	Pasto natural
	Nível de manejo			Nível de manejo B	Nível de manejo B	Nível de manejo A
Classe de aptidão agrícola	A	B	C			
Boa	A	B	C	P	S	N
Regular	a	b	c	p	s	N
Restrita	(a)	(b)	(c)	(p)	(s)	(n)
Inapta	-	-	-	-	-	-

Fonte: (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995)

As classes expressam a aptidão agrícola das terras para um determinado tipo de utilização, quais sejam: lavouras, pastagem plantada, silvicultura e pastagem natural. As classes de aptidão foram definidas como Boa, Regular, Restrita e Inapta.

### Classe Boa

Terras sem limitações significativas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando condições do manejo considerado. Há um mínimo de restrições que não reduz a produtividade ou benefícios expressivamente e não aumenta os insumos acima de um nível aceitável.

### Classe Regular

Terras que apresentam limitações moderadas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando as condições de manejo considerado. As limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, elevando a necessidade de insumos, de forma a aumentar as vantagens globais a serem obtidas do uso. Ainda que atrativas estas vantagens são sensivelmente inferiores àquelas auferidas das terras da classe boa.

### Classe Restrita

Terras que apresentam limitações fortes para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando as condições do manejo considerado. Essas limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, ou então aumentam os insumos necessários, de tal maneira, que os custos só seriam justificados marginalmente.

### Classe Inapta

Terras apresentando condições que parecem excluir a produção sustentada do tipo de utilização em questão.

A classe de aptidão agrícola das terras, de acordo com os níveis de manejo, é definida em função do grau limitativo mais forte, referente a qualquer um dos fatores que influenciam a sua utilização agrícola: deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água, susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.

As classes são representadas por letras A, B e C que expressam a aptidão das terras para lavouras e P, N e S, que se referem à Pastagem plantada, Pastagem natural e Silvicultura, respectivamente. Essas letras podem ser maiúsculas, minúsculas ou minúsculas entre parênteses,

conforme a classe de aptidão seja Boa, Regular ou Restrita. A classe Inapta não é representada por símbolos. Sua interpretação é feita pela ausência das letras no tipo de utilização.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das características mais relevantes dos solos estudados durante a Nona Reunião de Classificação e Correlação de Solos – IXRCC são apresentados comentários sobre o seu potencial e o aproveitamento agrícola mais indicado. Esses comentários são pontos que ensejam discussão durante a excursão técnica para a avaliação final de cada solo.

A Tabela 2 exemplifica como a informação de solo será organizada e a partir de um conjunto de regras definido com critérios pré-estabelecidos é apresentada à avaliação da aptidão das terras em diferentes classes por nível de manejo com base no método usado (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995)

As características fisiográficas da região, basicamente o clima úmido e a formação Solimões, nos perfis estudados após a cidade de Cruzeiro do Sul (aproximadamente 200 km) até a cidade de Sena Madureira, confere aos solos (Cambissolos, Luvisolos e Vertissolos) alta fertilidade (solos eutróficos e hipereutróficos) propiciando alto potencial agrícola, sendo restringidos apenas quando há ocorrência de relevo forte ondulado e caráter plíntico. Na região de Cruzeiro do Sul e de Sena Madureira até Rio Branco prevalecem solos com argila de atividade baixa, predominantemente distróficos em relevo suavizado. Neste trecho há deficiência de fertilidade, porém, corrigível com as práticas preconizadas nos níveis de manejo B e C.

As considerações aqui apresentadas baseiam-se em dados das descrições dos perfis dos solos e observações locais, que serão complementadas com contribuições dos participantes da IX RCC-Acre.

Relação dos perfis de solos examinados

### PERFIL: AC-P01

ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico espessarênico fragipânico textura arenosa/média A fraco fase Fl trop. subperenifólia (Fl. ombrófila aberta com palmeiras) relevo plano e suave ondulado

- Este solo foi classificado como Grupo 6 – sem aptidão agrícola – Inapto para culturas nos níveis de manejo A, B e C. Indicados para preservação da Fauna e da Flora.

- Principais fatores de limitação:

Nível de manejo A: Fertilidade e Deficiência Hídrica

Nível de manejo B: Fertilidade, Deficiência Hídrica e Mecanização

Nível de manejo C: Fertilidade, Deficiência Hídrica e Mecanização

### PERFIL: AC-P02

LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico textura média A moderado fase Fl. ombrófila aberta com palmeiras relevo suave ondulado

- Foi classificado como Grupo 1(a)bc – Classe de aptidão Boa para culturas no nível de Manejo C, Regular no nível de manejo B e restrita no nível de manejo A.

- Principais fatores de limitação:

Nível de manejo A: Fertilidade

Nível de manejo B: Sem limitações

Nível de manejo C: Sem limitação

### PERFIL: AC-P04

ARGISSOLO VERMELHO Alítico plíntico textura média/argilosa A moderado fase Fl. om-

brófila aberta com palmeiras relevo ondulado

- Este solo foi classificado como Grupo 2(a)bc – aptidão agrícola Regular para culturas nos níveis de manejo B e C e Restrita no nível de manejo A.

- Principais fatores de limitação:

Nível de manejo A: Fertilidade e Erosão

Nível de manejo B: Fertilidade, Erosão e Mecanização

Nível de manejo C: Fertilidade, Erosão e Mecanização

#### **PERFIL: AC-P05**

ARGISSOLO VERMELHO Alítico textura média/argilosa A moderado fase Fl trop. subperenifólia (Fl. ombrófila aberta com palmeiras) relevo Forte ondulado e ondulado

- Este solo foi classificado como Grupo 5s – Aptidão agrícola Regular para Silvicultura sob relevo forte ondulado e aptidão e Grupo 2(a)bc – aptidão agrícola Regular para culturas nos níveis de manejo B e C e Restrita no nível de manejo A, sob relevo ondulado.

- Principais fatores de limitação:

Nível de manejo A: Fertilidade, Erosão e Mecanização

Nível de manejo B: Fertilidade, Erosão e Mecanização

Nível de manejo C: Fertilidade, Erosão e Mecanização

#### **PERFIL: AC-P06**

ARGISSOLO VERMELHO Alítico textura média/argilosa A moderado fase Fl trop. subperenifólia (Fl. ombrófila aberta com palmeiras) relevo Forte ondulado

- Este solo foi classificado como Grupo 5s – Aptidão agrícola Regular para Silvicultura.

- Principais fatores de limitação:

Nível de manejo A: Fertilidade, Erosão e Mecanização

Nível de manejo B: Fertilidade, Erosão e Mecanização

Nível de manejo C: Fertilidade, Erosão e Mecanização

#### **PERFIL: AC-P07**

CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico carbonático vertissólico textura argilosa /muito argilosa A moderado fase Fl trop. subperenifólia (Fl. ombrófila aberta) relevo Forte ondulado

- Este solo foi classificado como Grupo 5s – Aptidão agrícola Regular para Silvicultura.

- Principais fatores de limitação:

Nível de manejo A: Erosão e Mecanização

Nível de manejo B: Erosão e Mecanização

Nível de manejo C: Erosão e Mecanização

#### **PERFIL: AC-P08**

LUVISSOLO CRÔMICO Pálico vertissólico textura argilosa A moderado fase Fl trop. subperenifólia (Fl. ombrófila aberta com palmeiras) relevo Ondulado e Forte ondulado

- Foi classificado como Grupo 2ab – aptidão agrícola regular para culturas nos níveis de manejo A e B sob relevo ondulado e Grupo 5s – Aptidão agrícola Regular para Silvicultura sob relevo forte ondulado.

- Principais fatores de limitação:

Nível de manejo A: Erosão, Deficiência Hídrica, Excesso de água e Mecanização

Nível de manejo B: Erosão, Deficiência Hídrica, Excesso de água e Mecanização

Nível de manejo C: Erosão, Deficiência Hídrica, Excesso de água e Mecanização

#### **PERFIL: AC-P09**

ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Alítico típico textura média/argilosa A moderado fase

Fl trop. subperenifolia (Fl. ombrófila aberta com palmeiras) relevo Forte ondulado e ondulado  
- Este solo foi classificado como Grupo 5s – Aptidão agrícola Regular para Silvicultura sob relevo forte ondulado e aptidão e Grupo 2(a)bc – aptidão agrícola Regular para culturas nos níveis de manejo B e C e Restrita no nível de manejo A, sob relevo ondulado.

- Principais fatores de limitação:

Nível de manejo A: Fertilidade, Erosão e Mecanização

Nível de manejo B: Fertilidade, Erosão e Mecanização

Nível de manejo C: Fertilidade, Erosão e Mecanização

#### **PERFIL: AC-P10**

LUVISSOLO (?) CRÔMICO Órtico abruptico textura média/muito argilosa A moderado fase Fl trop. subperenifolia (Fl. ombrófila aberta) relevo suave ondulado e ondulado

- Este solo foi classificado como Grupo 1aBC – Classe de aptidão Boa para culturas nos níveis de Manejo B e C e Regular no nível de manejo A sob relevo suave ondulado e Grupo 1aBc – Classe de aptidão Boa para culturas no nível de Manejo B e Regular nos níveis de manejo A e C, sob relevo ondulado.

- Principais fatores de limitação:

Nível de manejo A: Fertilidade, Erosão e Mecanização

Nível de manejo B: Fertilidade, Erosão e Mecanização

Nível de manejo C: Fertilidade, Erosão e Mecanização

#### **PERFIL: AC-P11**

VERTISSOLO (?) HÁPLICO Órtico luvisólico (?) ou LUVISSOLO (?) CROMICO Palico vertissolico (?) textura argilosa/muito argilosa A moderado fase Fl trop. subperenifolia (Fl. ombrófila aberta com bambu e palmeiras ) relevo suave ondulado e ondulado

- O Vertissolo foi classificado como Grupo 4p – aptidão regular para pastagem plantada, enquanto o Luvisolo foi classificado como Grupo 2abc – Classe de aptidão Regular para culturas nos níveis de Manejo A, B e C sob relevo suave ondulado e ondulado.

- Principais fatores de limitação:

Nível de manejo A: Fertilidade, Deficiência Hídrica, Excesso de água e Mecanização

Nível de manejo B: Deficiência Hídrica, Excesso de água e Mecanização

Nível de manejo C: Deficiência Hídrica, Excesso de água e Mecanização

#### **PERFIL: AC-P13**

ARGISSOLO ACINZENTADO Alítico (?) textura argilosa/muito argilosa A moderado fase Floresta tropical subperenifolia (Floresta ombrófila aberta com palmeiras) relevo suave ondulado

- Este solo foi classificado como Grupo 2(a)b(c) – aptidão agrícola Regular para culturas no nível de manejo B e Restrita nos níveis de manejo A e C.

- Principais fatores de limitação:

Nível de manejo A: Fertilidade e Excesso de água

Nível de manejo B: Fertilidade, Excesso de água e Mecanização

Nível de manejo C: Fertilidade, Excesso de água e Mecanização

## **CONCLUSÕES**

A classificação da Aptidão Agrícola dos perfis da IX RCC mostrou que o relevo foi o principal diferenciador da aptidão dos solos. Os solos sob relevo forte ondulado apresentavam aptidão do Grupo 6 ou 5s, enquanto os solos em relevo suave ondulado e ondulado apresentavam aptidão do Grupo 1 ou 2.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1995. 65p.

Tabela 2. Avaliação preliminar da aptidão agrícola das terras e principais limitações.\*

PERFIL	CLASSIFICAÇÃO	TEXTURA	RELEVO	VEGETAÇÃO	CLIM A	Principais Limitações				APTIDÃO
						Nível de Manejo			O	
						A	B	C		
AC-P01	ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico espessarenhico fragipânico	areia/média	Plano e suave-ondulado	Fl. trop. subperenifolia (Fl. ombrófila aberta com palmeiras)	Am	F, h,	F, h, m	F, h, M	6	
AC-P02	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico	média	suave-ondulado	Fl. ombrófila aberta com palmeiras	Am	F	f1	f2	1(a)bc	
AC-P04	ARGISSOLO VERME LHO Alítico plintico	média/argilosa	ondulado	Fl. ombrófila aberta com palmeiras	Am	F, e	f1, e, m	f2, e, m	2(a)bc	
AC-P05	ARGISSOLO VERMELHO Alítico	média/ argilosa	Forte ondulado e ondulado	Fl trop. subperenifolia (Fl. ombrófila fechada com palmeiras)	Am	F, E, M F, e	f1, E, M f1, e, m	f2, E, M f2, e, m	5s 2(a)bc	
AC-P06	ARGISSOLO VERMELHO Alítico	média/ argilosa	Forte ondulado	Fl trop. subperenifolia (Fl. ombrófila aberta com palmeiras)	Am	F, E, M M	f1, E, M	f2, E, M	5s	
AC-P07	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico carbonático vertissólico	argilosa /muito argilosa	Forte ondulado	Fl trop. subperenifolia (Fl. ombrófila aberta)	Am	E, M	E, M	E, M	5s	
AC-P08	LUVISSOLO CRÔMICO Palico vertissólico?	argilosa	Ondulado e Forte ondulado	Fl trop. subperenifolia (Fl. ombrófila aberta com palmeiras)	Am	e, h, o, m E, h, o, M	e, h, o, M E, h, o, M	e, h, o, M E, h, o, M	2ab 5s	
AC-P09	ARGISSOLO VERMELHO - AMARELO Alítico típico	média/ argilosa	Forte ondulado e ondulado	Fl trop. subperenifolia (Fl. ombrófila aberta com palmeiras)	Am	F, E, M F, e, m	f1, E, M f1, e, m	f2, E, M f2, e, m	5s 2(a)bc	
AC-P10	LUVISSOLO (?) CRÔMICO Órtico abruptico	média/ muito argilosa	suave ondulado e ondulado	Fl trop. subperenifolia (Fl. ombrófila aberta)	Am	f, f, e, m	f1, e, m	f2, e, f2, e, m 1aBc	1aBc 1aBc	
AC-P11	VERTISSOLO HÁPLICO Órtico luvisólico ? ou LUVISSOLO CROMICO Palico vertissólico ?	argilosa/muito argilosa	suave ondulado e ondulado	Fl trop. subperenifolia (Fl. ombrófila aberta com bambu e palmeiras )	Am	f, h, o f, h, o f, h, o f, h, o	h, o, m h, O, m h, o, m	h, o, M h, O, M h, o h, o, m	4p 4p 2abc 2abc	
AC-P13	ARGISSOLO ACINZENTADO Alítico?	Argilosa /muito argilosa	suave ondulado	Fl trop. subperenifolia (Fl. ombrófila aberta com palmeiras)	Am	F, o	f1, o1, m	f2, o2, m	2(a)b(c)	

Notas: Principais limitações: F – deficiência de fertilidade; H – deficiência de água; O – deficiência de oxigênio; M – impedimentos à mecanização; e E – suscetibilidade à erosão. Letra maiúscula – Limitações Forte e Muito forte; Letra minúscula – Limitações Ligeira a Moderada. \* A avaliação final da aptidão das terras resultará das discussões durante a 9<sup>o</sup>RCC.

# VALIDAÇÃO DE SOFTWARE DE AVALIAÇÃO DA APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS EM NÍVEL DE PROPRIEDADE RURAL<sup>1</sup>

Elaine Almeida Delarmelinda<sup>2</sup>; Paulo Guilherme Salvador Wadt<sup>3</sup>; Lúcia Helena Cunha dos Anjos<sup>4</sup>; Wanderson Henrique Couto<sup>5</sup>

## Resumo

Os métodos de avaliação da aptidão agrícola têm como objetivo orientar o uso adequado das terras, através da análise de limitações das terras, identificando de que forma essas podem restringir a sua aptidão e resultando em um diagnóstico sobre qual o melhor tipo de uso agrícola, com indicação de práticas agrícolas que visam a minimização das perdas de solo. O uso de programas especialistas tem mostrado alternativas promissoras para a realização dessa prática em planejamentos agrícolas de propriedades rurais, tornando o método mais viável economicamente. Objetivou-se avaliar a aptidão agrícola de dez perfis de solo do Estado do Acre, componentes da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos do Acre, utilizando programa especialista baseado no Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras, analisando a coerência da classificação realizada com as características dos solos avaliados. Foram utilizadas amostras deformadas de solo coletadas por gradagem em cada um dos perfis analisados, para avaliação da aptidão agrícola pelo programa especialista. Foi observado que o sistema indicou aptidão coerente para alguns sistemas de cultivos, mas necessita de novos indicadores para melhor avaliação das terras.

## Introdução

A adequação do uso da terra quanto à sua capacidade de suporte de atividades agrícolas é preponderante para a implantação de sistemas sustentáveis, seja para as culturas anuais, perenes ou pastagens, para sistemas silvícolas e agroflorestais ou mesmo para o extrativismo, propiciando a otimização da produção, melhor utilização do potencial produtivo e prevenindo os processos de degradação destas terras.

Esta adequação requer o conhecimento prévio da aptidão agrícola das terras.

A classificação das terras quanto a sua aptidão agrícola das terras possibilita não somente determinar o potencial de uso da terra, e portanto, determinar as melhores condições para o uso conservacionista do solo e da água, mas também, orientar no planejamento agrícola em consonância com a realidade socioeconômica da região ou ambiente estudado. No Brasil, as principais metodologias de classificação das terras são as de Ramalho Filho e Beek (1995) e de Lepsch (1983).

Em geral, estas metodologias tem como objetivo orientar o uso adequado das terras, através da análise de seus fatores de limitação, identificando de que forma essas podem restringir a sua aptidão natural para o uso agrícola e indicando o tipo de uso agrícola mais adequado, com base em determinado nível tecnológico e práticas agrícolas que proporcionem a minimização das perdas de solo e água.

1 Projeto de pesquisa financiado pelo CNPq (Editais CT-Hidro e CT-Amazônia) e Embrapa;

2 Mestranda em Agronomia, Universidade Federal do Acre. BR 364, km4, Campus Universitário, Rio Branco, AC, CEP 69900-970. E-mail: elaineadell@gmail.com;

3 Pesquisador A, Embrapa Acre. Rod BR 364, KM 14. Caixa Postal 321, Rio Branco, AC. CEP 69910-350. Email: paulo@cpafac.embrapa.br;

4 Professora Associada, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. BR 465, km 7, Seropédica, RJ. CEP 23890-000. E-mail: lanjosh@ufrj.br;

5 Eng. Agrônomo, Ministério do Desenvolvimento Agrário, SBN - Quadra 1 - Ed. Palácio do Desenvolvimento - Sala 604 - Cep. 70.057-900. E-mail: whcoutho@gmail.com.

Na Amazônia, a ausência de um planejamento ambiental baseado na aptidão agrícola das terras, associado ao baixo nível tecnológico adotado em muitos sistemas de produção agrícola, como ao manejo inadequado e ausência de práticas conservacionistas, expõe as terras aos fatores de degradação agrícola e biológico.

A degradação agrícola ou biológica das terras não é processo inevitável ou difícil de ser evitado, requerendo unicamente a adoção de práticas agrícolas compatíveis com a paisagem e com o nível tecnológico do produtor.

Normalmente, a degradação decorre da falta de conhecimento sobre o potencial de uso dessas terras, adoção de práticas e atividades agrícolas inapropriadas para um dado ambiente.

Este processo é ainda mais relevante no Estado do Acre, que apresenta solos de gênese diversificada, onde o material de origem sedimentar resulta em solos com características físicas e químicas muito disparemes mesmo entre áreas relativamente próximas., resultando em diferentes características das terras quanto ao seu potencial agrícola, somente identificáveis em mapeamentos com escalas de trabalho da ordem de 1:25.000 ou maiores.

Porém, os métodos de avaliação da aptidão agrícola, mais usados no Brasil, estão mais voltados para aplicação em trabalhos de pequena escala, apropriados para utilização em macrozoneamentos associados com os estudos de levantamentos de solos nos níveis exploratório à detalhado. No entanto, em áreas com grande variação de solos, a aptidão apresentada nestes zoneamentos, muitas vezes, não contempla o nível de detalhe necessário a adequação do uso da terra em pequenas propriedades rurais, com unidades de uso da terra na ordem de 0,5 a 5 ha.

Programas de computação designados especialistas tem sido desenvolvidos para avaliar a aptidão agrícola das terras, contribuindo na viabilização de estudos de aptidão na escala de propriedade rural. Além disto, eles visam permitir que as avaliações sejam feitas por profissionais que, ordinariamente, não estariam aptos para uma avaliação empregando os métodos correntes, que estão diretamente relacionados a classificação dos solos, exigindo assim maior conhecimento em Pedologia. Entre estes sistemas pode-se destacar o Automated Land Evaluation System (ROSSITER & WAMBEKE, 1997) fundamentado na metodologia de avaliação das terras da Fao (1976), adequado para avaliar culturas já pré-determinadas e que possui as regras de decisão variáveis de acordo com o ambiente avaliado.

O método adaptado por Garcia et al. (2005) derivado do programa MicroLEIS, que também necessita de adaptações para serem utilizadas em regiões climáticas diferentes.

O Sistema de Avaliação das Terras para Reordenamento Ambiental (SATRA) em sua opção de avaliação da aptidão das terras a nível de propriedade rural (SAAAT-NP) (Wadt et al. 2004; 2009a, b; Nóbrega 2009a, b; Souza et al 2009) avalia a aptidão das terras com base em dados obtidos em amostragem do solo e de informações da paisagem, dispensado a utilização de levantamentos pedológicos, além de possuir regras de interpretação aplicáveis em qualquer região do país, sem a necessidade de adaptações prévias minimizando o custo da avaliação da aptidão agrícola das terras.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a interpretação da aptidão agrícola das terras proporcionada pelo sistema especialista, em dez perfis de solos do Estado do Acre, avaliando-se a coerência da classificação realizada automaticamente com as características pedológicas dos solos avaliados.

## Material e Métodos

Foram utilizadas amostras de 10 perfis de solos do Estado do Acre, descritos por diversos pedólogos e analisados quanto as suas propriedades químicas e físicas no laboratório de Solos da Embrapa Solos, cujos perfis são partes integrantes da relação dos solos que serão observados na viagem de campo durante a IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos do Acre.

Simultaneamente, ao lado de cada perfil descrito, foi realizada a coleta de amostras deformadas de solo, com uso de trado tipo holandês, nas profundidades de 0-25 cm, 25-60 cm e de 60-100 cm. As amostras de solos foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar. Posteriormente foram realizadas análises químicas de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis; potássio e sódio disponível, acidez potencial e carbono orgânico conforme Embrapa (1997); e fósforo remanescente conforme Alvarez V. et al. (2000); e análises físicas de granulometria para a determinação dos teores de areia, silte, argila pelo método da pipeta (DAY, 1965), e densidade de partículas pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997), variáveis essas necessárias para abastecer o banco de dados do programa especialista, além de dados declividade da área, profundidade do solo e de restrição à drenagem, índice pluviométrico, presença de rochosidade e/ou pedregosidade. Os cátions trocáveis cálcio e magnésio e o alumínio trocável foram extraídos em solução de KCL 1 mol L<sup>-1</sup> e determinados por espectrometria de absorção atômica e titulometria respectivamente; a acidez potencial foi extraída com acetato de cálcio tamponado a pH 7,0 e determinado volumetricamente com NaOH a 0,025 mol L<sup>-1</sup>; o fósforo, potássio e sódio disponíveis foram extraídos com solução Mehlich-1, sendo o fósforo determinado por colorimetria e os demais determinados por espectrometria de emissão de chama; o fósforo remanescente foi determinado pela solução de equilíbrio de CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> contendo o remanescente da adição de 60 mg L<sup>-1</sup> de P; e o carbono orgânico foi determinado pela oxidação do carbono via úmida com solução de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,4 N em meio ácido e titulação com sulfato ferroso amoniacal.

Os resultados das análises das amostras de solo constituem as variáveis de entrada do programa de avaliação da aptidão agrícola das terras, que pode ser acessado pelo sítio [www.satira.eti.br](http://www.satira.eti.br) na opção “SAAAT” para a obtenção da avaliação da aptidão agrícola das terras. O programa especialista é fundamentado em algoritmos computacionais e utiliza equações de pedotransferência para estimar propriedades do solo que não foram determinadas em laboratório.

O sistema considera três níveis tecnológicos: nível tecnológico A (NT-A) foi considerado o manejo onde há baixo uso de insumos externos e o máximo aproveitamento de recursos internos à propriedade; o nível tecnológico B (NT-B) foi considerado aquele onde há maior intensidade no uso de insumos que sejam dependentes de capital, porém, sem dependência com a escala de aplicação (insumos cuja viabilidade econômica depende da escala produtiva, como por exemplo, a mecanização agrícola com uso de tratores); e, o nível tecnológico C (NT-C) foi considerado como aquele dependente de capital e de escala de aplicação.

Os graus de limitação quanto à fertilidade do solo, deficiência de água, deficiência de oxigênio, susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização foram classificados em cinco níveis (nulo, ligeiro, moderado, forte e muito forte). Sendo que cada grau é representado em associação a um numeral que indica a quais fatores foram preponderantes para determinação do referido grau,, com modificação de se incluir a estimativa da contribuição da matéria orgânica na CTC do solo e atribuir sempre atribuir risco de susceptibilidade à erosão de grau nulo em áreas de várzeas localizadas em relevo plano..

Foram considerados os seguintes tipos de uso da terra:

- Culturas anuais: espécies cultivadas anualmente, representando a condição de uso mais intensivo do solo;
- Culturas perenes: espécies que fazem uso do solo com alta intensidade, porém com baixa frequência de operações de preparo do solo e de plantio;
- Sistemas agroflorestais: combinação de culturas arbóreas com outras espécies, em sistema consorciado. Representam o uso de solo de média intensidade, porém, com maior plasticidade quanto a exigências edáficas;

- Pastagens e silvipastoris: utilização do solo com sistemas de baixa intensidade de uso, porém, com predomínio de gramíneas e leguminosas e com a manutenção da vegetação ou cobertura do solo de forma permanente;
- Silvicultura: cultivos florestais que implicam em menor intensidade de uso do solo;
- Extrativismo: sistema de uso da terra em que ocorre a exploração de espécies da vegetação original, porém preservando-a e não ocorrem mudanças no uso do solo em relação à condição original.

A aptidão agrícola, no sistema proposto (sistema especialista), é classificada como boa, regular, restrita e inapta para cada um dos três níveis tecnológicos. Para determinação da classe de aptidão agrícola foram propostos requisitos que inferem na sustentabilidade do uso da terra e também na viabilidade financeira da utilização de determinado sistema de cultivo pelo produtor, considerando-se: viabilidade biológica, que representa a capacidade do solo em acumular biomassa em níveis ótimos (Dias Filho, 2007); e a viabilidade econômica representada pela condição de determinada terra em sustentar a produção vegetal sem exigir níveis crescentes de insumos.

- Classe Boa: terras onde não há nenhum fator de limitação que cause diminuição do seu potencial de uso em mais de 90% da viabilidade econômica e a viabilidade biológica das culturas cultivadas;

- Classe Regular: quando houver fatores de limitação que causem restrição ao uso da terra, diminuindo sua viabilidade econômica abaixo de 90% de seu potencial, porém, sem comprometer a viabilidade biológica em menos de 90% de seu potencial;

- Classe Restrita: quando houver fatores de limitação que causem restrição ao uso da terra, diminuindo tanto a viabilidade econômica e biológica abaixo de 90% de seu potencial; e

- Classe Inapta: quando houver fatores de limitação que causem inviabilização econômica a exploração agrícola ou resultem em degradação da capacidade produtiva da terra.

A avaliação crítica consistiu em avaliar, em cada perfil do solo, a classificação obtida pelo sistema especialista e os fatores de limitação identificados como mais relevantes nesta classificação, avaliando-se sua coerência com o conhecimento pedológico destes perfis.

## Resultados e discussão

Os resultados foram apresentados e discutidos para cada perfil individualmente, conforme a seguir se apresenta.

### Perfi AC-P01

No Espodossolo Humilúvico (AC-P01) para os fatores de limitação considerados na avaliação da aptidão (deficiência de fertilidade, deficiência de água, deficiência de oxigênio, suscetibilidade à erosão, impedimentos à mecanização) o sistema considerou deficiência de fertilidade com grau de limitação nulo, o que foi incoerente com um solo que apresenta 800 g kg<sup>-1</sup> de areia, baixa capacidade de troca de cátions (3,49 cmolc kg<sup>-1</sup>) e distrofismo (Tabela 4). Analisando as regras de decisão, observou-se que o sistema considera para solos com teor de areia menor que 800 g kg<sup>-1</sup>, atividade de argila alta e baixa capacidade de adsorção de fósforo, o grau nulo para deficiência de fertilidade. Essas condições levaram ao erro da classificação, já que o solo estudado tem baixo estoque de nutrientes.

Foi possível constatar que o sistema considerou a atividade de argila para todas as ordens de solo, independentemente da classe textural, tornando a análise para deficiência de fertilidade inadequada para solos arenosos e de areia franca. Sugere-se que na regra de decisão sejam inseridos parâmetros de estoque de nutrientes do solo para determinação do grau de deficiência de fertilidade.

Para deficiência de água devido ao cálculo da atividade de argila o sistema determina

a deficiência de água como ligeira para um solo com taxa muito baixa de retenção de água, atribuída ao elevado conteúdo de areia.

Embora tenha ocorrido erro na determinação do grau para deficiência de água, a determinação do valor de água que o solo pode armazenar (água disponível), referenciada pelo índice pluviométrico do local avaliado, disponibiliza uma melhor informação na avaliação do uso terra.

Análises da deficiência de água pela determinação da água disponível também foram propostas por Pereira (2002) ao avaliar a aptidão das terras de uma quadrícula na região de São Paulo, no entanto não foi considerado nesse trabalho diferenças de pluviosidade provavelmente porque o estudo foi realizado em uma área de mesma influência climática;

Oliveira e Burgos Sosa (1995) avaliando a aptidão agroecológica em terras do Paragui, utilizaram na determinação da deficiência de água a capacidade de retenção de água, baseado em atributos físicos do solo e o regime hídrico anual da região estudada.

A deficiência de oxigênio foi considerada nula, o que justifica-se pelo alto teor de areia (80 g kg<sup>-1</sup>) de areia. Apesar dos Espodossolos apresentarem como peculiaridade a classe de imperfeitamente drenada à má drenada, em razão da presença de um horizonte B espódico endurecido, no perfil o impedimento à drenagem foi determinado a partir de 1,5 m, não sendo possível a identificação dessa característica por meio da tradagem ser realizada até a profundidade de 1 m. Sugere-se a inserção de um parâmetro relacionado à paisagem que possa auxiliar na identificação dessa característica.

Para suscetibilidade à erosão foi observado grau de limitação ligeiro, atribuído pela regra ao relevo plano e ao índice de erodibilidade menor que 0,03 t h MJ<sup>-1</sup>mm<sup>-1</sup>. Em impedimentos à mecanização não foi constatada limitação, o que foi inerente à classe textural em conjunto com a ausência de rochosidade e pedregosidade.

Quanto a aptidão agrícola, a área foi considerada, para culturas anuais, com aptidão regular no NT-A, e boa nos demais. Para os demais tipos de cultivo (culturas perenes, SAF's, pastagens e silvipastoris, silvicultura) a aptidão foi boa nos três níveis tecnológicos NT-A, NT-B e NT-C (Tabela 2).

A aptidão citada acima foi incoerente, principalmente considerando-se o valor da soma de bases de 0,96 cmolckg<sup>-1</sup> (Tabela 4) e a baixa capacidade de armazenamento de água no solo, que impossibilitariam uma boa produtividade para os cultivos no NT-A. Para os níveis NT-B e NT-C o fator limitante continuaria sendo a deficiência de água, em razão da baixa taxa de armazenamento de água desse solo.

Segundo a metodologia de Ramalho Filho e Beek (1995) esse solo teria aptidão restrita no NT-A para pastagem natural, em razão da baixa reserva de nutrientes além da alta saturação por alumínio, no entanto nesta região da Amazônia não ocorrem pastagens naturais, não se aplicando esta classe de uso da terra para a região. E aptidão boa para lavouras no NT-B já que a limitação referente a deficiência de fertilidade pode ser corrigida nesse nível. E finalmente para o NT-C, aptidão regular para lavouras em decorrência da presença do relevo suave ondulado da região que determinou grau de limitação ligeiro para impedimentos à mecanização.

Portanto, o sistema especialista não conseguiu identificar adequadamente a capacidade de uso da terra no Espodossolo Humilúvico, necessitando de correções nos algoritmos, conforme indicado.

### **Perfil AC-P02**

Para o Latossolo Amarelo (AC-P02) o programa especialista identificou limitação referente apenas a deficiência de fertilidade, de grau muito forte (MF3) (Tabela 3), atribuído ao baixo estoque de nutrientes somado ao caráter distrófico (saturação por bases de 20%). Na análise do programa especialista para culturas anuais, perenes e SAF's, foram classifica-

das como sem aptidão (inapta) no NT-A, claramente devido ao baixo estoque de nutrientes do solo, e aptidão restrita no NT-B, nesse caso o estoque de nutrientes já não seria tão limitante e considerando-se que nesse nível tecnológico já é possível o uso de adubação e correção do solo, a aptidão poderia ter sido regular. Para o NT-C a aptidão foi boa apenas para cultivos anuais e regular para culturas perenes e SAF's, contudo para o NT-C já é possível sanar essas restrições de reserva de nutrientes e acidez em profundidade, principalmente por não ter ocorrido para esse solo limitações quanto aos impedimentos à mecanização e suscetibilidade à erosão, possibilitando aptidão de classe boa para cultivo de plantas de sistema radicular mais profundo.

Para pastagens e silvipastoris a aptidão foi regular no NT-A e boa nos NT-B e NT-C. Observando a adaptação das gramíneas forrageiras em ambientes de solos ácidos e de baixa fertilidade como os Latossolos, a aptidão regular no NT-A foi coerente devido ao observado no uso atual da área, que apresenta a cultura implantada mas com baixa produtividade. Para silvicultura foi determinada aptidão regular nos NT-A e NT-B atribuída à baixa reserva de nutrientes, e boa no NT-C.

Para o NT-A em razão da baixa reserva de nutrientes do solo, a classe de aptidão deveria ser de maior restrição para essa cultura. Já a aptidão regular no NT-B pode ser explicada principalmente pela ausência da prática de correção do solo em profundidade para a minimização da limitação por deficiência de fertilidade nesse nível tecnológico.

Avaliando o solo pelo Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (Ramalho Filho e Beek, 1995) o Latossolo apresentou aptidão restrita para pastagem natural no NT-A, tendo como característica limitante a deficiência de fertilidade, que nesse caso foi classificada como muito forte, em razão da baixa reserva de nutrientes somado aos altos valores de alumínio trocável (Tabela 1), no entanto a classificação não se aplica as condições da Amazônia pela ausência de pastagens naturais na região. No NT-B a aptidão foi boa para lavouras, em razão da possibilidade de correção do fator de limitação de deficiência de fertilidade. Para o NT-C a aptidão foi regular para lavouras, e isso decorreu da limitação ligeira para impedimentos à mecanização, pois apesar do solo em questão estar em área plana, extrapolando para a região de predominância desses solos, o relevo foi classificado como suave ondulado.

#### **Perfil AC-P04**

No Perfil AC-P04 (Argissolo Vermelho) foi determinado grau de limitação forte (F3) para deficiência de fertilidade atribuída ao baixo valor de saturação por bases (Tabela 4), nulo para deficiência de água e oxigênio, muito forte (MF2) para suscetibilidade à erosão, em razão do relevo forte ondulado e forte (F2) para impedimentos à mecanização.

O solo apresentou-se inapto para culturas anuais nos três níveis tecnológicos (Tabela 2) atribuído à limitação muito forte para suscetibilidade à erosão, e para culturas perenes aptidão restrita no NT-A e inapto nos NT-B e NT-C também decorrente da suscetibilidade à erosão.

Para SAF's foi determinado aptidão restrita nos três níveis tecnológicos. No NT-A a restrição foi relacionada a deficiência de fertilidade, no NT-B a suscetibilidade à erosão e no NT-C suscetibilidade à erosão somado aos impedimentos à mecanização de grau forte.

Analisando as pastagens e silvipastoris a aptidão foi classificada como boa nos NT-A e NT-B e regular no NT-C também pelas restrições quanto aos impedimentos à mecanização e a suscetibilidade à erosão. No entanto não caberia a classe de aptidão boa para pastagens no NT-A em razão do baixo valor de soma de bases (2 cmolc kg<sup>-1</sup>) presente nesse solo (Tabela 1). Isso indica que ainda com a possibilidade do cultivo de pastagens sem utilização de insumos, não se obtém o nível mais satisfatório com o nível de fertilidade do solo já mencionado.

Para silvicultura a aptidão foi boa no NT-A e regular nos demais níveis. Deve-se con-

siderar que aptidão boa seria indicada para silvicultura somente em solo com considerável reserva de nutrientes.

Observou-se que o principal indicador que limitou a aptidão pelo programa especialista foi o relevo forte ondulado para cultivos mais intensivos e os cultivos no NT-C, nesse último caso devido às restrições impostas à mecanização. No NT-A a limitação foi em razão do aumento à suscetibilidade à erosão, já que nesse nível tecnológico práticas de controle da erosão necessárias nesse tipo de relevo não se aplica, restringindo o uso de mecanização.

Pela metodologia de Ramalho Filho e Beek (1995) o solo em questão teria aptidão restrita para silvicultura no NT-B e aptidão boa para pastagem natural no NT-A, e inapto para práticas no NT-C atribuído ao grau de limitação muito forte e forte para suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização respectivamente.

### **Perfil AC-P05**

O perfil AC-P05 (Argissolo Vermelho) apresentou grau de limitação nulo (Tabela 3) para deficiência de oxigênio, apesar de ter sido classificada sua classe de drenagem como sendo de moderada a imperfeitamente drenada na análise do perfil; esta discrepância decorre de que no processo de tragagem não foi possível identificar presença de mosqueados ou outros atributos que indicassem restrição à drenagem. A deficiência de fertilidade foi também de grau nulo, em razão do alto valor de saturação por bases (89 cmolckg-1), e o valor soma de bases (10 cmolckg-1) que confere boa reserva de nutrientes.

O grau de limitação para impedimentos à mecanização foi ligeiro, contudo a condição de relevo ondulado da área analisada (declividade de 19%) (Tabela 1) é suscetível de restrições ao uso de alguns implementos, sendo assim o grau de limitação a esta fator deveria ter sido a no mínimo moderada.

Para suscetibilidade à erosão o grau de limitação foi muito forte em razão do relevo ondulado e índice de erodibilidade de 0,32 t.h.MJ-1mm-1. O grau de limitação para deficiência de água foi ligeiro em razão do alto índice pluviométrico e da capacidade de armazenamento de água no solo.

A aptidão foi inapta para culturas anuais nos três níveis tecnológicos, porém a classe de aptidão para culturas anuais no NT-A poderia ter sido classe restrita, se considerada a prevalência da limitação quanto ao relevo ondulado.

Para culturas perenes a classe de aptidão foi restrita no NT-A e inapta nos NT-B e NT-C, e para os SAF's foi regular no NT-A e restrita nos NT-B e NT-C.

Avaliando as pastagens, silvipastoris e silvicultura, a aptidão foi de classe boa nos NT-A e NT-B e regular no NT-C. Foi possível uma boa avaliação entre essas culturas, tendo em vista que essas exigem menos intensidade de práticas de mecanização e propiciam maior proteção ao solos, diminuindo riscos de ocorrência de erosão.

A aptidão realizada pela metodologia de Ramalho Filho e Beek (1995) determinou melhor classe em comparação ao SAAAT-NP, resultou em melhor uso para lavouras (anuais e perenes), com classe de aptidão restrita, por considerar a suscetibilidade à erosão nos NT-B e NT-C como sendo possível de melhoramento.

### **Perfil AC-P06**

O Argissolo Vermelho (AC-P06) apresentou limitação muito forte para deficiência de fertilidade (MF3) atribuída à baixa reserva de nutrientes, evidenciada pela baixa saturação por bases (23%), e para suscetibilidade à erosão (MF2) (Tabela 3) em razão da declividade de 21%.

Foi determinado grau de limitação ligeiro para deficiência de água (L) e impedimentos à mecanização (L2). Para impedimentos à mecanização o sistema subestimou o grau de limitação, já que a região apresenta relevo forte ondulado, representando sérias

restrições a mecanização.

Para deficiência de oxigênio não foi observado limitações, condizendo com a classe bem drenada estabelecida para esse solo.

O SAAAT-NP indicou aptidão de classe inapta para cultivos anuais e perenes em todos os níveis tecnológicos. Para o NT-A o fator limitante foi a deficiência de fertilidade e a suscetibilidade à erosão, no NT-B e NT-C a limitação foi decorrente da suscetibilidade à erosão.

O programa especialista indicou para pastagens e silvipastoris aptidão regular nos NT-A e NT-C e boa no NT-B (Tabela 4). Para o NT-A o fator limitante foi a deficiência de fertilidade, e no NT-A a suscetibilidade à erosão. Considerando que esse sistema de cultivo tem menos exigência em fertilidade, justifica-se a aptidão regular no NT-A, mesmo o solo em questão tendo baixa reserva de nutrientes. No NT-C o uso menos intenso de mecanização e a cobertura permanente diminui as perdas por erosão.

Para silvicultura a aptidão foi regular em todos os níveis, no entanto para o NT-A que apresenta baixa reserva de nutrientes, com deficiência de fertilidade muito forte, a aptidão seria no mínimo restrita.

Segundo a metodologia de Ramalho Filho e Beek (1995) o solo se enquadraria na classe de aptidão regular para pastagem plantada e conseqüentemente para silvicultura e pastagem natural. O que limitou a aptidão foi o grau forte para suscetibilidade à erosão no NT-A e grau forte para impedimentos à mecanização no NT-C.

### **Perfil AC-P07**

No perfil AC-P07 (Cambissolo Háplico) foi determinado grau de limitação ligeiro para deficiência de fertilidade (L), apesar da elevada soma de bases (Tabela 4), o solo apresentou alta capacidade de adsorção de fosfato que determinou o referido grau. Para impedimentos à mecanização o grau de limitação foi ligeiro (Tabela 3), no entanto o relevo do local avaliado é ondulado que somado a alta atividade de argila deveria conferir maior grau de limitação para o referido fator. Para deficiência de água o grau foi moderado (M1), e muito forte para suscetibilidade à erosão (MF2).

O sistema indicou grau nulo de limitação para deficiência de oxigênio, contudo na classe de drenagem foi determinado como de moderado a imperfeitamente drenado. Novamente essa discrepância ocorreu por não ter sido observado fatores de restrição à drenagem na tradagem, provavelmente pelo nível muito baixo de umidade do solo no período trabalhado.

O solo apresentou-se inapto para cultivos anuais nos três níveis tecnológicos, em decorrência da limitação muito forte para suscetibilidade à erosão. Contudo utilizando-se práticas de conservação do solo no NT-B e NT-C poderia ser utilizada a agricultura, mesmo com a restrição à mecanização.

Para culturas perenes a aptidão foi restrita no NT-A e inapta para os demais níveis tecnológicos. Aqui também caberia a consideração do parágrafo anterior, o que ainda é reforçado pela menor exigência de uso de mecanizações.

Aptidão regular para os SAF's no NT-A, e restrita nos NT-B e NT-C. Para pastagens e silvipastoris aptidão regular no NT-A e NT-C e boa no NT-B.

Para silvicultura aptidão boa nos NT-A e NT-B e regular para o NT-C. Para o nível de menor uso de tecnologias, aptidão foi favorável para esse sistema de cultivo, já que o solo apresenta alto estoque de nutrientes, restringindo no NT-C pelos impedimentos à mecanização.

Utilizando a metodologia de Ramalho Filho e Beek, foi obtida aptidão restrita nos NT-A e NT-C e aptidão de classe boa para pastagem plantada.

### **Perfil AC-P08**

O perfil AC-P08 (Luvissole) apresentou grau de limitação nulo para deficiência de fertilidade, notadamente em razão dessa ordem ter como característica o elevado estoque de nutrientes, e nulo também para deficiência de oxigênio. Para deficiência de água grau ligeiro (L), muito forte para suscetibilidade à erosão (MF2) e forte para impedimentos à mecanização (F2) devido a declividade de 30%.

O solo apresentou-se inapto para cultivos anuais, no entanto para essa declividade o uso de tração animal ainda é possível, o que poderia tornar a aptidão pelo menos regular no NT-A para cultivos anuais. Aptidão restrita para culturas perenes no NT-A e inapta para os demais níveis tecnológicos, nesse caso a aptidão tão restritiva parece não ser adequado, já que cultivos perenes no NT-A não são muito dependentes de ações que implicam em freqüentes alterações no uso do solo.

Aptidão regular para os SAF's no NT-A, e restrita nos NT-B e NT-C. Para pastagens e silvipastoris aptidão boa nos NT-A e NT-B e regular no NT-C.

Para silvicultura aptidão boa nos NT-A e regular para os NT-B e NT-C. E boa para extrativismo em todos os níveis.

A aptidão foi muito limitada principalmente devido ao relevo forte ondulado que limitou o uso de cultivos mais intensivos, principalmente no que tange à necessidade do uso de mecanização.

Na aptidão pelo sistema convencional (Ramalho Filho e Beek, 1995) foi conferida aptidão restrita para pastagem plantada, atribuída ao grau muito forte para suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.

### **Perfil AC-P09**

O perfil AC-P09 (Argissolo Vermelho) apresentou grau de limitação nulo (Tabela 3) para deficiência de fertilidade e oxigênio. Para deficiência de água grau ligeiro (L), muito forte para suscetibilidade à erosão (MF2) e forte para impedimentos à mecanização (F2) devido a declividade de 44%.

O SAAAT-NP indicou aptidão de classe inapta pra cultivos anuais nos três níveis tecnológicos (Tabela 2), aptidão restrita para culturas perenes no NT-A e inapta para os demais níveis tecnológicos. As classes referidas, foram determinadas no NT-A pela limitação a suscetibilidade à erosão, e para culturas anuais também indicou limitação referente aos impedimentos à mecanização. Para os demais níveis, limitação imposta pela suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.

Aptidão regular para os SAF's no NT-A e restrita nos NT-B e NT-C. Para os NT-A e NT-B a aptidão foi atribuída a suscetibilidade à erosão, e para o NT-C atribuída ao fator citado e impedimentos à mecanização.

Para pastagens e silvipastoris aptidão boa nos NT-A e NT-B e regular no NT-C atribuída à suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.

Para silvicultura aptidão boa nos NT-A e regular para os NT-B em razão da suscetibilidade à erosão e no NT-C atribuída à suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.

Analisando a aptidão pelo sistema convencional (Ramalho Filho e Beek, 1995) foi determinada aptidão apenas para pastagem plantada na classe regular, atribuída à suscetibilidade à erosão de classe muito forte e impedimentos à mecanização de classe forte.

### **Perfil AC-P10**

O perfil AC-P10 (Argissolo Vermelho Amarelo) apresentou grau de limitação muito forte (Tabela 3) para suscetibilidade à erosão (MF2) e forte para impedimentos à mecanização (F2) em razão da declividade de 23%, para deficiência de fertilidade, água e oxigênio não foram constatadas limitações.

O solo apresentou-se inapto para cultivos anuais (Tabela 2) em razão das limitações para suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização. Foi indicado classe de aptidão restrita para culturas perenes no NT-A e inapta para os demais níveis tecnológicos.

Aptidão regular para os SAF's no NT-A, e restrita nos NT-B e NT-C. Para pastagens e silvipastoris aptidão boa nos NT-A e NT-B e regular no NT-C. Para silvicultura aptidão boa nos NT-A e regular para os NT-B e NT-C.

Foi determinada aptidão pelo método proposto por Ramalho Filho e Beek (1995) aptidão restrita para pastagem plantada, em decorrência do grau muito forte para suscetibilidade à erosão e forte para impedimentos à mecanização.

### **Perfil AC-P11**

O Vertissolo (AC-P11) apresentou limitação de grau moderado (Tabela 3) para deficiência de fertilidade (M3), em razão dos valores (Tabela 4) de atividade de argila (23 cmol<sub>c</sub>kg<sup>-1</sup>) e saturação por alumínio (31,92 cmol<sub>c</sub>kg<sup>-1</sup>).

O grau de limitação foi ligeiro (L1) para suscetibilidade à erosão em razão do coeficiente de erodibilidade 0,03 t.h.MJ<sup>-1</sup>mm<sup>-1</sup> associado ao relevo plano, e sem limitações para deficiência de oxigênio e impedimentos à mecanização.

Essa ordem de solo tem como característica a presença de argila do tipo 2:1, sendo normalmente muito pegajosos quando úmido e muito duro quando secos apresentando restrições ao uso de mecanização, normalmente necessitando de uma força de tração maior que o normal (OLIVEIRA, 2008), no entanto pelo SAAAT-NP não foi possível identificar essa característica do solo.

A atividade de argila calculada pelo programa deveria contribuir para representar a restrição destacada acima, no entanto isso não ocorreu, já que o valor dessa variável foi muito baixo em decorrência do desconto da contribuição da matéria orgânica, o que reduziu pela metade o valor da atividade de argila.

Apesar do grau nulo atribuído à deficiência de oxigênio, essa classe de solo geralmente apresenta redução na taxa de condutividade hidráulica por ocasião do seu umedecimento, devido ao processo de contração do solo, que o torna imperfeitamente drenado. O SAAAT-NP considera a classe de impedimento a drenagem em sua metodologia, para isso deve-se inserir nos dados de entrada qual foi a profundidade de restrição à drenagem identificada, isto é indicado pela presença de mosqueados, cores acinzentadas, duripan ou fragipan segundo Souza et al. (2008), no entanto na época de coleta não foi possível identificar essas observações realizando a tradagem, em razão da ausência de chuvas no período que tornou o solo seco.

Para deficiência de água, o programa identificou grau de limitação moderado, em razão dos baixos valores de água disponível (Tabela 4).

A aptidão foi restrita para culturas anuais no NT-A e regular no NT-B, o fator limitante foi a deficiência de fertilidade, e aptidão boa no NT-C.

Para culturas perenes e SAF's aptidão regular em todos os níveis tecnológicos, e tiveram como fatores limitantes a deficiência de fertilidade e água. Para as pastagens e silvipastoris a aptidão também foi regular no NT-A devido a deficiência de água, e boa nos demais níveis tecnológicos, e para silvicultura aptidão boa em todos os níveis tecnológicos.

Analisando a aptidão pelo método de Ramalho Filho e Beek (1995) foi identificada aptidão restrita para os NT-A, NT-B e NT-C, devido ao grau moderado de deficiência de fertilidade por ocasião da saturação por alumínio, no NT-A (Tabela 4), no NT-B o que limitou a aptidão foi a deficiência de oxigênio em função da classe imperfeitamente drenado, e no NT-C em razão do relevo ser de suave ondulado a ondulado, conferindo grau de limitação de ligeiro a moderado para impedimentos à mecanização.

## Classe de Aptidão para Extrativismo

A aptidão para extrativismo foi classificada como boa nos níveis tecnológicos NT-A, NT-B e NT-C para os dez perfis aqui avaliados.

A classificação realizada para a atividade extrativista é resultante da condição de que todas as áreas avaliadas tem algum tipo de uso econômico, e que áreas destinadas à preservação permanente são aquelas enquadradas dentro da legislação ambiental vigente.

## Conclusão

A utilização do programa especialista na avaliação da aptidão das terras indicou baixa coerência com a classificação pelo método convencional, em parte, devido a falta de reconhecimento de algumas limitações importantes (estoque de nutrientes e restrições a drenagem), e em parte, devido ao sistema convencional apresentar como aptidão um tipo de uso da terra inadequado para a região (pastagem nativa).

As regras de classificação dos graus de limitação necessitam serem revistas, com a incorporação de indicadores de paisagem e melhor interpretação dos indicadores edáficos.

## Referências

- ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. 2000. Determinação e uso do fósforo remanescente. B. Inf. SBCS, 25:27-32. 2000
- DAY, P.R. 1965. Particle fraction and particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1:545-566.
- DIAS-FILHO, M.B. 2005. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. 2. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 173p.
- EMBRAPA. 1997. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 212p.
- EMBRAPA. 2006. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 306p.
- FAO. A framework for land evaluation. Rome, 1976. 72p. (FAO. Soils Bulletin, 32).
- FERNANDES FILHO, E.I. 1996. Desenvolvimento de um sistema especialista para determinação da aptidão agrícola de duas bacias hidrográficas. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 71p. (Tese de Doutorado).
- GARCIA, G.J.; ANTONELLO, S.L.; MAGALHÃES, M.G.M. 2005. Nova versão do sistema de avaliação das terras – SIAT. Eng. Agríc., Jaboticabal, 25: 516-529.
- LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C.R. 1991. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 4. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 175p.
- NÓBREGA, M. de S. 2009. Graus de limitação em sistemas utilitários de avaliação da qualidade das terras. Rio Branco, AC, Universidade Federal do Acre, 86p. (Dissertação de Mestrado).
- OLIVEIRA, J.B. de; 2008. Pedologia aplicada. 3.ed. Piracicaba: FEALQ, 5920.
- OLIVEIRA, J.B. de; BURGOS SOSA, S.M. 1995. Sistema de clasificación de la aptitud agro-ecológica de la tierra (S.C.A.A.T) para la region oriental del Paraguay. Asunción: Universidad Nacional de Asunción, 74p.
- RAMALHO FILHO, A. & BEEK, K.J. 1995. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3.ed. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 65p.

- PEREIRA, L.C. 2002. Aptidão agrícola das terras e sensibilidade ambiental: proposta metodológica. Campinas, SP, Universidade Estadual de Campinas, 135p. (Tese de Doutorado).
- ROSSITER, D.G. & VAN WAMBEKE, A.R. 1997. Automated land evaluation system version 4.65 user's manual. Ithaca, Cornell University, 280p.
- SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. 2005. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5. ed. Viçosa: SBCS, 92p.
- SCHNEIDER, P.; GIASSON, E. & KLAMT, E. 2007. Classificação da aptidão agrícola das terras: um sistema alternativo. Guaíba: Agrolivros, 70p.
- SOUZA, C.B. da C. de. 2009. Aptidão do uso da terra em pequenas propriedades da Amazônia Sul Ocidental. Rio Branco, AC, Universidade Federal do Acre, 74p. (Dissertação de Mestrado).
- SOUZA, C.B. da C. de; NÓBREGA, M. de S.; WADT, P.G.S.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. dos. 2008. Grau de limitação para deficiência de oxigênio no sistema de aptidão agrícola das terras em nível de propriedade rural. In: Reunião de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 17., Rio de Janeiro: Anais... Rio de Janeiro: SBCS, 2008.
- WADT, P.G.S.; OLIVEIRA, L.C. de; OLIVEIRA, T.K. de; CAVALCANTE, L. M. 2004. Sistema de aptidão agrícola das terras para recuperação ambiental: uma metodologia de planejamento ambiental. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 41p. (Documentos, 87).
- SCHNEIDER, P.; GIASSON, E. & KLAMT, E. 2007. Classificação da aptidão agrícola das terras: um sistema alternativo. Guaíba: Agrolivros, 70p.
- SOUZA, C. B. da C. de. 2009. Aptidão do uso da terra em pequenas propriedades da Amazônia Sul Ocidental. Rio Branco, AC, Universidade Federal do Acre, 74p. (Dissertação de Mestrado).
- WADT, P.G.S.; OLIVEIRA, L.C. de; OLIVEIRA, T.K. de; CAVALCANTE, L. M. 2004. Sistema de aptidão agrícola das terras para recuperação ambiental: uma metodologia de planejamento ambiental. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 41p. (Documentos, 87).

**Tabela 1.** Resultados das análises químicas e físicas dos dez perfis avaliados

Prof. cm	Ca	Mg	K cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Al	Al+H	Argila	Areia g kg <sup>-1</sup>	Silte	Dp g cm <sup>-3</sup>	CO dag kg <sup>-1</sup>	Prem mg kg <sup>-1</sup>	D %
<b>AC-P01</b>												
0-25	0,57	0,21	0,18	0,45	2,53	33	807	160	2,64	0,42	42,54	3
25-60	0,97	0,12	0,02	0,36	1,79	26	780	194	2,75	0,21	41,99	
60-100	0,52	0,12	0,00	0,09	0,73	28	786	186	2,78	0,12	52,69	
<b>AC-P02</b>												
0-25	0,80	0,25	0,09	1,32	4,51	132	767	101	2,70	0,91	23,30	3
25-60	0,50	0,12	0,02	1,87	4,1	224	666	110	2,77	0,45	8,20	
60-100	0,52	0,12	0,02	1,64	3,08	207	689	104	2,78	0,27	7,88	
<b>AC-P04</b>												
0-25	1,62	0,29	0,09	0,99	3,72	144	402	454	2,72	0,86	25,77	26
25-60	0,75	0,16	0,05	3,76	5,52	262	330	408	2,76	0,54	9,24	
60-100	0,37	0,12	0,07	0,00	10,34	495	162	343	2,66	0,15	0,06	
<b>AC-P05</b>												
0-25	9,43	1,6	0,23	0,00	1,36	248	290	462	2,67	1,02	24,57	19
25-60	7,41	2,72	0,32	5,02	8,27	458	222	320	2,65	0,32	0,70	
60-100	0,45	1,03	0,16	15,9	17,41	504	150	346	2,36	0,21	0,30	
<b>AC-P06</b>												
0-25	1,02	0,74	0,28	3,22	6,76	266	222	512	2,84	1,28	8,20	21
25-60	0,42	0,41	0,14	6,14	7,92	364	168	468	2,58	0,64	4,93	
60-100	0,35	0,58	0,16	10,83	10,94	499	117	384	2,87	0,43	0,46	
<b>AC-P07</b>												
0-25	18,41	3,21	0,35	0,00	2,16	422	73	505	2,53	1,03	17,23	16
25-60	19,31	3,46	0,28	0,93	2,90	489	37	474	2,60	1,58	8,44	
60-100	24,25	3,46	0,14	0,00	0,01	443	105	452	2,63	1,61	20,82	
<b>AC-P08</b>												
0-25	10,33	1,48	0,14	0,00	2,61	254	188	558	2,53	1,99	30,25	30
25-60	10,63	2,72	0,21	1,18	3,74	347	85	568	2,66	0,51	12,28	
60-100	10,63	3,7	0,23	3,36	5,48	334	42	624	2,54	0,05	6,69	
<b>AC-P09</b>												
0-25	8,38	1,73	0,11	0,01	2,44	222	419	359	2,61	0,93	36,08	44
25-60	10,63	2,22	0,23	4,81	6,48	359	299	342	2,54	0,33	9,96	
60-100	7,61	1,44	0,21	11,59	11,97	338	423	239	2,62	0,24	4,21	
<b>AC-P10</b>												
0-25	2,74	1,15	0,11	0,52	3,44	202	304	494	2,58	0,75	28,41	23
25-60	3,27	2,14	0,09	4,19	6,15	434	168	398	2,66	0,38	8,84	
60-100	3,84	1,32	0,23	11,29	12,18	592	83	325	2,62	0,21	1,09	
<b>AC-P11</b>												
0-25	8,88	1,81	0,14	5,06	5,75	385	113	502	2,61	1,66	22,66	3
25-60	6,76	1,32	0,11	9,29	8,01	471	72	457	2,66	0,56	6,77	
60-100	6,51	2,06	0,07	4,47	11,97	549	40	411	2,59	0,40	2,05	

**Tabela 2.** Aptidão agrícola avaliada pelo SAAAT-NP para os dez perfis de solo

<b>Perfil</b>	<b>Cultivo</b>	<b>NT-A</b>	<b>NT-B</b>	<b>NT-C</b>
AC-P01	Culturas anuais	Regular	Bom	Bom
	Culturas perenes	Bom	Bom	Bom
	SAFs	Bom	Bom	Bom
	Pastagens/Silvipastoris	Bom	Bom	Bom
	Silvicultura	Bom	Bom	Bom
	Extrativismo	Bom	Bom	Bom
AC-P02	Culturas anuais	Inapta	Restrita	Bom
	Culturas perenes	Inapta	Restrita	Regular
	SAFs	Inapta	Restrita	Regular
	Pastagens/Silvipastoris	Regular	Bom	Bom
	Silvicultura	Regular	Regular	Bom
	Extrativismo	Bom	Bom	Bom
AC-P04	Culturas anuais	Inapta	Inapta	Inapta
	Culturas perenes	Restrita	Inapta	Inapta
	SAFs	Restrita	Restrita	Restrita
	Pastagens/Silvipastoris	Bom	Bom	Regular
	Silvicultura	Bom	Regular	Regular
	Extrativismo	Bom	Bom	Bom
AC-P05	Culturas anuais	Inapta	Inapta	Inapta
	Culturas perenes	Restrita	Inapta	Inapta
	SAFs	Regular	Restrita	Restrita
	Pastagens/Silvipastoris	Bom	Bom	Regular
	Silvicultura	Bom	Bom	Regular
	Extrativismo	Bom	Bom	Bom
AC-P06	Culturas anuais	Inapta	Inapta	Inapta
	Culturas perenes	Inapta	Inapta	Inapta
	SAFs	Inapta	Restrita	Restrita
	Pastagens/Silvipastoris	Regular	Bom	Regular
	Silvicultura	Regular	Regular	Regular
	Extrativismo	Bom	Bom	Bom
AC-P07	Culturas anuais	Inapta	Inapta	Inapta
	Culturas perenes	Restrita	Inapta	Inapta
	SAFs	Regular	Restrita	Restrita
	Pastagens/Silvipastoris	Regular	Bom	Regular
	Silvicultura	Bom	Bom	Regular
	Extrativismo	Bom	Bom	Bom
AC-P08	Culturas anuais	Inapta	Inapta	Inapta
	Culturas perenes	Restrita	Inapta	Inapta
	SAFs	Regular	Restrita	Restrita
	Pastagens/Silvipastoris	Bom	Bom	Regular
	Silvicultura	Bom	Regular	Regular
	Extrativismo	Bom	Bom	Bom
AC-P09	Culturas anuais	Inapta	Inapta	Inapta
	Culturas perenes	Restrita	Inapta	Inapta
	SAFs	Regular	Restrita	Restrita
	Pastagens/Silvipastoris	Bom	Bom	Regular
	Silvicultura	Bom	Regular	Regular
	Extrativismo	Bom	Bom	Bom
AC-P10	Culturas anuais	Inapta	Inapta	Inapta
	Culturas perenes	Restrita	Inapta	Inapta
	SAFs	Regular	Restrita	Restrita
	Pastagens/Silvipastoris	Bom	Bom	Regular
	Silvicultura	Bom	Regular	Regular
	Extrativismo	Bom	Bom	Bom
AC-P11	Culturas anuais	Restrita	Regular	Bom
	Culturas perenes	Regular	Regular	Regular
	SAFs	Regular	Regular	Regular
	Pastagens/Silvipastoris	Regular	Bom	Bom
	Silvicultura	Bom	Bom	Bom
	Extrativismo	Bom	Bom	Bom

**Tabela 3.** Representação dos graus de limitação gerados pelos SAAAT-NP para os perfis avaliados

Perfil	DF	DA	DO	SE	IM
AC-P01	N	L	N	L1	N
AC-P02	MF3	N	N	N	N
AC-P04	F3	N	N	MF2	F2
AC-P05	N	L	N	MF2	L2
AC-P06	MF3	L	N	MF2	F2
AC-P07	L	M1	N	MF2	L2
AC-P08	N	L	N	MF2	F2
AC-P09	N	L	N	MF2	F2
AC-P10	N	N	N	MF2	F2
AC-P11	M3	M1	N	L1	N

**Tabela 4.** Indicadores calculados pelo SAAAT-NP para a avaliação da aptidão agrícola

Prof.	CTC	CTCe	AD	MT	PMP	SB	V	m	Ds	T	CID	E	Dp	M	CC	CIM
<b>AC-P01</b>																
0-25	3,49	1,41	30,65	1,05	5,78	0,96	27,51	31,92	1,51	48,21	0	0,24	2,64	67,54	13,91	0
25-60	-	-	46,45	-	6,59	1,11	-	-	1,53	38,06	-	-	2,75	65,53	15,24	-
60-100	-	-	52,61	-	6,42	0,64	-	-	1,54	0	-	-	2,78	66,46	14,97	-
<b>AC-P02</b>																
0-25	5,65	2,46	31,37	1,67	6,99	1,14	20,58	3,66	1,41	11,51	0	0,18	2,70	66,73	15,89	0
25-60	-	-	51,25	-	10,10	0,64	-	-	1,41	2,77	-	-	2,77	58,27	20,49	-
60-100	-	-	57,71	-	9,27	0,66	-	-	1,44	0	-	-	2,78	60,07	19,32	-
<b>AC-P04</b>																
0-25	5,72	2,99	38,83	1,89	17,44	2,00	34,97	33,11	1,42	12,60	0	0,32	2,72	40,73	28,41	0
25-60	-	-	50,13	-	19,44	0,96	-	-	1,38	9,82	-	-	2,76	40,31	29,80	-
60-100	-	-	39,75	-	24,02	0,56	-	-	1,30	14,11	-	-	2,66	38,02	31,66	-
<b>AC-P05</b>																
0-25	12,62	11,26	35,06	1,85	20,53	11,26	89,22	0	1,42	32,40	0	0,32	2,67	35,11	30,42	0
25-60	-	-	42,57	-	22,38	10,45	-	-	1,38	30,88	-	-	2,65	35,02	31,22	-
60-100	-	-	38,33	-	24,34	1,64	-	-	1,30	28,67	-	-	2,36	29,46	31,72	-
<b>AC-P06</b>																
0-25	8,80	5,26	29,02	1,37	22,38	2,04	23,18	61,22	1,31	11,33	0	0,32	2,84	41,92	31,21	0
25-60	-	-	35,92	-	23,86	0,97	-	-	1,32	8,50	-	-	2,58	35,19	31,63	-
60-100	-	-	33,70	-	25,22	1,09	-	-	1,27	12,50	-	-	2,87	42,72	31,83	-
<b>AC-P07</b>																
0-25	24,13	21,97	19,27	1,16	26,40	21,97	91,05	0	1,41	46,22	0	0,36	2,53	27,98	31,86	0
25-60	-	-	20,74	-	27,33	23,05	-	-	1,33	43,58	-	-	2,60	34,91	31,79	-
60-100	-	-	34,91	-	25,55	27,85	-	-	1,39	52,36	-	-	2,63	32,69	31,85	-
<b>AC-P08</b>																
0-25	14,56	11,95	27,11	1,37	23,31	11,95	82,07	0	1,32	22,07	0	0,30	2,53	33,94	31,50	0
25-60	-	-	29,20	-	26,06	13,56	-	-	1,44	24,04	-	-	2,66	30,69	31,86	-
60-100	-	-	27,45	-	27,22	14,56	-	-	1,50	33,21	-	-	2,54	22,58	31,80	-
<b>AC-P09</b>																
0-25	12,66	10,23	39,60	1,62	16,96	10,22	80,73	0,10	1,43	37,98	0	0,28	2,61	37,92	28,02	0
25-60	-	-	50,62	-	20,27	13,08	-	-	1,44	42,74	-	-	2,54	29,74	30,28	-
60-100	-	-	63,71	-	16,84	9,26	-	-	1,44	50,42	-	-	2,62	38,18	27,92	-
<b>AC-P10</b>																
0-25	7,44	4,52	35,57	2,15	20,15	4,00	53,76	11,50	1,41	20,10	0	0,35	2,58	33,15	30,22	0
25-60	-	-	36,57	-	23,87	5,50	-	-	1,35	19,04	-	-	2,66	35,97	31,63	-
60-100	-	-	29,48	-	26,12	5,39	-	-	1,28	23,94	-	-	2,62	37,57	31,86	-
<b>AC-P11</b>																
0-25	16,58	15,89	20,84	1,22	25,34	10,83	65,32	31,84	1,28	23,54	0	0,30	2,61	37,44	31,84	0
25-60	-	-	25,33	-	26,42	8,19	-	-	1,33	1,46	-	-	2,66	36,31	31,86	-
60-100	-	-	23,74	-	27,26	8,64	-	-	1,31	2,08	-	-	2,59	35,67	31,80	-

CTC e CTCe: (cmolC kg<sup>-1</sup>); AD = água disponível (mm); MT = mudança textural; PMP = ponto de marcha permanente; SB = soma de bases; V = saturação por bases; m = saturação por alumínio; Ds = densidade do solo; T = atividade de argila; CID = classe de impedimento à drenagem; E = erodibilidade; M = macroporosidade; CC = capacidade de campo; CIM = classe de impedimento à mecanização

# FIXAÇÃO DE MAGNÉSIO EM SOLOS ÁCIDOS COM ARGILAS DE ALTA ATIVIDADE

Paulo Guilherme Salvador Wadt<sup>(1)</sup>; Lucielio Manoel da Silva<sup>(2)</sup>;  
Valdomiro Catani<sup>(3)</sup>

(1) Pesquisador, Embrapa Acre, Rio Branco, AC, CEP: 69908-970; paulo@cpafac.embrapa.br (2) Analista, Embrapa Acre, Rio Branco, AC, CEP: 69908-970; lucielio@cpafac.embrapa.br; catani@cpafac.embrapa.br

## Introdução

A fixação de magnésio é considerado como todo processo que retira o magnésio da fase trocável para fases não trocáveis. Tradicionalmente, a fixação de magnésio ocorre em função de sua adsorção de alta energia na camada inter laminar de argilas silicatadas, como a muscovitas e outras micas não expansíveis (Azevedo & Vidal-Torrado, 2009).

Outro processo de fixação de magnésio ocorre sobre condições alcalinas, onde o magnésio reage com alumínio para formar mistura complexa de hidróxidos de Mg-Al, e a pH de equilíbrio entre 8,2 a 8,5, estes hidróxidos consistem de filossilicatos semelhantes a brucita, positivamente carregados, no qual Al substitui o íons de Mg na proporção de 3:1 (Brown & Gastuche, 1967). A formação desta mistura de hidróxidos de Mg-Al é uma reação rápida, que ocorre quando o magnésio presente em solução reage com formas de alumínio sobre condições alcalinas (Hunsaker & Pratti, 1970).

Em condições alcalinas, Hunsaker & Pratt (1970) identificaram por difração de raio-X, formação de hidróxidos de Mg-Al formados pela preparação de Al e Mg em suspensão com diversos tipos de argilas; segundo estes autores, o suprimento de Al no solo para a precipitação do Mg pode ser fornecido por formas trocáveis ou amorfas de Al do solo, cujas reações ocorrem em poucos minutos ou por pela gibbsita ou silicatos amorfos, em lentas reações que duram de algumas horas a vários dias.

Outro processo relacionado a fixação de magnésio resulta da co-precipitação de óxidos hidróxidos e argilas como as vermiculitas e montmorillonitas (Gupta & Malik, 1969). Estes autores verificaram que o magnésio pode precipitar-se formando uma estrutura semelhante a clorita-Mg dentro do espaço inter laminar das montmorillonitas, sendo que esta conversão é estável por um período de aproximadamente três meses; e após o envelhecimento da reação, ocorre a liberação de brucita e, possivelmente, montmorillonitas.

Sumner & Farina (1978) atribuem a fixação de Mg a redução observada na disponibilidade deste nutriente para as plantas devido drástica redução do Mg trocável com o aumento do pH dos solos em decorrência da aplicação de calagem, na presença de elevados teores de sílica coloidal.

Neste sentido, Wadt et al (2005) sugerem a possibilidade de poder haver fixação de magnésio em solos ácidos e com argilas de alta atividade da Formação Solimões, na região sul-ocidental da Amazônia, em decorrência da aplicação de calagem para a neutralização da acidez do solo.

Nesta região, a conjunção das características do material de origem dos solos, aliada às condições de drenagem, tempo de exposição e a atuação de agentes bioclimáticos, resultam em solos menos profundos e menos intemperizados, quando comparados a outros solos da Amazônia, normalmente ricos em esmectitas e outras argilas silicatadas do grupo das argilas 2:1 ou 2:1 (Wadt, 2002).

A presença de esmectitas nestes ambientes estaria associada ao elevado teor de cálcio e magnésio, que junto ao teor de sílica também elevado, seriam suficientes para a síntese e estabe-

lização desse mineral, explicando, inclusive a ausência de gibbsita em alguns destes solos (Wadt, 2005). Por outro lado, onde a atuação dos agentes bioclimáticos seria mais intensa, as esmectitas tornam-se instáveis, decompondo-se e liberando alumínio para o meio (Volkoff et al., 1989) ou no espaço inter laminar de vermiculitas (Marques et al., 2002), explicando o teor elevado de alumínio extraível por solução salinas concentradas.

A presença de minerais 2:1 em ambiente fortemente ácido fornece algumas das condições necessárias para a fixação de Mg quando estes solos são submetidos à calagem, elevando seu pH a valores próximos da neutralidade, havendo diferentes mecanismos envolvidos que poderiam explicar a fixação de Mg em solos intemperizados (Sumner et al,1978): a) co-precipitação do Mg com a sílica solúvel em solos com pH acima de 6,5; b) adsorção de hidróxido de magnésio (brucita) pela superfícies inter laminares de cloritas recém precipitadas a partir da precipitação da montemorilonita pelo hidróxido de magnésio sob condições alcalinas e; c) precipitação do Mg com o Al formando uma mistura de óxido hidróxido de Mg-Al; ou, d) adsorção do Mg por géis de hidróxido de alumínio recém-precipitados.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a possibilidade de ocorrência de reações de fixação do magnésio em solos com presença de horizontes com caráter alítico (solos ácidos, com alto teor de alumínio trocável associados a argilas de alta atividade), visando determinar possíveis limitações ambientais decorrentes da correção da acidez nestes solos.

## Material e Métodos

Para o estudo de fixação de magnésio foram utilizados sub-amostras do horizonte Bw1 do perfil AC-P02 (Latosolo Amarelo) e do horizonte Bt1 do AC-P06 (Argissolo Vermelho Plíntico), constantes do roteiro da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos.

Cada sub-amostra constitui-se de 3,00 g de Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), colocadas a equilibrar em tubos tipo falconer com solução de KCl 0,01 mol L<sup>-1</sup>, com a finalidade de manter uma força iônica constante, e em cinquenta por cento das sub-amostras de cada solo adicionou uma solução de MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O contendo 20 mg L<sup>-1</sup> de Mg e nas restantes solução contendo 60 mg L<sup>-1</sup> de Mg (Tabela 1), acrescentadas de solução de KOH em quantidades crescentes para elevar o pH do valor original à valores próximos de 7, de forma, que ao final, obteve-se seis soluções de equilíbrio para o Latossolo e nove para o Argissolo, em cada uma das doses de Mg utilizadas, com um volume final de 30 mL.

Após a adição de cada solução nas sub-amostras, as misturas solo-solução resultantes foram submetidas à agitação, por um período de doze horas, em agitador do tipo Wagner. Após a agitação, as misturas foram centrifugadas por 20 minutos a 9000 rpm.

Após a centrifugação, transferiu-se o sobrenadante (volume estimado de 30 mL) para copos plásticos e dessa solução retirou-se uma alíquota para determinação do teor de Mg e de Ca. No restante da solução foi determinado o pH por potenciometria.

Após a retirada da solução, adicionou nas sub-amostras de solos 30 mL de água e centrifugou novamente, o processo foi repetido duas vezes. Após as centrifugações determinou-se o teor de Mg e Ca. A retirada do sobrenadante foi feita com o cuidado para evitar perda de solo.

Na massa de solo resultante em cada tubo, foi adicionada 30 mL de solução extratora de KCl 1 M, acordo com o método da Embrapa (1997), para determinação dos teores de cálcio e magnésio trocáveis.

## (2) Calculo da remoção de Mg na solução de equilíbrio

O magnésio removido da solução de equilíbrio (Mg<sub>fix</sub>) foi calculado por diferença entre as quantidades de magnésio inicial fornecido na solução de trabalho (Mg<sub>adic</sub>) menos o magnésio final obtido nas soluções de leitura (Mg<sub>sol</sub>), de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Mg rem} = \text{Mg adic} - \text{Mg sol}$$

Onde:

Mg adic = 200  $\mu\text{g g}^{-1}$  de solo nas soluções de trabalho  
600  $\mu\text{g g}^{-1}$  de solo nas soluções de trabalho

Mg sol = Magnésio obtido nas leituras.

Mg rem = Magnésio removido da solução de equilíbrio.

Este magnésio removido representa três frações do magnésio no solo: magnésio livre em equilíbrio na solução do solo, magnésio retido no complexo de troca e magnésio fixado.

### **(3) Calculo da quantidade de Mg na solução do solo**

O magnésio contido na solução do solo foi estimado após duas extrações em água destilada, após a separação do solo com a solução inicial de equilíbrio.

$\text{Mg eq}$  = Magnésio obtido após duas extrações sucessivas em água destilada.

### **(4) Calculo do magnésio fixado**

O magnésio considerado como fixado foi estimado pela quantidade de magnésio removido da solução de equilíbrio, descontando-se as quantidades estimadas para o magnésio na solução do solo e o magnésio trocável, extraído ao final do procedimento, por solução de KCl 1 M.

$$\text{Mg fix} = \text{Mg rem} - \text{Mg eq} - \text{Mg troc}$$

Onde:

Mg fix = Magnésio fixado

Mg eq = Magnésio obtido nas leituras após extrações em água destilada

Mg troc = Magnésio obtido nas leituras após extrações em KCl 1 M

### **(5) Calculo da quantidade de cálcio trocável.**

Foi determinado a quantidade de cálcio na solução de equilíbrio, após a extração com solução salina de KCl 1 M, sendo este valor, considerado o teor de cálcio trocável do solo após o processo de fixação de magnésio.

**Tabela 1:** Soluções utilizadas no ensaio para a avaliação da capacidade de fixação de magnésio

Sub-amostra/Perfil	MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	KCl	KOH
	mg L <sup>-1</sup> de Mg	mmol L <sup>-1</sup>	mmol L <sup>-1</sup>
1/AC-P02	20	1,00	0,00
2/AC-P02	20	1,00	0,50
3/AC-P02	20	1,00	1,00
4/AC-P02	20	1,00	1,50
5/AC-P02	20	1,00	2,00
6/AC-P02	20	1,00	2,50
7/AC-P02	60	1,00	0,00
8/AC-P02	60	1,00	0,50
9/AC-P02	60	1,00	1,00
10/AC-P02	60	1,00	1,50
11/AC-P02	60	1,00	2,00
12/AC-P02	60	1,00	2,50
1/AC-P06	20	1,00	0,00
2/AC-P06	20	1,00	3,00
3/AC-P06	20	1,00	5,00
4/AC-P06	20	1,00	5,50
5/AC-P06	20	1,00	6,00
6/AC-P06	20	1,00	6,50
7/AC-P06	20	1,00	7,50
8/AC-P06	20	1,00	8,50
9/AC-P06	20	1,00	9,50
10/AC-P06	60	1,00	0,00
11/AC-P06	60	1,00	3,00
12/AC-P06	60	1,00	5,00
13/AC-P06	60	1,00	5,50
14/AC-P06	60	1,00	6,00
15/AC-P06	60	1,00	6,50
16/AC-P06	60	1,00	7,50
17/AC-P06	60	1,00	8,50
18/AC-P06	60	1,00	9,50

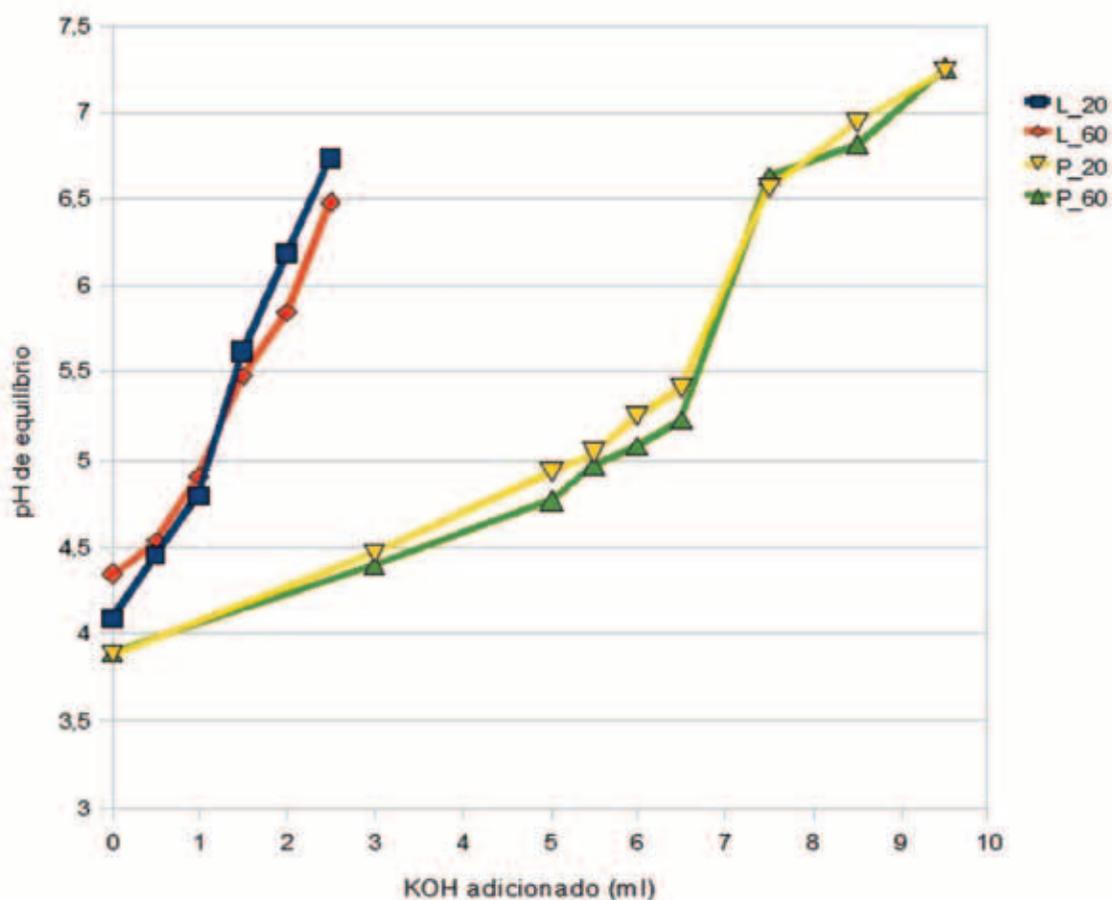
## Resultados e Discussão

Nos dois solos avaliados, a concentração de magnésio na suspensão de equilíbrio não afetou o pH da solução, sendo que o Latossolo apresentou uma menor capacidade de tamponamento do pH (Figura 1), condizendo com sua menor CTC e predomínio de argilas de baixa atividade.

A quantidade de magnésio removida na solução foi, em todos os solos, crescente em relação ao aumento do pH de equilíbrio (Figura 2), sendo menor no Latossolo em relação ao Argissolo, e em cada solo, menor na suspensão contendo 20 mg/L de Mg. Em ambos os solos, na solução com menor adição de Mg na suspensão de equilíbrio, nota-se uma tendência de saturação da quantidade de Mg retirada da solução, na faixa de valores de pH entre 5,5 e 7,0.

Entretanto, ao se analisar a porcentagem de Mg retirada da suspensão de equilíbrio em relação a quantidade aplicada, observa-se, em todos os solos, que o aumento do pH, mesmo na faixa de 5,5 a 7,0, proporcionou a retirada da maior parte do Mg aplicado na solução de 20 mg/L no Argissolo, seguido pelo Mg aplicado na solução de 60 mg/L, no mesmo solo (Figura 3). Por outro lado, no Latossolo houve a menor retirada de Mg, em ambas as soluções de equilíbrio.

A quantidade de Mg que permaneceu oclusa após a extração com solução salina de KCl 1 M foi crescente e significativamente superior no Argissolo, em relação ao Latossolo, para as duas concentrações de Mg utilizadas na solução de equilíbrio (Figura 4).

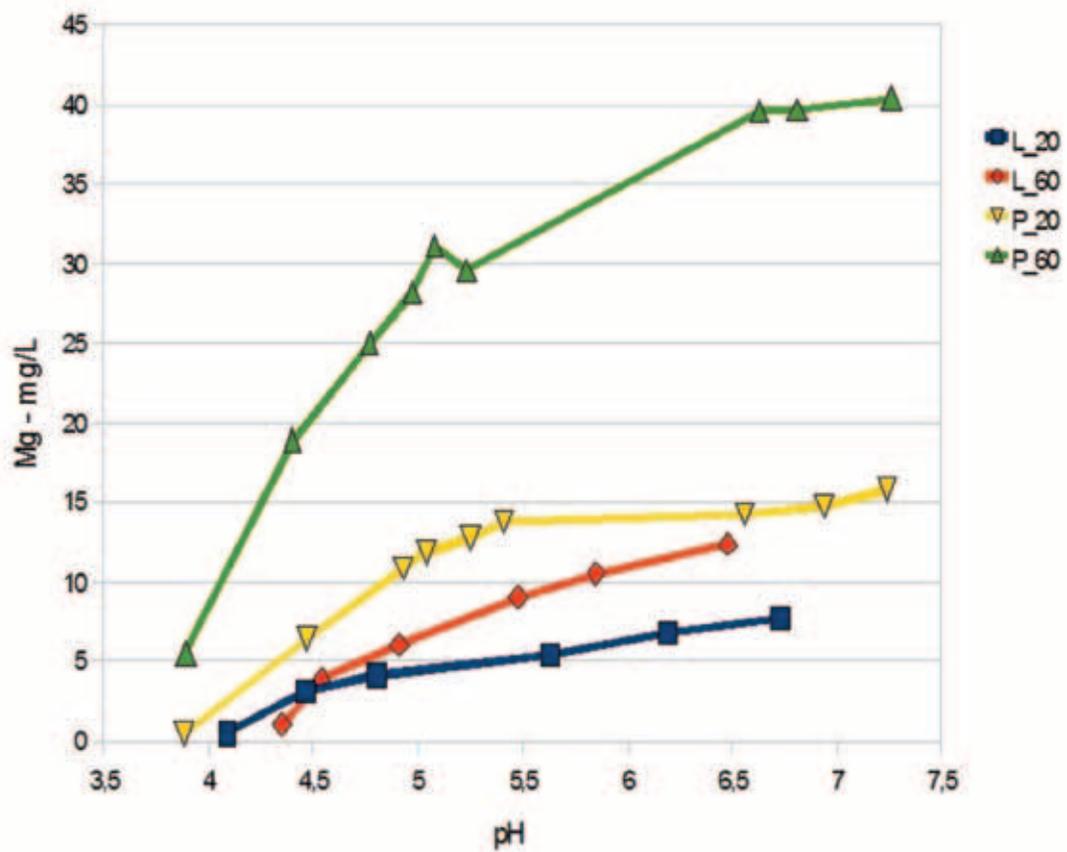


**Figura 1.** pH de equilíbrio após adições crescentes de KOH em amostras do horizonte B de um Latossolo (L) e Argissolo (P), com adições de 20 e 60 mg/kg de magnésio.

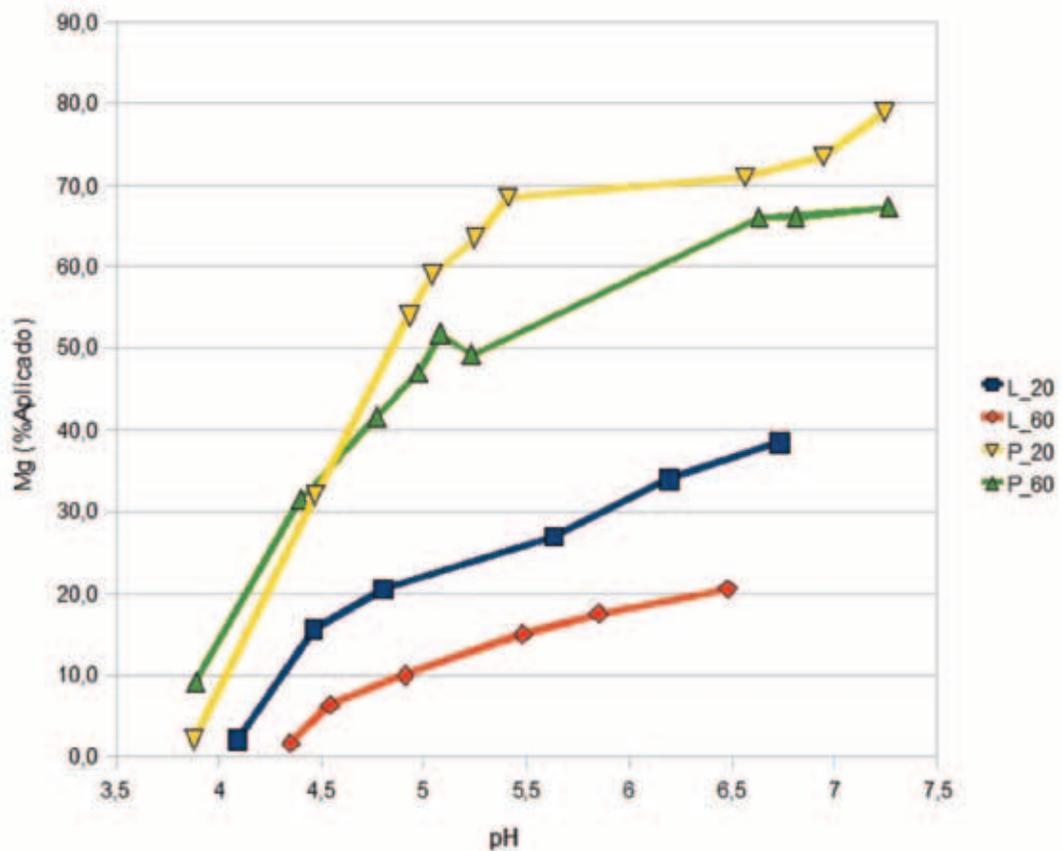
Observa-se que na solução de 60 mg/L de Mg, para o Argissolo, houve uma fixação líquida de Mg em todos os valores de pH. Por outro lado, para o Latossolo em ambas as soluções de equilíbrio e para o Argissolo em equilíbrio com solução de 20 mg/L de Mg, em valores de pH inferior a 5,5, há uma tendência de haver uma fixação negativa, representada por maior quantidade de Mg na solução de equilíbrio após a extração com a solução salina concentrada que a quantidade inicialmente adicionada (Figura 4), sendo tanto maior esta concentração, quanto menor o pH de equilíbrio.

No Argissolo, a regressão linear entre a quantidade de magnésio fixado e o pH de equilíbrio apresentou o mesmo coeficiente angular para as duas concentrações iniciais de Mg, indicando, semelhança no processo de fixação.

Com relação ao cálcio na solução de equilíbrio, após extração com solução salina concentrada, observa-se que não houve influência significativa do pH de equilíbrio na concentração deste elemento, sendo inclusive, maior a quantidade de cálcio no Latossolo com 20 mg/L de Mg que nos demais situações avaliadas.



**Figura 2.** Retirada de Mg da suspensão em relação ao pH da solução de equilíbrio, em amostras do horizonte B de um Latossolo (L) e Argissolo (P), com adições de 20 e 60 mg/kg de magnésio.



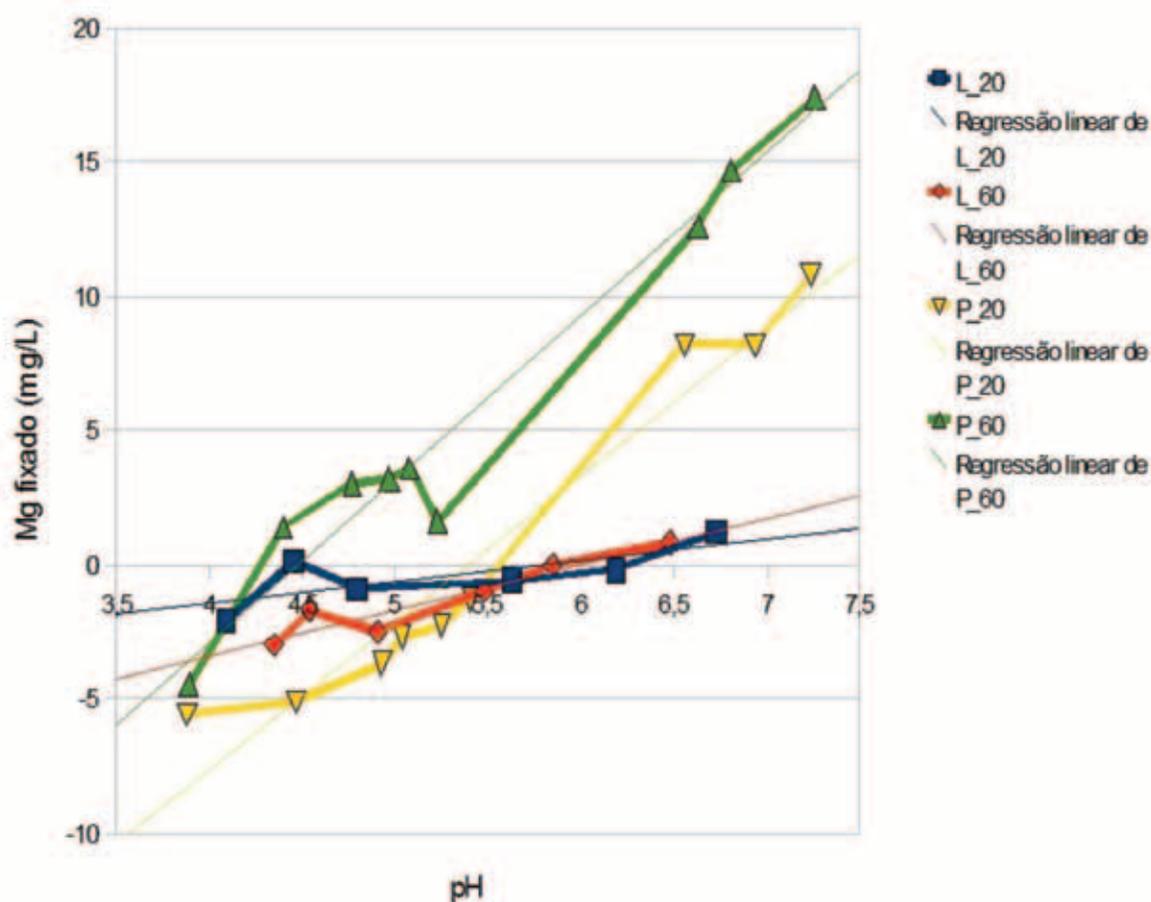
**Figura 3.** Retirada percentual de Mg, em relação ao total adicionado, em amostras do horizonte B de um Latossolo (L) e Argissolo (P), com adições de 20 e 60 mg/kg de magnésio.

A fixação de magnésio é um processo esperado para ocorrer em valores de pH acima de 7,0; entretanto, os resultados deste estudo apontam para a possibilidade deste processo estar ocorrendo também na faixa de pH entre 5,5 a 7,0, concomitantemente com possíveis processos de neutralização do alumínio contido no Argissolo.

No Latossolo, a fixação foi praticamente nula, podendo ser atribuída exclusivamente a erros experimentais.

Wadt et al (2005) sugerem nos solos com ácidos com argilas de alta atividade, poderia ocorrer processo de fixação de magnésio semelhante ao proposto por Sumner et al (1978) em decorrência da aplicação da calagem.

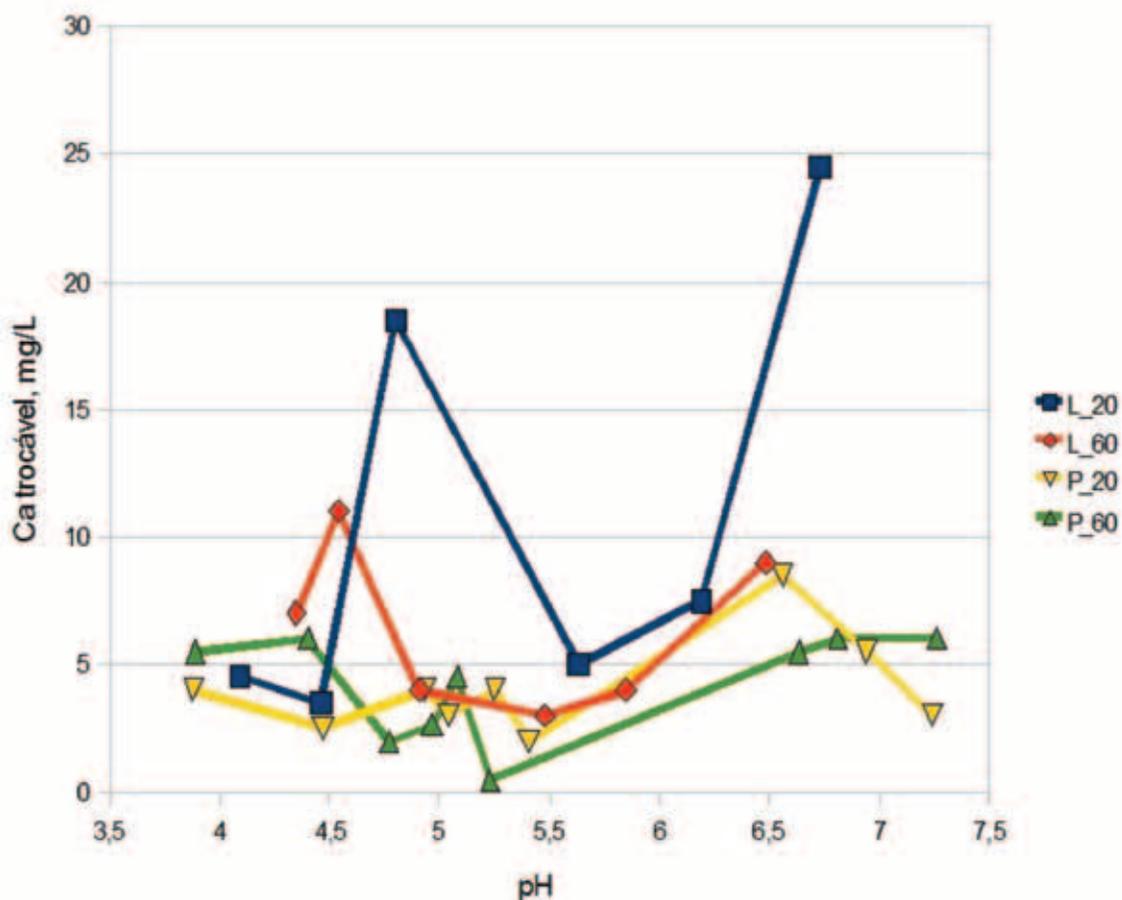
O alumínio interestratificado (Marques et al., 2002) ou aquele decorrente do processo de hidrólise das argilas silicatadas (Volkoff et al, 1989), no ambiente ácido destes solos, seriam prontamente fixado com o magnésio com o aumento do pH, formando novos minerais como hidróxidos de alumínio-magnésio (Hunsaker & Pratt, 1970) ou pela cloritização das montmorilonitas (Gupta & Malik, 1969), presente nestes solos.



**Figura 4.** Quantidades de Mg fixado, em amostras do horizonte B de um Latossolo (L) e Argissolo (P), com adições de 20 e 60 mg/kg de magnésio.

O presente estudo não é conclusivo, sendo necessárias pesquisas adicionais para verificar este fenômeno, seja no sentido de identificar possíveis minerais que estariam sendo formados no processo de fixação do magnésio, como também para avaliar a reversibilidade da reação.

Entretanto, deve-se destacar que este processo tem influência direta na recomendação de calagem para estes solos, já tendo sido demonstrado que a calagem nem sempre produz os benefícios esperados com base na neutralização do alumínio extraível em solução salina concentrada (Gama & Kiehl, 1999), e também, podendo resultar na menor disponibilidade de magnésio para as culturas.



**Figura 5.** Concentração de Ca na solução de equilíbrio, em amostras do horizonte B de um Latossolo (L) e Argissolo (P), com adições de 20 e 60 mg/kg de magnésio.

### Conclusão

Fração importante do magnésio adicionado em solução é removida sem reversibilidade com extração de solução salina concentrada, com o aumento do pH de equilíbrio do solo, sugerindo processos de fixação de magnésio no Argissolo ácidos com argilas de alta atividade.

O mesmo processo não foi observado no Latossolo estudado.

### Referências bibliográficas

- BROWN, G.; CESTHICHE, M.C. Mixed magnesium-aluminum hydroxides. II. Structure and structural chemistry of synthetic hydroxycarbonates and related minerals and compounds. *Clay Minerals*, 7:198-201, 1967.
- GAMA, J. F. 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*, Viçosa, v. 23, p.475-482, 1999.
- GUPTA, G.C.; MALIK, W.U. Chloritization of montmorillonite by its coprecipitation with magnesium hydroxide. *Clays and Clays Minerals*, v. 17, p. 331-338, 1969.
- HUNSAKER, V.B.; PRATT, P.F. The formation of mixed magnesium-aluminum hydroxides in soil materials. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, vol. 34, p. 813-816, 1970.
- MARQUES, J.J.; TEIXEIRA, W.G.; SCHULZE, D.G.; CURTI, N. Mineralogy of soils with unusually high exchangeable Al from the western Amazon Region. *Clay Mineralogy*, v. 37, p. 651-661, 2002.

SUMNER, M. E.; FARINA, P. M. W.; HURST, V. J. Magnesium fixation – a possible cause of negative yield responses to lime applications. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Baltimore, v. 9, p. 995-1007, 1978.

VOLKOFF, B.; MELFI, A.J.; CERRI, C.C. Solos podzólicos e cambissolos eutróficos do alto rio Purus (Estado do Acre). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 13, p. 363-372, 1989.

WADT, P.G.S, Manejo de Solos Ácidos do Estado do Acre. Rio Branco: Embrapa Acre, 2002. 28 p. (Série Documentos, 79)

WADT, P.G.S.; SILVA, J.R.T. da; FURTADO, S.C. Dinâmica de nutrientes com ênfase para as condições de solos do Estado do Acre. In. WADT, P.G.S. Manejo do Solo e Recomendação de Adubação para o Estado do Acre. Rio Branco: Embrapa Acre. 2005. p. 175-228.

## **MINERALOGIA DA FRAÇÃO ARGILA DOS SOLOS DA IX REUNIÃO BRASILEIRA DE CLASSIFICAÇÃO E CORRELAÇÃO DE SOLOS DO ESTADO DO ACRE**

Sebastião Barreiros Calderano, Amaury de Carvalho Filho, José Francisco Lumbreras, Gilson Gregoris.  
E-mail: sebast@cnps.embrapa.br, amaury@cnps.embrapa.br, jflum@cnps.embrapa.br, gilson@cnps.embrapa.br.  
Embrapa Solos

### **INTRODUÇÃO**

Por sua importância na definição de várias propriedades dos solos, a composição mineralógica da fração argila constitui um tema de destacado interesse, tanto para fins utilitários, como para investigações voltadas para o reconhecimento dos processos de gênese e transformação dos minerais em ambientes pedológicos. Nesse contexto, a ocorrência de quantidades expressivas de argilominerais expansivos em solos do Acre, em contraste com as condições climáticas prevalentes no ambiente amazônico, tem estimulado diversos estudos sobre sua composição mineralógica (Gama, 1986; Volkoff, 1989; Marques et.al., 2002). São em geral direcionados para reconhecimento das condições pedogenéticas e compreensão de algumas de suas características peculiares, dentre as quais a ocorrência de teores muito elevados de alumínio trocável, apesar da alta atividade da fração argila, característica de especial relevância, para distinção taxonômica de solos pelo para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, (Embrapa, 2006; Santos et. al., 2009).

O presente trabalho objetivou identificar os minerais presentes na fração argila dos solos da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos do estado do Acre, como subsídio a interpretações referentes às gênese e avaliação de critérios de distinção taxonômica a eles relacionados.

### **MATERIAL E MÉTODOS**

Para as análises mineralógicas foram selecionados dois ou três horizontes de cada perfil, sendo que nos perfis AC-P01 e AC-P02, foi analisado apenas um horizonte. A escolha se baseou nas características morfológicas e resultados de análises físicas e químicas, e na seleção prévia de horizontes para análise de micromorfologia. Apenas o perfil AC-P13 não foi analisado.

A fração argila ( $\varnothing < 0,002$  mm) foi separada no laboratório de física da Embrapa Solos, conforme Embrapa (1997).

As amostras foram analisadas em condição “ao natural” e sob os seguintes tratamentos: desferrificação por CBD (citrato-bicarbonato-ditionito de sódio), de acordo com Mehra e Jackson (1960); saturação com potássio (com aquecimento em diferentes temperaturas) e saturação com magnésio. As lâminas foram preparadas de forma orientada, pelo método do esfregaço.

Foram confeccionadas quatro lâminas de cada amostra: uma referente à amostra não tratada (Am.Total); a segunda referente à amostra desferrificada; a terceira à amostra desferrificada e saturada com magnésio (Mg), que foi posteriormente solvatada com etileno glicol (MgEG), com leituras executadas em ambas as condições; a quarta referente à amostra desferrificada e saturada com potássio (K), e submetida a tratamento térmico após montagem da lâmina, com aquecimento por duas horas em forno mufla, nas temperaturas de 110° C, 350° C e 550° C, com leituras intercaladas. Os procedimentos metodológicos referentes aos tratamentos supracitados encontram-se detalhados em Embrapa (1997) e Calderano et. al. (2009).

A análise mineralógica foi realizada por difratometria de raios-X em um difratômetro RIGAKU, modelo Miniflex II, utilizando-se tubo de cobre como fonte de radiação  $K\alpha$  e monocromador de grafite, com tensão de 30 kV e corrente de 15 mA. As leituras foram feitas por passo, com variação de 0,050° s-1. O intervalo de varredura para todas as amostras foi de 2° a 45° (2 $\theta$ ).

Os difratogramas foram confeccionados usando o programa Microcal Origin 6.0. São apresentados na seguinte ordem: amostra não tratada (Am.total); amostra desferrificada e saturada com magnésio (Mg) e posteriormente solvatada com etileno glicol (MgEG); amostra desferrificada e saturada com K com varreduras executadas à temperatura ambiente (K25) e, após aquecimento, nas temperaturas assinaladas (K110, K350 e K550). Os valores referentes ao espaçamento  $d$  são apresentados em nanômetros.

A identificação dos minerais foi realizada com base nas tabelas do JCPDS, constantes em Berry (1974), além de tabelas e critérios de Thorez (1976), Brindley e Brown (1984) e Moore e Reynolds (1997). Informações adicionais foram obtidas em Barnishel e Bertsch (1989), Dixon e Weed (1989), Fontes (1990), Hughes et.al. (1994), Kampf (1995b) e Resende et al. (2005). É importante destacar que a denominação dos argilominerais identificados se refere a um determinado grupo de minerais, e não a uma espécie isolada. A grafia dos nomes está de acordo com Branco (1987).

Os critérios utilizados para a identificação dos minerais são apresentados de forma mais detalhada no apêndice.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na fração argila dos solos analisados foram identificados os seguintes minerais: caulinita, mica, esmectita, que têm maior dominância, seguidos de interstratificado caulinita-esmectita, vermiculita e vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas, e ainda quartzo, além dos hidróxidos de ferro goethita e lepidocrocita, que ocorrem em proporções reduzidas, sobretudo o último.

De modo geral, há grande semelhança entre os difratogramas dos horizontes de um mesmo perfil de solo, o que indica certa homogeneidade da constituição mineralógica em profundidade, evidenciada inclusive naqueles em que o horizonte BC foi analisado. Entre os perfis, no entanto, diferenças na proporção dos minerais e, em grau bem menor, nos espécimes constituintes, são bem evidentes.

Dos minerais identificados, a caulinita encontra-se presente em todas as amostras analisadas. É identificada pelas reflexões a 0,720 nm, 0,358 nm e 0,238 nm, que desaparecem com o aquecimento da amostra K-saturada a 550°C (K550). As maiores concentrações desse argilomineral são observadas nos perfis AC-P02 (horizonte Bw2) e AC-P01 (Bxs), como indicam a elevada intensidade e a homogeneidade das reflexões de primeira e segunda ordens, que se apresentam bem formadas. Embora com menor expressão, esse mineral é ainda o principal constituinte da fração argila do perfil AC-P04 (Bt1, Bt2, BCf). Nos demais solos, tende a ocorrer em proporção

inferior aos argilominerais 2:1, considerados em conjunto.

A mica (termo inclusivo para illita) é também comum a todos os solos, como indicam as reflexões a 1,00 nm, 0,50 nm e 0,33 nm, e com menor intensidade a 0,25 nm, que permanecem estáveis em todos os tratamentos aplicados. O aumento de intensidade após aquecimento a 350° e 550°C se deve ao colapso dos outros argilominerais 2:1 presentes. Com exceção dos perfis AC-P01 e AC-P02, onde se encontra em pequena proporção, sua ocorrência é bastante expressiva em todos os solos, em especial no perfil AC-P04, com reflexões bem individualizadas, inclusive nos difratogramas da amostra não tratada.

A esmectita ocorre de forma bastante expressiva na maioria dos solos estudados, com destaque para os perfis AC-P07 (Bi e BC2), AC-P08 (Bt1 e Bt2), AC-P09 (Bt1 e Bt2), e AC-P11 (Bt e Bvf), em acordo com os valores mais elevados do índice Ki resultantes do ataque sulfúrico, e da atividade da fração argila. Sua presença é indicada pela reflexão a ~1,40 nm ( $6,5^\circ 2\theta$ ) na amostra saturada com magnésio (Mg), com expansão para ~1,70 nm após o tratamento com etileno glicol (MgEG). A esmectita só não foi observada nos perfis AC-P01 e AC-P02; e nos horizontes do perfil AC-P04 ocorre apenas em proporções bastante reduzidas.

O interestratificado caulinita-esmectita ocorre nos perfis AC-P05 (BA, Bt1 e Btf2), AC-P10 (Bt1 e Bt2) e no horizonte Btf do perfil AC-P06. A presença deste argilomineral é evidenciada pela formação de uma banda ou “ombro” ao lado das reflexões da caulinita na amostra saturada com Mg, após o tratamento com etileno glicol (MgEG). É melhor visualizada junto à reflexão a 0,720 nm (não deve ser confundida com a segunda reflexão da esmectita, que ocorre em algumas amostras, como por exemplo AC-P07, AC-P11 etc.).

Hughes et. al. (1994). sugerem que este argilomineral possa ser um excelente indicador da intensidade e duração do intemperismo em solos onde argilominerais 2:1 são abundantes no material de origem. Segundo os autores o interestratificado Ct-E se forma como um mineral intermediário durante o processo de caulinitização dos argilominerais 2:1. Esta transformação também foi observada por Kampf et al. (1995a), que atribuíram a sua presença no solo como um estágio intermediário de alteração da esmectita na formação de caulinita e de óxidos de ferro.

A vermiculita foi observada apenas no horizonte Bt1 do perfil AC-P05, em proporção reduzida. Sua presença é evidenciada pela reflexão a ~1,40 nm ( $6,5^\circ 2\theta$ ) na amostra saturada com magnésio, que permanece estável após o tratamento com etileno glicol (MgEG) e se contrai para 1,0 nm na amostra saturada com potássio.

Há também indícios da presença de vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas nos perfis AC-P01 e AC-P02, inferida pela pequena reflexão a 1,40 nm, que persiste mesmo nos difratogramas K350.

Quanto aos óxidos de ferro, é registrada a presença de goethita, cuja reflexão principal, a ~0,415 nm, desaparece após desferrificação com citrato-bicarbonato-ditionito de sódio (CBD). É bem perceptível nos difratogramas dos perfis AC-P02, AC-P04, e AC-P06, e observada de forma mais discreta em AC-P05, AC-P08 e AC-P10. Verifica-se ainda a ocorrência de lepidocrocita, com reflexão principal a 0,626 nm, observada apenas nos perfis AC-P07 (horizonte Bi) e AC-P11 (horizonte Bt). Este mineral é, em geral, pouco comum em solos, devido às condições específicas necessárias à sua formação (Kämpf e Curi, 2000).

Em proporções restritas, observa-se também a presença de quartzo (perfis AC-P05 ao AC-P11), evidenciada pela pequena reflexão a 0,427 nm, estável em todos os tratamentos (sua reflexão principal a 0,334 nm ocorre associada com a de terceira ordem da mica).

Registra-se ainda a presença, em quase todos os difratogramas, de uma pequena reflexão a 0,307 nm, que persiste na amostra aquecida a 550°C, mas cuja identificação não pode ser confirmada, assim como a pequena reflexão a 0,467 nm no perfil P02.

Por outro lado, pequena reflexão a 1,40 nm no horizonte BC2 do perfil AC-P07, persistente após aquecimento (K550), pode referir-se à clorita. Do mesmo modo, nos dois horizontes do perfil AC-P08, a pequena reflexão a ~1,20 nm, resistente ao aquecimento (K550), pode indicar

a presença de esmectita com hidróxi-Al entrecamadas (EHE) ou mesmo de interestratificado clorita-esmectita

Uma estimativa da proporção relativa dos minerais que ocorrem na fração argila dos horizontes analisados, realizada com base na expressão dos difratogramas de raios-X, é apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1** - Estimativa da proporção relativa dos minerais constituintes da fração argila dos horizontes analisados.

Perfil	Horizonte	Mineralogia
AC-P01	Bxs	Caulinita >> mica > vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas.
AC-P02	Bw2	Caulinita >> mica > vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas, goethita.
AC-P04	Bt1	Caulinita > mica > esmectita, goethita.
	Bt2	Caulinita > mica > esmectita, goethita
	BCf1	Caulinita > mica > esmectita, goethita
AC-P05	BA	Mica $\cong$ esmectita $\cong$ caulinita > interestratificado Ct-E, quartzo, goethita.
	Bt1	Mica $\cong$ esmectita $\cong$ caulinita > vermiculita > interestratificado Ct-E, quartzo, goethita.
	Btf2	Mica $\cong$ esmectita $\cong$ caulinita > interestratificado Ct-E, goethita
AC-P06	B1	Caulinita > mica $\cong$ esmectita, goethita.
	Bt1	Caulinita > mica $\cong$ esmectita, goethita
	Btf	Esmectita $\cong$ mica $\cong$ caulinita > interestratificado Ct-E, goethita
AC-P07	Bi	Esmectita >> mica > caulinita, lepidocrocita, quartzo.
	BC2	Esmectita >> mica > caulinita, quartzo.
AC-P08	Bt1	Esmectita >> mica > caulinita, quartzo, goethita
	Bt2	Esmectita >> mica > caulinita, quartzo
AC-P09	Bt1	Esmectita >> mica > caulinita, quartzo
	Bt2	Esmectita >> mica > caulinita, quartzo
AC-P10	Bt1	Mica $\cong$ esmectita $\cong$ caulinita > interestratificado Ct-E, goethita
	Bt2	Esmectita $\geq$ mica > caulinita > interestratificado Ct-E, goethita
AC-P11	Bt	Esmectita >> mica $\cong$ caulinita, lepidocrocita, quartzo.
	Bvf	Esmectita >> mica $\cong$ caulinita, quartzo.

De acordo com a estimativa realizada, os solos estudados na IX RCC podem ser individualizados em quatro grupos, com as seguintes características mineralógicas:

Grupo 1 - predominância de caulinita (perfis AC-P01 e AC-P02);

Grupo 2 - caulinita predominante, com proporção considerável de minerais 2:1, principalmente mica (perfil AC-P04);

Grupo 3 - proporções equivalentes de caulinita, mica e esmectita, com predominância de minerais 2:1 (AC-P05, AC-P06, AC-P10)

Grupo 4 - predominância de esmectita (AC-P07, AC-P08, AC-P09, AC-P11).

Observa-se, nessa sequência, uma redução do grau de intemperização dos materiais constitutivos da fração argila, o que concorda, em linhas gerais, com o enquadramento taxonômico dos solos, com os perfis P02 (Latosolo Amarelo) e P01 (Espodossolo Humilúvico) em um extremo, e os solos de menor desenvolvimento pedogenético (Cambissolos, Vertissolo e Luvisolo), em outro. É indicada também pelos valores de  $K_i$  e  $K_r$ , e em especial pela atividade da fração argila, que parece ser a característica que melhor reflete a composição mineralógica dos solos (Tabela 2).

Não há, no entanto, relação mais específica entre aqueles grupamentos, ou tipos de solo, ou ainda a presença de determinado mineral, com os teores de Al trocável, que podem ser muito distintos entre horizontes de um mesmo perfil (em geral com tendência a se elevarem em profundidade), apesar de apresentarem composição mineralógica similar, como pode ser visualizado na Tabela 2.

**Tabela 2** - Características químicas e constituição mineralógica, estimada por difratometria de raios-X, da fração argila de horizontes selecionados dos perfis de solo da IX RCC.

Identif. <sup>(1)</sup>	Horiz.	pH		$\Delta$ pH	Complexo Sortivo			Valor Sat.		Relações Moleculares		Atividade da fração argila		Agrupam. (mineralogia)	Constituição mineralógica
		Símb.	H <sub>2</sub> O		KCl	Valor S	Al***	Valor T	V	Al	Ki	Kr	(C corr.)		
					cmolc/kg			%		cmol <sub>e</sub> /kg					
EKo-1	Bxs	4,9	4,0	-0,9	0,4	3,2	15,0	3	89	1,68	1,60	44,8	28,9	1	caulinítico
LAd-2	Bw2	5,3	4,1	-1,2	0,3	1,3	1,8	17	81	1,70	1,34	6,8	4,8	1	caulinítico
PVal-4	Bt1	5,0	3,8	-1,2	0,5	4,4	6,7	7	90	1,78	1,30	21,1	15,6	2	caulinítico - micáceo (illítico)
PVal-4	Bt2	5,1	3,8	-1,3	0,3	7,9	11,7	3	96	1,43	1,10	21,7	18,6	2	caulinítico - micáceo (illítico)
PVal-4	BCf1	5,2	3,8	-1,4	0,3	7,9	12,4	2	96	2,04	1,53	21,1	19,3	2	caulinítico - micáceo (illítico)
PVal-5	BA	5,5	3,8	-1,7	7,6	3,3	13,4	57	30	3,42	2,53	38,1	32,4	3	misto (mica, esmectita e caulinita)
PVal-5	Bt1	5,5	3,7	-1,8	8,4	9,6	20,9	40	53	3,16	2,51	37,1	34,2	3	misto (mica, esmectita e caulinita)
PVal-5	Bt2	5,4	3,6	-1,8	6,1	14,4	22,7	27	70	3,37	2,57	40,8	38,4	3	misto (mica, esmectita e caulinita)
PVal-6	B1	4,9	3,7	-1,2	1,4	5,8	10,2	14	81	2,89	2,15	27,0	18,4	3	misto (mica, esmectita e caulinita)
PVal-6	Bt1	5,1	3,7	-1,4	2,0	6,7	11,4	18	77	2,71	2,01	26,4	20,2	3	misto (mica, esmectita e caulinita)
PVal-6	Bt2	5,0	3,7	-1,3	2,7	14,2	20,1	13	84	3,25	2,39	33,8	31,3	3	misto (mica, esmectita e caulinita)
CXve-7	Bi	7,0	5,1	-1,9	43,6	0	43,6	100	0	3,22	2,52	72,3	69,7	4	esmectítico
CXve-7	BC2	8,7	7,0	-1,7	45,7	0	45,7	100	0	3,15	2,42	68,9	68,1	4	esmectítico
TCp-8	Bt1	5,9	4,1	-1,8	28,9	0,5	32,1	90	2	3,30	2,61	67,3	63,2	4	esmectítico
TCp-8	Bt2	6,0	3,8	-2,2	27,6	1,5	31,5	88	5	2,79	2,06	66,2	63,7	4	esmectítico
TCp-9	Bt1	5,5	3,6	-1,9	18,2	7,4	29,7	61	29	4,32	3,19	65,1	61,8	4	esmectítico
TCp-9	Bt2	5,5	3,6	-1,9	9,6	12,2	24,7	39	56	4,40	3,48	71,4	68,1	4	esmectítico
TCo-10	Bt1	5,7	3,7	-2,0	12,7	6,8	23,2	55	35	2,00	1,57	37,1	33,7	3	misto (mica, esmectita e caulinita)
TCo-10	Bt2	5,5	3,7	-1,8	11,5	12,2	26,9	43	51	2,27	1,78	46,8	44,3	3	misto (mica, esmectita e caulinita)
TXo-11	Bt	4,9	3,7	-1,2	19,5	8,2	33,1	59	30	3,07	2,48	51,9	45,9	4	esmectítico
TXo-11	Bvf	4,7	3,6	-1,1	20,8	16,0	42,9	48	43	3,48	2,72	53,0	49,7	4	esmectítico

(1) : Classificação do solo conforme Embrapa (2006) e Santos et. al. (2009), e número do perfil (AC-P)

Pequenas variações na constituição mineralógica podem ocorrer nos solos de um determinado grupo, ou mesmo entre horizontes de um perfil, conforme detalhado na descrição da mineralogia dos horizontes analisados, que é apresentada em apêndice.

## CONCLUSÕES

Os principais argilominerais constituintes da fração argila dos solos da IX RCC são: caulinita, mica e esmectita, presentes em quase todos os horizontes analisados. Destaca-se a presença em algumas amostras de interstratificado caulinita-esmectita e de lepidocrocita.

De acordo com a composição mineralógica da fração argila, distinguem-se quatro grupamentos de solos, que refletem diferentes estádios de intemperização: 1 - cauliniticos (perfis AC-P01 e AC-P02); 2 - caulinitico-micáceos (illíticos) (perfil AC-P04); 3 - de constituição mista (caulinita = mica = esmectita) (perfis AC-P05, AC-P06, AC-P10); 4 - esmectíticos (perfis AC-P07, AC-P08, AC-P09, AC-P11).

A mineralogia da fração argila não se reflete de forma direta na saturação por bases ou no teor de alumínio trocável dos solos.

## APÊNDICE

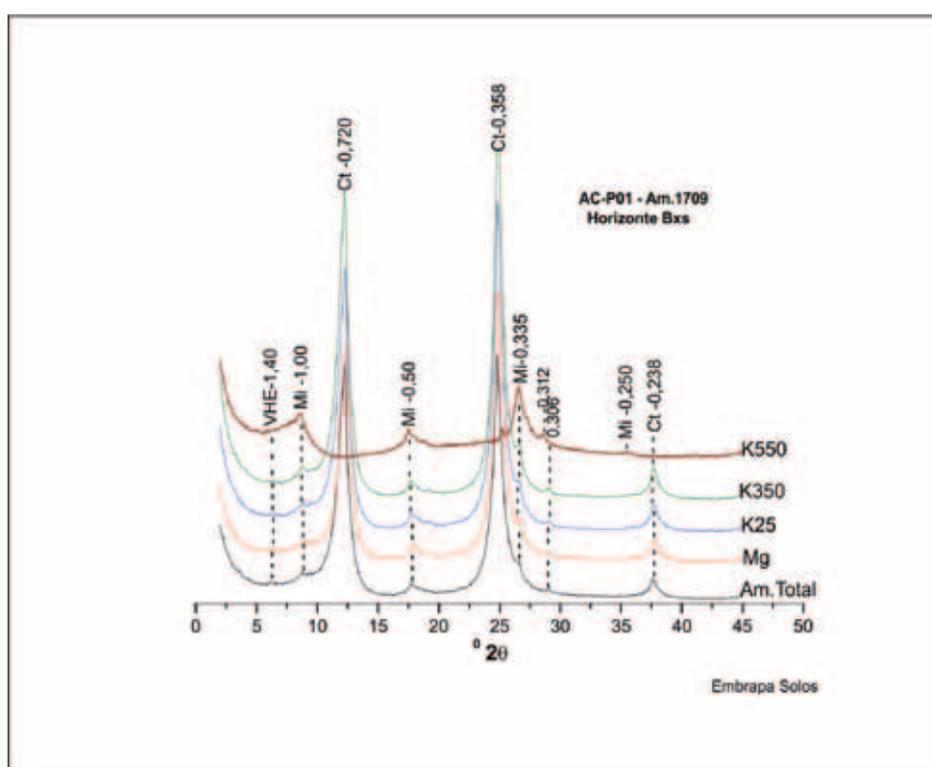
### Apêndice A - Difratomogramas de Raios-X da Fração Argila

#### AC-P01 - Espodossolo Humilúvico Órtico

Foi analisado o horizonte Bxs. Os difratogramas, ordenados conforme os tratamentos (ver em métodos), são apresentados na Figura 1.

A fração argila deste horizonte é constituída por caulinita, mica e indícios de vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas.

Pela intensidade e boa definição de suas reflexões a caulinita é predominante. A presença de vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas, embora em proporção muito reduzida, é sugerida pela reflexão a ~1,40 nm, sem apresentar deslocamento na amostra K350. Não foi possível se identificar o mineral correspondente à pequena reflexão a 0,306 nm (e 0,312 nm na amostra K550).



**Figura 1.** Difratomogramas de raios-X da fração argila do horizonte Bxs do perfil AC-P01. VHE - vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas; Mi – mica; Ct – caulinita. Montagem orientada. Espaçamento  $d$  em nm. Radiação  $\text{CuK}\alpha$ .

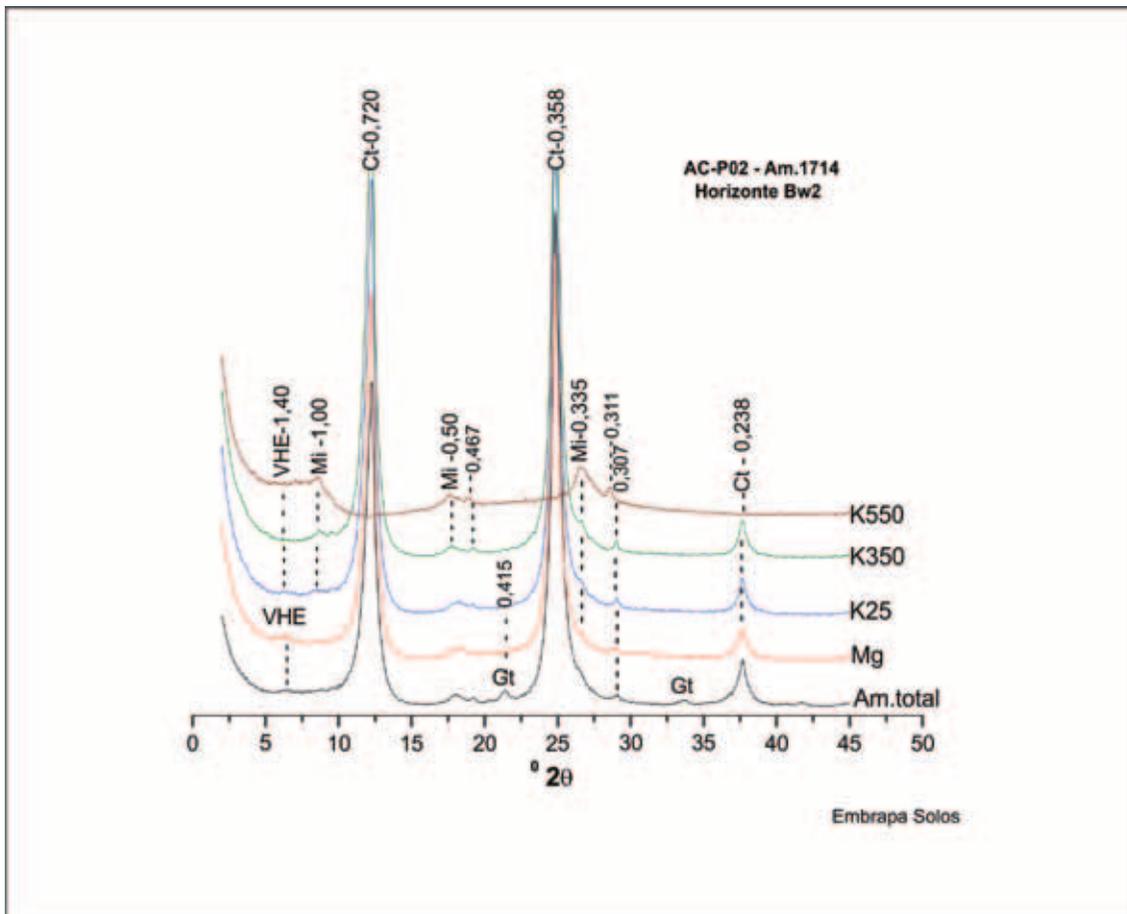
Caulinita >> mica > vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas

#### AC-P02 - Latossolo Amarelo Distrófico

Foi analisado o horizonte Bw2. Os difratogramas, ordenados conforme os tratamentos, são apresentados na Figura 2.

A fração argila deste horizonte é constituída por caulinita, mica, indícios de vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas e goethita.

A caulinita é predominante com reflexões bem formadas e de elevada intensidade. À semelhança do perfil anterior, a presença de vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas, em proporções reduzidas, é sugerida pela reflexão a ~1,40 nm, sem apresentar deslocamento na amostra K350. Não foi possível se identificar o mineral correspondente à pequena reflexão a 0,306 nm (e 0,312 nm na amostra K550), assim como a 0,467 nm.



**Figura 2** - Difratomogramas de raios-X da fração argila do horizonte Bw2 do perfil AC-P02. VHE - Vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas; Mi - Mica; Ct – Caulinita; Gt – Goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK $\alpha$ .

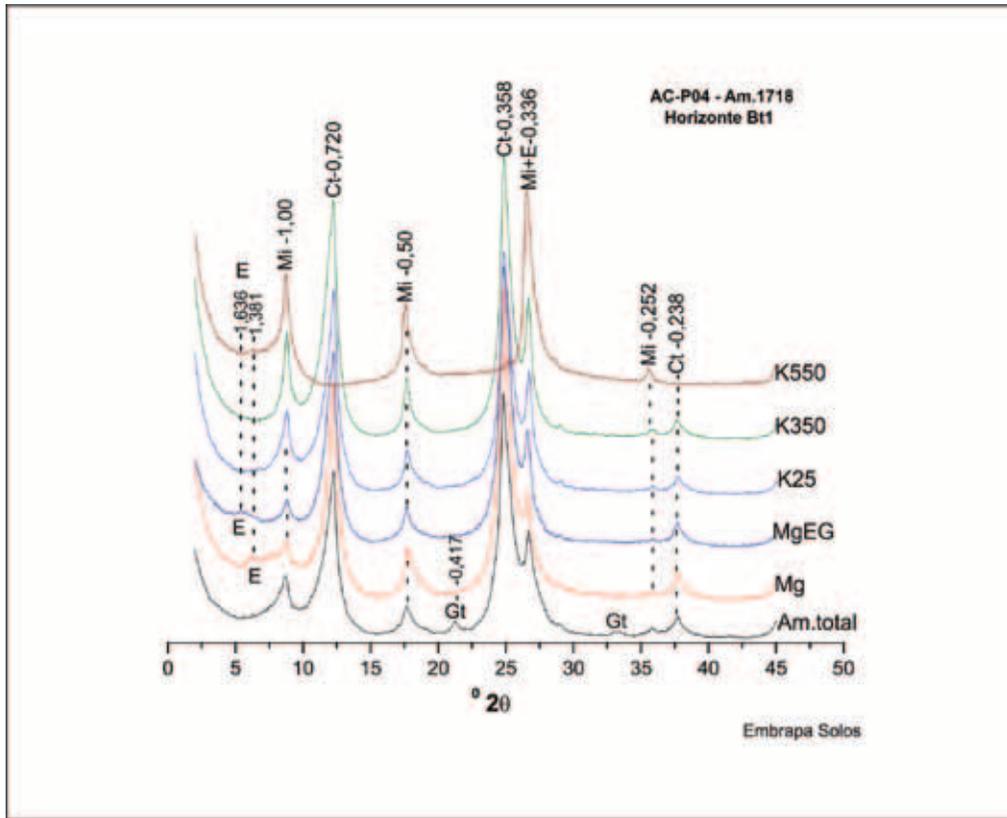
Caulinita >> mica > vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas, goethita

#### AC-P04 - Argissolo Vermelho Alítico

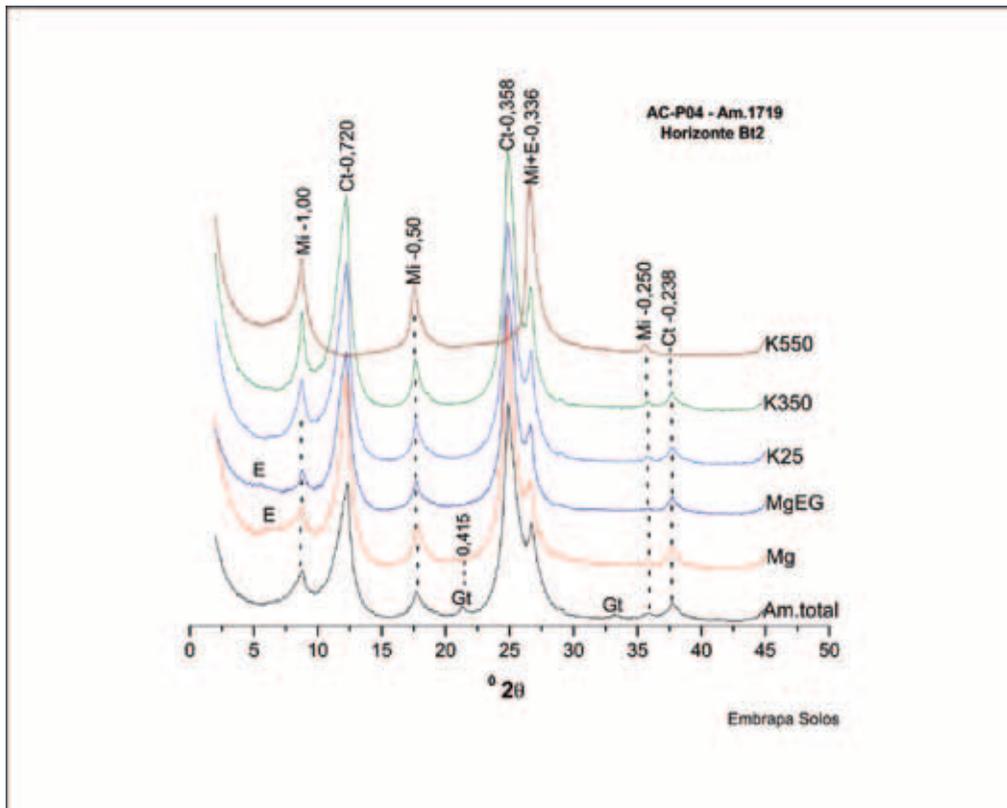
Foram analisados os horizontes Bt1, Bt2 e BCf1. Os difratogramas, ordenados conforme os tratamentos, são apresentados nas Figuras 3, 4 e 5, respectivamente.

Verifica-se que há uma grande semelhança entre os difratogramas de todos os horizontes analisados, o que indica homogeneidade da constituição mineralógica em profundidade. A fração argila dos três horizontes analisados é constituída por caulinita, mica, esmectita e goethita

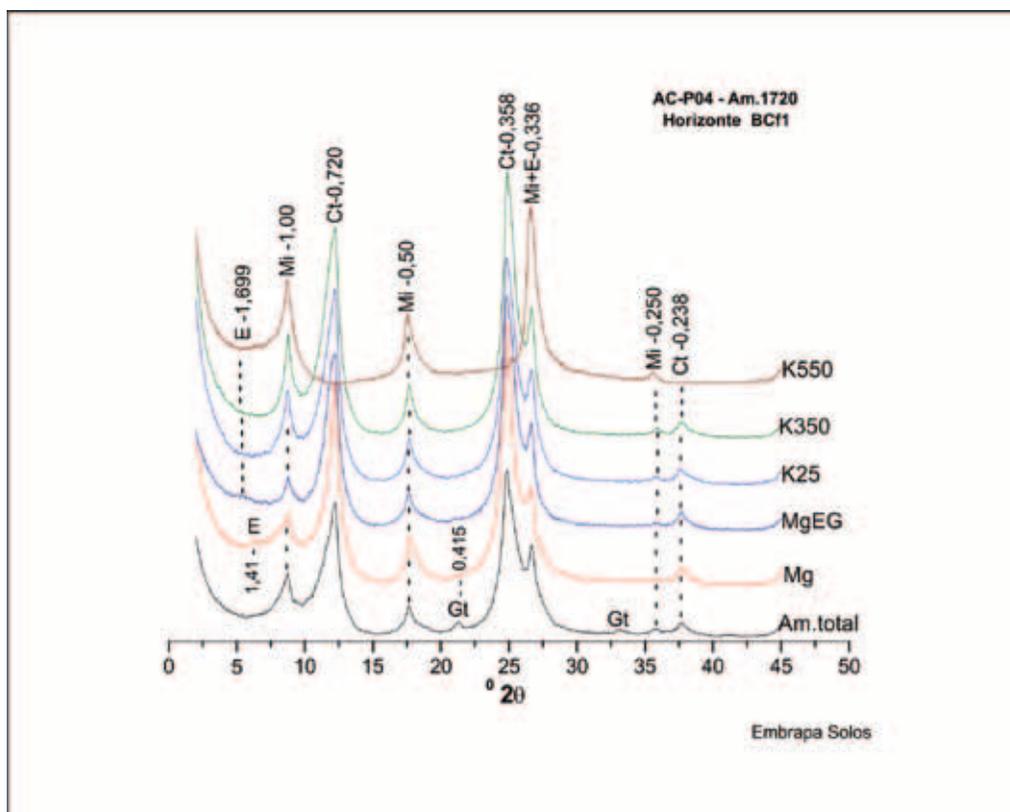
A caulinita é o mineral predominante com reflexões bem formadas e de mais elevada intensidade que os demais. Pelas características e intensidade de suas reflexões, a ocorrência da esmectita não é muito expressiva.



**Figura 3** - Difratoformas de raios-X da fração argila do horizonte Bt1 do perfil AC-P04 E – Esmectita; Mi - Mica; Ct – Caulinita; Gt - Goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK $\alpha$ .  
Caulinita > mica > esmectita, goethita



**Figura 4** - Difratoformas de raios-X da fração argila do horizonte Bt2 do perfil AC-P04. E – Esmectita; Mi - Mica; Ct – Caulinita; Gt - Goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK $\alpha$ .  
Caulinita > mica > esmectita, goethita



**Figura 5** - Difratomogramas de raios-X da fração argila do horizonte BCf1 do perfil AC-P04 E – Esmectita; Mi - Mica; Ct – Caulinita; Gt - Goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK $\alpha$ .

Caulinita > mica > esmectita, goethita

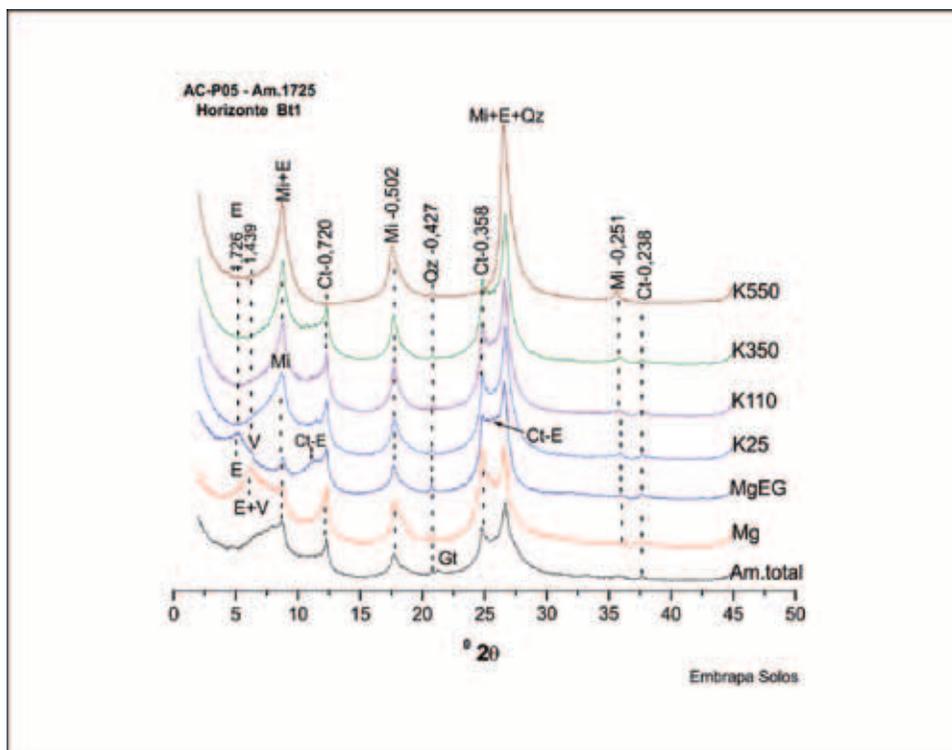
#### AC-P05 - Argissolo Vermelho Alítico

Foram analisados os horizontes BA, Bt1 e Bt2. Os difratogramas, ordenados conforme os tratamentos, são apresentados nas figuras 6, 7 e 8, respectivamente.

Verifica-se também neste perfil que há uma grande semelhança entre os difratogramas correspondentes dos três horizontes analisados, o que indica homogeneidade da constituição mineralógica em profundidade. A única variação observada é a presença de vermiculita no horizonte Bt1. A fração argila dos três horizontes analisados é constituída por caulinita, mica, esmectita, (vermiculita), interstratificado caulinita-esmectita, quartzo e indícios de goethita

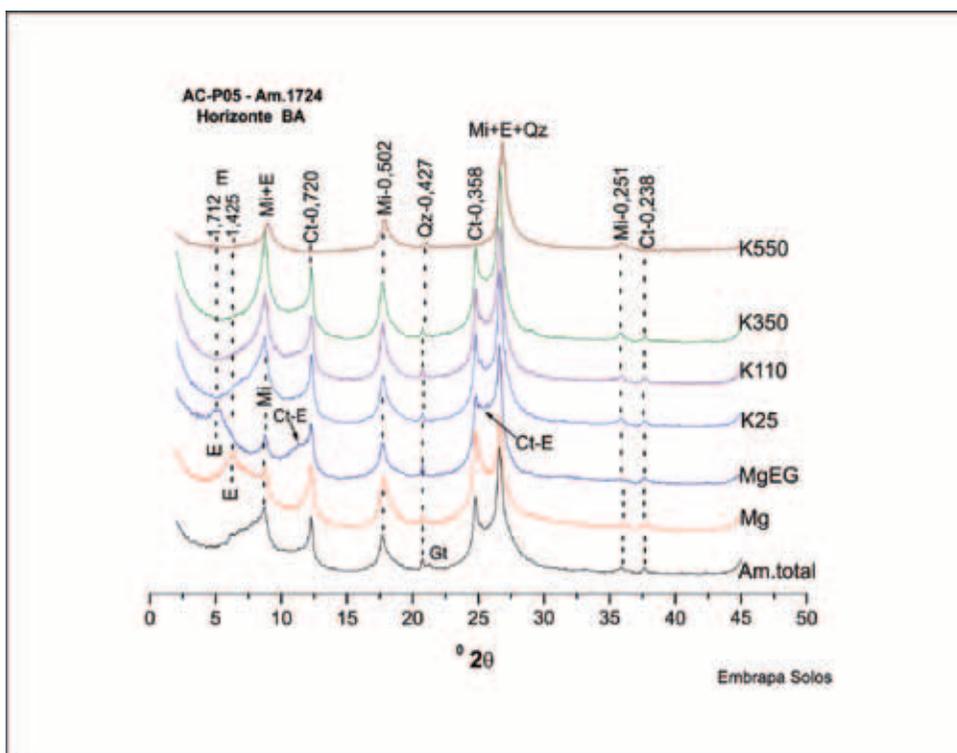
Destaca-se a presença do interstratificado Ct-E, de forma bem evidente, nos três horizontes. Não há evidências da presença de EHE (esmectita com hidróxi-Al entrecamadas) neste perfil, ou de VHE (Bt1), conforme inferido pelo pico a 1,00 nm, após aquecimento a 350°C (K350), sem indícios de reflexões ou bandas de valores superiores a este, o que indica total contração do mineral.

É possível que haja uma equivalência entre a mica, a esmectita e a caulinita, na fração argila dos horizontes deste perfil (Tabela 1). Pode-se dizer, no entanto, que os minerais 2:1 (mica+esmectita principalmente) são predominantes sobre a caulinita.



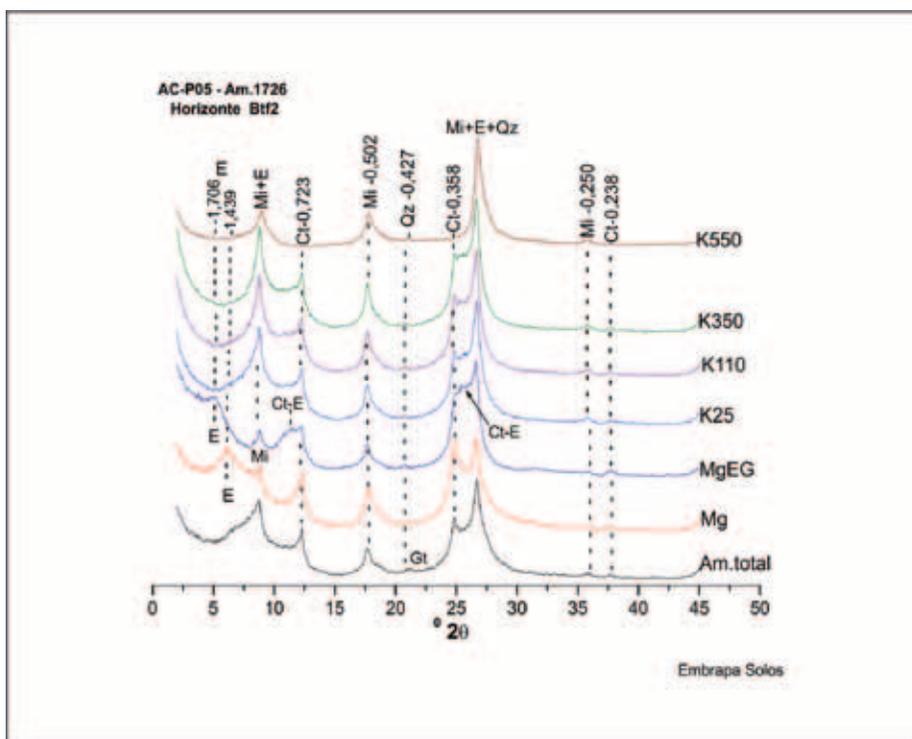
**Figura 6** - Difractogramas de raios-X da fração argila do horizonte BA do perfil AC-P05. E – Esmeclita; Mi – Mica; Ct-E - interestratificado Caulinita-Esmectita; Ct – Caulinita; Qz - Quartzzo; Gt - Goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK $\alpha$ .

Mica = esmeclita = aulinita > interestratificado caulinita-esmeclita, quartzo, goethita.



**Figura 7** - Difractogramas de raios-X da fração argila do horizonte Bt1 do perfil AC-P05. E – Esmeclita; V – Vermiculita; Mi – Mica; Ct-E - interestratificado Caulinita-Esmectita; Ct – Caulinita; Qz – Quartzzo; Gt - Goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK $\alpha$ .

Mica = esmeclita = caulinita > vermiculita > interestratificado caulinita-esmeclita, quartzo, goethita.



**Figura 8** - Difratoformas de raios-X da fração argila do horizonte Btf2 do perfil AC-P05. E – Esmectita; Mi – Mica; Ct-E - interestratificado Caulinita-Esmectita; Ct – Caulinita; Qz – Quartzo; Gt - Goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK $\alpha$ .

Mica = esmectita = caulinita > interestratificado caulinita-esmectita, quartzo, goethita.

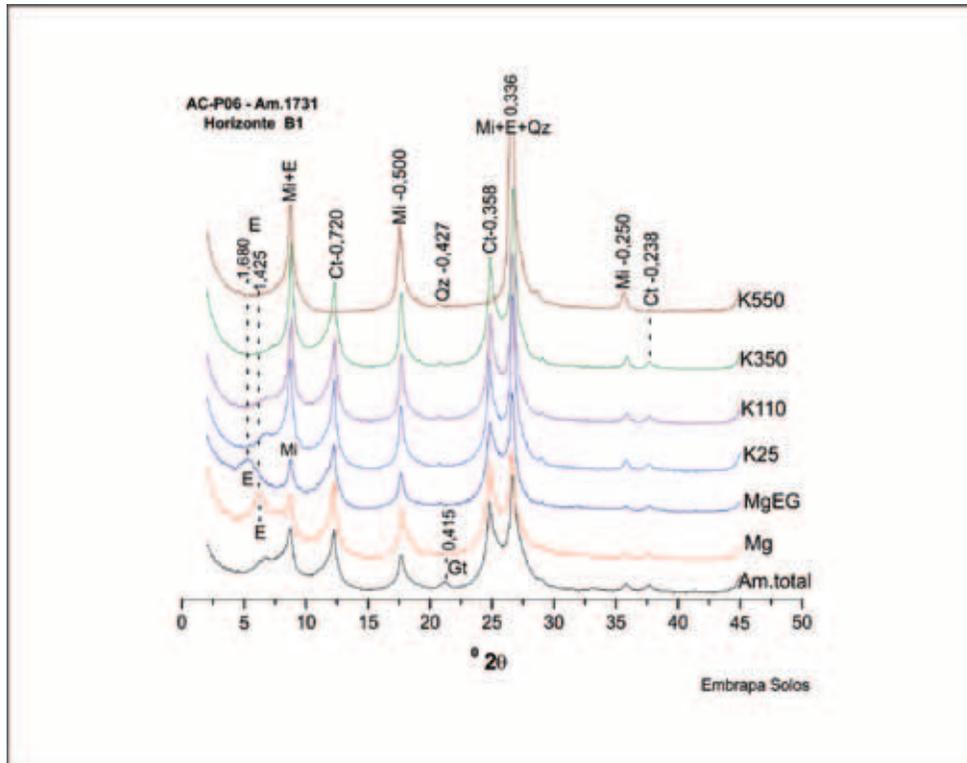
#### AC-P06 - Argissolo Vermelho Alítico

Foram analisados os horizontes B1, Bt1 e Btf. Os difratogramas são apresentados nas figuras 9, 10 e 11, respectivamente.

Como já observado anteriormente, verifica-se também neste perfil que há uma grande semelhança entre os difratogramas correspondentes dos três horizontes analisados. A única variação que merece ser destacada, é a presença de interestratificado caulinita-esmectita, no horizonte Btf, apesar desta ocorrência se dar de forma mais discreta do que no perfil anterior. Como destacado para o P05, não se observa evidências da presença de EHE, neste perfil.

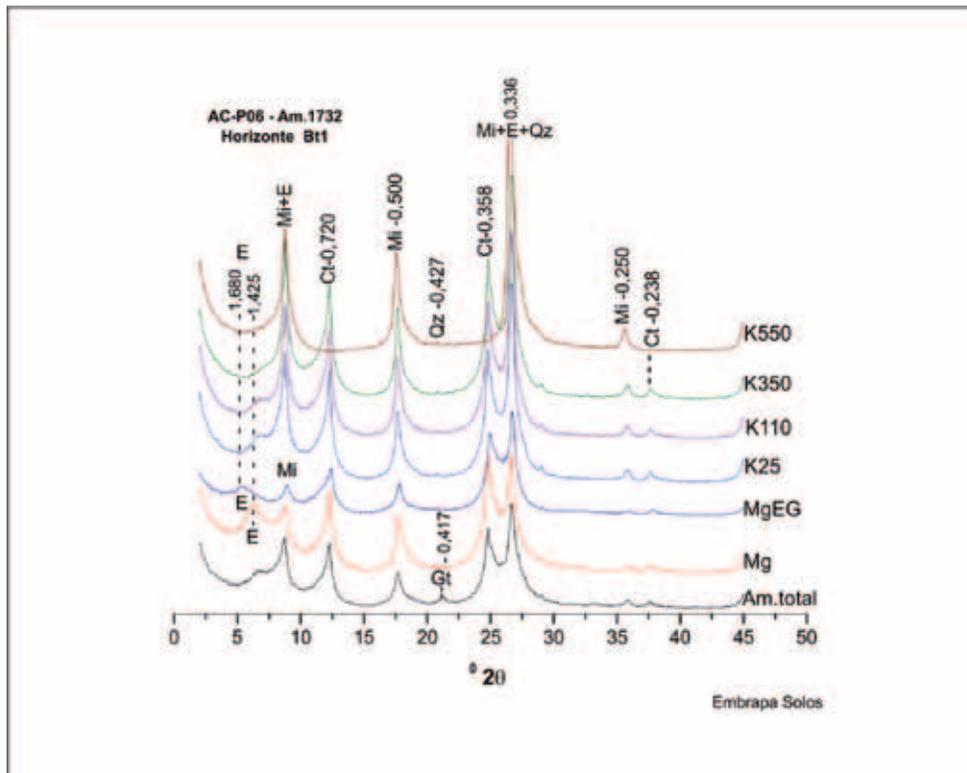
A fração argila dos três horizontes analisados é constituída por caulinita, mica, esmectita, (interestratificado caulinita-esmectita), goethita e (quartzo).

Por estimativa, infere-se que a caulinita é predominante nos dois primeiros horizontes (Tabela 1), porém é possível afirmar-se que os minerais 2:1 (mica+esmectita) predominam sobre a caulinita.



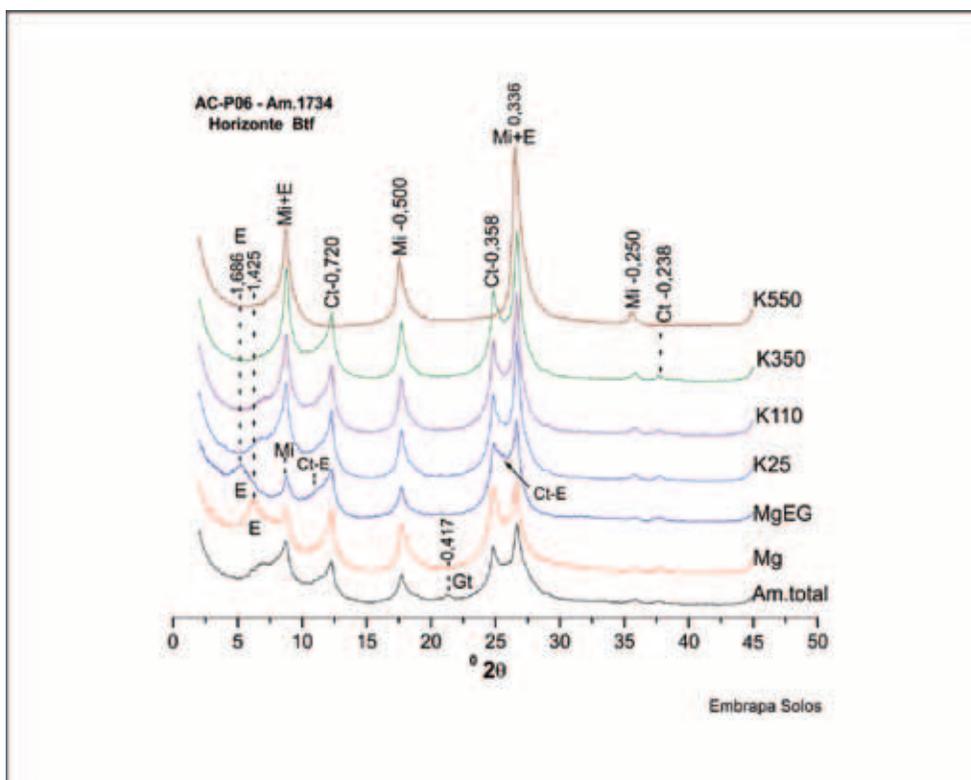
**Figura 9** - Difratoformas de raios-X da fração argila do horizonte B1 do perfil AC-P06. E – Esmeclita; Mi – Mica; Ct – Caulinita; Qz – Quartzo; Gt - Goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK $\alpha$ .

Caulinita > mica = esmeclita, goethita, quartzo.



**Figura 10** - Difratoformas de raios-X da fração argila do horizonte Bt1 do perfil AC-P06. E – Esmeclita; Mi – Mica; Ct – Caulinita; Qz – Quartzo; Gt - Goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK $\alpha$ .

Caulinita  $\geq$  mica = esmeclita, goethita, quartzo.



**Figura 11** - Difratomogramas de raios-X da fração argila do horizonte Bt do perfil AC-P06. E – Esmedtita; Mi - Mica, Ct-E - interestratificado Caulinita-Esmectita; Ct – Caulinita; Gt - Goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK $\alpha$ .

Esmedtita = mica = caulinita > interestratificado caulinita-esmedtita, goethita.

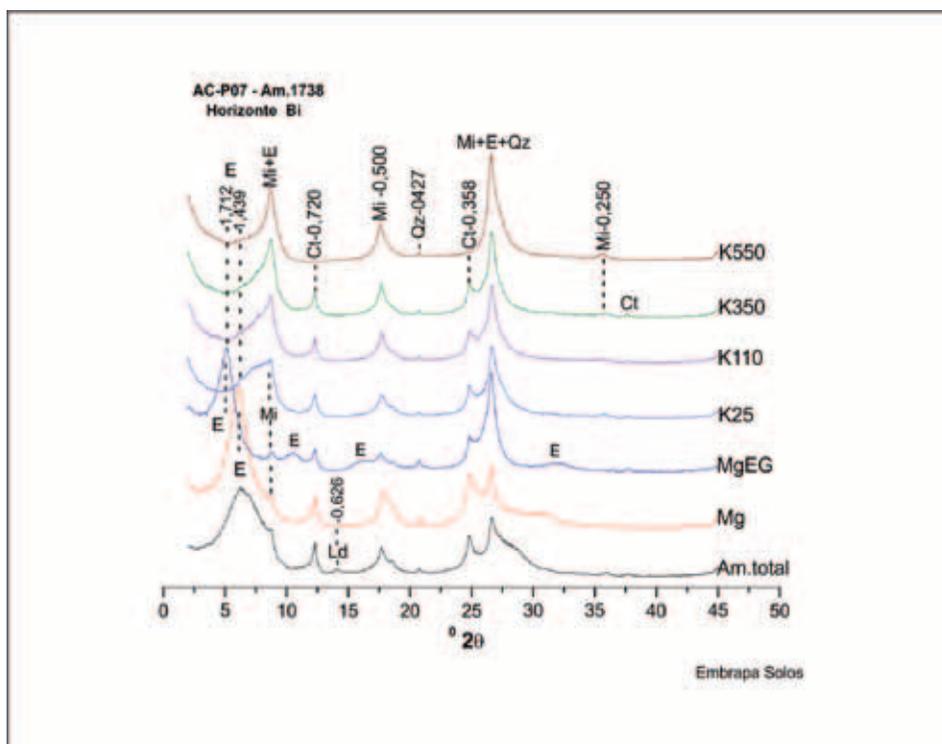
#### AC-P07 - Cambissolo Háplico Ta Eutrófico

Foram analisados os horizontes Bi e BC2. Os difratogramas são apresentados nas figuras 12 e 13, respectivamente.

Os difratogramas correspondentes dos dois horizontes são bastante semelhantes. Uma variação observada consiste na ocorrência de lepidocrocita no horizonte Bi, não observada no BC2. A fração argila é constituída por esmedtita, mica, caulinita, (lepidocrocita) e quartzo.

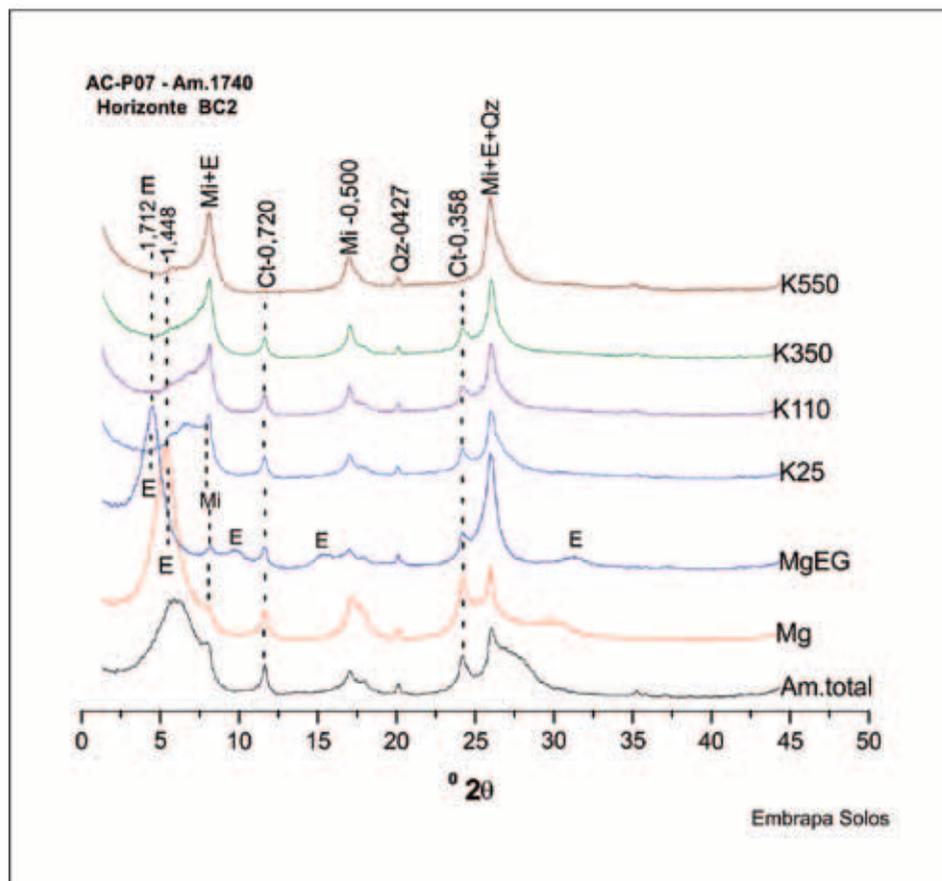
A esmedtita é predominante. As características e intensidade de suas reflexões expressam diferença marcante em relação aos difratogramas dos solos anteriores. Observa-se também a segunda reflexão que ocorre a  $\sim 10,40^\circ$  ( $2\theta$ ) na amostra MgEG, mais bem formada e individualizada.

No horizonte BC2, observa-se também uma pequena reflexão, mal formada, a aproximadamente 1,40 nm, na amostra K550, que indica resistência para contração total da esmedtita, ou talvez possa se referir à clorita.



**Figura 12** - Difratoformas de raios-X da fração argila do horizonte Bi do perfil AC-P07. E - Esmectita; Mi – Mica; Ct – Caulinita; Ld – Lepidocrocita; Qz – Quartzo. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK $\alpha$ .

Esmectita >> mica > caulinita, lepidocrocita, quartzo.



**Figura 13** - Difratoformas de raios-X da fração argila do horizonte BC2 do perfil AC-P07. E - Esmectita; Mi – Mica; Ct – Caulinita; Qz – Quartzo. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK $\alpha$ .

Esmectita >> mica > caulinita, quartzo.

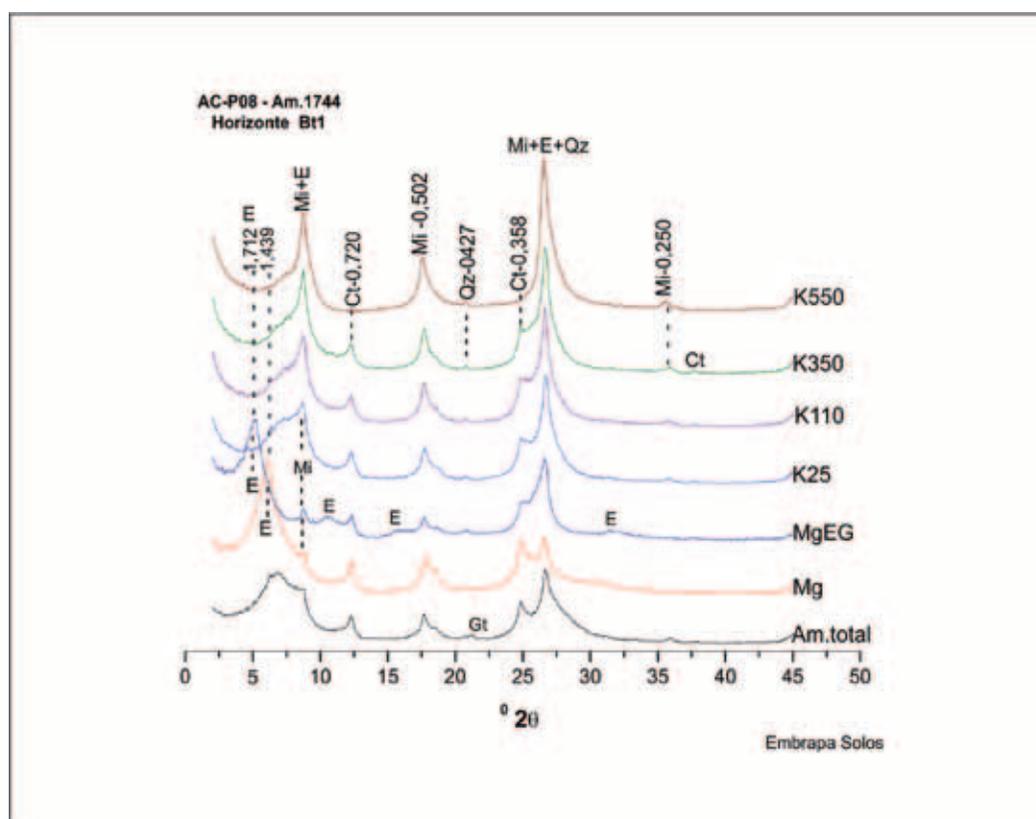
### AC-P08 - Luvissole Crômico Pálico

Foram analisados os horizontes Bt1 e Bt2. Os difratogramas são apresentados nas figuras 14 e 15, respectivamente.

Como já observado anteriormente, os difratogramas correspondentes dos dois horizontes analisados são também muito semelhantes. A fração argila é constituída por esmectita, mica, caulinita, (goethita) e quartzo.

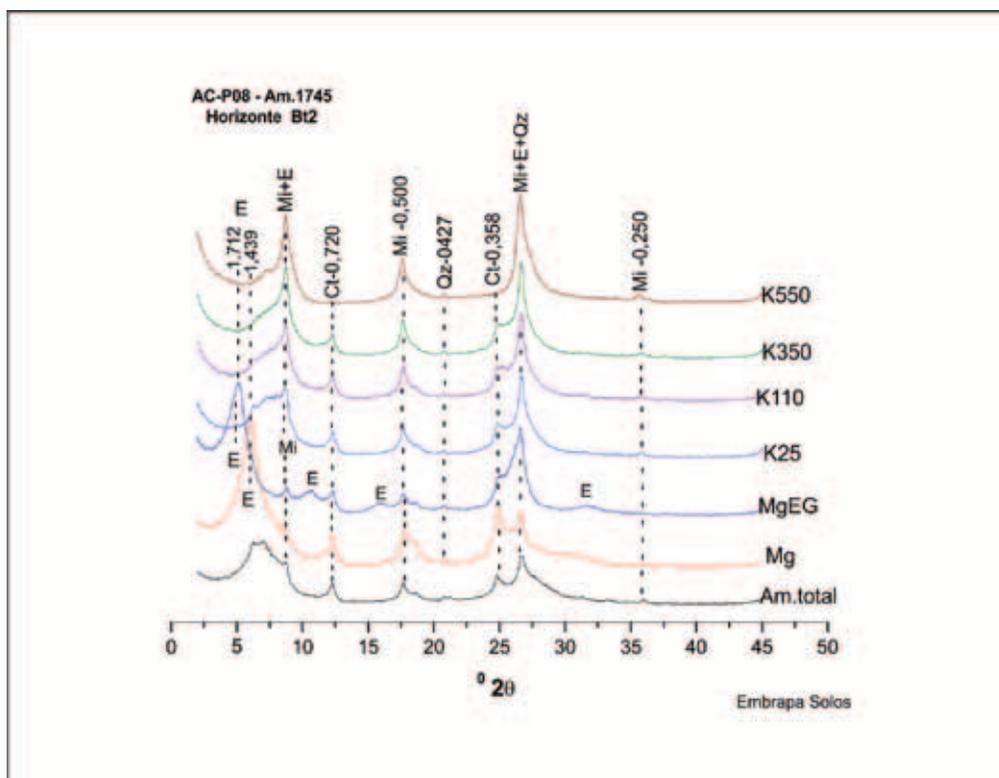
A esmectita é predominante no perfil. As características e intensidade de suas reflexões se assemelham às observadas nos difratogramas do P07. São muito discretas, as pequenas reflexões do quartzo e da goethita no difratograma (Am.total) do Bt1.

Observa-se ainda para ambos os horizontes, pequena reflexão mal formada, no difratograma K550, com valor  $d$  aproximadamente de 1,20 nm, que indica resistência para contração total da esmectita, ou que pode referir-se á presença de EHE ou de interestratificado clorita-esmectita.



**Figura 14** - Difratogramas de raios-X da fração argila do horizonte Bt1 do perfil AC-P08. E - Esmectita; Mi - Mica; Ct - Caulinita; Qz – Quartzo; Gt – goethita. Montagem orientada. Espaçamento  $d$  em nm. Radiação  $\text{CuK}\alpha$ .

Esmectita >> mica > caulinita, quartzo, goethita.



**Figura 15** - Difratoformas de raios-X da fração argila do horizonte Bt2 do perfil AC-P08. E - Esmectita; Mi - Mica; Ct - Caulinita; Qz - Quartzo. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK $\alpha$ .

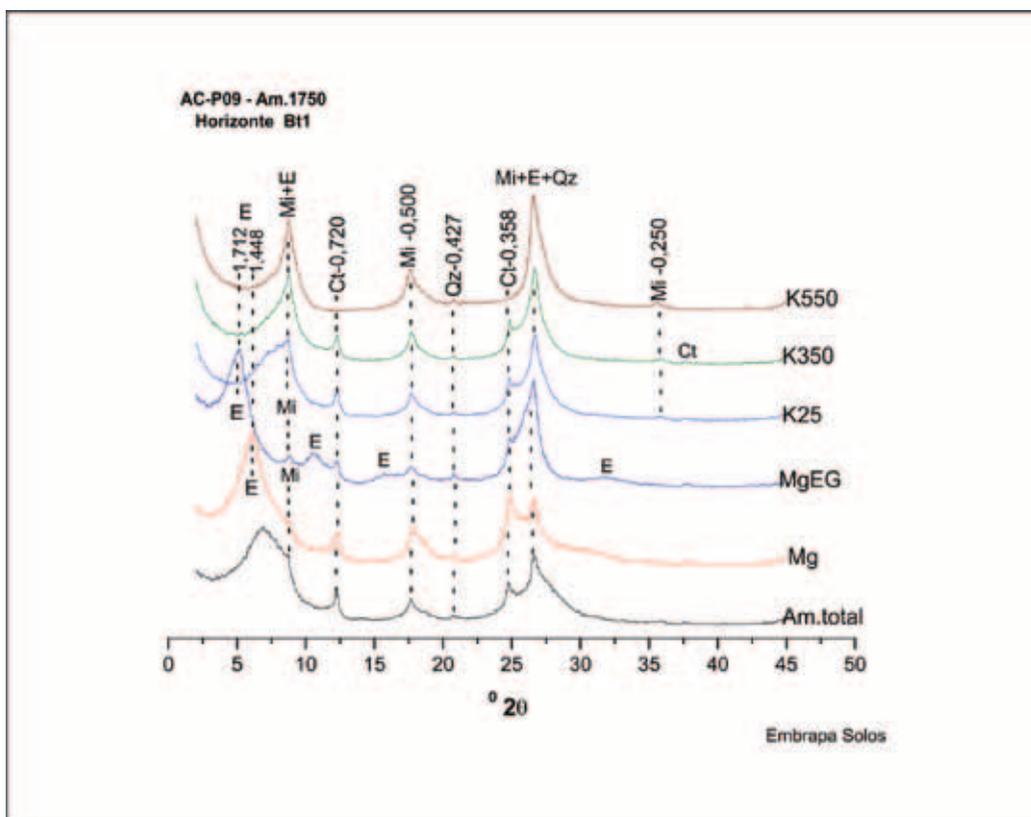
Esmectita >> mica > caulinita, quartzo.

#### AC-P09 - Luvisolo Crômico Pálico

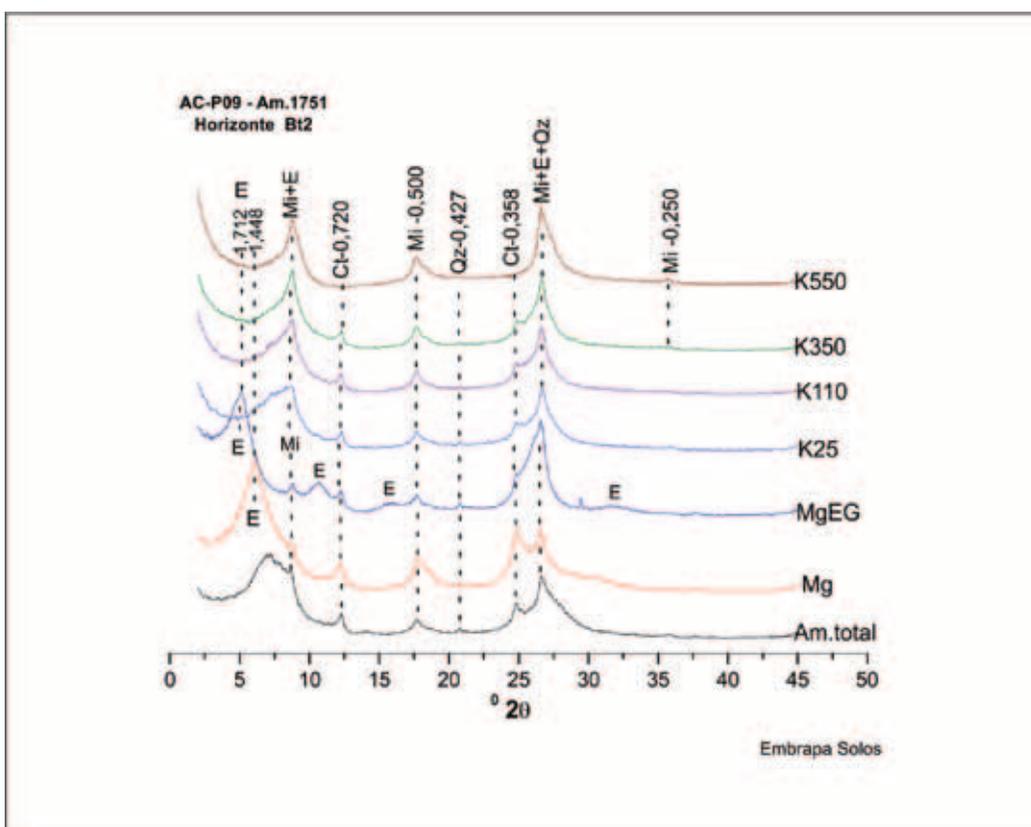
Foram analisados os horizontes Bt1 e Bt2. Os difratogramas são apresentados nas figuras 16 e 17, respectivamente.

Observa-se também uma grande semelhança entre os difratogramas correspondentes dos dois horizontes analisados. A fração argila é constituída por esmectita, mica, caulinita e quartzo.

A esmectita é predominante no perfil, inferido pelas características e intensidade de suas reflexões, se assemelhando muito às observadas no P08. A pequena reflexão bem formada, na região de  $\sim 30^\circ$  ( $2\theta$ ) na amostra MgEG do horizonte Bt2, pode ser referente a uma interferência.



**Figura 16** - Difratoqramas de raios-X da fração argila do horizonte Bt1 do perfil AC-P09. E - Esmerita; Mi - Mica; Cl - Caulinita; Qz - Quartzo. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK $\alpha$ . Esmerita >> mica > caulinita, quartzo.



**Figura 17** - Difratoqramas de raios-X da fração argila do horizonte Bt2 do perfil AC-P09. E - Esmerita; Mi - Mica; Cl - Caulinita; Qz - Quartzo. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK $\alpha$ . Esmerita >> mica > caulinita, quartzo.

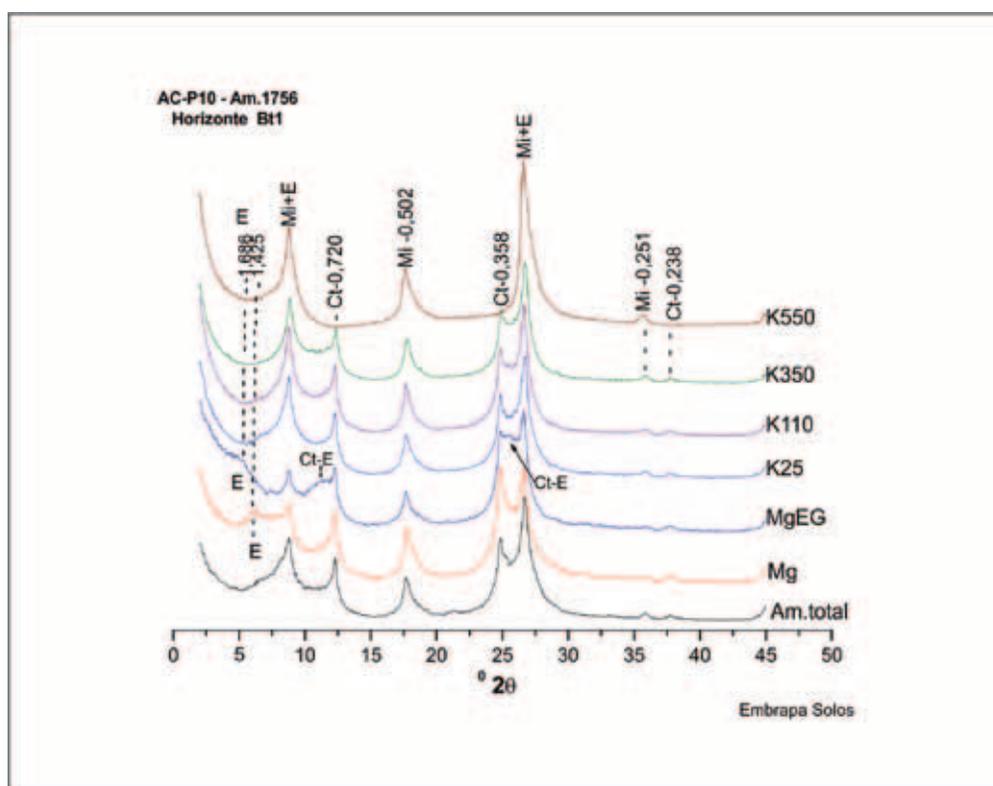
### AC-P10 - Luvissole Crômico Órtico

Foram analisados os horizontes Bt1 e Bt2. Os difratogramas são apresentados nas figuras 18 e 19, respectivamente.

Observa-se também neste perfil, uma grande semelhança entre os difratogramas correspondentes, dos horizontes analisados. A fração argila dos horizontes analisados é constituída por caulinita, mica, esmectita, interestratificado caulinita-esmectita, (quartzo) e (goethita).

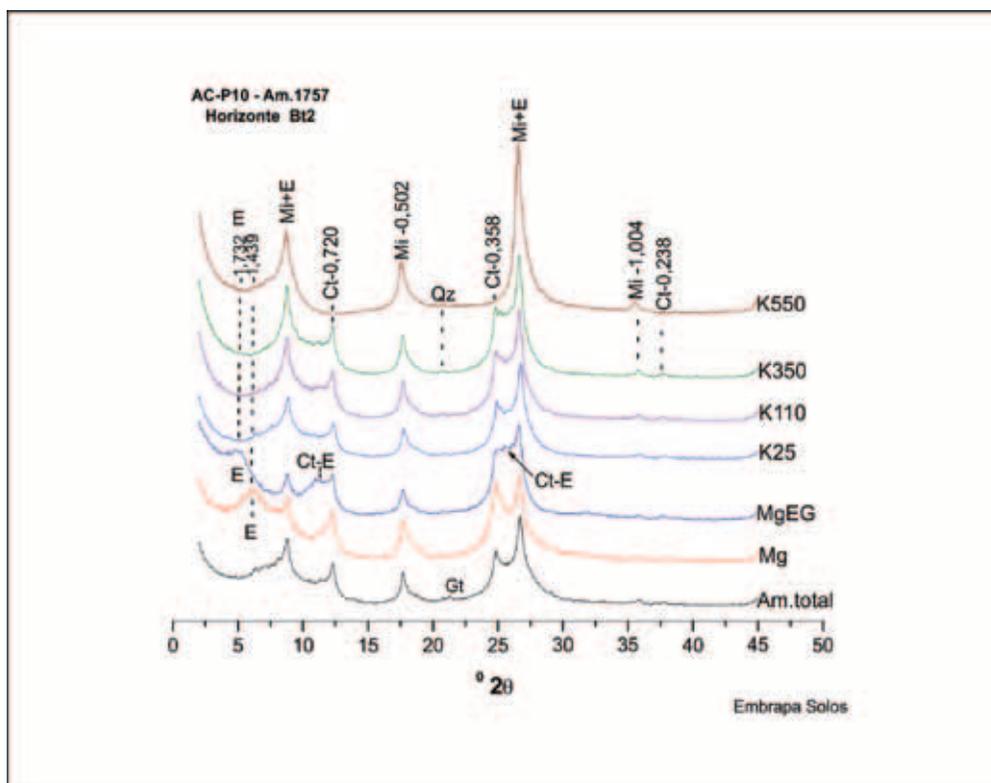
Destaca-se aqui a presença do interestratificado Ct-E, de forma bem evidente, nos dois horizontes. Não há evidências da presença de EHE (esmectita com hidróxi-Al nas entrecamadas) conforme inferido pelo pico a 1,00 nm, após aquecimento a 350°C (K350), sem indícios de reflexões ou bandas de valores superiores a este, o que indica total contração do mineral.

É possível que haja uma equivalência entre a mica, a esmectita e a caulinita, neste perfil. Pode-se dizer, no entanto, que os minerais 2:1 (mica+esmectita principalmente) são predominantes sobre a caulinita.



**Figura 18** - Difratogramas de raios-X da fração argila do horizonte Bt1 do perfil AC-P10. E - Esmectita; Mi - Mica; Ct-E - interestratificado Caulinita-Esmectita; Ct - Caulinita; Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK $\alpha$ .

Mica = esmectita = caulinita > interestratificado caulinita-esmectita, goethita.



**Figura 19** - Difratoformas de raios-X da fração argila do horizonte Bt2 do perfil AC-P10. E - Esmectita; Mi – Mica; Ct-E - interestratificado Caulinita-Esmectita; Ct – Caulinita; Qz – Quartzo; Gt - Goethita. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK $\alpha$ .  
Esmectita  $\geq$  mica > caulinita > interestratificado caulinita-esmectita, goethita, quartzo.

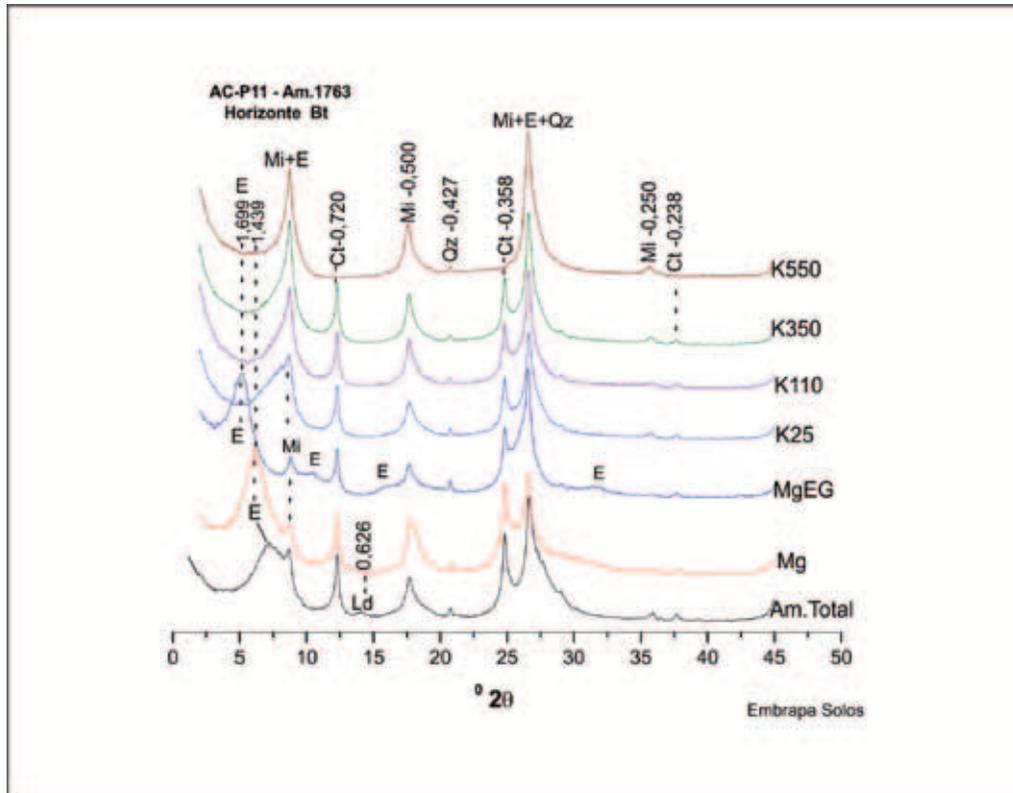
### AC-P11 - Luvissole Háplico Órtico

Foram analisados os horizontes Bt e Bvf. Os difratogramas são apresentados nas figuras 20 e 21, respectivamente.

Como em todos os perfis anteriores, verifica-se também neste perfil, uma grande semelhança entre os difratogramas correspondentes, dos horizontes analisados. A única variação apresentada consiste na ocorrência de lepidocrocita no horizonte Bt, não observada no Bvf.

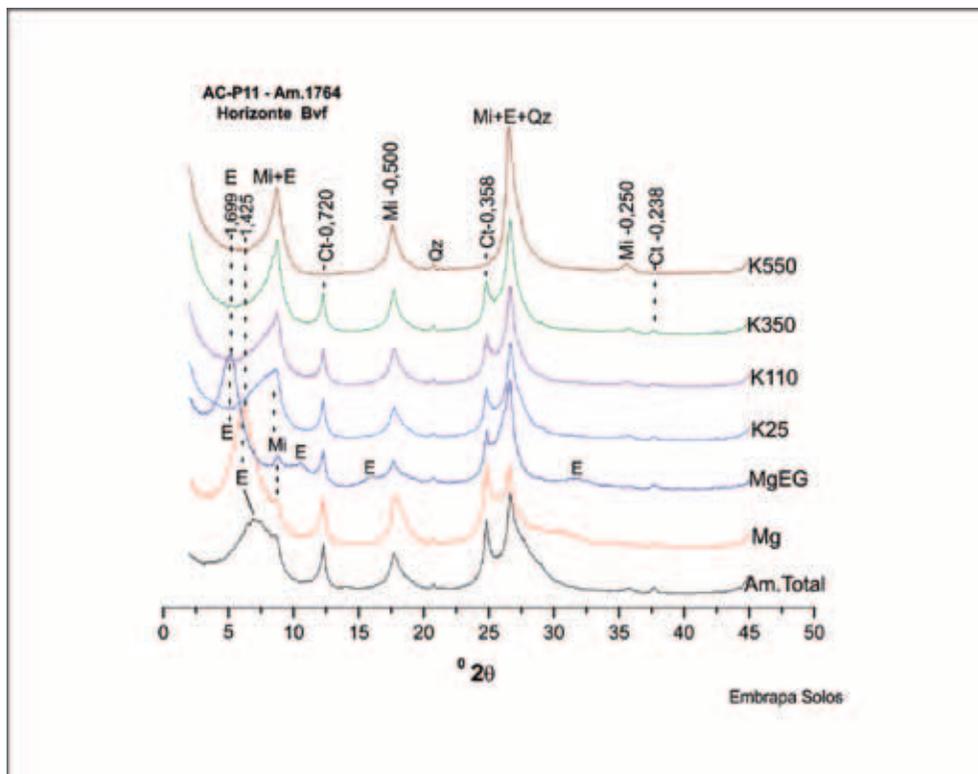
A fração argila dos dois horizontes analisados é constituída por esmectita, mica, caulinita, (lepidocrocita) e quartzo.

A esmectita é predominante no perfil (Tabela 1), inferido pelas características e intensidade de suas reflexões, se assemelhando muito às observadas no P07.



**Figura 20** - Difratoigramas de raios-X da fração argila do horizonte Bt do perfil AC-P11. E – Espectita; Mi – Mica; Ct – Caulinita; Ld – Lepidrocrocita; Qz - Quartzo. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK $\alpha$ .

Espectita >> mica > caulinita, lepidrocrocita, quartzo.



**Figura 21** - Difratoigramas de raios-X da fração argila do horizonte Bvf do perfil AC-P11. E – Espectita; Mi – Mica; Ct – Caulinita; Qz – Quartzo. Montagem orientada. Espaçamento d em nm. Radiação CuK $\alpha$ .

Espectita >> mica > caulinita, quartzo.

## Apêndice B - Critérios para Identificação dos Minerais

**Preparação das lâminas** - montagem orientada favorece a observação das reflexões dos argilominerais conforme a série (00l).

**Caulinita** - É identificada pelas reflexões a 0,720 nm, 0,358 nm e 0,238 nm, que desaparecem com o aquecimento da amostra K-saturada a 550°C (K550).

**Mica (termo inclusivo para illita)** - É identificada pelas reflexões a 1,00 nm, 0,50 nm e 0,33 nm, e com menor intensidade a 0,25 nm, que permanecem estáveis em todos os tratamentos aplicados. O aumento de intensidade observado após aquecimento a 350° e 550°C, se deve ao colapso dos outros argilominerais 2:1 presentes.

**Esmectita** - sua presença é indicada pela reflexão a ~1,40 nm ( $6,5^\circ 2\theta$ ) na amostra saturada com magnésio (Mg) que sofre expansão para ~1,70 nm após o tratamento com etileno glicol (MgEG). Valores intermediários após este tratamento podem sugerir também a presença de interstratificados, principalmente do tipo mica-esmectita. Dependendo das características e proporção na amostra analisada, observa-se também no difratograma da amostra MgEG, uma segunda reflexão que ocorre a ~10,40° ( $2\theta$ ).

**Interstratificado caulinita-esmectita** - A presença deste argilomineral é evidenciada pela formação de uma banda ou “ombro” ao lado das reflexões da caulinita na amostra saturada com Mg, após o tratamento com etileno glicol (MgEG). É Melhor visualizada junto à reflexão a 0,720 nm. Não deve ser confundida com a segunda reflexão da esmectita.

**Vermiculita** - Sua presença é evidenciada pela reflexão a ~1,40 nm ( $6,5^\circ 2\theta$ ) na amostra saturada com magnésio, que permanece estável após o tratamento com etileno glicol (MgEG) e se contrai para 1,0 nm na amostra saturada com potássio.

**Vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas** - Sua presença é evidenciada pela reflexão a ~1,40 nm ( $6,5^\circ 2\theta$ ) na amostra saturada com magnésio, que permanece estável após o tratamento com etileno glicol (MgEG) e tende a se contrair para 1,0 nm após aquecimento da amostra saturada com potássio.

**Goethita** - Sua presença é evidenciada pela reflexão, principal, a ~0,415 nm, observada apenas na amostra não tratada (Am.total). Desaparece após tratamento com citrato-bicarbonato-ditionito de sódio (CBD).

**Lepidocrocita** - Sua presença é evidenciada pela reflexão, principal a 0,626 nm, (Am. total) que também desaparece após o tratamento com CBD

**Quartzo** - Presença evidenciada pela pequena reflexão a 0,427 nm, estável em todos os tratamentos. A sua reflexão principal a 0,334 nm ocorre associada com a de terceira ordem da mica.

Registra-se ainda a presença, em quase todos os difratogramas, de uma pequena reflexão a 0,307 nm, que persiste na amostra aquecida a 550°C, mas cuja identificação não pode ser confirmada, assim como a pequena reflexão a 0,467 nm na amostra do perfil AC-P02. As características destas reflexões bem como os tratamentos aplicados não permitiram associá-las com precisão a um mineral.

Por outro lado pequena reflexão 1,40 nm resistente à contração após aquecimento (K550), no horizonte BC2 do perfil AC-P07, pode indicar a presença de clorita.

Do mesmo modo nos dois horizontes analisados do perfil AC-P08, a pequena reflexão a ~1,20 nm, resistente à contração após aquecimento (K550), pode indicar a presença de Esmectita com hidróxi-Al entrecamadas ou mesmo interstratificado clorita-esmectita.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARNISHEL, R. I.; BERTSH, P. M. Chlorites and hydroxy-interlayered vermiculite and smectite. In: DIXON, J. B.; WEED, S. B. (Ed.). *Minerals in soil environments*. 2. ed. Madison: SSSA, 1989. p.729-788.
- BERRY, L. G. (Ed). *Joint Committee on Powder Diffraction Standards-JCPDS: selected powder diffraction data for minerals*. Philadelphia, PA: [s.n], 1974. 833 p.
- BRANCO, P. M. *Dicionário de Mineralogia*. 3. ed. Porto Alegre: Sagra, 1987. 362 p.
- BRINDLEY, G. W.; BROWN, G. *Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification*. London: Mineralogical Society, 1984. 495 p.
- CALDERANO, S. B.; DUARTE, M. N.; GREGORIS, G. *Análise mineralógica das frações finas do solo por difratometria de raios-X: revisão e atualização da metodologia e critérios usados na Embrapa Solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2009. (Embrapa Solos, Comunicado Técnico, 53).
- DIXON, J. B.; WEED, S. B. (Ed.). *Minerals in soil environments*. 2. ed. Madison: SSSA, 1989. 1244 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS,1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- FONTES, M. P. F. Vermiculita ou Esmeclita com hidróxi nas entrecamadas, proposição de nomenclatura. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v. 15, nº1, p. 24 - 28, 1990.
- 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.
- HUGHES, R. E.; MOORE, D. M., GLASS, H. D. Qualitative and quantitative analysis of clay minerals in soils. In: AMONETTE, J. E.; ZELAZNY, L. W. (Ed.). *Quantitative methods in soil mineralogy*. Madison: SSSA, 1994. p. 330-359.
- KÄMPF, N.; AZEVEDO, A.C.; COSTA JUNIOR, M.I. Estrutura básica de argilomineral 2:1 com hidróxi-Al entrecamadas em Latossolo Bruno do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 19, n. 2, p. 185-190, 1995a.
- KÄMPF, N.; SCHNEIDER, P.; MELO, P. F. Alterações mineralógicas em sequencia Vertissolo-Litossolo na região da Campanha no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 19, n. 3, p. 349-357, 1995b.
- KÄMPF, N.; CURI, N. Óxidos de ferro: indicadores de ambientes pedogênicos e geoquímicos. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v 1. p. 107-138.
- 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.
- MERHA, O. P.; JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: NATIONAL CONFERENCE ON CLAYS AND CLAY MINERALS, 7. Proceedings. New York: Pergamon Press, 1960. p. 317-327.
- MOORE, D. M.; REINOLDS JR., R. C. *X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals*. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 1997. 1 v. 378 p.
- RESENDE, M; CURI, N.; KER, J. C; RESENDE, S. B. *Mineralogia de solos brasileiros: interpretações e aplicações*. Lavras: UFLA, 2005. 192 p.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; LUMBRERAS, J. F.;

OLIVEIRA, J. B. de; OLIVEIRA, V. A. de; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F. da . Propostas de revisão e atualização do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos (Rio de Janeiro, RJ), 2009. 66 p. (Embrapa Solos. Documentos, 114).  
THOREZ, J. Practical identification of clay minerals. Liège: Liège State University, 1976. 1 v. 90 p.  
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.





## PROMOÇÃO



**Sociedade Brasileira de  
Ciência do Solo**

## REALIZAÇÃO

**Embrapa**



## APOIO

