

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
TROPICAL

ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E MINERALÓGICOS DE
SOLOS COM HORIZONTE ANTRÓPICO (TERRA PRETA DE
ÍNDIO) EM ÁREAS DE VÁRZEA DO RIO SOLIMÕES, AM

RODRIGO SANTANA MACEDO

MANAUS
2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
TROPICAL

RODRIGO SANTANA MACEDO

ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E MINERALÓGICOS DE
SOLOS COM HORIZONTE ANTRÓPICO (TERRA PRETA DE
ÍNDIO) EM ÁREAS DE VÁRZEA DO RIO SOLIMÕES, AM

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Agronomia Tropical
da Universidade Federal do Amazonas
como parte dos requisitos para obtenção
do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Wenceslau Geraldes Teixeira

MANAUS
2009

Catálogo Biblioteca Central da Universidade Federal do Amazonas

M141a Macedo, Rodrigo Santana.

Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos com horizonte antrópico (terra preta de índio) em área de várzea do rio Solimões, AM / Rodrigo Santana Macedo.-- Manaus: UFAM, 2009.

73 f. : il.; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Wenceslau Geraldes Teixeira.
Dissertação (Programa em Agronomia Tropical) Universidade Federal do Amazonas.

1. Solos – Propriedades físico-químicas. I. Título

CDU 631.412(043.3)
CDD 631.41

RODRIGO SANTANA MACEDO

ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E MINERALÓGICOS DE
SOLOS COM HORIZONTE ANTRÓPICO (TERRA PRETA DE
ÍNDIO) EM ÁREAS DE VÁRZEA DO RIO SOLIMÕES, AM

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Agronomia Tropical
da Universidade Federal do Amazonas
como parte dos requisitos para obtenção
do título de mestre.

Aprovada em 28 de maio de 2009

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Wenceslau Geraldes Teixeira
Embrapa Amazônia Ocidental

Prof. Dr. Hedinaldo Narciso Lima
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Eduardo Góes Neves, Membro
Universidade de São Paulo

MANAUS
2009

A minha família, aos meus
amigos e a minha namorada,
pelo apoio e incentivo

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Macedo e Santana pela criação e educação. Amo vocês com todas as minhas forças

A minha “segunda mãe” Cetina e a minha irmã Michele pelo amor e companheirismo

A Adriana minha namorada, pelo amor e incentivo e sua maravilhosa família

Ao grande guerreiro Nande pela sua sincera amizade

Ao Prof. Wenceslau Teixeira pela orientação, oportunidade e ensinamentos desprendidos. Sou-lhe muito grato por tudo.

Ao meu co-orientador Dr. Hedinaldo Lima pelas sugestões, correções e apoio no trabalho

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos

A Embrapa Amazônia Ocidental pela infra-estrutura concedida

Aos técnicos do Laboratório de Análise de Solos e Plantas da Embrapa Amazônia Ocidental, em especial aos amigos Taveira e “Brabo”. Sou-lhes relmente muito grato por todos os ensinamentos repassados.

Aos colegas de trabalho da Embrapa: Omar e Gilvan

A Universidade Federal do Amazonas pela oportunidade de realização desse curso

Aos colegas da Universidade Federal do Amazonas que auxiliaram e contribuíram no presente trabalho: Lauro, Weliton, Graça e Sérgio.

A equipe de Arqueologia do Projeto PIATAM pelo apoio em campo

Aos eternos amigos que proporcionam bons momentos e que contribuíram para minha formação: Jander, Cabeça, André Baguete e André ‘deixa que eu chuto’, Thiago, Adson, Geraldo, Serginho e Everton

Ao Cabeludo pela amizade e por oferecer o suporte necessário para realização da pesquisa

A todos os verdadeiros Headbangers

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização das áreas de estudo compreendidas entre os municípios de Manacapuru e Coari, no estado do Amazonas	14
Figura 2. A) P01; B) P02. Perfis com horizonte A antrópico (TPI) descritos em área de várzea na margem do rio Solimões em frente a cidade de Manacapuru – AM.	15
Figura 3. A) P03 descrito no município de Anori. B) P04 descrito no município de Coari. Perfis com horizonte A antrópico (TPI) descritos em área de várzea do rio Solimões – AM.	16
Figura 4. Picnômetros de 50 ml utilizados para determinação da densidade de partículas do solo.	18
Figura 5. A) Mesa de tensão utilizada para baixas tensões. B) Extrator de Richards utilizado para médias e altas tensões	19
Figura 6. Densidade do solo em perfis com horizonte A antrópico (Terra Preta de Índio) em áreas de várzea do rio Solimões, AM.	29
Figura 7. Porosidade de solos com horizontes A antrópico (Terra Preta de Índio) em áreas de várzea do rio Solimões, AM.	31
Figura 8. A) P01; B) P02. Mineralogia da fração argila de solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) em área de várzea do rio Solimões, AM.	48
Figura 9. A) P03; B) P04. Mineralogia da fração argila de solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) em área de várzea do rio Solimões, AM.	49
Figura 10. A) P05; B) P06; C) P07; D) P08. Mineralogia da fração argila de solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) em área de várzea do rio Solimões, AM.	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características morfológicas e físicas de solos com horizonte A antrópico (Terra Preta de Índio) em áreas de várzea do rio Solimões, AM	27
Tabela 2. Valores de retenção de água em solos com horizonte A antrópico (Terra Preta de Índio) em áreas de várzea do rio Solimões, AM.	32
Tabela 3. Características químicas de solos com horizonte A antrópico (Terra Preta de Índio) em área de várzea do rio Solimões, AM.....	38
Tabela 4. Micronutrientes de solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) em áreas de várzea do rio Solimões, AM.....	40
Tabela 5. Teores totais de elementos em solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) em área de várzea do rio Solimões, AM.....	43
Tabela 6. Teores totais de elementos-traços de solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) em área de várzea do rio Solimões, AM.....	45
Tabela 7. Fração magnética e pesada da argila de solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) em áreas de várzea do rio Solimões, AM.....	51

RESUMO

Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) em áreas de várzea do rio Solimões na Amazônia Central

Nas áreas de várzea da Amazônia existem solos alterados pelas populações indígenas pré-colombianas. Tais solos são conhecidos regionalmente como Terra Preta de Índio (TPI) e apresentam coloração escura, considerável índice de matéria orgânica, pH elevado e altos teores de cálcio e magnésio, bem como, evidências de ocupação humana (fragmentos de cerâmica, artefatos líticos e carvão). Esse estudo assume importância por investigar a intencionalidade na formação das TPI e contribuir para a maior abrangência e o aperfeiçoamento do critério de horizonte antrópico pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS. O presente estudo objetivou classificar perfis de TPI em áreas de várzea do rio Solimões por meio de suas características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas. Foram descritos e amostrados oito perfis entre os municípios de Manacapuru e Coari, AM. Foram realizadas análises físicas (granulometria, argila dispersa em água, volume total de poros, densidade do solo e de partículas e curva de retenção de água no solo), químicas (pH em H₂O e KCl, Ca, Mg, Na, K, P (Melich 1 e ácido cítrico), Al, H+Al, C, Fe, Zn, Mn, Cu e teores totais de elementos) e mineralógicas da fração argila. Os perfis foram classificados pelo SiBCS (Embrapa, 2006) e pela Legenda de Classificação Arqueo-pedológica – (APC) (Kämpf *et al.*, 2003). O P07 e P08 foram classificados como Gleissolo Háptico Ta Eutrófico, A antrópico e os demais como Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico (SiBCS) e como Arqueo-antrossolo Hórtico (APC). Há diferenças em alguns atributos químicos e morfológicos dos horizontes antrópicos e os não antrópicos. Entretanto, não se observou distinção nas propriedades mineralógicas entre esses horizontes, o que reforça a ideia de serem originados da mesma matriz mineral. Os elevados teores de silte e a ocorrência de ilita e muscovita (minerais 2:1) indicam baixo grau de evolução dos solos estudados. Apesar de haver sobreposição de muitos elementos dos horizontes antrópicos aos não antrópicos, elementos como P, Zn, Cu, Ba e Sr foram bons indicadores de intervenção humana. A existência de TPI em área de várzea representa um testemunho não intencional dos povos pré-históricos, visto que os solos de várzea são naturalmente férteis, não havendo necessidade de acréscimo de nutrientes.

Palavras-chave: Antrossolo, epipedon antrópico, Neossolo, Gleissolo

ABSTRACT

Physical, chemical and mineralogical characteristics of soils with anthropic horizons (Amazonian Dark Earth) in the floodplains of Solimões river in the Central Amazon

In the floodplain from Amazon has modified soil by indigenous populations pre-Colombian. These soils are locally called Terra Preta de Índio (TPI) and has dark color, increase in soil pH and high contents of soil organic matter, calcium e magnesium, as well as, characteristics of occupation human (pottery, lithic artifacts and charcoal pieces). This study is important for to investigate if the TPI were formed unintentionally or intentionally and for to contribute to improvement anthropic horizon definition in the Soil Classification Brazilian System – SiBCS. The present study aimed to classificate profiles of TPI in floodplain places of Solimões river through morphological, physical, chemical and mineralogical characteristics. Eight profiles were sampled and described between the cities of Manacapuru and Coari, State of Amazon. Was carried physical analyzes (particle size distribution, water dispersible clay, total porosity, bulk and particle density and soil water retention curve), chemicals (pH in H₂O e KCl, Ca, Mg, Na, K, P (Melich 1 and citric acid), Al, H+Al, C, Fe, Zn, Mn, Cu and e total levels of soil nutrients) and mineralogy of clay fraction. The profiles were classified through SiBCS (Embrapa, 2006) e for Archaeo-pedological Classification – APC (Kämpf *et al.*, 2003). The P07 e P08 were classified as Gleissolo Háptico Ta Eutrófico, anthropic A and the others as Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, anthropic A (SiBCS) and Hortic Archaeo-anthrosols. There are differences in some morphological and chemicals characteristics between the anthropic horizons and non-anthropic. However, the mineralogical composition is the same in both horizons, what is indicative to be formed of same mineral matrix. The high contents of silt and the occurrence of illite and muscovite (minerals 2:1) indicate degree low evolution of soils studied. Spite of concentrations elements in non-anthropics soil horizons are equivalent to those in anthropic soil horizons, elements as P, Zn, Cu, Ba and Sr show better correlation as humans activities. The occurrence of TPI in floodplain places is an evidence unintentional of ancient people, due floodplain soil have high fertile, don't having necessity of increase nutrients.

Key-words: Anthrosol, anthropic epipedon, Fluvent, Gleysol

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	V
LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABELAS	VII
RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1.1 Solos de várzea	5
2.2 Ocupação humana na Amazônia pré-colonial.....	7
2.3 Terra Preta de Índio (TPI)	9
2.3.1 Caracterização e ocorrência	9
2.3.2 Processos de formação	10
2.3.3 Classificação	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Caracterização da área de estudo	14
3.2 Seleção dos locais	15
3.3 Coleta e preparo das amostras	16
3.4 Análises físicas	17
3.4.1 Granulometria, argila dispersa em água (ADA) e grau de floculação (GF)	17
3.4.2 Densidade de partículas (ρ_p)	18
3.4.3 Curva de retenção de água no solo.....	18
3.4.4 Densidade do solo (ρ_s) e volume de poros.....	19
3.5 Análises químicas	20
3.6 Análises mineralógicas	21
3.7 Classificação	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Características morfológicas	23
4.2 Parâmetros físicos	25
4.2.1 Análise granulométrica	25
4.2.2 Argila dispersa em água (ADA) e grau de floculação (GF).....	26
4.2.3. Densidade de partículas (pp) e densidade do solo (ρ_s)	28
4.2.4 Porosidade	30
4.2.5 Curva de retenção de água no solo.....	31
4.3 Parâmetros químicos	33
4.4 Parâmetros mineralógicos	46
4.5 Classificação dos solos (Embrapa (2006) e LCA (Kämpf et al., 2003))	51
4.5.2 Correspondência com outros Sistemas de Classificação	52
5. CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS	54

1. INTRODUÇÃO

Apesar de inúmeros trabalhos e do esforço despendido por um grande número de pesquisadores que têm contribuído para o avanço do conhecimento dos solos da Amazônia, há, no interesse de todas as ciências naturais, necessidade de ampliar esse conhecimento para uma maior compreensão dos sistemas amazônicos, especialmente seus solos, suas inter-relações e adaptações, em resposta às intervenções humanas (LIMA *et al.*, 2007).

Na Amazônia, áreas extensas de solos ricos e eutróficos só existem onde afloram rochas de maior riqueza química (SCHAEFER, 2000), ou ainda, onde há influência atual (planície aluvial) ou pretérita de sedimentos andinos (LIMA *et al.*, 2007). Essa planície de inundação aluvial que está sujeita as inundações sazonais é, regionalmente, denominada várzea.

Devido a grande produtividade da agricultura, da caça, da pesca e as técnicas de armazenamento e conservação de alimentos que as populações da várzea desenvolveram, esse ambiente natural pode sustentar uma população muito mais numerosa do que a terra firme (PORRO, 1995). Seus solos desenvolveram-se sobre sedimentos holocênicos, recentemente depositados, com predominância das classes Gleissolos e Neossolos Flúvicos, os quais apresentam sua gênese relacionada a processos hidromórficos, especialmente os primeiros.

Nessas áreas existem ainda solos alterados pelas populações indígenas pré-colombianas. Tais solos são conhecidos regionalmente como Terra Preta de Índio (TPI) e apresentam coloração escura, considerável índice de matéria orgânica, pH elevado e altos teores de cálcio e magnésio (KÄMPF; KERN, 2005; LEHMANN *et al.*, 2003a), bem como, evidências de ocupação humana (fragmentos de cerâmica, artefatos líticos e carvão) em toda a sua espessura (KERN; KAMPF, 1989; LIMA *et al.*, 2007).

Esses solos altamente férteis formados no passado parecem manter sua fertilidade mesmo em condições de clima tropical, o que contrasta com a maioria dos solos encontrados na região. Essa característica peculiar é atribuída ao elevado nível e as características físico-químicas da matéria orgânica, principalmente pela contribuição significativa do carbono pirogênico, formado pela oxidação incompleta de materiais orgânicos, o qual desempenha papel significativo na formação das propriedades físicas (estruturação, retenção de água, etc.) destes solos, influenciando positivamente sua fertilidade (CUNHA *et al.*, 2007).

Apesar de permanecerem ainda questionamentos sobre a intencionalidade ou não na formação da TPI, considerando o enriquecimento antrópico um fato casual, ou sob interesse agrícola, atualmente está confirmado que se formaram por atividade humana relacionada à assentamentos e práticas culturais de populações pré-colombianas (SMITH, 1980; KERN, 1996; NEVES *et al.*, 2003).

Essas áreas aparecem classificadas como horizonte superficial, denominado horizonte A, com características antrópicas (EMBRAPA, 2006). O horizonte A antrópico típico das TPI é encontrado na maioria das classes de solos ocorrentes na Amazônia, como nos Latossolos, Argissolos, Neossolos, Espodossolos e Plintossolos (KÄMPF *et al.*, 2003; TEIXEIRA, 2008).

Entretanto, apesar de alguns relatos das populações indígenas pré-colombianas indicarem que estas ocupavam as áreas de várzea, são poucas as informações sobre TPI nestas áreas. Stenberg (1998) observou manchas destes solos na Ilha do Careiro próximo a Manaus, enquanto, Teixeira *et al.* (2006) e Corrêa (2007) descreveram solos antrópicos soterrados (paleossolos) sob sedimentos andinos na várzea do rio Solimões em frente a cidade de Manacapuru. Provavelmente, os poucos relatos das TPI em áreas de várzea esteja relacionada com o fenômeno das “terras caídas”, um processo natural de erosão fluvial na beira do rio (TEIXEIRA *et al.*, 2006) e ao soterramento pela deposição de sedimentos nas enchentes.

A questão da existência de TPI em área de várzea assume importância por dois aspectos principais: (1) a intencionalidade do manejo dos resíduos orgânicos para o enriquecimento do solo para o uso agrícola; (2) a distribuição espacial e a caracterização (estudos pedológicos) destes solos antrópicos nessas áreas podem ajudar a responder questões sobre a distribuição e as formas de uso da terra pelas populações amazônicas pré-colombianas.

Ainda, dentre as contribuições que os estudos pedológicos podem trazer, destaca-se o próprio aperfeiçoamento e maior abrangência do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos em relação aos solos antrópicos, que permanece sendo considerado a partir do quarto nível categórico, bem como, permitir a consolidação de sistemas (ou chaves) de classificação específicas, como o proposto por Kämpf *et al.* (2003).

Com o intuito de desenvolver um maior conhecimento pedológico a cerca dos solos antrópicos na Amazônia, o presente estudo teve como objetivo descrever, caracterizar e classificar perfis de TPI em áreas de várzea do rio Solimões.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Várzea

A planície de inundação fluvial de deposição holocênica, que margeia os rios de águas brancas da Amazônia (rios de águas barrentas, ricas de sedimentos em suspensão, como o Amazonas, o Madeira, o Purus), que está sujeita as inundações sazonais é, regionalmente, denominada várzea. A várzea compreende grandes faixas de terras marginais aos rios de águas brancas, compondo uma planície aluvial que pode alcançar até 100 km de largura (IRIONDO, 1982; TEIXEIRA *et al.*, 2007a), em um sistema complexo de canais, lagos, ilhas e diques marginais (SIOLI, 1951).

O processo de formação das várzeas do sistema Solimões/Amazonas se deu através da deposição de sedimentos nos vales que foram escavados pela energia da água na época da última glaciação, quando o nível do mar estava entre 70 e 100 m abaixo do nível atual. Posteriormente, com a subida da água dos oceanos, os rios diminuíram o fluxo de suas águas. Os rios com águas pobres em sedimentos em suspensão afogaram seus canais, enquanto aqueles de maior riqueza em carga sedimentar acumularam seus sedimentos nos vales, anteriormente escavados, formando a paisagem de várzea (LIMA *et al.*, 2007).

Essa paisagem varia frequentemente devido a hidrodinâmica do rio Amazonas e de seus tributários de águas barrentas que transformam continuamente o ambiente de várzea, caracterizando essa área pelo seu intenso dinamismo (SIOLI, 1975).

Devido a grande produtividade da agricultura, da caça, da pesca, e às técnicas de armazenamento e conservação de alimentos que as populações da várzea desenvolveram (e que não se encontram na terra firme), esse ambiente natural pode sustentar uma população muito mais numerosa do que a terra firme (PORRO, 1995). Isto explica a alta concentração demográfica, o povoamento contínuo e as grandes dimensões das aldeias indígenas

observadas pelos primeiros viajantes, em oposição ao povoamento disperso típico das populações de terra firme (PORRO, 1995).

Em acordo, Denevan (1996) e Lima *et al.* (2002) discutem que a estratégia de sobrevivência das populações pré-colombianas teria envolvido a utilização sazonal da várzea, como área de cultivo e captura de peixes e outros animais, em combinação com sítios permanentes de moradia e cultivo, situados em áreas vizinhas de terra firme, nas barrancas dos rios ou nos interflúvios, mas sempre próximas aos cursos d'água.

No tocante a terra firme, recentemente Junqueira (2008) mostrou que as florestas secundárias sobre solos antrópicos são reconhecidas pelas populações tradicionais na região do médio Rio Madeira como uma importante fonte de recursos madeireiros e não-madeireiros, em decorrência das profundas modificações nos solos e vegetação causadas pelos povos pré-colombianos, associadas às práticas atuais de uso e manejo da vegetação secundária, ter levado a formação de florestas secundárias com uma diversificada assembléia de espécies úteis.

2.1.1 Solos de várzea

São solos desenvolvidos sobre sedimentos holocênicos, recentemente depositados. O nível elevado do lençol freático e a inundação periódica a que estão sujeitos limitam o processo pedogenético, resultando em solos jovens e, em alguns casos, apenas sedimentos em processo incipiente de pedogênese (LIMA *et al.*, 2007; TEIXEIRA, 2007a).

Por sua natureza sedimentar recente, os solos de várzea guardam estreita relação com o material de origem, sedimentos provenientes de região andina e sub-andina transportados pelos rios e depositados na planície fluvial (GIBBS, 1964).

Na várzea, os solos normalmente possuem teores elevados de silte e de areia fina. São predominantemente eutróficos, com elevados teores de cátions trocáveis, especialmente cálcio, magnésio e, em alguns casos, sódio e alumínio. Em contraste aos solos bem drenados de terra firme, apresentam reação menos ácida, níveis elevados de nutrientes, menores teores relativos de alumínio trocável e argila de atividade alta (LIMA *et al.*, 2007).

Os solos predominantes nas várzeas são Gleissolos e Neossolos Flúvicos, os quais apresentam sua gênese relacionada a processos hidromórficos, especialmente os primeiros (TEIXEIRA *et al.*, 2007a; TEIXEIRA *et al.*, 2007b).

Os Gleissolos são solos minerais hidromórficos, que apresentam forte gleização, resultante de processo de intensa redução de compostos de ferro, em presença de matéria orgânica, com ou sem alternância de oxidação, por efeito de flutuação de nível do lençol freático, em condições de regime de excesso de umidade permanente ou periódico (EMBRAPA, 2006). Podem ser de alta ou baixa fertilidade natural e têm nas condições de má-drenagem a sua maior limitação de uso. Na área de estudo, a ocorrência dessa classe é mais expressiva nas áreas mais rebaixadas, mais distantes da margem do rio, em direção a área de floresta ou dos lagos de várzea.

Os Neossolos Flúvicos constituem solos pouco evoluídos e sem qualquer tipo de horizonte B diagnóstico, derivados de sedimentos aluviais com horizonte A assente sobre horizonte C e constituído de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si (EMBRAPA, 2006). Na área de estudo é expressiva a ocorrência de Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos, solos com argila de atividade alta e elevada saturação por bases na maior parte dos primeiros 150 cm da superfície do solo. Esta classe está associada às áreas de maior elevação na paisagem, dentro dos limites da várzea.

2.2 Ocupação humana na Amazônia pré-colonial

Na transição Pleistoceno tardio com Holoceno antigo, ao final da última glaciação do Hemisfério Norte, o homem já se fazia presente na Amazônia, ocupando uma grande variedade de *habitats*, como terras altas (firmes), várzeas, florestas, cerrados e alagados (OLIVER, 2001; ROOSEVELT, 2002).

Ainda permanece o debate se a ocupação humana pré-histórica na Amazônia se instalou a partir dos assentamentos de várzea ou de terra firme, com o desenvolvimento ou não de sociedades indígenas populosas e sedentárias (KÄMPF; KERN, 2005). Meggers (1987) caracteriza essas duas sub-regiões em relação ao tamanho e quanto ao potencial alimentar, a saber: (1) a vasta terra firme, onde os recursos são escassamente disseminados, porém sempre disponíveis; (2) a estreita faixa de terrenos alagados (várzeas), onde a escassez se alterna com a fartura, dependendo do nível do rio.

Dessa forma, surge uma perspectiva que considera que a pobreza de recursos ambientais na Amazônia tenha sido o fator limitante para a subsistência e a expansão populacional indígena, impedindo sua evolução social a níveis mais complexos e organizados (MEGGERS, 1996). O seu *habitat* essencial formado pela floresta tropical úmida e densa com solos ácidos e pobres, produtos do intenso intemperismo químico e biológico, não seria capaz de proporcionar aos caçadores e coletores abundância de animais e plantas comestíveis, além de ser inadequado para agricultura intensiva, que permitisse vida sedentária. Daí o desenvolvimento de uma agricultura itinerante, exigindo uma baixa densidade populacional com curta permanência em cada local, limitando o desenvolvimento cultural (MEGGERS, 1996).

Em contraposição aos postulados desse modelo, surge uma posição crítica (CARNEIRO, 1970; MYERS, 1981; HECKENBERGER *et al.*, 2003; NEVES, 2003) apoiada

principalmente no modelo proposto por Lathrap (1970). Esse autor defende a idéia de um desenvolvimento autóctone para as culturas ceramistas da Bacia Amazônica, não sendo a floresta tropical um fator limitante para o desenvolvimento cultural, muito menos as inovações tecnológicas, e que as intensificações do sistema de cultivo da mandioca amarga em áreas de várzea promoveram as bases para uma agricultura mais eficiente, capaz de sustentar uma densa população.

Posicionando-se também de forma crítica, Roosevelt (1980) argumenta que a várzea, sendo uma zona com concentração de recursos, foi capaz de sustentar populações densas a base de cultivo de milho e outras plantas. Segundo Carneiro (1970), sociedades complexas teriam surgido na área de várzea da Amazônia, em vista em termos, de uma circunscrição ambiental – onde teriam ocorrido guerras pela ocupação de seções da margem do rio – no qual os povos vencidos, para manterem-se nessa área, teriam se submetido ao povo vencedor, de onde se formariam as chamadas chefaturas.

Desenvolvendo uma hipótese alternativa para explicar a exploração dos diferentes ambientes amazônicos, Denevan (1996) por meio de referências etnohistóricas dos viajantes do século XVI, mostra que os grandes assentamentos estavam localizados nos barrancos (*bluffs*), na várzea e na terra firme, todos interligados, possibilitando um sistema integrado de exploração desses dois ambientes.

Ao certo, da mesma forma que em outras regiões do mundo, a chegada do homem infligiu transformações significativas nos distintos ambientes amazônicos. Mesmo as culturas mais antigas e simples, imprimiram modificações expressivas nos mesmos, principalmente nas áreas de seus assentamentos e suas vizinhanças, como mostram os inúmeros registros arqueológicos. Um aspecto marcante deixado pelo homem pré-histórico na paisagem

amazônica, possivelmente o mais contundente, com ampla distribuição, são as manchas de solos de cor negra, mais conhecidos como Terra Preta de Índio.

2.3 Terra Preta de Índio (TPI)

2.3.1 Caracterização e ocorrência

Na região Amazônica ocorrem áreas onde as características originais do solo foram modificadas pela atividade humana pré-histórica. Esses solos apresentam cor escura, restos de material arqueológico (fragmentos cerâmicos e de artefatos líticos) e altos teores de carbono orgânico, fósforo, cálcio, magnésio, zinco e manganês, contrastando com os solos naturais e proporcionando grande potencial de produção (LEHMANN *et al.*, 2003a; WOODS, 2009.). Em função da coloração escura da camada superficial, tais solos são conhecidos regionalmente por designações como Terra Preta de Índio ou Terra Preta Arqueológica (SOMBROEK, 1966; SMITH, 1980; KERN; KÄMPF, 1989; KÄMPF; KERN, 2005).

Esses solos são bem drenados, com textura variando entre arenosa a muito argilosa (KERN; KÄMPF, 1989; LIMA *et al.*, 2002), com média de 40 a 60 cm de espessura, alcançando ocasionalmente 2 m (SMITH, 1980), e ocupando normalmente áreas de 2 a 3 ha de extensão, podendo ocorrer em alguns locais, áreas superiores a 80 ha (HILBERT, 1955; ROOSEVELT, 2000).

Uma característica peculiar da TPI está relacionada a sua elevada resiliência, mesmo após várias décadas de uso, a qual é atribuída ao elevado nível e as propriedades físicoquímicas da matéria orgânica. Uma proporção significativa (35-45 %) do carbono orgânico nas TPI está na forma de carbono pirogênico comparado a 14% em solos circunvizinhos sem horizonte antrópico, e 48 a 59% deste encontra-se na fração leve da matéria orgânica do solo (GLASER *et al.*, 2000). A natureza do carbono pirogênico (particulada, livre, protegida e em complexos organo-minerais) indica o papel significativo na

formação das propriedades físicas (estruturação, retenção de água etc.) desses solos, afetando positivamente sua fertilidade (CUNHA *et al.*, 2007).

As TPI podem corresponder a várias classes de solos, tais como Latossolos, Argissolos, Cambissolos, Plintossolos, Espodossolos e outros (KÄMPF *et al.*, 2003; TEIXEIRA, 2008). Localizam-se em terra firme, próximo a água corrente e quase sempre em posição topográfica que permita uma boa visibilidade da área como um todo, fator importante para estratégia de sobrevivência do homem pré-histórico (KERN, 1996). No entanto, Teixeira *et al.*, (2006) e Corrêa (2007) descreveram solos antrópicos soterrados (paleossolos) sob sedimentos andinos na várzea do rio Solimões em frente a cidade de Manacapuru.

2.3.2 Processos de formação

Várias hipóteses foram aventadas em relação à gênese dos solos com TPI: Hartt (1885) sugere que são solos vegetais, para os quais os índios eram atraídos pela sua fertilidade. Segundo Camargo (1941), teriam se originado a partir de cinzas vulcânicas, enquanto que Faria (1946) atribuiu a sua formação a sedimentos depositados em fundos de lagos extintos ou pela decomposição de rochas vulcânicas. Para Cunha Franco (1962), as TPI teriam sua origem em lagos antigos, cujas margens os índios habitavam, hipótese essa apoiada por Falesi (1972), sugerindo que esses lagos teriam se formado com o soerguimento da região andina no final do terciário.

Atualmente está confirmado que se formaram por atividade humana relacionada à assentamentos e práticas agrícolas de indígenas pré-colombianos (RANZANI *et al.*, 1970; SMITH, 1980; EDEN *et al.*, 1984; PABST, 1985; ANDRADE, 1986; MORA *et al.*, 1991; KERN, 1996; NEVES *et al.*, 2003).

Permanecem ainda questionamentos sobre a intencionalidade ou não na formação da TPI, considerando o enriquecimento antrópico um fato casual, ou sob interesse agrícola.

Myers *et al.* (2003) consideram que as TPI tenham sido formadas intencionalmente com o objetivo de melhorar a fertilidade dos solos para fins agrícolas, sendo uma alternativa para o cultivo de alimentos, já que a permanência em solos férteis possibilitava longos períodos de agricultura sedentária. Para Neves *et al.* (2003), embora aceita a relação das TPI com a ocupação humana, não significa que as mesmas foram criadas intencionalmente.

Em adição, Rebelato (2007) discute que nem todos os assentamentos pré-coloniais geraram TPI e, portanto sua gênese estaria ligada a uma mudança nos padrões de assentamentos na região, não podendo afirmar que as TPI foram geradas de maneira intencional, desconsiderando a sua caracterização como um *plaggen epipedon* (RANZANI, 1962; ANDRADE, 1986).

Atualmente, há dois modelos que procuram explicar seu processo de formação: (1) resultado acidental de um assentamento, fruto do descarte doméstico e acúmulo da matéria orgânica provenientes de assentamentos que tiveram um longo-prazo de permanência (SMITH 1980; KERN; KÄMPF, 1989), chamado por KÄMPF *et al.* (2003) de “midden model”; (2) resultado de ações antrópicas intencionais de enriquecimento do solo para aumentar a capacidade agrícola dos empobrecidos solos tropicais, também chamado de modelo agrícola (WOODS; McCANN, 1999).

Além disso, acredita-se que a densidade populacional e as atividades concentradas, mais do que o próprio tempo, foram os fatores primários na formação das TPI, assim como observados nos sítios Osvaldo e Hatarara (NEVES *et al.*, 2003).

Apesar do exposto, vale ressaltar as dificuldades em se explicar o início da formação das TPI. No entanto, devem-se considerar as possibilidades: (1) algumas TPI formadas anteriormente podem ter desaparecido por processos erosivos e de sedimentação, devido às mudanças no nível das águas (efeito pós-glacial); (2) a formação das TPI (atuais) começou

apenas por volta de 2.000 – 2.500 AP; (3) a matéria orgânica da maioria das TPI mais antigas pode ter sido mineralizada, deixando apenas artefatos inorgânicos para trás, sem a coloração do substrato por esse componente, e assim, estes sítios estão sub-representados (NEVES *et al.*, 2003)

2.3.3 Classificação

Conforme German (2003), a classificação indígena e popular das TPI é extremamente limitada. A maioria dos residentes (caboclos) das regiões de águas pretas da Amazônia Central reconhece que no seu estado natural sob floresta, a TPI é resultado de queimadas, entretanto, não a compreendem como um produto antrópico.

Sítios com TPI são identificados com base na composição e estrutura distinta da vegetação desses locais (McCANN, 1999). Ainda, os agricultores distinguem “terra preta” e “terra comum” (usualmente Latossolos), e diferenciam as TPI entre si por coloração (preta a quase branca), ou por textura (arenosa a argilosa), relacionando o teor crescente de argila com melhoria em sua qualidade (KÄMPF *et al.*, 2003). No entanto, não parecem considerar a espessura das TPI, em acordo com os relatos de que classificações populares usualmente são derivadas somente de propriedades de horizontes superficiais (WILLIAMS; ORTIZ-SOLORIO, 1981).

Por meio dos sistemas de classificação científica, a camada escura superior da TPI compreende um horizonte superficial A, com características antrópicas (EMBRAPA, 2006), o qual podem está associados a várias classes de solos, tais como Latossolos, Argissolos, Cambissolos, Plintossolos, Espodossolos e outros (KÄMPF *et al.*, 2003; TEIXEIRA, 2008). Ainda, podem corresponder a um epipedon antrópico (USDA, 1999), um horizonte A fímico (FAO, 1988) ou um horizonte hórtico (WRB, FAO-ISRIC-ISSS, 1998).

Diferentemente, a classificação de Arqueo-antrossolos proposta por Kämpf *et al.* (2005) por meio da classe Antrossolos, distingue solos formados ou profundamente modificados por atividades humanas (processos antropogênicos), tais como adição de materiais orgânicos ou resíduos domésticos, ou cultivo. Por definição, Antrossolos tem horizontes antropogênicos (do Grego *anthropos*, humano, e *pedogenesis*, formação do solo), onde os horizontes hórtico e plágico e possivelmente térrico são aplicáveis na classificação de solos antrópicos amazônicos antigos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

A área estudada compreende áreas de várzea do rio Solimões entre os municípios de Manacapuru e Coari, no estado do Amazonas (Figura 1). O clima apresenta características de equatorial úmido, com temperaturas médias anuais sempre acima de 22° C, chuvas abundantes em torno de 2.500 mm, intensa radiação, elevada umidade do ar e baixas velocidades de ventos (NIMER, 1979).

Nessa região destacam-se duas estações: um período com maior precipitação pluvial, denominado “inverno regional”, compreendendo os meses de janeiro a abril; e o período mais seco denominado “verão amazônico”, de junho a novembro (NIMER, 1979).

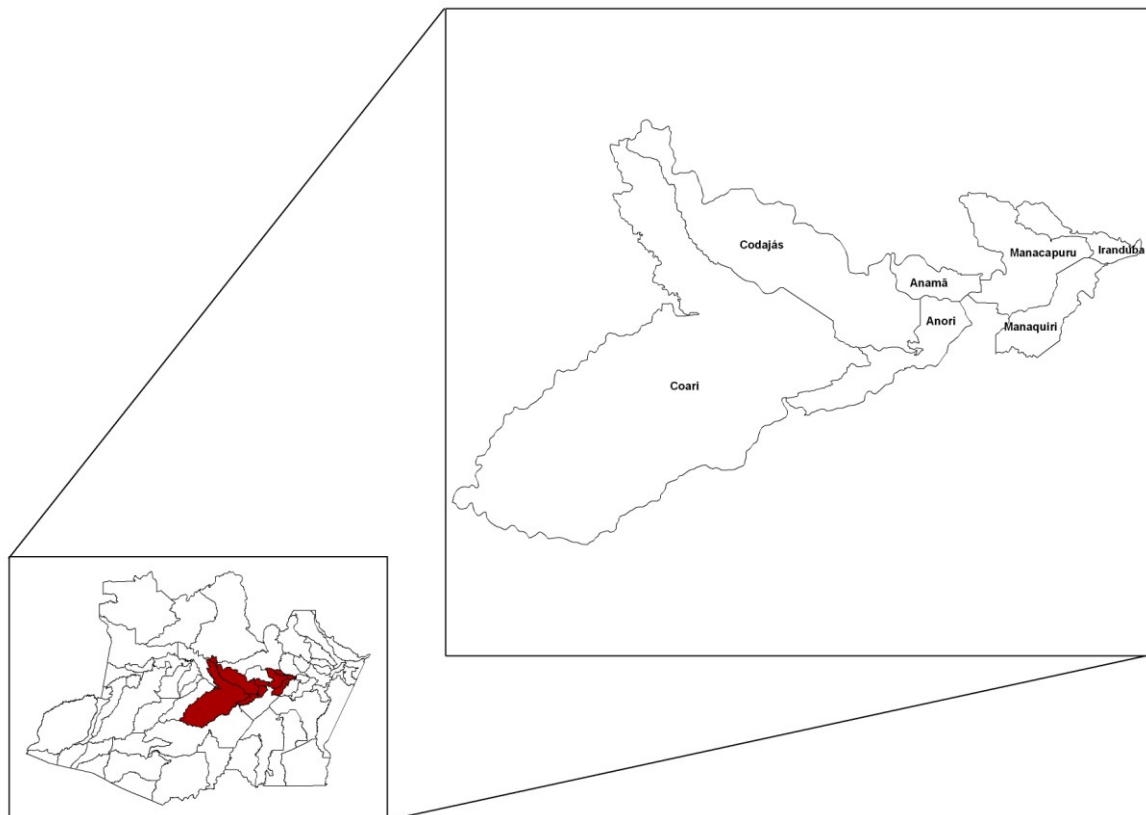


Figura 1. Localização das áreas de estudo compreendidas entre os municípios de Manacapuru e Coari, no estado do Amazonas

3.2 Seleção dos locais

Foram selecionados oito perfis em áreas de várzea ao longo do rio Solimões, assim localizados: P01 (S 03° 21' 04,5 e W 60° 40' 05,9) e P02 (S 03° 21' 32,8 e W 60° 40' 40,8) (Figura 2) na margem direita do rio Solimões, na comunidade Costa do Marrecão, em frente a cidade de Manacapuru; P03 (Figura 3A) e P05 na comunidade de Santo Antônio, município de Anori; P04 (S 03° 51' 58,56 e W 62° 35' 09,24) (Figura 3B) na comunidade de Lauro Sodré no município de Coari; P06 (S 03° 47' 19,3 e W 62° 13' 31,4) na comunidade de Matrinxã, no município de Codajás e P07 (S 03° 42' 45,4 e W 60° 56' 32,9) e P08 na Costa do Paratari, município de Manacapuru.

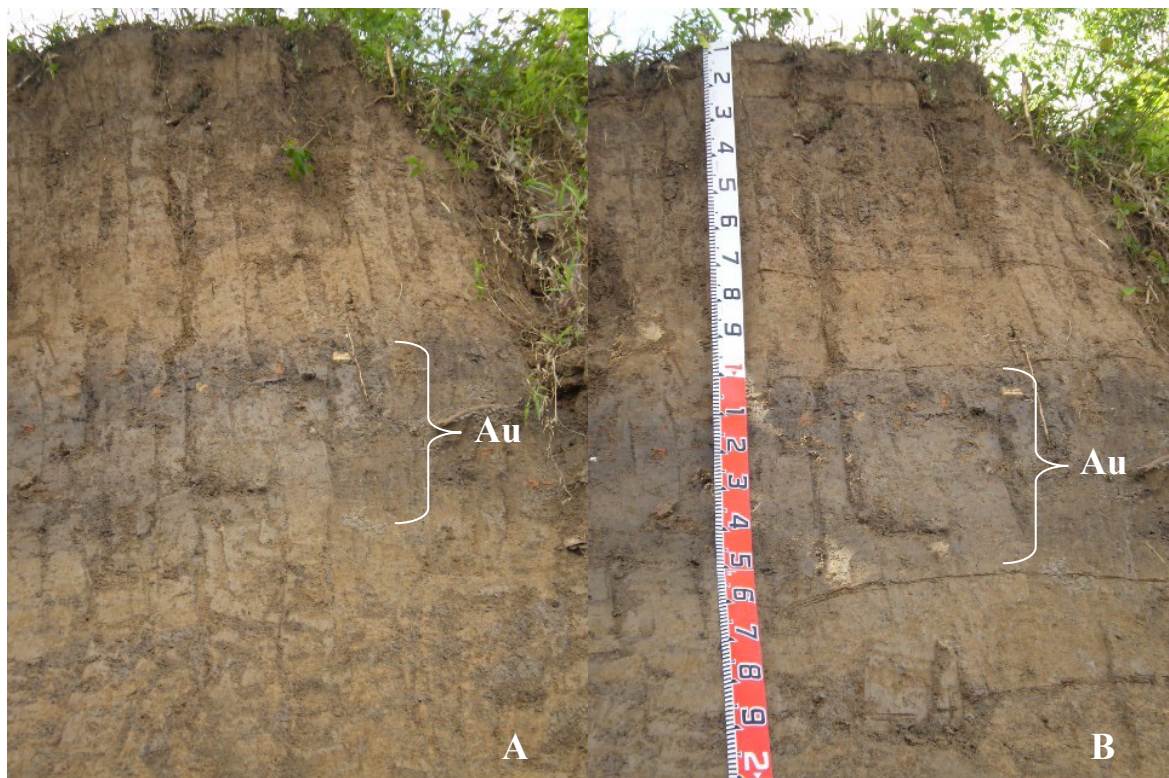


Figura 2. A) P01; B) P02. Perfis com horizonte A antrópico (TPI) descritos em área de várzea na margem do rio Solimões em frente a cidade de Manacapuru – AM.



Figura 3. A) P03 descrito no município de Anori. B) P04 descrito no município de Coari. Perfis com horizonte A antrópico (TPI) descritos em área de várzea do rio Solimões – AM.

3.3 Coleta e preparo das amostras

Os perfis da costa do Marrecão (P01 e P02) e Lauro Sodré (P04) foram descritos em barrancos na margem do rio Solimões, enquanto o perfil de Santo Antônio do Anori (P03) foi descrito em perfil de trincheira. Nesses perfis foram coletadas amostras com estrutura deformada em sacos plásticos e indeformadas em cilindros metálicos de 100 cm³. Detalhes da metodologia utilizada na descrição e amostragem do solo são apresentadas em Santos *et al.* (2005).

Os demais perfis foram coletados por meio de trado holandês até a profundidade de 100 cm (Matrinxã (P06) e Paratari (P07)) e 120 cm (Santo Antônio do Anori (P05) e Paratari (P08)); no entanto, não foi realizada a descrição morfológica completa desses perfis, sendo possível somente a descrição parcial (profundidade, cor, consistência, raízes e transição), conforme Santos *et al.* (2005).

No laboratório, as amostras deformadas foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas, obtendo-se a fração com diâmetro menor que 2 mm, denominada Terra Fina Seca ao Ar (TFSA).

As amostras coletadas em cilindros metálicos foram preparadas retirando-se o excesso de solo, de maneira que o solo amostrado ocupasse somente o volume interno do anel. Em seguida, uma tela permeável foi colocada no fundo dos cilindros de maneira que a mesma permitisse o fluxo de água/ar e impedisse a perda de solo. Após a realização desses procedimentos, os anéis foram saturados numa bandeja por meio da elevação gradual de uma lâmina de água.

A análise de teores totais foi realizada no Geosol Laboratórios Ltda em Belo Horizonte – MG com leituras em Plasma de Acoplamento Indutivo (ICP) e digestão por água régia. O P extraído em ácido cítrico (USDA, 1999) foi realizado no Laboratório de Solos e a análise mineralógica por meio de difração de raio-X (DRX) nos laboratórios do Departamento de Geociências, ambos na Universidade Federal do Amazonas.

3.4 Análises físicas

3.4.1 Granulometria, argila dispersa em água (ADA) e grau de flocculação (GF)

A análise granulométrica foi realizada após agitação mecânica e dispersão química com solução NaOH 0,1 mol L⁻¹ e a ADA por meio de agitação mecânica e água destilada. A fração areia foi separada em peneiras de 2,00 – 0,20 mm (areia grossa) e de 0,20 – 0,05 mm (areia fina). Em seguida, essas foram secas em estufa e pesadas em balança eletrônica. O teor de argila foi determinado pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997).

O grau de flocculação foi calculado por meio da expressão:

$$GF(\%) = [(At - ADA)/At] * 100$$

Em que: GF = grau de flocculação (%); At = Argila total (g kg^{-1}); ADA = Argila dispersa em água (g kg^{-1})

3.4.2 Densidade de partículas (ρ_p)

A densidade de partículas (ρ_p) foi realizada a partir da amostra seca em estufa por 24 horas, ao qual foi retirada 10 g de solo para serem processados em picnômetros de 50 ml (Figura 4), conforme Embrapa (1997).



Figura 4. Picnômetros de 50 ml utilizados para determinação da densidade de partículas do solo.

3.4.3 Curva de retenção de água no solo

Após um período de 24 horas na bandeja com água, a retenção de umidade foi determinada sucessivamente nas tensões de 1.0, 1.5 e 1.8 pF ($\text{pF} = \log_{10} \text{ cm H}_2\text{O}$) empregando o método da mesa de tensão (Figura 5A). Dando continuidade as avaliações, as amostras foram submetidas às tensões de 2.0, 2.5, 3.0 e 3.7 pF na câmara de Richards (Figura 5B). Detalhes metodológicos podem ser vistos em Klute e Dirksen (1986).



Figura 5. A) Mesa de tensão utilizada para baixas tensões. B) Extrator de Richards utilizado para médias e altas tensões

3.4.4 Densidade do solo (ρ_s) e volume de poros

Após a curva de retenção, as amostras foram levadas à estufa onde foram secas a 105° C por 24 horas para determinação do conteúdo da massa de solo seco e assim obter-se a densidade do solo (ρ_s), conforme Blake e Hartge (1986), dada pela seguinte expressão:

$$\rho_s = \left(\frac{m_{ss}}{v_t} \right)$$

Em que: ρ_s = densidade do solo (Mg m^{-3}); m_{ss} = massa do solo seco a 105° C (Mg); v_t = volume total de poros (m^3)

O volume total de poros (VTP) foi calculado a partir dos valores de densidade do solo e de densidade de partículas, segundo a expressão:

$$\text{VTP} = [1 - (\rho_s / \rho_p)]$$

Em que: VTP = volume total de poros ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$); ρ_s = densidade do solo (Mg m^{-3}); ρ_p = densidade de partículas (Mg m^{-3})

A microporosidade foi calculada por meio da expressão:

$$\text{Microporosidade} = 100 * (\text{pF } 1.8 - \text{mss}) / (\text{mss} - \text{pcil} - \text{pano} + \text{liga})$$

Em que: mss = massa do solo seco a 105° C (Mg); pcil = peso do cilindro metálico (g); peso da liga + pano = liga e tela permeável colocados no fundo dos cilindros.

A macroporosidade foi calculada por meio da diferença entre o VTP e volume de microporos:

$$\text{Macroporosidade} = \text{VTP} - \text{microporosidade}$$

Em que: VTP = volume total de poros

3.5 Análises químicas

As análises químicas realizadas foram as seguintes: pH (em água e em solução KCl 1 mol⁻¹), alumínio trocável (Al³⁺) extraído com solução KCl 1 mol⁻¹ e quantificado por titulometria com solução NaOH 0,025 mol L⁻¹, acidez potencial (H+Al), extraída com solução de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0 e quantificada por titulometria com solução NaOH 0,025 mol L⁻¹, fósforo disponível (P) pelo extrator Mehlich-1, quantificado espectrofotometricamente por meio da leitura da intensidade da cor do complexo fosfomolibídico produzido pela redução do molibdato de amônio com o ácido ascórbico, cálcio e magnésio (Ca²⁺ e Mg²⁺), extraídos com solução KCl 1 mol⁻¹ e quantificados por titulometria pelo método complexométrico, potássio (K⁺) extraído com solução HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹ e quantificado por fotometria de chama e carbono orgânico total pelo método do Walkley-Black. Detalhes do procedimento metodológico estão descritos em Embrapa (1997).

Por meio das análises anteriormente descritas, foram calculados os seguintes índices: soma de bases (S) = $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{K}^{+} + \text{Na}^{+}$; capacidade de troca catiônica (T) = S + $\text{Al}^{+3} + \text{H}$; saturação por bases (V %) = 100 S/T ; saturação por alumínio (m %) = $100 \text{ Al}^{+3}/\text{S} + \text{Al}^{+3}$, conforme Embrapa (1997). A atividade da argila foi obtida por meio da expressão $\text{T} \times 100/\text{g kg}^{-1}$ de argila, onde atividade alta (Ta) designa valor $\geq 27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de argila e valores inferiores designam atividade baixa (Tb) (EMBRAPA, 2006).

Foram realizadas análises de carbonato de cálcio nas amostras. Como as mesmas não continham carbonato de cálcio livre, foi adicionado 30 ml de solução de ácido cítrico 1 % em cada amostra (USDA, 1996). Posteriormente, o P foi extraído em solução de ácido cítrico 1 %, conforme procedimentos metodológicos constantes em USDA (1996). Essa análise foi realizada no Laboratório de Solos da Universidade Federal do Amazonas – UFAM.

Os teores totais de elementos foram realizados após as amostras terem sido submetidas a pulverização total em grau de porcelana e posterior peneiramento em malha de 0,106 mm (150 mesh). Por conseguinte, as amostras foram enviadas ao Geosol Laboratórios Ltda em Belo Horizonte – MG, no qual foram determinados os teores totais de Ag, Al, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sn, Sr, V, Zn e Zr, com leituras em Plasma de Acoplamento Indutivo (ICP) e digestão por água régia.

3.6 Análises mineralógicas

Foi realizada a separação da fração argila de horizontes selecionados tomando-se por base a metodologia da Embrapa (1997). Após seca em estufa, essa fração foi moída em almofariz de ágata até adquirir consistência pastosa, ao qual foram em seguida, dispostas de forma orientada em lâminas de vidro.

Os argilominerais foram identificados por difração de raio-X (DRX) em equipamento Shimadzu XRD 6000, equipado com anodo de Cu, e com intervalo de leitura entre 3° a 60° 2 θ .

A separação da fração magnética da fração argila foi realizada por meio de imã de mão comum, do tipo ferradura, por meio de transferência de material para diferentes folhas de papel officio após seu refinamento. Logo após, os minerais magnéticos foram estudados em lupa binocular, e em seguida, analisados pela difração de raio-X, sob as mesmas condições descritas anteriormente para identificação dos argilominerais.

Os minerais pesados foram obtidos por meio de colunas de separação padrão, utilizando-se o bromofórmio como líquido denso para separar os minerais leves (menos densos). Em seguida, o material foi colocado em aquecedor a fim de se obter o total secamento da mesma. Por último, foi realizado o mesmo procedimento de identificação utilizado para a fração magnética.

3.7 Classificação

Os solos foram classificados pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) e conforme a Legenda de Classificação Arqueo-pedológica – APC, proposta por Kämpf *et al.* (2003). Em seguida, foi realizada correspondência com o sistema de classificação do World Reference Base for Soil Resources - WRB (ISSSWG RB, 1998) e do Soil Taxonomy - ST (USDA, 1999).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características morfológicas

Na Tabela 1 são apresentadas as características morfológicas dos perfis estudados. À exceção dos perfis de Santo Antônio (P03) e Paratari (P08), os perfis apresentaram descontinuidade entre os horizontes em decorrência da sedimentação anual, identificados pelos prefixos numéricos. Por outro lado, os sufixos denotam subdivisão dos horizontes principais em profundidade, de acordo com suas distinções específicas.

Todos os perfis apresentaram horizonte A antrópico (A_u), caracterizado por ser formado ou modificado pelo uso contínuo do solo, pelo homem, com adições de material orgânico em mistura ou não com material mineral e ocorrência de fragmentos cerâmicos (EMBRAPA, 2006). Ainda, devido a formação desses horizontes ser creditada a prolongada habitação com adições casuais de resíduos orgânicos domésticos e de material cultural, todos os perfis foram classificados como Arqueo-antrosolos Hórticos (KÄMPF *et al.*, 2003).

Em virtude do horizonte antrópico está soterrado na Costa do Marrecão (P01 e P02), Lauro Sodré (P04), Paratari (P05) e Esperança II (P07) pelos sedimentos aluviais depositados periodicamente nessas áreas, estes receberam o adjetivo Tapto.

A espessura dos horizontes antrópicos foi de 65 cm no P04 (cumúlico), < 30 cm no P06 e P07 (léptico) e entre 30 e 60 cm nos demais perfis (mésico). Segundo Smith (1980), a espessura da TPI está correlacionada com o tempo de ocupação do sítio, estimando-se uma taxa de formação de 1 cm de espessura para dez anos de assentamento; no entanto, Lima (2001) enfatiza que esta sugestão é inadequada, uma vez que não se conhece com razoável segurança a densidade populacional e os costumes de cada população.

Os horizontes antrópicos exibiram cor bruno (7,5YR 4/2) no P01, cinzento-escuro (10YR 4/1) no P06 e P07, preto (10YR 2/1) no P08 e cinzento muito escuro (10YR 3/1) nos demais perfis, sendo o P08 classificado como ebânico (valor e croma < 3) e os demais como cinzentos (valor \geq 3 e croma < 2), conforme Kämpf *et al.* (2003).

A transição das cores dos horizontes antrópicos para os demais se dá de maneira abrupta, fato este atribuído aos elevados teores de carbono orgânico em diferentes composições, que conferem a esses horizontes a coloração escura (COSTA *et al.*, 2002; LIMA *et al.*, 2002; SCHAEFER *et al.*, 2004; KÄMPF; KERN, 2005). Nos horizontes antrópicos enterrados, tal fato pode ainda ser creditado à inexistência do processo de pedobioturbação na profundidade em que se encontram e pela inexpressiva eluviação entre os horizontes (CORRÊA, 2007).

A presença de mosqueados em todos os perfis indica drenagem imperfeita, com amplitude de variação entre bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4) a amarelo (10YR 7/8) nos horizontes antrópicos e bruno-acinzentado (10YR 5/2) a amarelo (10YR 7/8) nos não antrópicos.

Horizontes subsuperficiais com matiz de 2,5Y no P07 e P08, bem como, valores de croma igual a 8, indicam um processo intenso de gleização nesses perfis, o que aliado a profundidade a qual foram descritos (iniciando dentro dos primeiros 150 cm), caracteriza-os como horizonte diagnóstico glei (EMBRAPA, 2006).

O horizonte antrópico superficial (P03) apresenta estrutura em blocos angulares que se desfaz em granular, com grau de desenvolvimento fraco e tamanho médio a grande, enquanto os horizontes antrópicos enterrados, apesar de dispostos em blocos, possuem grau de desenvolvimento moderado e tamanho pequeno a médio.

A transição entre os primeiros horizontes é praticamente horizontal, paralela a superfície do solo e com faixa de separação entre eles de 2,5 a 7,5 cm, sendo caracterizados como plana e clara; em contraste, a transição entre os horizontes subsuperficiais, sujeitos ao regime hídrico por maior tempo, é entre 7,5 a 12,5 cm (gradual) e no caso de Lauro Sodré (P04), maior que 12,5 cm (difusa).

4.2 Parâmetros físicos

4.2.1 Análise granulométrica

Foram observadas poucas diferenças na composição granulométrica entre os horizontes antrópicos e os não antrópicos (Tabela 1). Todos os perfis apresentaram textura média, sendo que o horizonte antrópico da Costa do Marrecão (P01) e Lauro Sodré (P04) possuem textura franca, o P02 (Costa do Marrecão) e o perfil de Paratari (P07) possuem textura franco-siltosa, os de Santo Antônio (P03 e P05) textura franco-argilo-siltosa, o de Matrinxã (P06) textura franco-arenosa e o de Esperança II (P08) textura franco-argilosa. Foi observada maiores variações nas frações mais grosseiras acima das obtidas a partir da TFSA (< 2 mm), devido a presença de fragmentos cerâmicos, componentes marcantes na caracterização de TPI no que se refere a sua granulometria.

A natureza sedimentar recente desses solos resulta em grande variabilidade granulométrica, tanto horizontal quanto verticalmente, o que pode ser observado nos valores da Tabela 1. De modo geral, há predominância das partículas da fração silte com valores médios superiores a 400 g kg^{-1} , indicando a natureza sedimentar e o baixo grau de desenvolvimento pedogenético desses solos. Com exceção do P08 e dos horizontes subsuperficiais do P06, a fração areia grossa tem baixa participação na composição granulométrica, não excedendo a 80 g kg^{-1} .

Lima (2001) e Lima *et al.* (2007) discutem que a virtual ausência de areia grossa nos solos de várzea, indica a incapacidade dos cursos d'água em transportar sedimentos mais grosseiros até a planície de inundação. Periodicamente, sedimentos arenosos, areias médias e finas são transportadas dos Andes pelas águas do rio Solimões e ao se depositarem formam barras alongadas paralelas às margens, extensas barras em pontal ou longos bancos transversais ao rio (HERNANI *et al.*, 1982).

4.2.2 Argila dispersa em água (ADA) e grau de floculação (GF)

Em geral, os elevados valores de ADA com conseqüente decréscimo nos valores de GF (Tabela 1) demonstram que grande parte da argila em condição de campo é, ou pode ser facilmente dispersada. Em contraste, a maioria dos horizontes do P06 (Matrinxã) mostrou comportamento diferente dos demais perfis estudados, apresentando valores de GF acima de 80 %, comportamento esse normalmente observado para a classe dos Latossolos em condições normais na região.

Os maiores valores de GF foram obtidos nas camadas superficiais, não sendo observada clara tendência desses valores em profundidade. Este último fato está relacionado com os teores de matéria orgânica nos horizontes, ao passo que esta última pode apresentar tanto comportamento dispersante, por promover o incremento de cargas negativas na superfície dos colóides (GILMAN, 1974), como participar como agregantes na floculação (METZNER *et al.*, 2003).

Tabela 1. Características morfológicas e físicas de solos com horizonte A antrópico (Terra Preta de Índio) em áreas de várzea do rio Solimões, AM

Hz	Prof. cm	Cor (úmida)		AG ⁽¹⁾	AF ⁽²⁾	Silte	Argila	ADA ⁽³⁾	GF ⁽⁴⁾	pp ⁽⁵⁾
		Fundo	Mosqueado	(2,00-0,20)	(0,20-0,05)	(0,05-0,002)	(<0,002)		%	Mg m ⁻³
P01 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico										
A	0-15	10YR 3/4	5YR 5/8	4	510	367	118	39	67	2,63
AC	15-23	10YR 3/4	7,5YR 5/8	1	457	444	98	54	45	2,67
2C ₁	23-70	10YR 3/4	7,5YR 5/8	1	190	618	191	139	27	2,67
2C ₂	70-100	7,5YR 4/4	10YR 5/2	3	467	377	153	131	14	2,68
3Au	100-155	7,5YR 4/2	7,5YR 5/8	3	289	488	220	160	27	2,61
3C ₁	155-180	10YR 4/3	10YR 5/8	2	268	539	191	162	15	2,68
3C ₂	-180+	10YR 4/3	7,5YR 5/8	5	170	646	179	16	91	2,65
P02 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico										
A	0-10	10YR 3/3	10YR 4/3	16	625	259	100	38	62	2,61
AC	10-25	10YR 3/3	10YR 4/6	2	500	370	128	97	24	2,65
2C ₁	25-50	10YR 4/4	10YR 4/6	1	345	526	128	119	7	2,64
2C ₂	50-100	10YR 4/4	10YR 4/6	1	354	481	163	117	28	2,68
3Au	100-150	10YR 3/1	10YR 4/4	12	207	566	215	151	30	2,56
3C	150+	10YR 4/3	10YR 5/6	13	255	560	172	151	12	2,69
P03 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico										
Au	0-60	10YR 3/1	-	32	104	547	318	280	12	2,64
CA	60-70	10YR 4/3	10YR 4/6	27	140	546	287	258	10	2,64
C ₁	70-100	10YR 6/8	10YR 5/2	16	118	580	286	267	7	2,65
C ₂	100+	10YR 7/8	10YR 5/1	13	67	637	283	294	4	2,65
P04 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico										
A	0-25	10YR 3/3	-	1	266	532	200	119	41	2,49
C ₁	25-80	10YR 3/4	-	0	445	447	108	103	5	2,51
C ₂	80-110	10YR 4/4	10YR 4/6	0	217	590	193	188	3	2,50
2Au	110-175	10YR 3/1	10YR 4/4	6	340	449	206	179	13	2,49
3C	175+	10YR 4/3	10YR 5/6	1	554	343	102	95	7	2,51
P05 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico										
A	0-20	10YR 3/1	-	31	116	540	313	210	33	2,44
2C ₁	20-40	10YR 4/3	10YR 6/6	32	99	519	350	206	41	2,65
2C ₂	40-60	10YR 4/3	-	28	115	658	199	195	2	2,63
3Au	60-100	10YR 3/1	10YR 6/8	10	117	587	286	195	32	2,62
3C	100-120	10YR 4/3	10YR 6/8	13	114	617	256	196	23	2,65
P06 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico										
Au	0-20	10YR 4/1	10YR 5/8	82	635	233	50	9	82	2,55
2C ₁	20-40	10YR 5/3	10YR 5/8	7	336	542	115	53	54	2,59
2C ₂	40-60	10YR 5/3	7,5YR 5/8	6	226	622	146	99	32	2,62
3C ₁	60-80	10YR 5/3	7,5YR 5/8	168	715	90	27	3	89	2,63
3C ₂	80-100	10YR 5/3	7,5YR 5/8	162	654	151	33	1	97	2,60
P07 Gleissolo Háptico Ta Eutrófico, A antrópico										
A	0-20	10YR 3/2	10YR 6/8	24	166	549	260	172	34	2,55
2Cg	20-60	2,5Y 8/8	5YR 5/8	20	98	528	353	223	37	2,63
3Au	60-80	10YR 4/1	10YR 7/8	22	159	577	241	183	24	2,60
3Cg	80-100	2,5Y 8/8	-	8	164	604	223	187	16	2,64
P08 Gleissolo Háptico Ta Eutrófico, A antrópico										
Au	0-60	10YR 2/1	-	164	132	390	313	167	47	2,53
Cg ₁	60-80	10YR 5/8	10YR 5/3	221	128	367	284	208	27	2,57
Cg ₂	80-100	2,5Y 8/8	10YR 5/3	216	138	374	272	229	16	2,58
Cg ₃	100-120	2,5Y 8/8	10YR 5/3	224	141	362	273	238	13	2,64

¹Areia grossa; ²areia fina; ³argila dispersa em água; ⁴grau de floculação; ⁵densidade de partículas

Não obstante, a elevada presença de ADA pode ser consequência da grande quantidade de íons dispersos, especialmente Ca^{+2} e Mg^{+2} no complexo de troca, assim como relatado por Teixeira e Martins (2003), e devido aos baixos teores do íon Al^{+3} (TEIXEIRA, 2001), no qual tem um grande poder de floculação por serem fortemente absorvidos e retidos na dupla camada elétrica (JURY *et al.*, 1991).

4.2.3. Densidade de partículas (ρ_p) e densidade do solo (ρ_s)

Os valores de densidade de partículas não apresentam variabilidade em profundidade, indicando uniformidade do material. Os menores valores foram alcançados no horizonte A devido ao maior aporte de matéria orgânica, enquanto que os valores médios de $2,65 \text{ Mg m}^{-3}$ nos demais horizontes, reflete a composição mineralógica desses solos, basicamente caulinita e illita (Tabela 7). Buckman e Brady (1974) discutem que a matéria orgânica, por pesar muito menos que os sólidos minerais, afeta de maneira marcante a densidade das partículas do solo, fazendo com que os solos superficiais apresentem baixos valores de ρ_p .

Nos horizontes antrópicos a ρ_s variou entre 1,00 a 1,43 (Mg m^{-3}) e nos horizontes não antrópicos a amplitude foi de 0,98 a 1,46 (Mg m^{-3}) (Figura 6). À exceção do P01, com maiores valores de ρ_s entre todos os perfis, foi observado aumento gradual desse parâmetro em profundidade. Tal fato está relacionado a diferença nos teores de carbono orgânico nos horizontes, visto que, apresentam mesma composição granulométrica e condição estrutural semelhante.

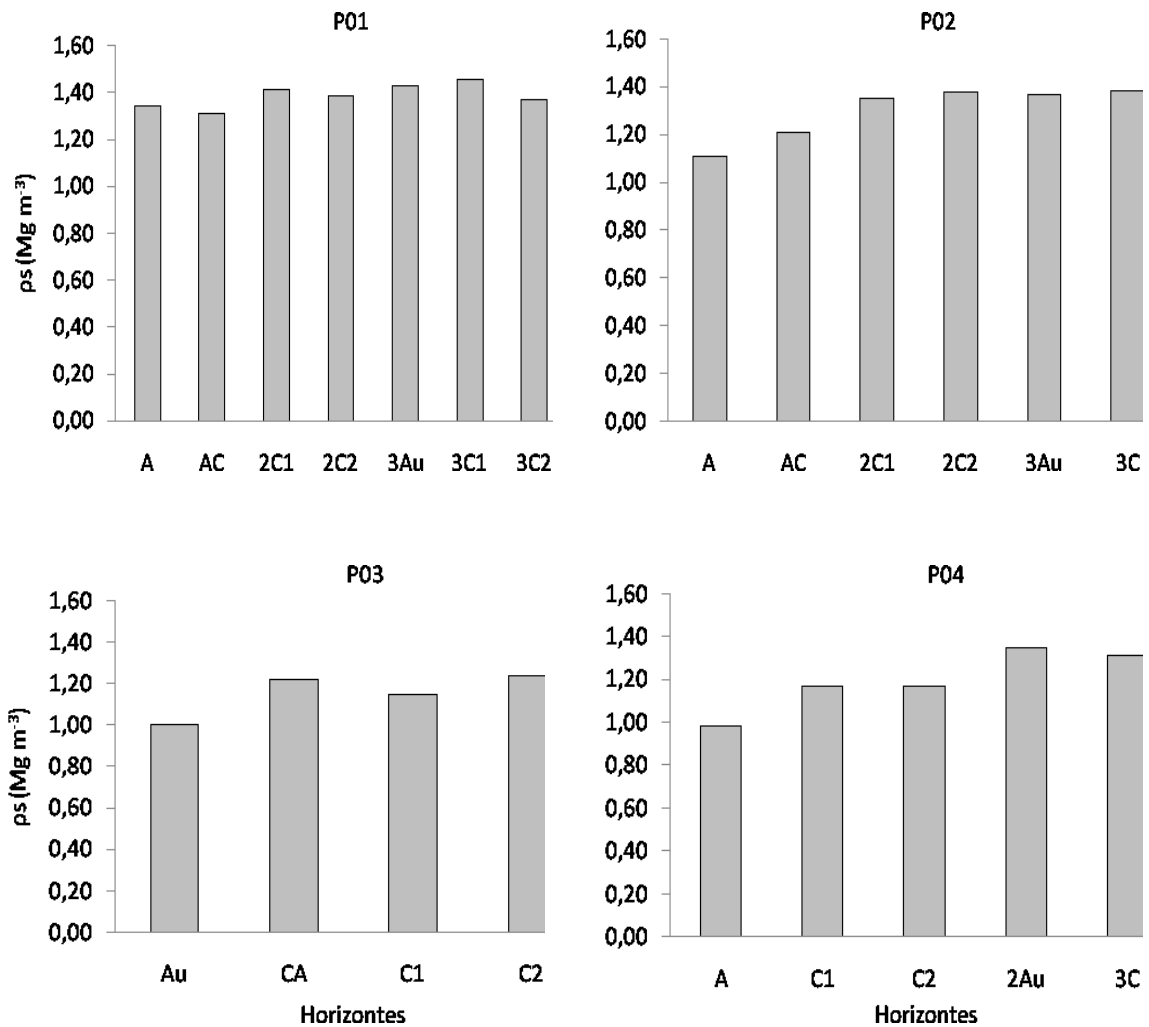


Figura 6. Densidade do solo em perfis com horizonte A antrópico (Terra Preta de Índio) em áreas de várzea do rio Solimões, AM.

Os horizontes antrópicos enterrados apresentam valores de ρ_s superiores em comparação aos horizontes A não antrópicos. Menores valores de ρ_s em horizontes antrópicos em comparação aos solos adjacentes foram obtidos por Neves Junior (2008) e por Kern e Kämpf (1989), que atribuíram tais valores aos elevados teores de matéria orgânica desses horizontes. Entretanto, Teixeira e Martins (2003) descreveram valores de ρ_s maiores nas TPI quando comparados aos solos adjacentes, em vista dessas áreas em terra firme apresentarem textura arenosa, o que condiciona uma maior densidade do solo.

4.2.4 Porosidade

O VTP variou entre 0,45 a 0,61 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ nos horizontes antrópicos, não sendo observada diferença para os não antrópicos (Figura 7). À exceção do P01, o VTP diminui em profundidade. Por apresentarem VTP menor que 0,50 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, o horizonte superficial da Costa do Marrecão (P01) não apresenta condição das mais adequadas para o desenvolvimento das plantas, seguindo critérios estabelecidos por Brady e Weil (2003).

Em geral, a macroporosidade decresce em profundidade, não sendo observada diferença entre os horizontes não antrópicos e os antrópicos (Figura 7). A amplitude de variação dos horizontes antrópicos foi de 0,19 a 0,28 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, sendo este último valor encontrado no Au do P03.

Ao encontrarem valores de macroporos maiores em TPI (0,08 a 0,32 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) quando comparados aos solos adjacentes (0,13 a 0,21 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), Glaser *et al.* (2004) discutem que tal característica proporciona melhores condições hidrológicas a esses solos e indica maiores valores de microporosidade que o solo adjacente.

Os valores de microporosidade são mais elevados que os de macroporosidade, com amplitude de variação entre 0,26 a 0,33 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ nos horizontes antrópicos e de 0,25 a 0,37 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ nos não antrópicos, não sendo observada diferença entre esses.

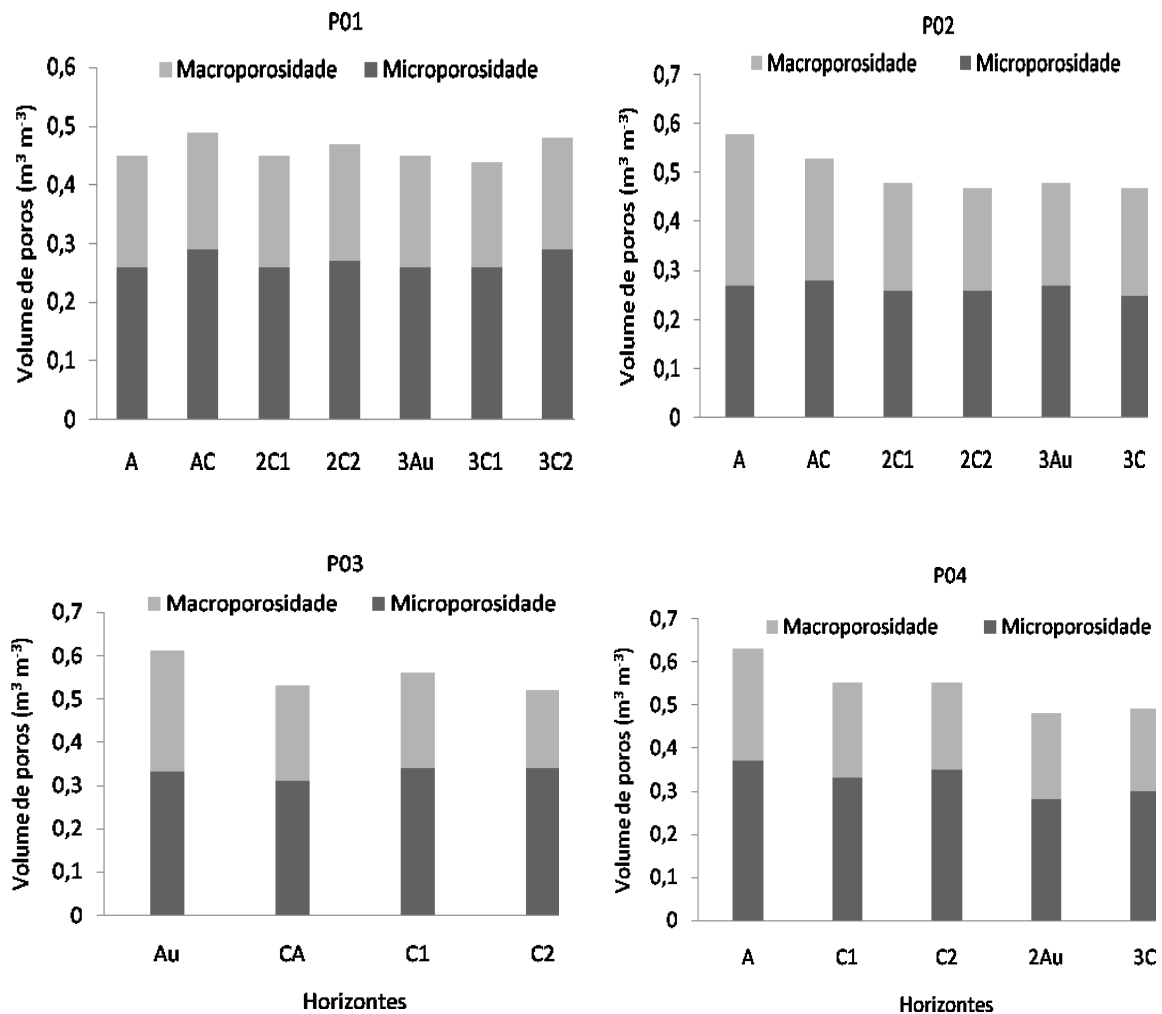


Figura 7. Porosidade de solos com horizontes A antrópico (Terra Preta de Índio) em áreas de várzea do rio Solimões, AM.

4.2.5 Curva de retenção de água no solo

O horizonte antrópico da Costa do Marrecão (P01) e Lauro Sodré (P04) apresentaram maiores valores de umidade volumétrica até o pF 1,8, sendo observado a partir do pF 2,0, maior retenção de água no horizonte antrópico do P02 (Costa do Marrecão) e do P03 (Santo Antônio) (Tabela 2). Comparando-se as curvas de retenção entre os perfis, verifica-se que elas são semelhantes; no entanto, a retenção de água é maior nas camadas subsuperficiais, independente da tensão aplicada.

Freire e Scardua (1979) verificaram maior retenção na camada subsuperficial do solo, principalmente nas baixas tensões, sendo atribuído, além do efeito da matéria orgânica, ao maior teor de argila nesta camada. Em adição, Arruda *et al.* (1987) discutem que a natureza das argilas também influi na retenção de água de modo que solos com grandes teores de argila do tipo 2:1 apresentam maior retenção de água.

Para Hillel (1971) a ação indireta da matéria orgânica sobre o teor de água do solo retido é mais pronunciado na faixa das baixas tensões, na qual a retenção depende principalmente do efeito de capilaridade e distribuição de tamanho de poros, sendo portanto, afetada pela estrutura do solo, enquanto que em altas tensões, a água é retida, sobretudo, por fenômenos de adsorção do solo.

Tabela 2. Valores de retenção de água em solos com horizonte A antrópico (Terra Preta de Índio) em áreas de várzea do rio Solimões, AM.

Hor	pF 0.0	pF 1.0	pF 1.5	pF 1.8	pF 2.0	pF 2.5	pF 3.0	pF 3.7
----- $\theta \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ -----								
P01 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico								
A	0,43	0,41	0,39	0,38	0,23	0,21	0,20	0,19
AC	0,48	0,46	0,41	0,39	0,30	0,27	0,26	0,25
2C ₁	0,44	0,42	0,39	0,37	0,31	0,31	0,30	0,29
2C ₂	0,46	0,42	0,40	0,38	0,30	0,29	0,29	0,28
3Au	0,45	0,42	0,40	0,38	0,27	0,26	0,25	0,25
3C ₁	0,46	0,43	0,40	0,37	0,24	0,24	0,23	0,23
3C ₂	0,48	0,45	0,41	0,39	0,25	0,25	0,25	0,25
P02 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico								
A	0,46	0,39	0,34	0,30	0,13	0,12	0,11	0,11
AC	0,47	0,43	0,38	0,34	0,15	0,13	0,13	0,13
2C ₁	0,44	0,42	0,39	0,36	0,23	0,20	0,19	0,19
2C ₂	0,43	0,41	0,38	0,36	0,30	0,29	0,28	0,28
3Au	0,45	0,41	0,38	0,36	0,28	0,27	0,27	0,26
3C	0,44	0,40	0,37	0,35	0,24	0,23	0,23	0,22
P03 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico								
Au	0,47	0,39	0,35	0,33	0,29	0,28	0,27	0,26
CA	0,46	0,42	0,39	0,37	0,33	0,32	0,31	0,30
C ₁	0,49	0,43	0,40	0,39	0,34	0,33	0,32	0,31
C ₂	0,47	0,45	0,43	0,42	0,35	0,35	0,34	0,33
P04 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico								
A	0,46	0,39	0,34	0,30	0,13	0,12	0,11	0,11
C ₁	0,47	0,43	0,38	0,34	0,15	0,13	0,13	0,13
C ₂	0,44	0,42	0,39	0,36	0,23	0,20	0,19	0,19
2Au	0,43	0,41	0,38	0,36	0,30	0,29	0,28	0,28
3C	0,45	0,41	0,38	0,36	0,28	0,27	0,27	0,26

Com exceção do pF 2.0, os valores de umidade abaixo da capacidade de campo (pF 2.5) ficaram próximos de 0,40 %, aproximando-se dos registros feitos por Saunders *et al.* (1980) em solos aluviais de textura franco-arenosa. Já na capacidade de campo, os horizontes antrópicos apresentaram valores inferiores de retenção de água em relação aos não antrópicos, exceto no Au do perfil de Lauro Sodré (P04). Neves Junior (2008) encontrou teores de água na capacidade de campo significativamente superiores em horizonte de TPI em relação aos solos adjacentes, no qual relacionou principalmente à porosidade estrutural do solo e aos maiores teores de carbono orgânico.

4.3 Parâmetros químicos

Os valores de pH (H₂O) variaram de fortemente ácido (4,04) no horizonte A do perfil de Santo Antônio do Anori (P05) a praticamente neutro (5,61) no horizonte 3C₂ do perfil da comunidade de Matrinxã (P06) (EMBRAPA, 2006), enquanto o pH (KCl) variou na faixa de 4,04 no A do P05 a 5,61 no 3C₂ do P06, com média de 4,78 (Tabela 3). Destaca-se, todavia, que há variabilidade no pH (H₂O) entre os perfis, com os horizontes subsuperficiais apresentando maiores valores que os horizontes superficiais; no entanto, tais valores indicam solos menos ácidos, associados à riqueza de bases nos sedimentos provenientes da Cordilheira dos Andes, típico de rios de águas barrentas, como o Solimões.

A amplitude de variação dos valores de Δ pH (diferença entre os valores do pH em KCl e em H₂O) foram de -0,62 a -2,23, indicando predomínio de carga superficial líquida negativa, não sendo observada relação direta com os valores de Al trocável, conforme associação sugerida por Kiehl (1979).

Os teores trocáveis de Ca⁺² e Mg⁺² são elevados em todos os perfis, com médias de 11,17 e 1,76 cmol_c kg⁻¹ respectivamente (Tabela 3), sendo os cátions que mais contribuem

para os altos valores de soma de bases (SB) e de capacidade de troca de cátions (CTC) dos horizontes.

A pequena variação no teor de Na^+ nos perfis reflete os baixos teores totais desse elemento (Tabela 5) nesses ambientes, assim como verificado por Corrêa (2007), ao qual credita a origem desses teores ao próprio material mineral da várzea.

Os teores médios de K^+ estão dentro da faixa considerados baixo (38 mg dm^{-3}) no P08 a bom (72 mg dm^{-3}) no P01 (RIBEIRO *et al.*, 1999). Segundo Falcão *et al.* (2006), o baixo teor de K^+ trocável, comparativamente aos altos teores de Ca e Mg trocáveis nas TPI tem, provavelmente, induzido a um desbalanço nutricional nas plantas cultivadas nas TPI, afetando a absorção, principalmente de K pela inibição competitiva com Ca e Mg.

A acidez potencial (H+Al) apresentou variação entre os perfis, sendo verificados os maiores valores médios no P05 ($5,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e no P08 ($4,76 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), valores esses considerados médios e altos respectivamente (RIBEIRO *et al.*, 1999). A maior parte da acidez potencial é decorrente do teor de H^+ proveniente de ácidos orgânicos do que do teor de Al^{+3} trocável.

Em geral, os teores de Al^{+3} foram inferiores ao limite de detecção, que aliado aos elevados valores de SB, resultam em valores reduzidos de saturação por alumínio (Tabela 3). Todos os perfis apresentaram caráter eutrófico (êutrico pela APC), caracterizados pelos valores de saturação por bases acima de 50 %.

Os valores elevados de CTC e os teores relativamente baixos de argila caracterizam os perfis em nível de atributo diagnóstico como solos de argila de atividade alta (Ta). Conforme Lima *et al.* (2007), um aspecto facilmente perceptível dessa característica são as fendas que se abrem no solo quando reduz o teor de água, como durante as secas dos rios.

À exceção do perfil da costa do Paratari (P08), os horizontes antrópicos mostram teores mais elevados de P disponível que os não antrópicos, alcançando 898 mg kg^{-1} no P01,

corroborando com investigações realizadas por outros autores (SMITH, 1980; KERN; KÄMPF, 1989; KERN; COSTA, 1997).

Tal como observado por Kern e Kämpf (1989) e por Lima *et al.* (2002), no P08 os teores mais elevados de P não foram observados no horizonte antrópico superficial, mas em posição mais profunda, aparentemente na transição entre os horizontes A e B. Do ponto de vista arqueológico, a variação de P em profundidade pode ser atribuída ao abandono temporário do sítio, mudança no tamanho da população ou na forma de subsistência (SJOBERG, 1976), enquanto que geoquimicamente os teores de P na fase disponível podem está relacionados diretamente com o seu conteúdo total no solo (HORBE, 2007). Pedologicamente, a disponibilidade do P em profundidade pode ser resultante de maior adsorção a matéria orgânica por meio de Al e Fe complexados, onde a relação Fe/C principalmente, é maior nos horizontes subsuperficiais não antrópicos, coincidindo com os maiores valores de P, sugerindo condições para maior retenção do elemento, conforme observado por Kern e Kämpf (1989).

Por exibirem teores de P (extrator Mehlich 1) na fração terra fina $> 65 \text{ mg kg}^{-1}$, todos os perfis apresentaram horizonte antrópico, conforme critério proposto por Kämpf *et al.* (2003), tendo em vista que mesmo sendo naturalmente ricos os solos de várzea em P, é eminente o acréscimo desse elemento em decorrência de atividade humana. Corrêa (2007) atribuiu a maior concentração de P em TPI (paleossolo) em área de várzea a não utilização dos horizontes antrópicos em sistemas atuais de cultivo, evitando a depleção de nutrientes, e ao baixo grau de pedogênese e pedobioturbação nessas camadas, acarretando menor nível de degradação dos remanescentes culturais pré-históricos.

À exceção do perfil de Santo Antônio (P03), os teores de P_2O_5 solúveis em ácido cítrico foram mais elevados nos horizontes antrópicos, com destaque para o Au do perfil do

Paratari (P07), com o dobro dos valores encontrados nos horizontes subjacentes. Tal fato, aliado a presença de fragmentos cerâmicos (conforme anteriormente comentado), confirma a origem antrópica deste horizonte, permitindo a classificação desses horizontes como A antrópicos (EMBRAPA, 2006).

Nenhum dos perfis atendeu ao critério de epipedon antrópico (USDA, 1999) caracterizado pelo teor de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico > 250 ppm. Em muitos sítios arqueológicos, os solos antrópicos não preenchem esse requisito de P (SMITH, 1980; EDEN *et al.*, 1984; COLLINS; SHAPIRO, 1987). Vale ressaltar, que a presença de artefatos cerâmicos e o aumento nos teores de P e Ca nos horizontes antrópicos, mesmo em áreas ricas nesses elementos (várzea), são evidências incontestáveis de modificação e acumulação antrópica. Tal fato demonstra a necessidade de se estabelecer critérios de classificação de horizontes antrópicos adequação dos critérios químicos de classificação de horizontes antrópicos.

Em vista disso, Kern e Kämpf (1989) sugeriram alterar a definição desse horizonte, de maneira que o requisito fósforo não seja eliminatório, ou que seja permissível um valor menor, desde que superior às áreas adjacentes, associado a outros parâmetros marcantes (artefatos cerâmicos e líticos) de atividade antrópica na área, bem como, a substituição do método do ácido cítrico pelo Melich-1, em vista desse último ser mais simples para ser adotado rotineiramente.

Todos os perfis apresentaram valores em ácido cítrico consideravelmente mais baixos que os valores de P extraídos com Melich-1. Lima (2001) encontrou valores sensivelmente mais elevados com o extrator Melich-1, enquanto os extraídos com ácido cítrico foram mais elevados nos estudos de Kern e Kämpf (1989).

Os teores de carbono orgânico nos horizontes antrópicos variaram entre 2,38 (P06) a 34,14 g kg⁻¹ (P08). Com exceção do P08, os horizontes não antrópicos apresentam valores mais elevados de C que os horizontes antrópicos. Apesar desses valores estarem de acordo com os encontrados por Lima *et al.* (2002), estes são inferiores aos descritos por outros autores para diferentes perfis de TPI (SOMBROEK, 1966; SMITH, 1980; KERN; KÄMPF, 1989; CUNHA *et al.*, 2007; NEVES JUNIOR, 2008).

Tal observação foi encontrada por Lima (2001) estudando solos de várzea do médio e do alto Solimões e por Souza (2007), estudando solos de oito localidades de várzeas entre Coari e Manaus, no médio rio Solimões, no qual encontrou teores de carbono orgânico total inferiores a 1 %. Marques *et al.* (2002) discutem que é provável que nesses solos o teor de carbono orgânico total seja um reflexo do baixo conteúdo médio desse componente nos sedimentos frescos depositados periodicamente na várzea.

Tabela 3. Características químicas de solos com horizonte A antrópico (Terra Preta de Índio) em área de várzea do rio Solimões, AM

Hor	pH	pH	P ⁽¹⁾	P ⁽²⁾	K	Na	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H+Al	SB	CTC	T ⁽²⁾	V ⁽³⁾	M ⁽⁴⁾	C
	H ₂ O	KCl	ppm	---	mg dm ⁻³	---	----- cmol _c kg ⁻¹ -----					----- % -----		g kg ⁻¹		
P01 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico																
A	5,83	5,12	3	96	199	14	6,43	2,07	0,00	1,65	9,07	10,72	91	85	0	11,88
AC	6,18	5,19	145	84	62	16	7,04	2,15	0,00	0,23	9,42	9,65	98	98	0	2,59
2C ₁	6,49	4,94	62	43	65	19	9,06	2,45	0,00	0,42	11,76	12,18	64	97	0	3,29
2C ₂	6,37	4,53	146	83	38	22	8,91	3,54	0,00	1,07	12,64	13,71	90	92	0	1,76
3Au	6,38	4,99	165	898	45	58	12,46	2,61	0,00	2,16	15,44	17,60	80	88	0	3,36
3C ₁	6,70	4,83	74	215	48	40	12,42	2,71	0,00	1,43	15,43	16,85	88	92	0	2,01
3C ₂	6,66	4,67	4	83	47	44	12,97	3,58	0,00	1,08	16,86	17,94	100	94	0	1,68
P02 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico																
A	4,82	4,09	25	101	45	26	4,57	1,52	0,46	3,10	6,32	9,42	94	67	7	9,12
AC	5,72	4,50	161	94	26	30	6,50	1,88	0,00	1,86	8,58	10,44	82	82	0	2,01
2C ₁	6,09	4,75	125	79	30	30	8,34	2,43	0,00	0,68	10,98	11,66	91	94	0	3,17
2C ₂	6,51	4,54	84	62	37	31	8,95	2,71	0,03	0,88	11,89	12,77	78	93	0	2,67
3Au	6,61	5,02	168	721	55	47	11,86	2,82	0,00	1,78	15,03	16,80	78	89	0	3,33
3C	6,52	4,90	53	191	58	38	12,20	2,71	0,00	1,44	15,22	16,66	97	91	0	2,70
P03 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico																
Au	5,97	4,59	108	814	55	70	19,17	1,34	0,00	5,69	20,96	26,64	84	79	0	10,94
CA	6,01	4,72	174	591	56	61	19,42	1,20	0,00	4,35	21,03	25,38	88	83	0	10,13
C ₁	6,20	4,67	189	586	59	55	20,44	1,49	0,00	4,20	22,32	26,52	93	84	0	7,76
C ₂	6,33	4,7	201	525	56	54	17,75	1,64	0,00	3,20	19,77	22,97	81	86	0	15,83
P04 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico																
A	6,28	5,38	-	81	82	17	8,34	4,00	0,00	1,63	12,59	14,22	71	88	0	9,86
C ₁	6,35	4,62	-	93	66	27	6,56	2,30	0,04	0,86	9,10	9,96	92	91	0	1,96
C ₂	6,11	4,51	-	90	86	44	11,22	4,43	0,04	1,60	15,98	17,58	91	91	0	4,71
2Au	6,26	4,84	-	379	78	39	8,98	2,83	0,00	1,67	12,11	13,78	67	88	0	3,94
3C	6,52	4,84	-	214	70	34	8,04	2,47	0,02	0,25	10,78	11,03	108	98	0	0,88
P05 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico																
A	5,08	4,04	158	99	55	35	12,19	0,88	0,86	6,64	13,36	20,00	64	67	6	11,90
2C ₁	5,64	4,34	210	505	62	71	15,36	1,13	0,00	7,49	16,96	24,44	70	69	0	11,75
2C ₂	5,98	4,65	-	543	67	78	17,60	1,35	0,00	6,39	19,46	25,85	130	75	0	8,16
3Au	6,16	4,78	212	599	87	68	17,24	1,04	0,00	3,44	18,80	22,24	78	85	0	5,10
3C	6,25	4,85	-	713	90	66	18,36	1,39	0,00	2,97	20,27	23,24	91	87	0	2,64
P06 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico																
Au	6,64	5,38	165	145	41	16	4,03	0,87	0,00	0,30	5,07	5,37	107	94	0	2,38
2C ₁	6,62	5,57	163	88	63	26	10,73	2,28	0,00	0,86	13,28	14,15	123	94	0	4,97
2C ₂	6,39	5,49	92	108	75	33	11,99	2,63	0,00	0,82	14,96	15,78	108	95	0	5,76
3C ₁	6,81	5,44	-	132	40	15	4,00	0,82	0,00	0,04	4,99	4,95	183	101	0	0,93
3C ₂	7,12	5,61	-	139	53	18	5,03	0,9	0,00	0,02	6,14	6,16	187	100	0	1,06
P07 Gleissolo Háplico Ta Eutrófico, A antrópico																
A	6,19	5,46	76	270	60	22	15,07	2,58	0,00	3,65	17,90	21,55	83	83	0	32,27
2Cg	5,70	4,37	99	396	46	19	12,94	1,45	0,00	4,95	14,59	19,54	55	75	0	3,90
3Au	6,99	4,76	220	826	44	38	10,73	0,49	0,00	4,63	11,50	16,13	67	71	0	5,46
3Cg	5,84	4,69	-	522	30	26	8,56	0,32	0,00	3,14	9,07	12,21	55	74	0	1,85
P08 Gleissolo Háplico Ta Eutrófico, A antrópico																
Au	5,25	4,63	184	113	69	11	11,10	0,76	0,05	6,39	12,08	18,47	59	65	0	34,14
Cg ₁	5,75	4,24	179	156	33	12	6,24	0,38	0,00	5,18	6,76	11,94	42	57	0	8,32
Cg ₂	5,62	4,13	143	147	32	11	5,92	0,34	0,00	5,93	6,39	12,32	45	52	0	8,69
Cg ₃	5,65	4,15	-	137	36	10	2,09	0,13	0,00	5,51	2,36	7,87	29	30	0	7,80

¹P extraído em solução de ácido cítrico; ²P extraído por Melich 1; ³ atividade da argila; ⁴ saturação por bases; ⁵ saturação por alumínio

De acordo com as faixas estabelecidas por Ribeiro *et al.* (1999), todos os micronutrientes apresentaram valores médios (mg dm^{-3}) considerados altos, a saber: Fe (278), Zn (19,1), Mn (55,4) e Cu (3,8) (Tabela 4).

Não foi observada tendência clara nos teores de Fe entre os horizontes antrópicos e os não antrópicos, ou seja, esse elemento não mostrou relação com as atividades humanas, assim como verificado por Corrêa *et al.* (2007). Em geral, os horizontes antrópicos exibem valores inferiores de Fe quando comparados aos não antrópicos. Cunha *et al.* (2007) discutem que as menores quantidades de Fe disponível na TPI, provavelmente, se deva ao elevados teores e a forma do carbono orgânico desses solos, o qual atuam como complexante desse elemento.

Os teores de Mn apresentam sobreposição dos horizontes antrópicos em relação aos demais não antrópicos, mesmo sem processo significativo de pedobioturbação e eluviação, que aliada a riqueza natural desse elemento nessas áreas ricas em sedimentos andinos de natureza fluvial, faz com que esse elemento nessas áreas não seja indicador de atividades antrópicas pré-históricas.

O Zn revelou forte associação com as intervenções antrópicas, pois apesar das várzeas apresentarem naturalmente teores já elevados desse elemento, foi observado em geral, que os horizontes submetidos a ocupações humanas apresentam substancial aumento desse elemento.

Lima (2001) encontrou altas concentrações de Mn e Zn disponível no horizonte A antrópico da TPI quando comparados com os horizontes B do mesmo solo e com os horizontes A e B dos adjacentes. Altas concentrações desses elementos também foram verificadas por Lehmann *et al.* (2003b), Kern e Kämpf (1989) e por Kern (1996) em sítios arqueológicos localizados na Floresta Nacional de Caxiuanã (PA), o qual sugeriu está relacionado a matéria orgânica utilizada na cobertura e nas paredes das casas.

Tabela 4. Micronutrientes de solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) em áreas de várzea do rio Solimões, AM

Hor	Fe	Zn	Mn	Cu
	----- mg dm ⁻³ -----			
P01 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico				
A	306	8,1	98,0	2,10
AC	306	5,3	74,9	2,8
2C ₁	331	6,6	40,2	2,9
2C ₂	251	6,3	21,0	2,1
3Au	300	22,2	26,0	5,1
3C ₁	299	11,6	32,0	3,9
3C ₂	257	8,6	32,8	3,1
P02 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico				
A	326	5,1	40,9	1,8
AC	277	5,1	39,1	2,2
2C ₁	157	5,1	24,7	2,4
2C ₂	262	5,0	24,9	2,3
3Au	215	17,2	26,2	5,3
3C	207	10,0	23,1	4,5
P03 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico				
Au	257	33,5	46,8	11,0
CA	290	25,6	49,1	8,3
C ₁	264	16,3	32,7	5,5
C ₂	269	8,4	26,3	8,3
P04 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico				
A	458	13,7	201,6	2,9
C ₁	323	6,2	36,2	3,3
C ₂	338	10,4	36,5	4,3
2Au	276	23,1	29,2	5,7
3C	244	9,4	24,6	2,8
P05 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico				
A	227	9,2	47,6	7,4
2C ₁	265	39,3	45,8	7,0
2C ₂	259	66,2	35,8	5,5
3Au	265	28,0	36,1	6,0
3C	284	23,2	34,7	5,6
P06 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico				
Au	373	6,9	120,6	2,5
2C ₁	426	7,5	246,1	4,4
2C ₂	342	9,1	286,8	5,2
3C ₁	194	3,7	54,0	0,8
3C ₂	260	5,6	47,5	1,2
P07 Gleissolo Háplico Ta Eutrófico, A antrópico				
A	106	49,7	123,2	2,0
2Cg	238	13,4	26,6	3,6
3Au	305	21,5	24,1	3,5
3Cg	324	9,4	16,0	1,8
P08 Gleissolo Háplico Ta Eutrófico, A antrópico				
Au	264	28,4	123,9	5,3
Cg ₁	453	8,8	10,1	3,6
Cg ₂	458	9,1	9,7	4,1
Cg ₃	453	13,1	8,9	3,7

Assim como o Zn, nos horizontes antrópicos os valores de Cu aumentam sensivelmente, sendo que devido a sua maior mobilidade no perfil, seus teores influenciados pela atividade humana extrapolam os horizontes antrópicos; entretanto, esse elemento é reconhecidamente bom indicador da influência de prolongada atividade antrópica pré-histórica em solos (WOODS, 2003).

Os teores totais de Al, com amplitude de variação entre 0,53 a 2,35 %, são mais elevados em relação ao teor de Al^{+3} trocável, sugerindo uma correlação inversa entre essas duas fases (Tabela 5). Devido à distribuição irregular desses teores nos perfis, não foi possível verificar diferenças entre os horizontes antrópicos e os não antrópicos.

Por outro lado, foi constatada relação direta entre os conteúdos totais de Ca, K, Mg e Na com seus respectivos teores na forma trocável, sendo observada a seguinte relação: $Ca > Mg > K > Na$. À exceção do P03, P04 e P06, os teores de Na apresentaram-se abaixo do limite de detecção em ao menos um dos horizontes dos demais perfis. Segundo ESTEVES (1998), a fonte desses cátions está relacionada às suas maiores concentrações na água dos rios de águas brancas, como a do Solimões, oriundas do intemperismo da cordilheira dos Andes que, por ser ainda jovem (Terciário), pode fornecer grandes quantidades de íons as áreas de várzea.

Os teores totais de Ca e P sensivelmente mais elevados nos horizontes antrópicos indicam associação com as atividades antrópicas (SJOBERG, 1976; GRIFFITH, 1980; COLLINS; SHAPIRO, 1987). As fontes primárias de P e Ca são atribuídas à origem orgânica, a partir de fezes, urina, tecidos vegetais, animais e ossos (SMITH, 1980), incorporados aos solos pelas populações pré-colombianas (LIMA, 2001). Não obstante, Kern (1996) discute que a provável fonte desses elementos nos sítios arqueológicos de Cachoeira-Porteira foi a hidróxiapatita encontrada nos ossos, ao passo que Corrêa (2007), encontrou a existência de P

e Ca presentes nas apatitas biogênicas em compartimentos não totalmente degradados, encontrados ainda no solo, em áreas de várzea do rio Solimões.

Os teores totais de Fe e Mn relacionam-se com os seus teores na fase disponível, sendo que o Fe alcançou os maiores valores médios entre os cátions analisados (2,80 %). Esses teores são devido ao fato desses solos estarem sujeitos a períodos prolongados de saturação por água e, além de submetidos a menor tempo de pedogênese, recebem sazonalmente aporte de novos sedimentos, suficiente para manter o conteúdo de Fe e Mn em níveis mais elevados. Koumrouyan e Santana (2008) estudando sedimentos do Lago do Parú (Manacapuru-AM) sob influência do rio Solimões, verificaram que o Fe e o Mn no período da seca, estão associados principalmente a fração residual, sugerindo incorporação à matriz mineral, baixa mobilidade e origem natural, ou seja, não antrópica.

Dos elementos-traço analisados, Ag, Mo, Sb, B, Bi, Sn e W apresentam teores abaixo do limite de detecção (Tabela 6). Segundo McBride (1989), nessas condições esses elementos tendem a ser retidos no solo via adsorção, principalmente na forma não trocável.

Apesar de grande parte dos perfis exibirem teores de As abaixo do limite de detecção, os horizontes 2C₂ (P03), 2C e 2C₂ (P06) e todos os horizontes subsuperficiais do P08 apresentaram teores a cima da média crustal.

Todos os perfis apresentam maiores teores de alguns elementos específicos como, Ba, Sr, V, Zn (principalmente), Cr, Ni e Cu. Os conteúdos de Co, Li, Ni, Sc, Y e Zr estão a baixo da média crustal, enquanto o Cu e o Pb, variam em relação a essa média.

Tabela 5. Teores totais de elementos em solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) em área de várzea do rio Solimões, AM.

Hz	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P
----- % -----								
P01 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico								
A	1,05	0,37	2,68	0,10	0,39	0,03	0,01	0,07
AC	1,00	0,30	2,42	0,06	0,38	0,04	< 0,01	0,05
2C ₁	1,22	0,27	2,35	0,07	0,40	0,05	<0,01	0,03
2C ₂	1,44	0,32	2,78	0,06	0,40	0,05	< 0,01	0,07
3Au	1,28	0,90	2,52	0,08	0,39	0,05	0,01	0,38
3C ₁	1,34	0,44	2,58	0,09	0,42	0,04	0,01	0,15
3C ₂	1,53	0,40	2,92	0,09	0,47	0,05	0,01	0,10
P02 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico								
A	0,99	0,29	2,49	0,06	0,36	0,03	0,01	0,07
AC	1,00	0,29	2,33	0,05	0,38	0,04	0,01	0,05
2C ₁	1,09	0,32	2,30	0,06	0,39	0,04	0,01	0,04
2C ₂	1,20	0,29	2,38	0,06	0,39	0,04	< 0,01	0,04
3Au	1,52	0,74	2,67	0,12	0,43	0,05	0,01	0,27
3C	1,49	0,50	2,66	0,11	0,42	0,05	0,01	0,15
P03 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico								
Au	2,07	1,57	2,79	0,13	0,42	0,05	0,01	0,75
CA	1,81	1,16	2,69	0,13	0,41	0,05	0,01	0,50
C ₁	2,11	0,96	3,17	0,16	0,48	0,04	0,01	0,40
C ₂	1,94	0,80	2,97	0,14	0,46	0,05	0,01	0,32
P04 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico								
A	1,27	0,40	2,61	0,09	0,50	0,05	0,01	0,07
C ₁	1,17	0,29	2,48	0,07	0,43	0,04	0,01	0,05
C ₂	1,82	0,39	3,46	0,10	0,58	0,08	0,01	0,06
2Au	1,54	0,49	2,98	0,10	0,49	0,07	0,01	0,17
3C	1,38	0,38	2,95	0,09	0,47	0,05	0,01	0,10
P05 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico								
A	1,35	0,44	1,94	0,08	0,31	0,05	<0,01	0,23
2C ₁	2,35	1,40	3,04	0,15	0,43	0,07	0,01	0,80
2C ₂	2,26	1,40	2,98	0,16	0,37	0,06	0,01	0,74
3Au	1,62	1,05	2,51	0,13	0,40	0,05	0,01	0,43
3C	1,70	1,02	2,82	0,14	0,29	0,05	0,01	0,42
P06 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico								
Au	1,12	0,39	6,00	0,07	0,08	0,06	0,01	0,07
2C ₁	1,41	0,43	3,03	0,09	0,01	0,06	0,02	0,06
2C ₂	1,57	0,46	3,23	0,11	<0,01	0,07	0,02	0,07
3C ₁	1,10	0,37	3,25	0,07	<0,01	0,05	0,02	0,07
3C ₂	1,19	0,40	3,05	0,08	<0,01	0,04	0,02	0,07
P07 Gleissolo Háptico Ta Eutrófico, A antrópico								
A	0,90	0,51	1,88	0,05	0,62	0,10	<0,01	0,19
2Cg	1,12	0,43	2,67	0,05	<0,01	0,04	<0,01	0,24
3Au	0,73	0,48	1,39	0,04	0,06	0,01	<0,01	0,36
3Cg	0,53	0,28	1,17	0,03	0,03	<0,01	<0,01	0,22
P08 Gleissolo Háptico Ta Eutrófico, A antrópico								
Au	1,32	0,43	1,73	0,07	0,09	0,02	<0,01	0,43
Cg ₁	1,19	0,26	2,92	0,07	0,08	0,01	<0,01	0,39
Cg ₂	1,06	0,21	2,49	0,05	0,07	<0,01	<0,01	0,34
Cg ₃	1,26	0,20	3,69	0,06	0,06	<0,01	<0,01	0,37

Em geral, os horizontes antrópicos apresentam maiores teores de Cu, Zn, Sr e Ba, indicando enriquecimento dessas camadas em decorrência de atividades humanas pretéritas, corroborando com as observações realizadas por Kern (1996). Em adição, Zn e Cu são alguns dos elementos relatados por Costa (2002) que aliados aos teores de matéria orgânica, podem ser utilizados para distinguir a TPI da área adjacente, desde que apresentem composição mineral semelhante.

Os componentes químicos Co, Cr, Pb e V exibem menores teores nos perfis, apresentando um padrão independente, ou seja, comuns aos horizontes antrópicos e os não antrópicos. Kern (1996) discute que os menores teores desses elementos podem ser explicados pela inibição de oxidação em ambientes anaeróbicos, típicos de ambientes hidromórficos, como os de várzea. Comportamento similar entre os horizontes foi verificado para o Y.

Os valores de Sc e Zr, distribuídos de forma irregular entre os horizontes e dissociados do material de origem, não apresentam uma tendência distinta, bem como, não sofrerem modificações em decorrência da ocupação humana pretérita.

Tabela 6. Teores totais de elementos-traços de solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) em área de várzea do rio Solimões, AM.

Hz	As	Ba	Co	Cr	Cu	Li	Ni	Pb	Sc	Sr	V	Y	Zn	Zr
----- ppm -----														
P01 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico														
A	<5	77	10	22	13	12	18	6	<3	29	55	9	69	2
AC	<5	81	10	18	12	12	18	6	<3	24	44	8	58	1
2C ₁	<5	100	11	18	14	12	14	7	3	29	39	8	63	1
2C ₂	<5	113	12	22	16	13	17	8	4	33	51	12	73	2
3Au	<5	184	9	19	24	12	17	8	4	71	38	10	109	3
3C ₁	<5	111	9	19	19	14	17	8	4	45	43	9	80	4
3C ₂	<5	114	10	22	21	15	19	8	5	39	47	11	80	5
P02 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico														
A	<5	6,8	9	22	11	11	15	6	<3	25	54	8	63	<1
AC	<5	81	10	18	13	12	16	6	<3	26	41	8	61	<1
2C ₁	<5	101	11	18	14	12	18	6	<3	31	41	9	72	<1
2C ₂	<5	101	11	19	14	12	15	8	3	30	43	8	67	2
3Au	<5	196	9	20	30	14	18	8	4	66	38	11	130	3
3C	<5	144	9	20	23	13	17	7	4	51	42	10	99	3
P03 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico														
Au	<5	294	8	21	59	15	23	13	5	98	34	15	225	2
CA	<5	190	8	20	40	14	20	11	5	78	39	11	165	2
C ₁	<5	190	9	24	41	17	23	11	6	77	49	13	154	3
C ₂	<5	178	9	23	37	16	21	12	6	63	48	13	134	2
P04 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico														
A	<5	99	11	19	15	14	17	9	3	37	43	8	76	1
C ₁	<5	86	10	19	16	13	16	6	3	30	44	9	59	2
C ₂	5	138	14	24	26	18	20	10	6	41	55	12	80	4
2Au	<5	169	12	22	25	17	20	9	4	46	48	11	91	1
3C	<5	97	11	22	19	15	20	8	4	37	56	11	72	7
P05 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico														
A	<5	231	7	16	39	10	15	12	<3	34	28	12	130	1
2C ₁	<5	397	9	23	69	17	26	14	6	104	40	16	245	2
2C ₂	<5	301	9	23	51	16	25	12	5	109	41	12	207	2
3Au	<5	173	8	19	41	14	20	10	5	81	39	11	143	3
3C	<5	177	10	21	36	15	20	11	5	77	44	12	129	3
P06 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico														
Au	<5	87,2	15	57	16	13	23	9	4	28	175	10	83	5
2C ₁	6	145	12	21	21	17	19	9	4	32	47	10	76	4
2C ₂	7	127	13	23	23	18	21	10	5	35	50	11	82	4
3C ₁	<5	91	13	27	11	14	21	6	3	28	72	9	78	6
3C ₂	<5	101	15	25	13	16	24	6	3	29	62	10	86	8
P07 Gleissolo Háplico Ta Eutrófico, A antrópico														
A	<5	213	5	11	23	4	11	7	<3	39	24	6	138	1
2Cg	<5	144	<3	15	21	4	7	8	<3	34	40	5	77	1
3Au	<5	153	<3	8	16	3	6	4	<3	45	18	4	60	<1
3Cg	<5	75	<3	6	7	2	3	<3	<3	29	20	2	30	<1
P08 Gleissolo Háplico Ta Eutrófico, A antrópico														
Au	<5	106	<3	20	32	5	9	10	<3	31	35	8	98	2
Cg ₁	6	106	<3	25	25	5	6	11	4	25	52	10	64	1
Cg ₂	6	92	<3	26	23	4	5	10	4	23	45	9	48	1
Cg ₃	8	89	<3	37	20	4	5	12	4	22	75	9	46	2
Média Crustal	2	580	25	100	50	30	75	10	13	300	150	30	80	150

Ag, Mo <1; Sb <5; B, Bi, Sn, W <10

4.4 Parâmetros mineralógicos

Nas Figuras 8, 9 e 10 é apresentada a mineralogia da fração argila dos perfis estudados. Como reflexos da deposição mais recente, da maior riqueza de material de origem e condições atuais de renovação, das inundações sazonais e da drenagem menos eficiente, a diversidade mineralógica dos perfis estudados alcança elevada riqueza de componentes minerais facilmente intemperizáveis.

As análises obtidas pelos difratogramas mostram a predominância de minerais 2:1. Apesar da necessidade de se realizar pré-tratamentos nas amostras para se obter uma identificação precisa da assembléia mineralógica desses ambientes, os difratogramas revelam provavelmente a presença em maiores quantidades da associação illita+muscovita, seguido da caulinita e montmorilonita; no entanto, não existe um padrão comum na distribuição de montmorilonita em profundidade, apenas dos demais, que praticamente não se alteram ao longo dos perfis.

Gibbs (1977) estudando sedimentos do rio Amazonas, discute que a ausência de variação entre a caulinita e a illita pode refletir a inexistência de mudanças nos processos de deposição (velocidade de deposição), tendo em vista fontes homogêneas para esses constituintes. Em adição, Keller (1968) sugere que a formação da illita é favorecida em condições adequadas de disponibilidade de silício, presença de cátions como o Ca, Mg e Fe, potássio em solução e em concentração suficiente elevada para atuar na capacidade de troca e ao déficit de cargas positivas.

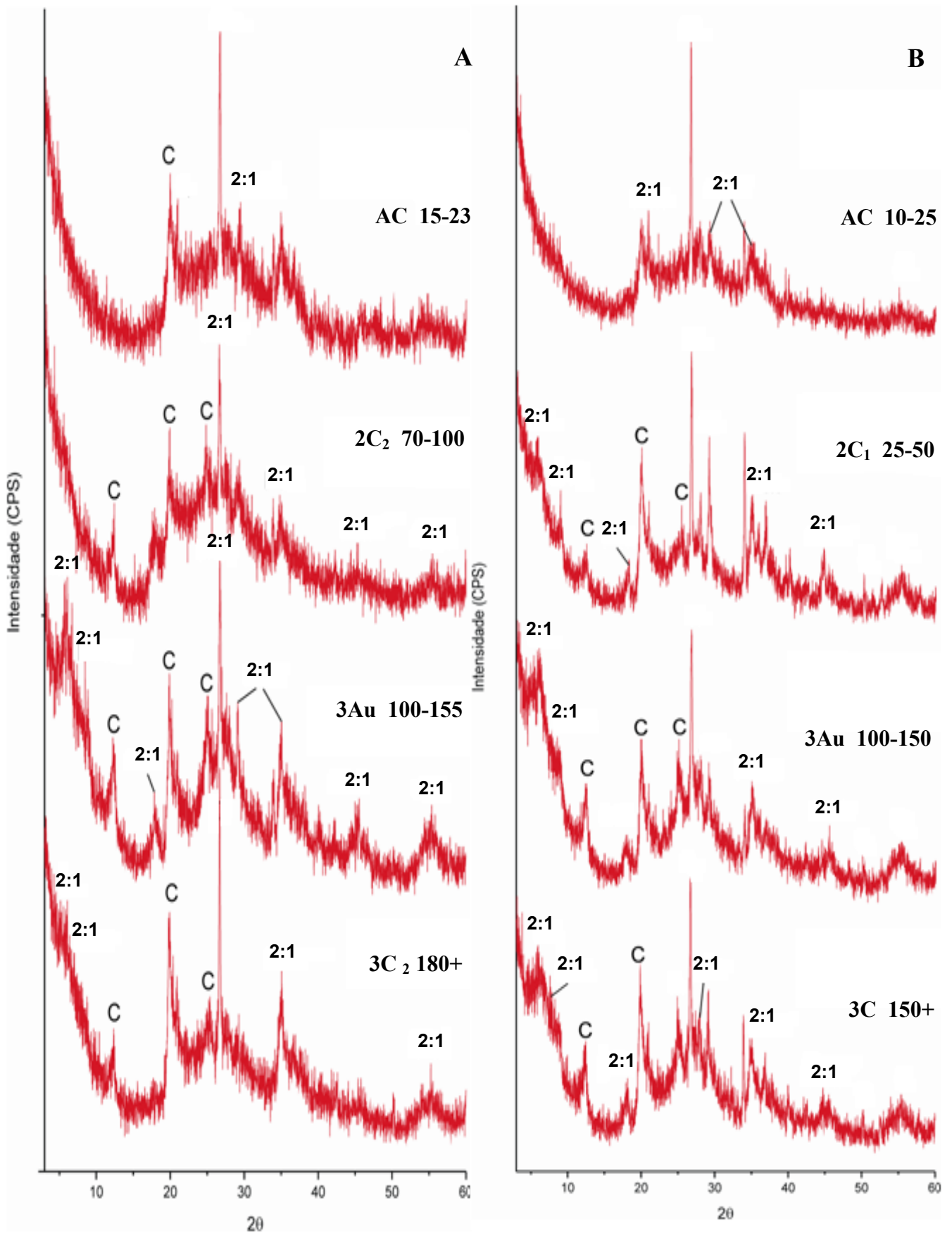
A considerável participação da montmorilonita na mineralogia dos perfis pode ser atribuída a presença desse mineral em mais de 80 % da argila em suspensão dos rios do sudoeste da Amazônia (e possivelmente de todos os rios andinos e subandinos), conforme Irion (1984), bem como, a acidez menos elevada e o decréscimo do teor de 'alumínio, o que

propicia um ambiente adequado para a manutenção desse mineral (LIMA 2001), à semelhança do verificado no presente estudo. Ainda, Besoain (1985) discute que as montmorilonitas são minerais comumente encontrados em sedimentos, principalmente os jovens situados em superfície, ao qual apresentam elevada expressão em ambientes com drenagem restrita.

Não foi observada diferença na composição mineral da fração argila dos horizontes antrópicos em comparação aos não antrópicos, corroborando com as observações de Lima (2001), ao qual discute que essas evidências mineralógicas mostram que as alterações provocadas pela ação humana não foram suficientes para mudar a assembléia mineralógica da fração argila dos sítios, e que se trata de solos provenientes da mesma matriz mineral.

Com exceção dos perfis de Santo Antônio (P03 e P05) e de Esperança II (P08), foram detectados na fração magnética os minerais ilmenita e magnetita (Tabela 7), sendo este último de maior ocorrência nas áreas estudadas, provavelmente devido ao fato de ser o óxido de ferro com maior suscetibilidade magnética (SEGALEN, 1964). Devido a ocorrência desses minerais nos horizontes antrópicos e nos não antrópicos, não foi possível estabelecer relação desses minerais com atividades antrópicas.

A fração pesada é constituída principalmente por hematita, sendo essa comum tanto aos horizontes antrópicos como os não antrópicos. Provavelmente, a hematita represente um componente detrítico presente nos sedimentos transportados e depositados na planície fluvial, à semelhança do que foi observado por Schwertmann e Kämpf (1983). Costa *et al.* (2004) encontrou hematita na forma de grãos, em mosqueados e na estrutura microcristalina dos agregados de fragmentos cerâmicos, ao passo que reflexões de tridimita foram observados após a queima de cauixi e cariapé, componentes adicionados intencionalmente a esses artefatos.



* C – caulinita

Figura 8. A) P01; B) P02. Mineralogia da fração argila de solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) em área de várzea do rio Solimões, AM.

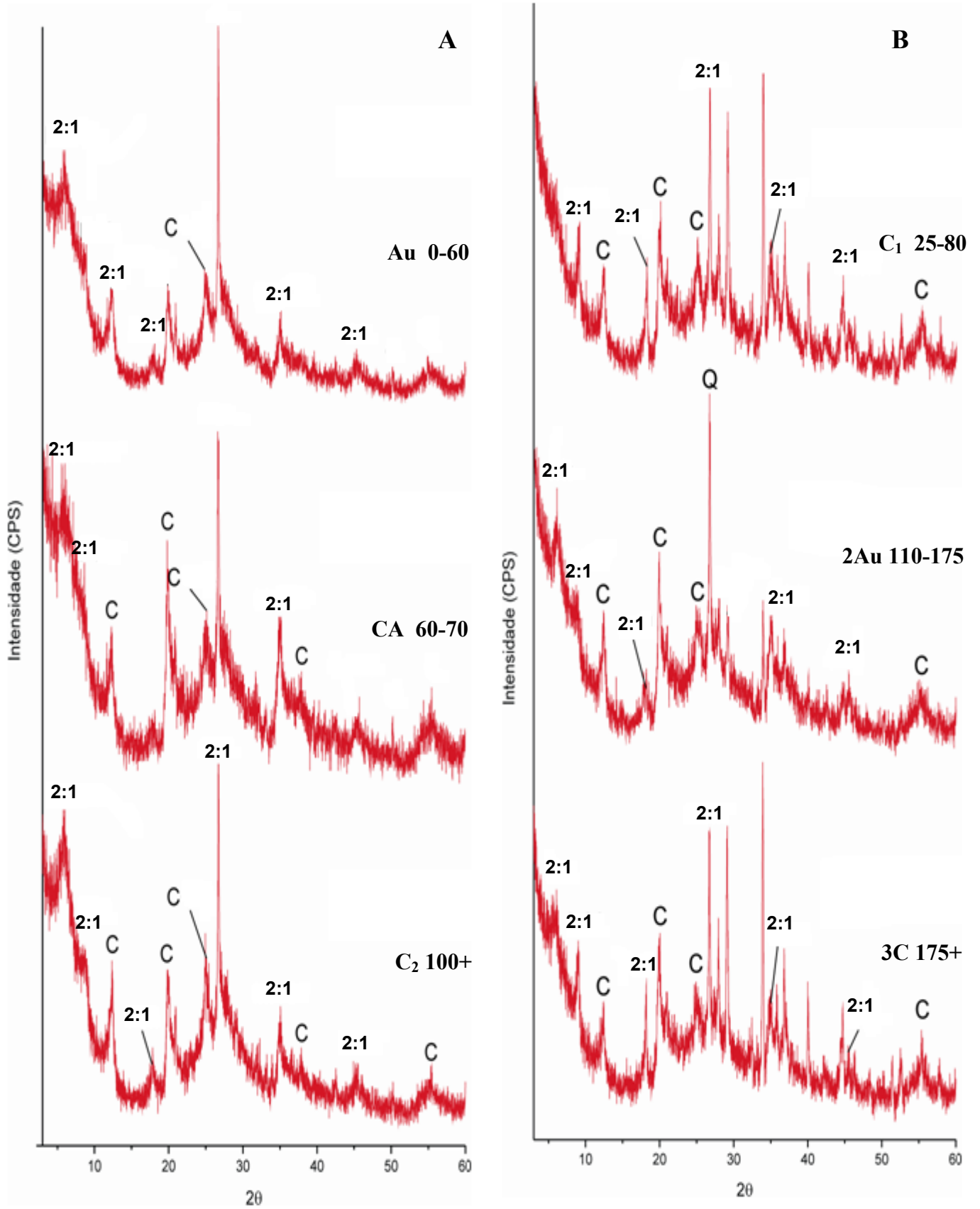


Figura 9. A) P03; B) P04. Mineralogia da fração argila de solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) em área de várzea do rio Solimões, AM.

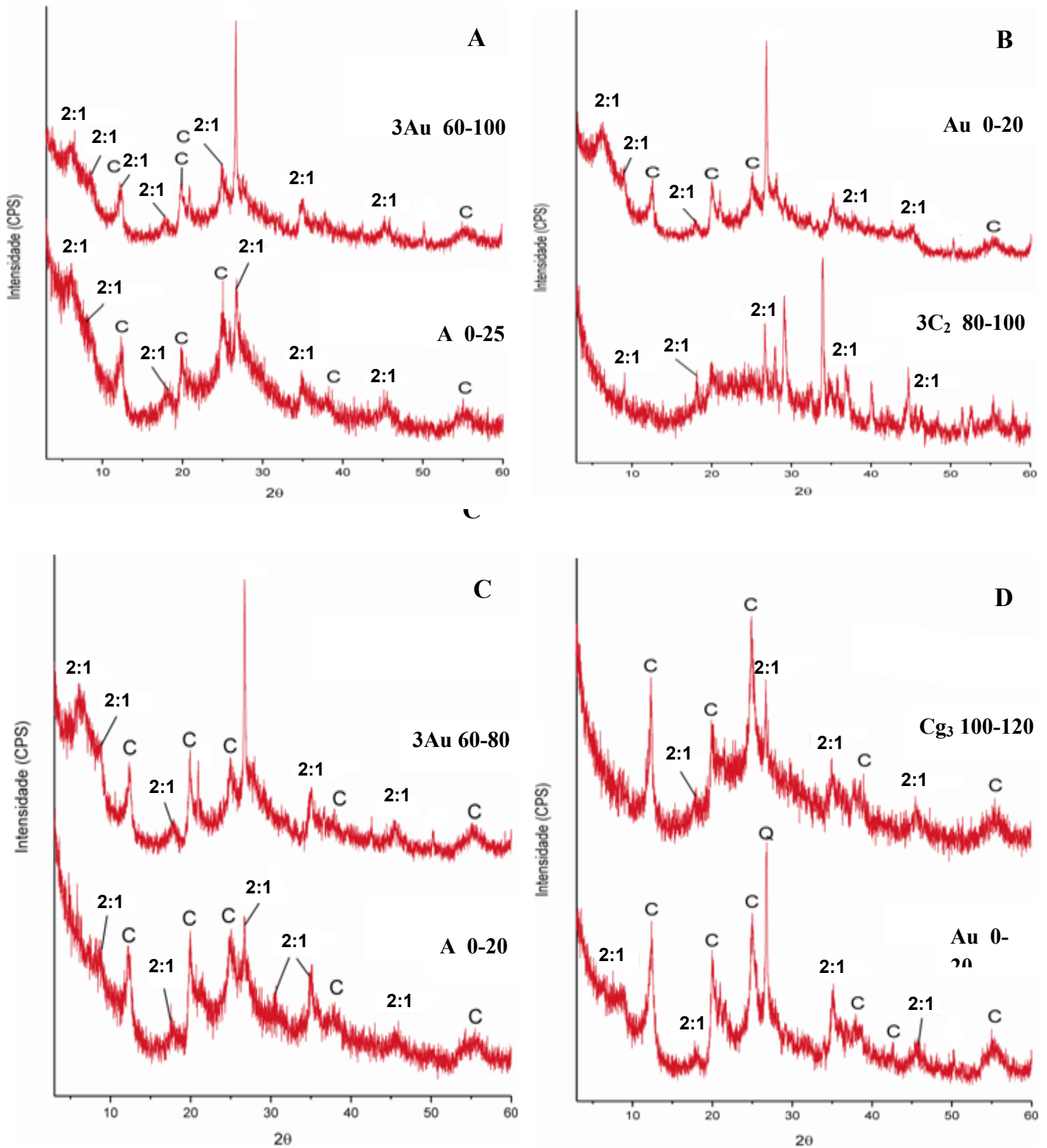


Figura 10. A) P05; B) P06; C) P07; D) P08. Mineralogia da fração argila de solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) em área de várzea do rio Solimões, AM.

Tabela 7. Fração magnética e pesada da argila de solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) em áreas de várzea do rio Solimões, AM.

Hz	Fração magnética	Fração pesada
P01 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico		
AC	Mg	H
2C ₂	-	-
3Au	Mg e Il	-
3C ₂	-	-
P02 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico		
AC	Mg e Il	H
2C ₁	-	-
3Au	Mg	-
3C	-	-
P03 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico		
Au	-	-
CA	-	-
C ₂	-	-
P04 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico		
C ₁	Mg	-
2Au	Mg	-
3C	-	-
P05 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico		
A	-	-
3Au	-	-
P06 Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico		
Au	Mg e Il	-
3C ₂	Mg e Il	-
P07 Gleissolo Háptico Ta Eutrófico, A antrópico		
A	Mg e Il	H
3Au	-	-
P08 Gleissolo Háptico Ta Eutrófico, A antrópico		
Au	-	-
Cg ₃	-	H

Il – ilmenita; Mg – magnetita; H – hematita;

4.5 Classificação dos solos (Embrapa (2006) e LCA (Kämpf et al., 2003))

O P07 e P08 foram classificados como Gleissolos Hápticos Ta Eutróficos, A antrópico por apresentarem horizonte glei iniciando dentro de 150 cm da superfície do solo, imediatamente abaixo do horizonte A. Por apresentarem caráter flúvico e ausência de horizonte B diagnóstico definido, os demais perfis foram classificados como Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos, A antrópico (EMBRAPA, 2006).

O P01, P02, P03, P05 e P07 foram classificados como Arqueo-antrossolos Tapto-hórticos cinzentos, textura média, êutricos, méxicos, flúvicos. Distinguem-se desses o P06 e

P07 por apresentarem espessura léptica, o P08 pela coloração ebânica e o P04 pela espessura cumúlica.

4.5.2 Correspondência com outros Sistemas de Classificação

Por não apresentarem suprimento de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico > 250 ppm (critério para caracterização de epipedon antrópico), os perfis foram classificados como Fluvaquentes típicos antrópicos (P06 e P07) e os demais, como Udifluventes típicos antrópicos (USDA, 1999). Vale ressaltar que a distinção entre essas classes está relacionada ao regime hídrico dos perfis, sendo Údico para os Neossolos e Áquicos para os Gleissolos.

Pela WRB, o P03 e P08 foram classificados como Hortic Anthrosol (Eutric, Siltic) e (Hortic Anthrosol (Eutric, Clayic), respectivamente, por serem Anthrosolos que apresentam horizonte hórtico com espessura > 50 cm. Por não satisfazer os requisitos de solos antrópicos, o P06 foram classificados como Haplic Fluvisol (Eutric, Anthric).

Em vista dos horizontes antrópicos enterrados terem apresentado critérios para serem classificados apenas como adjetivo, após o nome do grande grupo, o P07 foi classificado como Haplic Gleysols (Eutric) (Thapto-Anthrosolic) e o P01, P02, P04 e P05 como (Haplic Fluvisol (Eutric) (Thapto-Anthrosolic).

5. CONCLUSÕES

Há diferenças entre alguns dos atributos químicos e morfológicos entre os horizontes antrópicos e os não antrópicos. Entretanto, não se observou distinção na assembléia mineralógica entre os referidos horizontes, o que reforça a tese de serem originados da mesma matriz mineral, sendo os horizontes antrópicos alterados por atividade humana.

Os elevados teores de silte e a ocorrência de ilita e muscovita (minerais 2:1) indicam baixo grau de evolução pedogenética dos solos estudados.

Os elementos P, Zn, Cu, Ba e Sr foram indicadores de mudanças antrópicas nos solos das áreas de várzea do rio Solimões.

A existência de TPI em área de várzea representa provavelmente um testemunho da não intencionalidade da alteração química dessas áreas para fins agrícolas, visto que os solos de várzea são naturalmente férteis, não havendo necessidade de acréscimo de nutrientes para a maioria dos cultivos.

Pelo SiBCS, o P07 e P08 foram classificados como Gleissolo Háptico Ta Eutrófico, A antrópico e os demais como Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, A antrópico, enquanto que pela LCA, todos os perfis foram classificados como Arqueo-antrossolo Tapto-hórtico.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. **Investigacion arqueologica de los Antrosoles de Araracuara**. Bogotá: Fundacion de Investigaciones Arqueológicas Nacionales Banco de la Republica, v. 31, 1986.

ARRUDA, F.B.; ZULLO JR., J.; OLIVEIRA, J.B. Parâmetros de solo para o cálculo da água disponível com base na textura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 11, p. 11-15, 1987.

BESOAIN, E. **Mineralogía de arcillas de suelos**. San José – Costa Rica: IICA, 1985. 1216p.

BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 363-375.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elements of the nature and properties of soils**. 13 th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2003. 624p.

BUCKMAN, H.O.; BRADY, N.C. **Natureza e propriedade dos solos**. 3nd ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1974. 69 p.

CAMARGO, F.C. **Estudos de alguns perfis de solos cadastrados em diversas regiões da Hiléia**. 1941. (Relatório Técnico).

CARNEIRO, R.L. A theory of the origin of the state. **Soil Science**, v. 169, p. 773-738. 1970.

COLLINS, M.E.; SHAPIRO, G. Compactation of human influenced and natural soils at the San Luis. **Soil Science society American Journal**, Madison, v. 51, p. 171-176, 1987.

CORRÊA, G.R. **Caracterização pedológica de arqueo-antropossolos no Brasil: sambaquis da Região dos Lagos (RJ) e Terras Pretas de Índio na região do Baixo Rio Negro/Solimões (AM)**. 2007. 126p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.

COSTA, M.L.; KERN, D.C.; BEHLING, H; BORGES, M.S. Geologia. In: LISBOA, P.L.B. (Ed.). **Caxiuanã, populações tradicionais, meio físico e diversidade biológica**. Belém, p. 179-205, 2002.

COSTA, M.L.; KERN, D.C.; PINTO, A.H.E.; SOUZA, J.R.T.S. The ceramic artifacts in archaeological black earth (terra preta) from lower Amazon region, Brazil. **Acta Amazônica**, v. 34, n.2, p. 165-178, 2004.

CUNHA FRANCO, E. As “Terras Pretas” do Planalto de Santarém. **Revista da Sociedade dos Agrônômicos e Veterinários do Pará**, Belém, v. 8, p. 17-21, 1962.

CUNHA, T.J.F.; MADARI, B.E.; BENITES, V.M.; CANELLAS, L.P.; NOVOTNY, E.H.; MOUTTA, R.O.; TROMPOWSKY, P.M.; SANTOS, G.A. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte a antrópico da Amazônia (Terra Preta). **Acta Amazonica**, v. 37, n. 1, p. 91-98, 2007.

DENEVAN, W.M. A bluff model of riverine settlement in prehistoric Amazonia. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 86, p. 654-681, 1996.

EDEN, M.J.; BRAY, W.; HERRERA, L.; McEVAN, C. Terra Preta Soils and their archaeological context in the Caquetá Basin of Southeast Colombia. **American Antiquity**, v. 49, n. 1, p. 125-140, 1984.

ESTEVEZ, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 2nd ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2nd ed. EMBRAPA-CNPS, Rio de Janeiro. 1997. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2nd ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 2006. 306p.

FALCAO, N.P.S.; BORGES, L. F. Efeito da fertilidade de terra preta de índio da Amazônia Central no estado nutricional e na produtividade de mamão hawaí (*Carica papaya L.*), **Acta Amazonica**, v. 36, p. 401-406, 2006.

FALESI, I. O estudo atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazônia Brasileira. **IPEAN**, v. 54, p. 17-31, 1972.

FAO. **Soil Map of the World**. World Resources Report 60. Rome: FAO, 1988.

FAO-ISRIC-ISSS. **World Reference Base for Soil Resources**. World Soil Resources Reports 84. Rome: FAO, 1998. 88p.

FARIA, J.B. **A Cerâmica da tribo Uaboí dos rios Trombetas e Jamundá**. Conselho Nacional de Proteção ao Índio, Rio de Janeiro. p. 5-42. 1946.

FREIRE, J.C.; SCARDUA, R. Influência da matéria orgânica na retenção de umidade de um Latossolo Roxo distrófico no município de Lavras. **Ciência e Prática**, Lavras, v.3, n.1, p.29-36, 1979.

GERMAN, L. Ethnoscience understandings of Amazonian Dark Earths. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B.; WOODS, W.I. (Eds.). **Amazonian Dark Earths: origin, properties and management**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 179-201.

GIBBS, J.R. **The geochemistry of the Amazon Basin**. 1964. 95p. Tese (PhD) - University of California, San Diego, 1964.

GIBBS, R.J. Clay mineral segregation in the marine environment. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 47, p. 237-243, 1977.

GILLMAN, G.P. The influence of net charge on water dispersible clay and sorbed sulphate. **Australian Journal of Soil Research**, v. 12, n. 173-176, 1974.

GLASER, B.; BALASHOV, E.; HAUMAIER, L.; GUGGENBERGER, G.; ZECH, W. Black carbon in density fractions of anthropogenic soils of the Brazilian Amazon region. **Organic Geochemistry**, v. 31, p. 669-678, 2000.

GLASER, B.; GUGGENBERGER, G.; ZECH, W. Identifying the Pre-Columbian Anthropogenic input on present soil properties of Amazonian Dark Earths (Terra Preta). In: GLASER, B.; WOODS, W.I. (Eds.). **Amazonian Dark Earth: Exploration in space and time**. Berlin: Springer, 2004. p. 145-158.

GRIFFITH, M.A. A pedological investigation of an archaeological site in Ontário, Canadá: use of chemical data to discriminate features of the Benson site. **Geoderma**, v. 25, p. 27-34, 1980.

HARTT, F. Contribuição para a ethnologia do Valle do Amazonas. **Archivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro**, v. 6, p. 10-14, 1885.

HECKENBERGER, M.J.; KULKURO, A.; KULKURO, U.T.; RUSSEL, J.C.; SCHMIDT, M.; FAUSTO, C.; FRANCHETTO, B. Amazonia 1492: Pristine forest or cultural parkland. **Soil Science**, v. 301, p. 1710-1714, 2003.

HERNANI, L.C.; FRANZINELLI, E.; POTTER, P.E. **Importância da composição de areias recentes do rio Solimões-Amazonas para a agricultura regional.** 1982. 8p.

HILBERT, P.P. **A cerâmica arqueológica da região de Oriximiná.** Belém: Instituto de Antropologia e Etnologia do Pará, 1955. 76p.

HILLEL, D. **Soil and water physical principles and process.** New York: Academic Press, 1971. 288p.

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.

IRION, G. Clay minerals of Amazonian soils. In: SIOLI, H. (Ed.). **The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin.** Dordrecht: Dr. W. Junk Publishers, 1984. p. 537-579

IRIONDO, M.H. Geomorfologia da planície amazônica. In: IV SIMPÓSIO DO QUATERNÁRIO DO BRASIL, São Paulo, 1982. **Anais ...** 1982. p.323-348.

ISSSWG RB. Internacional Society of Science Working Group RB. **World Reference Base for Soil Resources: Introduction.** Leuven: Acco: ISRIC, Rome: FAO, 1998. 79p.

JURY, W.A.; GARDNER, W.R.; GARDNER, W.H. **Soil Physics.** 5nd ed. New York: John Wiley & Sons. 1991.

KAMPF, N.; WOODS, W.I.; SOMBROEK, W.; KERN, D.C.A; CUNHA, T.J.F. Classification of Amazonian Dark Earths and other ancient antropic soils. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B.; WOODS, W.I. (Eds.). **Amazonian Dark Earths: origin, properties and management.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 77-102.

KAMPF, N.; KERN, D.C. O solo como registro de ocupação humana pré-histórica na Amazônia. In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L.R.F.; COOPER, M.; SILVA, A.P.; CARDOSO, E.J. (Eds.). **Tópicos em Ciência do Solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 4, p.277-320. 2005.

KELLER, W.D. **Principles of chemical weathering.** Columbia: Lucas Brothers, 1968. 111p.

KER, J.C. **Mineralogia, sorção e dessorção de fosfato, magnetização e elementos traços de Latossolos do Brasil**. 1995. 181p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

KERN, D.C. **Geoquímica e pedogeoquímica de sítios arqueológicos com terra preta na Floresta Nacional de Caxiuanã (Portel-Pará)**. 1996. 124p. Tese (Doutorado em Petrologia e Geoquímica) - Universidade Federal do Pará, Belém, 1996.

KERN, D.C., COSTA, M.L. Composição química de solos antropogênicos desenvolvidos em Latossolo Amarelo derivados de lateritos. **Geociências**, v. 16, n. 1, p. 141– 156, 1997.

KERN, D.C.; KÄMPF, N. O efeito de antigos assentamentos indígenas na formação de solos com Terra Preta Arqueológica na região de Oriximiná-PA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, p. 219-225, 1989.

KIEHL, E.J. **Manual de Edafologia**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1979. 264p.

KLUTE A.; DIRKSEN C. Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods. In: KLUTE A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, p. 687-734. 1986.

KOUMROUYAN, A.; SANTANA, G.P. Química de elementos-traço nos sedimentos do Lago do Parú (Manacapuru - Amazonas), sob influência do pulso de inundação do baixo Rio Solimões. **Acta Amazônica**, v. 38, n.3, p. 491-502, 2008.

LATHRAP, D. **The upper Amazon**. London: Thames and Hudson, 1970.

LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GERMAN, L.; McCANN, J.; MARTINS, G.C.; MOREIRA, A. Soil fertility and production potential. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B.; WODDS, W.I. (Eds.) **Amazonian Dark Earths: origin, properties, management**. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003a. p. 105-124.

LEHMANN, J.; SILVA JÚNIOR, J.P.; STEINER, C.; NEHLS, T.; ZECH, W.; GLASER, B. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. **Plant and Soil**, The Hage, v. 249, p. 343-357, 2003b.

LIMA, H.N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. 2001. 176p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 2001. p. 176.

LIMA, H.N.; SCHAEFER, C.E.R.; MELLO, J.W.V.; GILKES, R.J.; KER, J.C. Pedogenesis and pre-Colombian land use of "Terra Preta Anthrosols" ("Indian black earth") of Western Amazonia. **Geoderma**, v. 110, p. 1-17, 2002.

LIMA, H.N.; TEIXEIRA, W.G.; SOUZA, K.W. O solo da paisagem da várzea com ênfase no trecho Coari - Manaus. In: FRAXE, T.J.P.; PEREIRA, H.S.; WITKOSKI, A.C. (Eds.). **Comunidades ribeirinhas amazônicas: modos de vida e uso dos recursos naturais**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2007. p. 35-52.

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.

McBRIDE, M.B. Reactions controlling heavy metal solubility in soils. **Adv. Soil Science**, v. 10, p. 1-56, 1989.

MCCANN, J.M. Before 1492: The making of the pre-Columbian landscape. Part I: The environment. **Ecological Restoration**, v. 2, p.15-30, 1999.

MEGGERS, B.J. **Amazônia**: a ilusão de um paraíso. São Paulo: EDIUSP, 1987. 239p.

MEGGERS, B.J. **Amazônia**: man and culture in a counterfeit paradise. Washington: Smithsonian Institution Press, 1996. 214p.

METZNER, A.F.; CENTURION, J.F.; MARCHIORI JÚNIOR, M. Relação entre grau de floculação e atributo do solo. In: XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Ribeirão Preto-SP, 2003. **Anais...** Ribeirão Preto, 2003.

MORA, S.; HERRERA, L.F.; CAVELIER F.I.; RODRIGUEZ, C. **Cultivars, anthropic soils and stability**: a preliminary report of archaeological research in Araracuara, Colombian Amazonia. Pittsburgh: University of Pittsburgh, Latin American Archaeology Reports, 1991. 87p.

MYERS, T.P. Hacia la reconstrucción de los patrones prehistóricos comunales em la hoya Amazónica. **Revista Amazônia Peruana**, vol. 4, 1981.

MYERS, T.P.; DENEVAN, W.M.; WINKLERPRINS, A.; PORRO, A. Historical perspective on Amazonia Dark Earths. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B.; WODDS, W.I.

(Eds.). **Amazonian Dark Earths: origin, properties, management**. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 15-24.

NEVES, E.G. **Levantamento arqueológico da área de confluência dos rios Negro e Solimões, Estado do Amazonas**: continuidade das escavações, análise da composição química das cerâmicas e montagem de um sistema de informações geográficas. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. 2003. (Relatório Final)

NEVES, E.G.; PETERSON, J.B.; BARTONE, R.N.; SILVA, C.A. Historical and socio-cultural origins of Amazonian Dark Earths. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B.; WOODS, W.I. (Eds.). **Amazonian Dark Earths: origin, properties and management**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 29-50.

NEVES JUNIOR, A.F. **Qualidade física de solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) na Amazônia Central**. 2008. 94p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE: 1979.

OLIVER, J.R. The archaeology of forest foraging and agricultural production in Amazonia. In: MCEWAN, C.; BARRETO, C.; BEVES, E.G. (Eds.). **Unkown Amazon**. London: The British Museum Press, 2001. p. 50-85.

PABST, E. **Terra Preta do Indio: Chemische Kennzeichnung und ökologische Bedeutung einer brasilianischen Indianerschwarzerde**. 1985. 362p. Dissertação (Mestrado) - Fakultät für Geowissenschaften, Ludwig-Maximilian Universität, München, 1985.

PORRO, A. **O povo das águas**: ensaios de etno-história amazônica. Ed. Vozes, Petropolis - SP. 1995.

RANZANI, G.; KINJO, T.; FREIRE, O. Ocorrência de "Plaggen Epipedon" no Brasil. **Bol. Te. Cient. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"**, v. 5, p. 1-11. 1962.

RANZANI, G.T.; FREIRE, O. Ocorrências de "plaggen epipedon" no Brasil. **Notícia Geomorfológica**, v. 10, p. 55-62, 1970.

REBELATO, L. **Interpretando a variabilidade cerâmica e as assinaturas químicas e físicas do solo no sítio arqueológico Hatarara – AM**. 2007. 207p. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) - Museu de Arqueologia e Etnologia, São Paulo, 2007.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa, MG, 1999. 359p.

ROOSEVELT, A.C. **Parmana**: Prehistoric maize and manioc subsistence along the Amazon and Orinoco. New York: Academia Press., 1980.

ROOSEVELT, A.C. The lower Amazon: a dynamic human habitat. In: LENTZ, D.L. (Ed.). **Imperfect Balance: landscape, transformations in the precolumbian americas**. New York, 2000. p. 455-491.

ROOSEVELT, A.C. Arqueologia Amazônica. In: CUNHA, M.C. (Ed.). **História dos índios no Brasil**, São Paulo: Cia. das Letras, 2002. p.53-86.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C. & ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 5nd ed. 2005.

SAUNDERS, L.C.U.; BARBOSA, C.E.; PAIVA, F.L.; ROCHA, V.M.L. Condutividade hidráulica de um Aluvião Fluvial sob condições de campo. **Ciêñ. Agron**, v. 11, p. 27-34, 1980.

SCHAEFER. C.E.G.R.; LIMA, H.N.; VALE JÚNIOR, J.F.; MELLO, J.W.V. Uso dos solos e alterações da paisagem da Amazônia: cenários e reflexões. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi**, v. 12, p. 63-104, 2000.

SCHAEFER, C.E.G.R.; LIMA, H.N.; GILKES, R.J.; MELLO, J.W.V. Micromorfology and electron microprobe analysis of phosphorus and potassium forms of an Indian Black Earth (IBE) Anthrosol of Western Amazonia. **Australian Journal of Soil Research**, v. 42, p. 401-409, 2004.

SEGALEN, P. Le fer dans les sols. Paris. O.R.S.T.O.M.S., 1964. 150p.

SIOLI, H. **Alguns resultados e problemas da limnologia amazônica**. Belém: IPEAN, p.3-44. 1951. (Boletim Técnico, 24)

SIOLI, H. Tropical river: the Amazon. In: WHITTON, B.A. (Ed.) **River ecology**. Berkeley: U.S. Press, 1975. p. 461-487.

SJOBORG, A. Phosphate analysis of anthropic soils. **J. Field Archaeology**, v. 3, p. 447-454, 1976.

SMITH, N.J.H. Anthrosols and human carrying capacity in Amazonia. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 70, p. 553-566, 1980.

SOMBROEK, W.G. **Amazon soils: a reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region**. Wageningen: Centre for Agricultural Publication and Documentation, 1966. 292p.

SOUZA, K.W. **Uso do solo em comunidades de várzea do rio Solimões do trecho Coari – Manaus**. 2007. 95p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) -Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2007.

STENBERG, H.R. **A água e o homem na várzea do Careiro**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2nd ed., 1998. 98p.

SCHWERTMANN, U.; KÄMPF, N. Óxidos de ferro jovens em ambientes pedogenéticos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 7, p. 251-255, 1983.

TEIXEIRA, W. G. **Land use effects on soil physical and hydraulic properties of a clayey Ferralsol in the Central Amazon**. Bayreuther: Bodenkundliche Berichte, v. 72, n. 1, 2001.

TEIXEIRA, W.G. Terra Preta de Índio: fatos e mitos dos solos antrópicos da Amazônia. In: JUNIOR, A.O.; CAMPOS, R.M.V.B. (Eds.). **Fertbio: desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental**. Londrina, Embrapa Soja: SBCS, IAPAR: UEL, 2008. 1-11.

TEIXEIRA, W.G.; MARTINS, G.C. Soil physical characterization. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B.; WOODS, W.I. (Eds.). **Amazonian Dark Earth: origin, properties and management**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 271-286.

TEIXEIRA, W.G.; MARTINS, G.C.; LIMA, H.N. An Amazonian Dark Earth profile description from a site located in the floodplain (várzea) in the Brazilian Amazon. In: RIOS, G.M.; CAMARGO, S.M.; CALVO, C.F. (Eds.). **Pueblos y paisajes antiguos de la selva Amazónica**. Bogotá: Universidad Nacional e Colombia/Taracaxum, 2006. p. 293-300.

TEIXEIRA, W.G.; PINTO, W.H.; LIMA, H.N.; MACEDO, R.S.; MARTINS, G.C.; ARRUDA, W.C. Os solos das várzeas próximas a calha do Rio Solimões – Amazonas no Estado do Amazonas. In: IBAMA (Ed.). **Workshop Geotecnologias Aplicadas às Áreas de Várzea da Amazônia**. Manaus: IBAMA, 2007a. p. 29-36.

TEIXEIRA, W.G.; CRUZ, M.E.G.; LIMA, H.N.; CORREIA, M.R.D.; SOARES, C.B. **Mapas pedológicos de municípios do Médio Solimões: área de estudo do Piatam**. Manaus: EDUA, 2007b.

USDA. **Soil Survey Laboratory Methods Manual**. Soil Survey Investigations Report N°. 42, Washington: United States Department of Agriculture, 1996.

USDA. Soil Survey Staff. **Soil Taxonomy – a basic system of soil classification for making and interpreting soil survey**. 2nd ed. Washington: United States Department of Agriculture-Natural Resource Conservation Service, 1999. 871p.

WILLIAMS, B.J.; ORTIZ SOLORIO, C.A. Middle american folk soil taxonomy. **Annals Association of American Geographers**, v. 71, p. 335-358, 1981.

WOODS, W.I.; McCANN, J.M. “The anthropogenic origin and persistence of Amazonian Dark Earths. **The yearbook of the Conference of Latin American Geographers**, v. 25, p. 7-14, 1999.

WOODS, W.I. Development of anthrosol research. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B.; WOODS, W.I. (Eds.). **Amazonian Dark Earths: origin, properties and management**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 3-14.

WOODS, W.I.; TEIXEIRA, W.G.; LEHMANN, J.; STEINER, C.; WINKLERPRINS, A.M.G.A.; REBELLATO, L. (Eds.). **Amazonian Dark Earths: Win Sombroek’s vision**. Springer: Berlin. 2009.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)