

Luís Antônio Coutrim dos Santos

**CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS ANTRÓPICOS E NÃO
ANTRÓPICO AO LONGO DE UMA TOPOSEQUÊNCIA NO
MUNICÍPIO DE APUÍ-AM**

**RECIFE-PE
2014**

Luís Antônio Coutrim dos Santos

**CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS ANTRÓPICOS E NÃO
ANTRÓPICO AO LONGO DE UMA TOPOSSEQUÊNCIA NO
MUNICÍPIO DE APUÍ-AM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Ciências do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Valdomiro Severino de Souza Júnior

**RECIFE-PE
2014**

Luís Antônio Coutrim dos Santos

**CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS ANTRÓPICOS E NÃO
ANTRÓPICO AO LONGO DE UMA TOPOSSEQUÊNCIA NO
MUNICÍPIO DE APUÍ-AM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Ciências do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre.

Orientador:

Prof. Dr. Valdomiro Severino de Souza Júnior _____

Examinadores:

Prof. LD. Paulo Klinger Tito Jacomine _____

Prof. Dr. Flávio Adriano Marques _____

Prof. Dr. Marcelo Metri Correa _____

RECIFE-PE
2014

*"E mesmo que meus passos sejam falsos,
mesmo que os meus caminhos sejam errados,
mesmo que meu jeito de levar a vida incomoda,
eu sei quem sou e sei pelo que devo lutar.*

*Se você acha que meu orgulho é grande,
é porque nunca viu o tamanho da minha FÉ!"*

Jose Dias Nunes (Tião Carreiro)

*"De tudo ficaram três coisas
A certeza de que estamos começando
A certeza de que é preciso continuar
A certeza de que podemos ser interrompidos antes de terminar
Façamos da interrupção um caminho novo
Da queda, um passo de dança
Do medo, uma escada
Do sonho, uma ponte
Da procura, um encontro!"*

Fernando Sabino

Agradeço

À Deus, pela benção que é a vida, pela coragem e força para lutar e alcançar os objetivos pretendido.

A toda minha família pela compreensão, incentivo e força para a realização deste trabalho, em especial aos meus Pais (João Rodrigues dos Santos (*In memoriam*) & Eva Coutrim dos Santos) e as minhas irmãs (Ana Claudia Coutrim dos Santos e Mariana Coutrim dos Santos).

OFEREÇO

DEDICO

Ao meu PAI João Rodrigues dos Santos (*In memoriam*) – Pai quero agradece por tudo que o senhor fez por mim e minhas irmãs, por todas as nossas conversas, por todos os conselhos e por todas as broncas, pois essas me fizeram ser um homem. Os seus cuidados e ensinamentos fizeram dos seus filhos pessoas boas. Pai obrigado por sempre acreditar em mim, por sempre me dá forças para continuar. Pai não foi possível me despedir do senhor, ainda lembro-me da nossa última conversa semana passada, o senhor me diz que sentia orgulho de mim, eu não lhe disse, deveria ter dito, hoje eu não posso mais lhe falar, mas quero que o senhor saiba que sou eu que tenho orgulho do senhor, do pai que o senhor foi.

Te amo Pai

Pai senta aqui comigo que eu quero
olhar

Nesse rosto que o tempo fez mudar
Pai sempre será, meu maior tesouro.

Pai lembro que você, disse um dia filho:
- o mundo lá fora apresenta um brilho

E é você quem vai descobrir
Se é prata ou ouro.

Pai você não errou, você tava certo
Mas eu não tinha você por perto,
Pra me mostrar o caminho, pai.

E quando eu chorei sozinho,
Escutei seu grito
Engole o choro que é mais bonito
Menino que chora pro céu não vai.

Pai eu quero ouvir, essa voz cansada
Que um dia me, falou de uma estrada
Que a gente vai, e não sabe se vem.

Voz protetora que,
Me disse tão forte
Existe azar, mas existe sorte
Existe o mal, mas existe o bem.

Pai eu lutei com a vida,
Eu briguei com o mundo
Atrás do sucesso eu descí no fundo
Onde só quem busca um sonho vai.

Pai eu não desisti, porque eu queria
Na sua frente estar um dia
Só pra dizer, obrigado pai!

Pai seus passos mais lentos
Sua voz tremendo
Parece que, estão me dizendo:
-meu filho eu, quero descansar.

Pai você fez sua parte um lindo papel
Tire o seu sapato e guarde o chapéu
Que agora eu, quero lhe cuidar.

Pai a pele queimada a mão calejada
É a historia que já ficou marcada
Que é seu amor que de mim não sai.

Pai você é o herói do filme de um filho
Que agora sabe que é ouro o brilho,
O brilho desses seus olhos, pai.

Pai um filho não cresce, é sempre
menino
Quem cresce é o sonho com seu destino,
Esse é o motivo que um filho sai.

Mas quando, ele volta, como eu voltei
E encontra o velho, como eu te
encontrei

É só pra dizer eu T E A M O P A I.
Música de Rick e Renner

DEDICO

Ao grande mestre, professor e pedólogo Mateus Rosas Ribeiro (*In memoriam*), que me acolheu nesta instituição. O senhor foi um excelente orientador e professor e será sempre um exemplo de serenidade, integridade e sabedoria, muito obrigado.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade de realização deste trabalho e contribuição para a minha formação profissional.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), a Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Inovação (SECTI-AM) e ao Governo do Estado do Amazonas pela concessão da bolsa de estudo através do Programa RH – Interiorização, edital 027/2011. Este trabalho foi desenvolvido com o apoio do Governo do Estado do Amazonas por meio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas, com a concessão de bolsa de estudo.



Ao Prof. Dr. Valdomiro Severino de Souza Junior pela amizade, oportunidade, ensinamentos, orientação, disposição, preocupação e conversas durante a realização do mestrado, deste trabalho e pelo o exemplo de professor, pesquisador e pedólogo.

Ao estimado Prof. Dr. Mateus Rosas Ribeiro (*In memoriam*) que me acolheu nesta instituição, pela amizade, oportunidade, orientação e disposição durante a primeira fase do mestrado, deste trabalho e pelo o exemplo de professor, pesquisador e pedólogo.

Ao Prof. Dr. Milton César Costa Campos (Co-orientador) pela amizade, orientação, conversas sobre os mais diversos assuntos e disposição na coleta, deste trabalho e pelo o exemplo de professor, pesquisador e pedólogo.

Aos professores da banca examinadora Prof. LD. Paulo Klinger Tito Jacomine, Prof. Dr. Flávio Adriano Marques, Prof. Dr. Marcelo Metri Correa e ao Prof. Dr. Alexandre Ferreira do Nascimento, pelas correções e sugestões.

À Amiga e Companheira, Dra Regilene Souza, pela a orientação, amizade e conselho.

Aos Professores Clístenes Williams, Mateus Filho, Brivaldo, Mário Lira Jr, Edivan Rodrigues, Flávio Adriano, Marcelo Metri e as Professoras Caroline Miranda e Maria Betânia, pelos ensinamentos.

Ao proprietário do Sítio Vida Nova, o senhor Aparecido Marques da Silva, por ceder a área de estudo, por sua disposição e atenção, meu muito obrigado.

À Universidade Federal do Amazonas e ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do IEAA/UFAM, pelo o apoio na logística e auxílio durante a coleta do solo.

À Embrapa Acre e o funcionário Pedro Raimundo de Araújo pelo o apoio na logística e auxílio durante a coleta do solo.

Aos (As) amigos (as), bolsistas e estagiários (as) Uilson Franciscan, Diogo André, Pérsio de Paula, Bruno Mantovanelli, Felipe Weckner e Mariana Coutrim (em especial aos 3 primeiros que me apoiaram na condução dos trabalhos de campo).

Aos (As) amigos (as) e colegas da Pós-Graduação pela a amizade e companheirismo Eloá Moura, Glêvia Kamila, Elaine Delarmelinda, Jane Kelly, Juliet Emilia, Laércio Neves, Kairon Rocha, Hidelblandi Mello, Juliana Alves, Rosângela Maria, Eloise Mello (PNPD), Thiago Lira, Adiel Souza, Anderson Mailson, Paula Renata, Fernando Bruno, Renisson Neponuceno, Jadson Emanuel, Gerson Moreira, Diego Vanderval, Wagner Luís, Igor Tenório, Maria da Conceição, Adelazil Neta, Airon José, Monalisa Alves, Edvan Uchôa, Mayame Brito, Juscélia Ferreira, Daniela Siqueira, Carlos Vitor, Vinicius Gomes, Thiago Schossler, Stefâni Brilhante, Lusiene Barbosa, Danilo Barbosa, William Ramos, Ivanildo Amorin (UNESP/Jab), Douglas Marcelo (UFAM), Marcelo Dayron (UFAC), Jordana Flores (UNESP/Jab), Jocelane Cavalcanti, Daniel Dantas, Guilherme.

Aos (As) amigos (as) e colegas da graduação e estagiários (as) do laboratório de mineralogia do solo, pela a amizade, companheirismos e ajuda nas análises Elis Regina (em especial), Marilya Gabryella, Laércio Santos, Markus Machel e Deiverson Denis. E aos (as) amigos (as) e do Laboratório de Química do Solo Jhonatha David, Patrícia Costa, Cíntia Teixeira e Cinthya Marinho.

Aos Funcionários Maria do Socorro (Socorro), Josué Camilo, José Fernando (Zeca), Sidrack Melo (Sr. Camilo).

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para esse trabalho.

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1.	Solos do Amazonas e relação solo-relevo.....	16
2.2.	Solos Antropogênicos: As Terras Pretas Arqueológicas (TPA) e as Terras Mulatas (TM).....	17
2.3.	Atributos das Terras Pretas Arqueológicas	19
2.4.	Matéria orgânica dos solos antrópicos e não antrópicos.....	20
3.	HIPÓTESES DO TRABALHO	23
4.	MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1.	Caracterização do Meio Físico	24
4.2.	Trabalho de Campo.....	25
4.3.	Análises Laboratoriais	27
4.3.1.	Análises Físicas	27
4.3.2.	Análises Químicas	28
4.3.3.	Fracionamento Químico da Matéria Orgânica do Solo	29
4.3.4.	Análises Mineralógicas	30
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1.	Atributos Morfológicos.....	31
5.2.	Atributos Físicos.....	39
5.3.	Atributos Químicos.....	43
5.4.	Classificação dos perfis de solos	49
5.5.	Teores dos elementos Si, Fe, Al e Ti do ataque sulfúrico, Fe e Al extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato, com oxalato ácido de amônio e pirofosfato de sódio	51
5.6.	Atributos Mineralógicos	57
5.7.	Fracionamento Químico da Matéria Orgânica do Solo	62
5.8.	Correlações lineares simples entre ferro, alumínio e cálcio com o carbono orgânico total e as frações húmicas.....	69

6. CONCLUSÕES	72
7. LITERATURA CITADA	73
APÊNDICE 1	83
Teor de carbono orgânico e fracionamento químico da matéria orgânica dos solos antrópicos e não antrópicos ao longo de uma topossequência no município de Apuí-AM	83
APÊNDICE 2	85
Descrição morfológica, análises físicas e químicas dos solos antrópicos e não antrópicos ao longo de uma topossequência no município de Apuí-AM	85

Lista de Figuras

Figura 1. Províncias estruturais do Brasil, em destaque a área de estudo (Fonte: CPRM, 2005).	24
Figura 2. Geologia da área de estudo do município de Apuí, Amazonas. (Fonte: CPRM, 2005).	25
Figura 3. Localizações e altitudes dos perfis (P) ao longo da topossequência. Desenhado por Elis Regina Guimarães Câmara.	26
Figura 4. Perfil 1 – Topo – Terra preta arqueológica, (A) perfil do solo; (B) pote cerâmico encontrado entre os horizontes Au2 e BA.....	34
Figura 5. Perfil 2 – Terço superior – Terra preta arqueológica; (A) perfil do solo; (B) e (C) fragmentos de cerâmicas; (D) artefatos indígenas (“machadinhas”).	34
Figura 6. Perfil 3 – Terra Mulata localizada no terço inferior da topossequência estudada em Apuí-AM	35
Figura 7. Perfil 4 – Sopé de transporte – Terra Mulata (A) perfil 4; (B) Vegetação sobre a área do perfil coletado.	37
Figura 8. Perfil 5 – Sopé de deposição – Solo não antrópico, (A) Perfil 5; (B) floresta nativa na área de várzea à margem do rio Douradão.	37
Figura 9. Difratoograma de raio X da fração argila natural na forma de agregado orientado dos horizontes do perfil 1 Luvissole Crômico. Ct: Caulinita; Gb: Gibbsita; Gh: Goethita; Fd: Feldspato; M: Mica; E/V: Esmectita/Vermiculita	58
Figura 10. Difratoograma de raio X da fração argila natural na forma de agregado orientado dos horizontes do perfil 2 Luvissole Crômico. Ct: Caulinita; Gb: Gibbsita; Gh: Goethita; M: Mica	59
Figura 11. Difratoograma de raio X da fração argila natural na forma de agregado orientado dos horizontes do perfil 3 Cambissolo Háplico. Ct: Caulinita; Gb: Gibbsita; Gh: Goethita; Fd: Feldspato; E/V: Esmectita/Vermiculita	60
Figura 12. Difratoograma de raio X da fração argila natural na forma de agregado orientado dos horizontes do perfil 4 Cambissolo Háplico. Ct: Caulinita; Gb: Gibbsita; Gh: Goethita; M: Mica; Fd: Feldspato; E/V: Esmectita/Vermiculita	60
Figura 13. Difratoograma de raio X da fração argila natural na forma de agregado orientado dos horizontes do perfil 5 Gleissolo Háplico. Ct: Caulinita; Gb: Gibbsita; M: Mica; Fd: Feldspato; E/V: Esmectita/Vermiculita	61
Figura 14. Difratoograma de raio X do material de origem na forma de agregado. Ct: Caulinita; Gb: Gibbsita; B: Biotita; Fd: Feldspato; Q: Quartzo	62
Figura 15. Carbono da fração ácido fúlvico (C-FAF), carbono da fração ácido húmico (C-FAH) e carbono da fração humina (C-HUM) dos horizontes do perfil 1 - topo - Luvissole Crômico.....	63

Figura 16. Carbono da fração ácido fúlvico (C-FAF), carbono da fração ácido húmico (C-FAH) e carbono da fração humina (C-HUM) dos horizontes do perfil 2 - Terço Superior - Luvissole Crômico 64

Figura 17. Carbono da fração ácido fúlvico (C-FAF), carbono da fração ácido húmico (C-FAH) e carbono da fração humina (C-HUM) dos horizontes do perfil 3 - Terço Inferior - Cambissolo Háplico 65

Figura 18. Carbono da fração ácido fúlvico (C-FAF), carbono da fração ácido húmico (C-FAH) e carbono da fração humina (C-HUM) dos horizontes do perfil 4 - Sopé de Transporte - Cambissolo Háplico 65

Figura 19. Carbono da fração ácido fúlvico (C-FAF), carbono da fração ácido húmico (C-FAH) e carbono da fração humina (C-HUM) dos horizontes do perfil 5 - Sopé de Deposição - Gleissolo Háplico 66

Lista de Tabelas

Tabela 1. Segmento de vertente, coordenadas e uso atual dos solos e numeração dos perfis estudados na topossequência	26
Tabela 2. Atributos morfológicos dos solos antrópicos e não antrópico ao longo de uma topossequência no município de Apuí-AM.....	32
Tabela 3. Atributos físicos dos solos antrópicos e não antrópicos ao longo de uma topossequência no município de Apuí-AM.....	40
Tabela 4. Atributos químicos dos solos antrópicos e não antrópicos ao longo de uma topossequência no município de Apuí-AM.....	45
Tabela 5. Teores de Si, Fe, Al e Ti do ataque sulfúrico, Fe e Al extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato, oxalato ácido de amônio e com pirofosfato de sódio dos solos antrópicos e não antrópicos ao longo de uma topossequência no município de Apuí-AM	54
Tabela 6. Relações C-FAH/C-FAF e (C-EA)/C-HUM dos solos antrópicos e não antrópicos ao longo de uma topossequência no município de Apuí-AM	67
Tabela 7. Correlações lineares simples entre ferro e alumínio extraídos pelos métodos de ditionito-citrato-bicarbonato (DCB), oxalato ácido de amônio e pirofosfato de sódio e alumínio e cálcio trocável com o carbono orgânico total e as frações da matéria orgânica	70

RESUMO

As Terras Pretas Arqueológicas (TPA) são solos que apresentam como propriedades marcantes, alta fertilidade natural, coloração escura do horizonte A, presença de fragmentos de cerâmica e/ou líticos e artefatos indígenas incorporados a matriz dos horizontes superficiais do solo. Na região Sul do Amazonas encontram-se muitos sítios de Terras Pretas Arqueológicas e Terras Mulatas, relacionados a diversas classes de solos, estes podem ser encontrados em diferentes posições de relevo na paisagem. O objetivo deste trabalho foi caracterizar e classificar solos antrópicos e solos não antrópico ao longo de uma topossequência na região de Apuí-AM. Foi selecionada uma topossequência e a mesma foi dividida em cinco segmentos de vertente: 1) topo (perfil 1) – sítio de terra preta arqueológica; 2) terço superior (perfil 2) - sítio de terra preta arqueológica; 3) terço inferior (perfil 3) - solos de terra mulata; 4) sopé de transporte (perfil 4) – terra mulata e 5) sopé de deposição (perfil 05) - solo não antrópico. Nas análises físicas foram determinadas: granulometria; argila dispersa em água; densidade do solo e densidade das partículas, e nas análises químicas foram determinados: pH em água e KCl; Ca, Mg, K, Na e Al trocáveis; P disponível; H+Al; C orgânico total e fósforo. Foram extraídos formas de ferro e alumínio com oxalato ácido de amônio, ditionito-citrato-bicarbonato e pirofosfato de sódio. No ataque sulfúrico foram extraídos os elementos silício, ferro, alumínio e titânio. Para a quantificação das frações húmicas da matéria orgânica foi realizado o fracionamento químico. As análises mineralógicas foram realizadas na fração argila. Os teores de matéria orgânica presente nos solos de terra preta arqueológica e terra mulata são dominados pelas as frações mais estáveis, humina e ácido húmico. O alumínio principalmente na sua forma de baixa cristalinidade tem um papel preponderante na formação dos horizontes A antrópicos e na manutenção dos altos teores de carbono orgânico dos solos de terra preta arqueológica. Elevados teores de carbono orgânico, cálcio, fósforo e presença de fragmentos de cerâmica são indicativos da ação antrópica, o decréscimo desses elementos e do carbono orgânico ao longo da topossequência, sugere que os teores de matéria orgânica nestes solos estão associados à atividade antrópica do passado. Os solos estudados foram enquadrados na ordem dos Luvisolos Crômicos, perfis 1 e 2, Cambissolo Háplico perfis 3 e 4 e Gleissolo Háplico perfil 5.

Palavras Chave: Terra Preta Arqueológica, Terra Mulata, Solos Amazônicos, Matéria Orgânica do Solo.

ABSTRACT

The Archaeological Black Earth (ABE) are soils with such remarkable properties, high natural fertility, darkening the horizon, the presence of fragments of pottery and/or lithic artifacts and indigenous incorporated the matrix of surface soil horizons. In the southern Amazon region there are many sites of Archaeological Black and Earth Mulatas related to various soil types, these can be found in different positions in the landscape relief. The objective of this study was to characterize and classify anthropogenic soils and not anthropogenic soils along a toposequence in the region of Apuí-AM. A profile was selected and it was divided into five segments slope: 1) top (1 listing) - site of archaeological black earth, 2) upper third (profile 2) - site of archaeological black earth; 3) lower third (profile 3) - solos mulatto land; 4) foot shipping (profile 4) - mulatto land and 5) foot deposition (profile 05) - not anthropic soil. In physical analyzes were determined: particle size, water dispersible clay soil bulk density and particle density, and chemical analyzes were determined: pH in water and KCl, Ca, Mg, K, Na and exchangeable Al, available P, H + Al, total organic carbon and phosphorus. Forms of iron and aluminum were extracted with acid ammonium oxalate, citrate-bicarbonate, sodium dithionite and sodium pyrophosphate. In sulfuric acid attack were extracted elements silicon, iron, aluminum and titanium. For quantification of humic fractions of the organic matter fractionation was performed. The mineralogical analyzes were performed on the clay fraction. The amounts of organic matter present in soils of archaeological black earth and mulata earth are dominated by the more stable fractions, humin and humic acid. The aluminum mainly in form of low crystallinity has a important role in the formation of horizons anthropic and maintenance of high levels of organic carbon of soils in archaeological black earth. High levels of organic carbon, calcium, phosphorus and presence of pottery fragments are indicative of human action, the decrease of these elements and organic carbon along the topographic sequence, suggests that the levels of organic matter in these soils are associated with human activity in the past . The soils were classified in order of chromic Luvisols, profiles 1 and 2, Cambisol profiles 3 and 4 and 5 Epiquic Haplustult profile.

Key words: Archaeological Black Earth, Terra Mulata, Amazon Soils, Soil Organic Matter.

1. INTRODUÇÃO

A chegada do homem à Amazônia, até hoje permanece incerta, não sabendo-se em que período a floresta amazônica começou a ser ocupada pelos seres humanos (LUI & MOLINA, 2009). Buscando entender este contexto diversas áreas do conhecimento científico lançam teorias sobre a dinâmica desses deslocamentos humanos (LUI & MOLINA, 2009). Resíduos de plantas e animais indicam que estes povos se alimentavam de frutos da floresta, peixes, tartarugas e em menor intensidade de mamíferos terrestres (COSTA et al., 2010).

Assim como em outras regiões do mundo, a chegada e ocupação do homem na região Amazônica tiveram as suas transformações, que imprimiram fortes modificações, observadas nas áreas de seus assentamentos e circunvizinhanças (COSTA et al., 2010).

A Arqueologia Amazônica no Brasil possui uma histórica relação com as Terras Pretas Arqueológicas (TPA), e já foram descritas em inúmeros artigos que remontam às primeiras viagens realizadas por geólogos e naturalistas à região (REBELLATO, 2010). Até a segunda metade do século XX os trabalhos relacionados às TPA, estiveram fortemente associados ao zoneamento agrícola, identificação e classificação dos solos da Amazônia (REBELLATO, 2010).

Os solos da região Amazônica geralmente são referenciados como altamente intemperizado, de baixa fertilidade natural, de reação ácida e baixa capacidade de troca de cátions (CUNHA et al., 2007; NOVOTNY et al., 2009). Nas áreas de várzeas da região, os solos são rasos, com altos teores de silte e de areia fina e, normalmente apresentam elevados valores de cátions trocáveis e saturação por base (LIMA et al., 2006).

Em contraste aos solos de terra firme pouco fértil, existem as Terras Pretas Arqueológicas (TPA), que apresentam alta fertilidade natural e como propriedades marcantes como coloração escura e a presença de fragmentos de cerâmica e/ou líticos e artefatos indígenas incorporados à matriz dos horizontes superficiais (KAMPF & KERN, 2005). Em virtude da coloração escura do horizonte superficial e presença de artefatos arqueológicos, tais solos são conhecidos por designações como Terra Preta de Índio, Terra Preta Antropogênica e Terra Preta Arqueológica (KÄMPF & KERN, 2005). Na região de Apuí-AM, muitos produtores utilizam o termo “terra pó de café” ou “terra borra de café” para referirem-se as terras pretas.

A formação das TPAs é motivo de controvérsias entre os pesquisadores. A grande maioria relaciona o seu aparecimento à atividade humana (SMITH, 1980), provavelmente por populações pré-colombianas. Embora aceita, esta relação ainda gera uma série de dúvidas, entre as quais, o questionamento sobre se a sua formação foi intencional ou como mera consequência da ocupação humana (NEVES et al., 2003).

As TPAs são bem drenadas e com textura variando de arenosa a muito argilosa, apresentando horizontes A antrópicos com 30 a 60 centímetros de espessura (NEVES JUNIOR, 2008). Em relação aos atributos químicos estes solos apresentam altos teores totais de Ca e P_2O_5 , elevados teores de matéria orgânica e maior atividade biológica que os solos circunvizinhos, propriedades que podem ser atribuídas, provavelmente, a restos de ossos humanos e de animais (FALCÃO & BORGES, 2006).

As TPAs ocorrem praticamente em toda a região amazônica, sendo que sítios de ocorrência na região sul do estado do Amazonas foram constatados e estudados por Cunha et al. (2007), que selecionaram áreas de solos antropogênicos nas regiões de Humaitá, Lábrea, Apuí, Novo Aripuanã e Manicoré.

As manchas de solos de TPA, normalmente são cercadas por uma ampla faixa de solo conhecido como Terra Mulata (TM), que apresentam uma coloração bruno acinzentada em seus horizontes superficiais, apresentando ainda, teores menos elevados de fósforo e pouco ou nenhum fragmento de cerâmica (SOMBROEK et al., 2010). No entanto, estes solos apresentam elevados teores de matéria orgânica, quando comparados com os solos não antrópicos da região.

A matéria orgânica é de grande importância em solos tropicais e subtropicais, por ser fonte de nutrientes para as diversas culturas, complexar elementos tóxicos e micronutrientes, além de atuar na retenção de cátions, infiltração e retenção de água, sendo ainda fonte de Carbono e energia para os microrganismos heterotróficos (BAYER & MIELNICZUK, 2008).

Muitos dos estudos desenvolvidos com a finalidade de estudar o carbono orgânico do solo envolvem as substâncias húmicas, com destaque para os ácidos húmicos, devido a sua maior relação com a identidade do solo e por esse apresentar capacidade de expressar as alterações ocorridas nos solos (FONTANA, 2006).

Estudos de fracionamento químico da matéria orgânica do solo em TPAs evidenciam a dominância da fração húmica, e apresentam a fração de ácido húmico como predominante nas frações alcalino-solúveis (BARROS et al., 2012).

Apesar de muitas pesquisas sobre TPAs, nota-se escassez de trabalhos que visem não só estudar a TPA, mas o solo da qual a mesma se desenvolveu, poucos são os trabalhos que abordam áreas de terra preta (TP) e terra mulata, mostrando suas semelhanças e diferenças. Ainda, raros são os estudos de TPA que visam estudar estes solos e o relevo ao qual se desenvolveu, como uma topossequência. A região sul do estado do Amazonas, mesmo hoje, é uma região cientificamente pouco conhecida.

Os estudos nos solos de TPAs, e principalmente aqueles que busca entender a gênese destes solos e as propriedades da matéria orgânica podem trazer benefícios para a região amazônica e assim ajudar a população amazonense, e principalmente os pequenos produtores que cultivam nestes solos, a implantar uma agricultura mais sustentável. Atualmente as terras pretas vêm ganhando destaque, devido à possibilidade dos cientistas descobrirem e replicarem os processos que lhe deram origem, para que no futuro estes processos sejam utilizados como possíveis recuperadores de solos degradados no mundo.

Apesar de sua importância para o desenvolvimento agrícola da região, estas também são fundamentais para o conhecimento da pré-história da Amazônia e da mudança global do clima atual, por conta de sua grande quantidade de carbono orgânico armazenado, atuando assim como um dreno de dióxido de carbono (CO₂).

Desta forma é grande o interesse de desenvolver trabalhos científicos que estudem as características e gênese das TPAs na região sul do Amazonas, gerando informações que possam ser aproveitados de uma forma mais viável tanto para fins de produção agrícola como ambiental.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi caracterizar os atributos morfológicos, físicos e químicos e classificar solos antrópicos e não antrópico ao longo de uma topossequência no município de Apuí-AM. Assim como fracionar a matéria orgânica dos solos estudados e buscar correlações significativas entre as frações das SHs com propriedades químicas do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Solos do Amazonas e relação solo-relevo

Os solos da região Amazônica geralmente apresentam baixa fertilidade natural e capacidade de troca de cátions (CUNHA et al., 2007). Nas áreas de várzeas da região, os solos normalmente apresentam elevados valores de cátions trocáveis e saturação por base (LIMA et al., 2006).

Devido a maior fertilidade dos solos de várzea na região, estes são comumente escolhidos pela população ribeirinha para a realização de plantios de subsistência, o qual é realizado na época de vazante. Para Guimarães et al. (2013), apesar dos solos de várzea terem um potencial para a exploração agrícola, apresentam limitações de uso e manejo, tendo em vista, que durante boa parte do ano o lençol freático encontra-se elevado, impossibilitando o cultivo, principalmente nas partes mais baixas.

Em trabalho realizado na região sul do estado do Amazonas, Martins et al. (2006), comparando áreas de mata e campo nativo constataram que ambos possuem baixos valores de pH e altos valores de alumínio trocável no solo. A predominância da fração silte em relação às demais, e o caráter distrófico e álico dos solos foram verificados por Santos et al., (2012) em trabalho com caracterização de solos em uma topossequência sob terraços aluviais na região do médio rio Madeira (AM). Nestas informações sobre a distribuição e o comportamento dos atributos dos solos são baseadas, principalmente, em levantamentos de solos generalizados, já que poucos são os trabalhos em nível detalhado (CAMPOS et al., 2011 b).

As relações entre solos e relevo caracterizam-se por serem dependentes, uma vez que as condições de drenagem e a variabilidade dos solos tem influência nas formações vegetais, assim como, as diferentes formas de relevo interferem em vários atributos dos solos, como estrutura, porosidade, densidade do solo e teor de nutrientes (CAMPOS et al., 2012).

Vários estudos se preocupam em investigar as relações entre os atributos do solo e da paisagem em diferentes locais. Para Gobin et al. (1998), as propriedades do solo variam com a posição fisiográfica e, portanto, com o regime hídrico. Demattê et al. (1996), concluem que um dos principais fatores de formação dos solos em uma topossequência é o relevo. Quando no campo os demais fatores de formação são mantidos constantes o relevo é o principal fator que influencia a variabilidade de solo (THOMPSON et al., 2006).

A região amazônica apresenta grande diversidade de solos e paisagens, justificando assim estudos desta natureza. Vários autores preocuparam-se em estudar solos ao longo de uma topossequência nesta região e verificaram a ocorrência de diferentes ordens. Como exemplo, Campos et al. (2012), que tiveram como objeto de estudo uma topossequência de solos na transição Campos Naturais-Floresta na região de Humaitá, Amazonas.

Em relação aos solos presentes no município de Apuí na parte sul do estado do Amazonas, ocorre predominância das classes de solos: Argissolos, Neossolos Litólicos associados ou não a afloramentos rochosos e, nos topos planos no relevo suave ondulado, Latossolos Vermelho-Amarelos. A parte norte do município é composta por: Argissolos e Nitossolos em relevo ondulado e forte ondulado e Latossolos, em relevo suave ondulado (SDS, 2004).

2.2. Solos Antropogênicos: As Terras Pretas Arqueológicas (TPA) e as Terras Mulatas (TM)

As propriedades físicas, químicas e biológicas das terras pretas (e de outros solos antrópicos) podem ser altamente variáveis entre sítios (SMITH, 1980) e dentro de sítios (KERN, 1996); dando origem a diferentes tipos de terras pretas. Essas diferenças explicam porque o termo “terra preta” tem significado distinto para diferentes profissionais (arqueólogos, antropólogos, geógrafos, agrônomos, pedólogos e caboclos).

As TPAs vêm sendo alvo de vários estudos, no entanto até hoje a sua origem é motivo de controvérsia entre pesquisadores. Em meio às várias hipóteses aventadas sobre os processos de formação das TPAs, a mais aceita é que estas teriam sido formadas não intencionalmente pelo homem pré-colombiano (WOODS & MCCANN, 2001). Embora aceita por muitos pesquisadores, a teoria de que TPAs foram formadas pela ocupação humana (indígena), não significa que foram formadas intencionalmente, com o intuito de melhorar a fertilidade do solo (NEVES et al., 2003).

Esses solos localizam-se em antigos assentamentos, que contem artefatos culturais, e sua coloração escura é proveniente de material orgânico decomposto, em parte na forma de carbono pirogênico (carvão), como resíduo de fogueiras domésticas e de queimadas para uso agrícola do solo (LIMA et al., 2002).

A formação das TPAs ocorre em três etapas: a) primeiramente com a formação do carvão, que contribui com a fertilidade do solo por possuir uma composição e estrutura molecular complexa (grupos poli aromáticos); b) incorporação de nutrientes ao solo por

diferentes fontes, por exemplo, excrementos humanos e restos de animais, cinzas, resíduos de combustão incompleta e carvão, biomassa de plantas aquáticas e terrestres; c) ação dos microrganismos, responsáveis pela ciclagem de nutrientes, agindo tanto na decomposição da matéria orgânica como na imobilização de nutrientes do solo evitando as perdas por lixiviação (GLASER, 2007).

Quanto a distribuição das TPAs Smith (1980) e Kern et al. (2003), afirmaram que este solos ocorrem em manchas por toda a Amazônia particularmente no Brasil, Colômbia, Guiana, Equador, Peru e Venezuela. Essas manchas de solos são encontradas próximas aos cursos de água, ocupando áreas de várzeas, elevações marginais adjacentes, com extensão variando de um a centenas de hectares. Aquelas manchas situadas em locais bem drenados, permitem uma boa visualização espacial e acesso aos recursos de diferentes ambientes (KÄMPF & KERN, 2005). Segundo Smith (1980), as Terras Pretas localizadas em áreas ribeirinhas são mais extensas e mais profundas do que aquelas encontradas em terras altas.

As TPAs normalmente se localizam em terra firme, próximas às margens de rios de águas brancas como Purus, Madeira, Juruá, Solimões e Amazonas, de águas claras, a exemplo do Trombetas, Tapajós e Mapuera, ou ainda nas margens de rios de águas negras como os rios Negro, Urubu, Caxiuana e Mapuá (KERN et al., 2003) e Rio Juma (SANTOS, 2013 a). Essas manchas ocorrem sobre varias classes de solos, especialmente Latossolos, Argissolos e Cambissolos (LIMA et al., 2002) ou ainda, Neossolos e Espodossolos, conforme afirma Smith (1980), podendo estar em diferentes superfícies geomórficas.

De acordo com Woods (2010), a formação das terras mulatas (TM) por cultivos de longo prazo foi sugerida pela primeira vez por Wim Sombroek em 1966, de acordo com o mesmo, a sua posição próxima aos assentamentos pré-colombianos reforçam tal teoria. Para Sombroek (1966), as TM se caracterizam por apresentarem uma camada superficial ligeiramente menos escuro do que a TPA e com ausência de artefatos cerâmicos. Para esse autor as TMs ocorrem numa ampla faixa em torno de diversos sítios de TPAs.

Acreditar-se que as TMs foram formando suas propriedades através dos cultivos de longa duração (SOMBROEK, 1966). Nesta concepção, as terras mulatas seriam as áreas agrícolas Pré-colombianas em torno das terras pretas, onde ocorreu uma melhoria na fertilidade destes solos com o uso da agricultura, provavelmente, com uma prática

semelhante à compostagem (SOMBROEK et al., 2010). Denevan (2010) sugere que a TM pode ser resultado de práticas de agricultura semi-intensiva.

Os solos de terra mulata apresentam uma coloração bruno acinzentado em seus horizontes superficiais, apresentando ainda, teores menos elevados de fósforo e pouco ou nenhum fragmento de cerâmica (SOMBROEK et al., 2010).

As TMs são menos relatadas na literatura e, possuem mais controversas. Estes solos são menos rico em nutrientes, apresentando apenas um ligeiro aumento nos valores de pH e nos teores de fósforo, cálcio, magnésio, manganês e zinco (FRASER et al., 2011).

A fertilidade das TMs vem sendo atribuída a dois fatores: a um elevado conteúdo de partículas de carvão, como resultados de uma combustão incompleta de frequentes queimadas, as quais poderiam ter ocorrido em zonas de agricultura semi-intensiva em torno de áreas habitadas permanentemente; e aos elevados teores de matéria orgânica originados inicialmente de compostagem e mantidos por uma elevada atividade microbológica (DENEVAN, et al., 2010).

Estudos de TPA na região sul do estado do Amazonas foram realizados por Cunha et al. (2007). Estes autores estudaram o fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte A antrópico da Amazônia. Já trabalhos de caracterização e classificação de Terras Pretas Arqueológicas foram realizados por Campos et al. (2011 a) na região do Médio Rio Madeira e por Santos et al. (2013 a) na região sul do estado do Amazonas.

2.3. Atributos das Terras Pretas Arqueológicas

As terras pretas apresentam os horizontes superficiais com cores úmidas variando de bruno-acinzentado muito escuro a preto, matiz 10YR, valor entre 2 e 3 e croma entre 1 e 2 (CAMPOS et al., 2011 a). O horizonte A antrópico apresenta estrutura granular com grau de desenvolvimento forte, variando de pequena a muito pequena. De acordo com Cunha et al. (2007), este comportamento se deve, principalmente, à ação do carbono pirogênico que tem papel importante na formação e estabilização dos agregados.

Nas TPAs são observados elevados teores de carbono orgânico, P, Ca, Mg, Zn e Mn, contrastando com os demais solos da região (GLASER, 2007). De acordo com Cunha et al. (2007), a fertilidade das TPAs geralmente está fortemente relacionada com as características moleculares das substâncias húmicas. Para Neves Junior (2008), um

dos fatores mais intrigante nas TPAs é a sua capacidade de manter a fertilidade natural após várias décadas de uso.

Quanto aos atributos físicos, as TPAs são bem drenadas, com textura variando entre arenosa e muito argilosa (LIMA et al., 2002), com boa capacidade de armazenamento de água e baixos valores de densidade do solo. Exibem boas condições de aeração, porosidade e condutividade hidráulica adequada para promover a infiltração de água e favorecer as trocas gasosas (NEVES JÚNIOR, 2008). Smith (1980), afirma que as TPAs possuem horizonte A antrópico cuja espessura variam de 36 a 73 cm, no entanto podem ser encontrados solos com horizontes Antrópicos mais espessos do que os mencionados.

As TPAs geralmente apresentam uma menor densidade do solo, em comparação aos solos adjacentes. Em estudo realizado por Neves Júnior (2008), em ambientes de TPAs cultivadas, o autor constatou baixos valores de densidade do solo nos horizontes antropogênicos e aumento da densidade com a profundidade, fato que se deve à diminuição do volume de poros em função da redução dos valores de carbono orgânico.

2.4. Matéria orgânica dos solos antrópicos e não antrópicos

A dinâmica do carbono orgânico em solos controla a maior parte do ciclo de carbono terrestre. A matéria orgânica do solo é uma mistura complexa de resíduos vegetais e animais, exsudato de raiz, biomassa microbiana e materiais estabilizados, os quais são resultantes da degradação microbiana (EUSTERHUES et al., 2005).

A interação da matéria orgânica com componentes minerais do solo é um fator importante para compreender porque apesar das temperaturas mais elevadas, solos de regiões tropicais apresentam conteúdos de matéria orgânica semelhantes a solos desenvolvidos em regiões temperadas (BAYER & MIELNICZUK, 2008).

O estudo da matéria orgânica do solo em agroecossistemas brasileiros é um tema de grande importância, por apresentar-se como uma estratégia para se alcançar a sustentabilidade da agricultura em ecossistemas tropicais e a preservação ambiental (CUNHA et al., 2007).

A queima de combustíveis fósseis, madeira, carvão e detritos, comumente ocorrem com a combustão incompleta do material orgânico, podendo levar à formação de uma série de compostos entre eles carbono pirogênico (carvão) (CUNHA et al., 2010a). As áreas de TPAs apresentam altos teores de carbono, o qual é encontrado em

sua maior parte na forma de carbono pirogênico. O carbono destes solos apresenta a capacidade de ser até seis vezes mais estáveis do que das áreas adjacentes (NOVOTNY, 2009).

A recalcitrância do carbono pirogênico lhe confere uma alta estabilidade, fazendo com que este seja um importante reservatório de carbono estável no solo, podendo desta forma mitigar a emissão de CO₂ para a atmosfera, além de desempenhar importante papel na fertilidade dos solos (CUNHA et al., 2010a).

Os efeitos do manejo agrícola das áreas de TPAs, principalmente nas propriedades da fração humificada da matéria orgânica são desconhecidos (CUNHA et al., 2007). De acordo com estes autores, a fertilidade dos solos está relacionada às propriedades moleculares da fração alcalino- solúvel do carbono orgânico.

As TPAs apresentam grande quantidade de carbono na forma de carbono pirogênico (carvão) o qual é de difícil digestão por ácido sulfúrico concentrado (STEINER et al., 2004). Correlações significativas foram observadas entre teores de Carbono determinados por Walkley-Black e pelo analisador CHNS para solos não antropogênicos. No entanto verificou que com o método Walkley-Black há limitações na determinação do carbono nos solos antropogênicos, quando comparado com o método de oxidação seca com o analisador CHNS (MOREIRA, 2007).

Buscando entender e comparar métodos de determinação do carbono orgânico em solos Gatto et al. (2009), observaram que independentemente da classe e da profundidade do solo, os métodos Walkley & Black e Yeomans & Bremner tenderam a subestimar os teores de C do solo e que os maiores teores de C do solo são obtidos pelo o método de combustão seca, o que pode ser explicado pelo próprio processo analítico, visto que a combustão seca, que ocorre à temperatura de 925 °C, oxida todo o carbono (formas orgânicas e inorgânicas) da amostra.

As substâncias húmicas (SHs) são substâncias orgânicas naturais que podem ser encontradas na água, solo e sedimentos (PICCOLO, 2002). Essas são constituídas por uma série de compostos de coloração escura, de “elevado” peso molecular, as quais são separadas com base em características de solubilidade (GUERRA et al., 2008). De acordo com esses autores as SHs podem ser classificadas em humina (fração insolúvel em meio alcalino), ácidos húmicos (fração escura extraída em meio alcalino e insolúvel em meio ácido diluído) e ácidos fúlvicos (fração alcalino-solúvel que se mantém em solução após a remoção dos ácidos húmicos por acidificação).

Devido aos efeitos benéficos que as SHs têm sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, o seu papel no solo é significativamente maior do que aquele que é atribuído à sustentação do desenvolvimento de plantas (PICCOLO, 2002).

A maioria dos estudos desenvolvidos com o propósito de caracterizar o carbono orgânico do solo envolvem as SHs, recebendo destaque os ácidos húmicos, devido a sua maior relação com a identidade do solo e pela sua capacidade de expressar as transformações ocorridas nos solos (FONTANA, 2006).

As SHs são obtidas por meio do fracionamento químico da matéria orgânica e determinação do teor de carbono orgânico em cada fração (ANJOS et al., 2008). Diante da grande diversidade de procedimentos, vem utilizando-se como extrator padrão o NaOH na concentração de 0,5 ou 0,1 mol L⁻¹ (CANELLAS et al., 2005).

No que diz respeito ao horizonte A antrópico das TPAs, muitas questões ainda permanecem sem resposta, principalmente sobre a sua gênese, distribuição e características da sua matéria orgânica (CUNHA et al., 2007).

3. HIPÓTESES DO TRABALHO

I – Os solos antrópicos do município de Apuí do estado do Amazonas apresentam propriedades diferentes de outros da região amazônica por serem desenvolvidos sobre rochas vulcânicas;

II – O alumínio assim como o cálcio é um elemento importante na estabilidade da matéria orgânica dos horizontes A antrópicos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização do Meio Físico

A área de estudo está inserida no Cráton Amazônico, segundo o modelo das Províncias Estruturais do Brasil proposto por Almeida et al. (1976). De acordo com o mapa geológico do Estado do Amazonas (Escala 1:1.000.000) (CPRM, 2005), a área de estudo está localizada no Cráton Amazônico, nos limites da província Amazonas com a província Rondônia – Juruena (Figura 1).

A topossequência estudada localiza-se na mesorregião Sul do Amazonas mais precisamente no município de Apuí. De acordo com Brasil (1975), esta topossequência situa-se no grupo climático A (Clima úmido tropical, sem estação fria e com temperatura superior a 18°C), tipo climático Am (chuvas do tipo monção); apresentando um período seco de pequena duração, com chuvas inferiores a 60 mm nos meses secos.

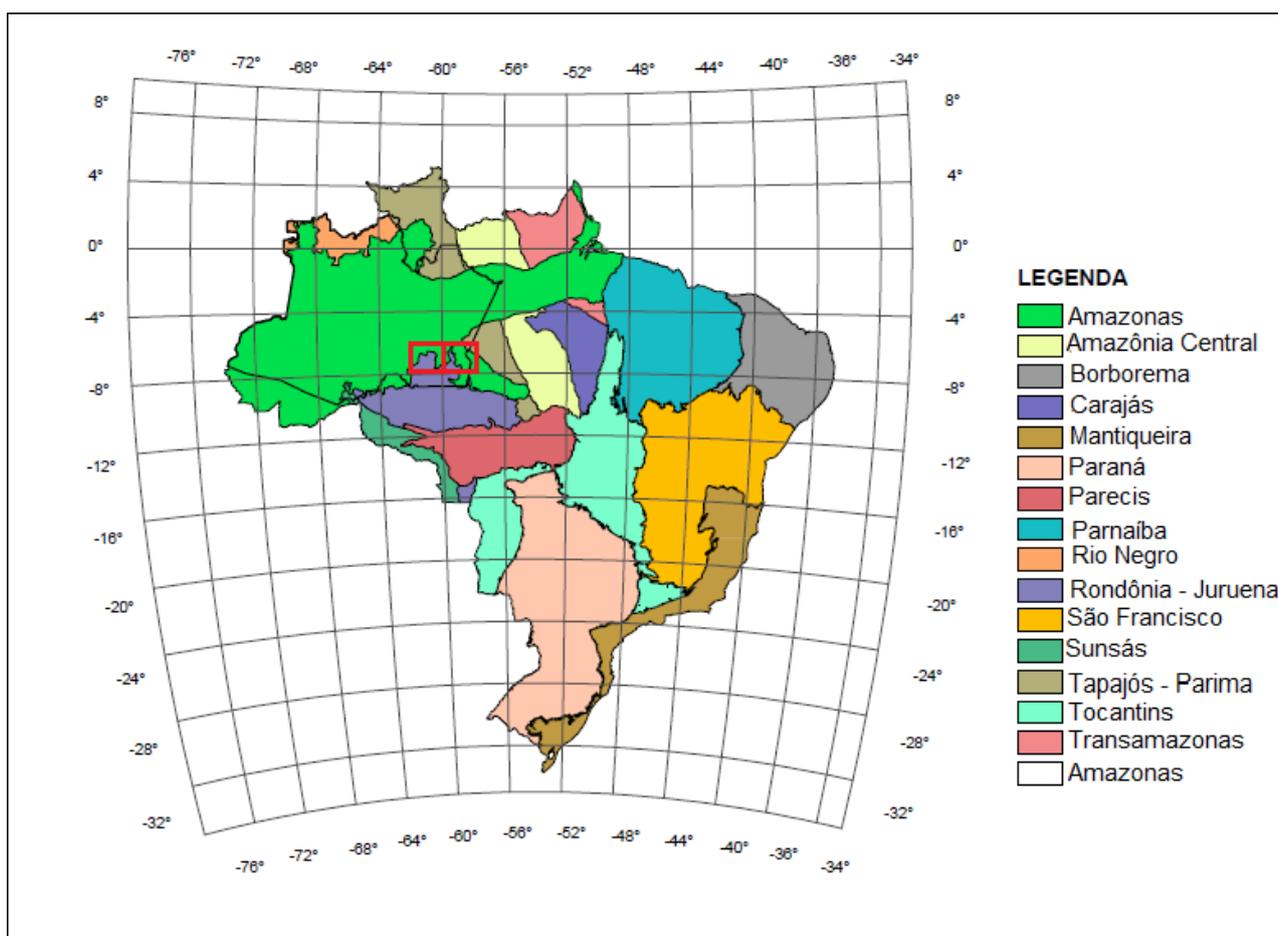


Figura 1. Províncias estruturais do Brasil, em destaque a área de estudo (Fonte: CPRM, 2005).

A precipitação pluvial anual total apresenta uma ampla variação de 1.750 a 2.750 mm. As temperaturas médias anuais do ar variam entre 25 e 26°C e a umidade relativa média do ar varia entre 80 e 85% (BRASIL, 1975).

A região não apresenta grandes elevações, a mesma compreende desde planícies e morros, até alguns platôs e chapadas que podem alcançar 400 m de altitude, já a sua cobertura vegetal dominante é composta pela fisionomia de floresta densa (BRASIL, 1975).

A geologia do município de Apuí, onde a topossequência está inserida (Figura 2), é formada pelo Grupo Colíder: composto de riolitos, riodacitos, basaltos, andesitos, tufos, brechas vulcânicas, e intercalações de rochas epiclásticas (CPRM, 2005).

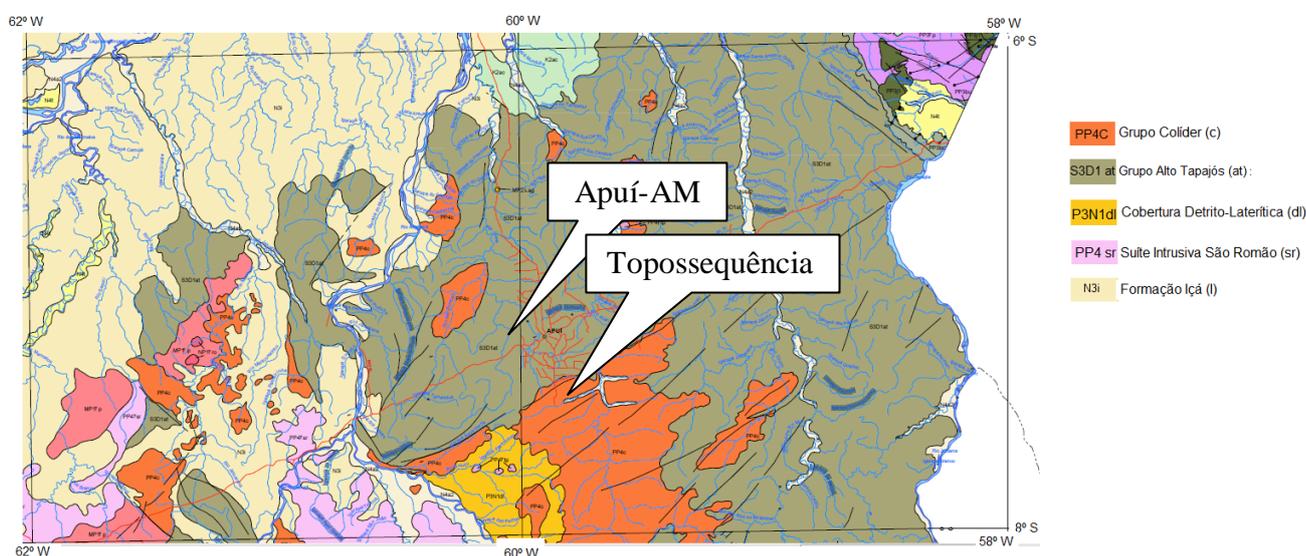


Figura 2. Geologia da área de estudo do município de Apuí, Amazonas. (Fonte: CPRM, 2005).

4.2. Trabalho de Campo

Na topossequência identificada foi estabelecido um caminhamento de 400 metros, seguindo o “espigão” da vertente no sentido do caimento mais suave do declive, partindo-se do topo até a área de sopé de deposição à margem do rio Douradão. Com base na vegetação, no relevo (declividade do terreno) e na mancha de terra preta arqueológica, a topossequência foi subdividida em cinco (5) segmentos de vertente conforme Tabela 1 e Figura 3.

Foi aberta uma trincheira em cada unidade de vertente para caracterização morfológica dos solos e coleta de amostras deformadas para realização das análises física, química e mineralógica. Além disso, amostras com estrutura preservada para a determinação da densidade do solo foram coletadas de cada horizonte descrito. A

identificação dos horizontes e a descrição morfológica dos solos foram realizadas conforme Santos et al. (2013 b).

Tabela 1. Segmento de vertente, coordenadas e uso atual dos solos e numeração dos perfis estudados na topossequência

Perfil	Segmento de vertente	Coordenadas*	Uso atual da Terra
P1	Topo	07° 12' 00" S 59° 39' 35" W	Floresta Primária (densa)
P2	Terço superior	07° 12' 03" S 59° 39' 35" W	Plantio de Cacau
P3	Terço inferior	07° 12' 08" S 59° 39' 35" W	Brachiária/Puerária
P4	Sopé de transporte	07° 12' 09" S 59° 39' 36" W	Brachiária/ Puerária
P5	Sopé de deposição	07° 12' 12" S 59° 39' 37" W	Floresta Primária (pouco densa)

*Perfis 1 e 2 os pontos de GPS foram locados em agosto de 2012, os demais em maio de 2013 (DATUM: South american '69).

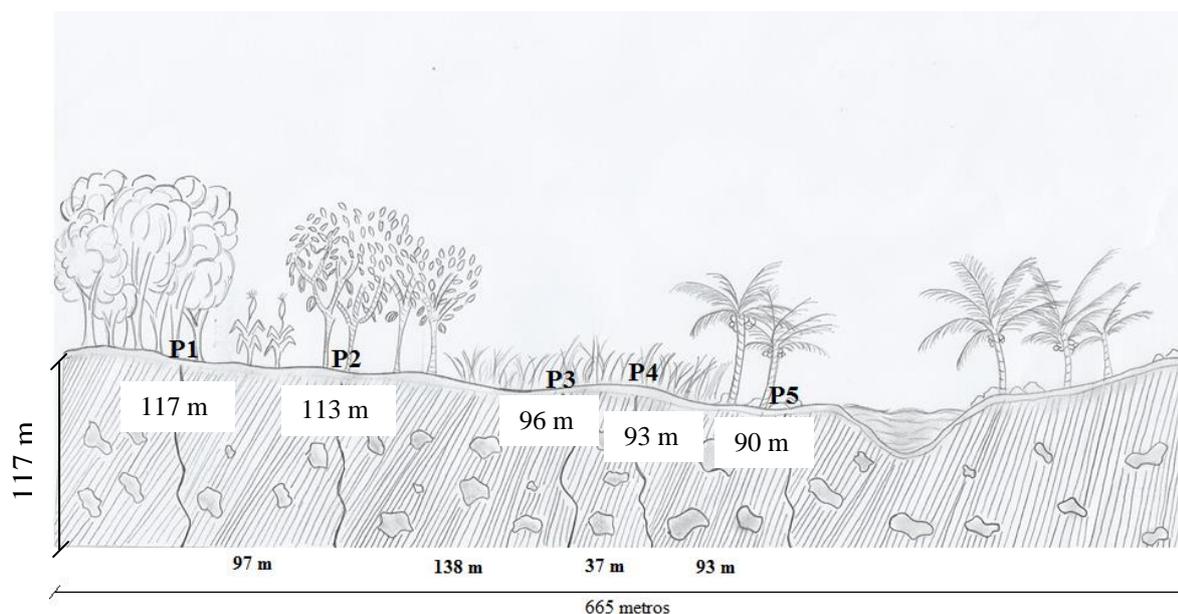


Figura 3. Localizações e altitudes dos perfis (P) ao longo da topossequência. Desenhado por Elis Regina Guimarães Câmara.

Na amostragem todo o material foi coletado, incluindo fragmentos cerâmicos e material lítico. As amostras coletadas no campo foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas com etiquetas de papel EVA e transportadas para o galpão da área de solos

do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, em Recife – PE.

Após a secagem no galpão, as amostras deformadas foram destorroadas, passadas em peneiras com malha de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). As frações maiores que 2 mm retidas em peneira foram quantificadas via pesagem. A massa das frações maiores que 2 mm e dos fragmentos de cerâmica foram utilizados para o cálculo do percentual em relação a massa total da amostra.

A partir dos atributos morfológicos e dos dados de análises físicas e químicas, os perfis de solo foram classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 2013).

4.3. Análises Laboratoriais

As análises foram realizadas nos laboratórios da Área de Solos do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Todas as análises foram realizadas em duplicata no laboratório e os resultados diferiram entre si em menos de 10 %.

4.3.1. Análises Físicas

Os fragmentos de cerâmica e frações maiores que 2 mm (cascalho 2-20 mm) presente nas amostras de solos foram quantificados por pesagem, estabelecendo a razão massa de fragmentos de cerâmica e/ou cascalho /massa da amostra.

A análise granulométrica do solo foi realizada pelo o método do densímetro, após o pré-tratamento da amostra para a remoção da matéria orgânica com peróxido de hidrogênio (15%). Foi utilizado solução de NaOH 0,1 Mol.L⁻¹ como dispersante químico. A fração argila foi determinada pelo densímetro, através da densidade de suspensão que admite-se ser a concentração total de argila. As frações areia grossa e fina foram separadas por tamisação e pesadas, e o silte calculado por diferença seguindo metodologia de Gee & Or (2002), com modificações de Almeida (2008). Determinou-se a argila dispersa em água pelo método do densímetro e posteriormente foi calculado o grau de floculação.

A densidade do solo (Ds) foi obtida pelo método do anel volumétrico seguindo metodologia proposta por Grossman & Reinsch (2002) e a densidade de partículas sólidas do solo (Dp) pelo método do balão volumétrico seguindo metodologia de Flint & Flint (2002). A porosidade total foi estimada a partir dos dados obtidos das

densidades do solo e das partículas, empregando-se a seguinte expressão: $Pt = 100(1 - Ds/Dp)$, conforme Embrapa (1997).

4.3.2. Análises Químicas

O pH foi determinado potenciométricamente utilizando-se relação 1:2,5 solo:solução de água e KCl. O cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram extraídos com a solução extratora de KCl 1 mol L⁻¹, e determinados por espectrofotometria de absorção atômica. Potássio, sódio e fósforo disponível, foram extraídos pelo o extrator Mehlich-1, sendo que o K⁺ e o Na⁺ determinados por fotometria de chama, e o P determinado por colorimetria. A acidez potencial (H+Al) foi extraída com solução tamponada a pH 7,0, de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ e determinado volumetricamente com solução de NaOH 0,025 mol L⁻¹. Com base nos resultados das análises químicas, foram calculados os valores de somas de bases (S), capacidade de troca catiônica (T), saturação por bases (V%) e percentagem de saturação por alumínio (m%). Todas as análises químicas citadas acima foram determinadas conforme EMBRAPA (2009). O carbono orgânico total foi determinado pelo método de oxidação por via úmida, com aquecimento externo (YEOMANS & BREMNER, 1988).

Na terra fina seca ao ar (TFSA) dos horizontes superiores, medianos e inferiores de cada perfil, foram determinados os elementos do ataque sulfúrico Si, Fe, Al, e Ti, extraídos por digestão sulfúrica seguida pela digestão alcalina, utilizando metodologia proposta por Vettori (1969). Foi utilizado 1,0 g de solo moído em cadinho de ágata e passado em peneira com malha de 0,5 mm. As amostras foram colocadas em tubos de digestão de 75 mL, juntamente com 20 mL de H₂SO₄ (relação 1:1 com H₂O destilada), levadas a bloco digestor para aquecer a uma temperatura de cerca 180 °C e deixadas fervendo por 30 minutos. Após esfriarem, foram adicionadas 50 mL de água destilada, e em seguida filtradas em papel-filtro (faixa azul) para balões de 250 mL.

O resíduo do papel de filtro foi usado para a digestão alcalina, no qual foi determinado o teor de Si por gravimetria. Já o extrato da digestão sulfúrica foi utilizado para determinação do Al por titulação com ZnSO₄ 0,05 M, e do Fe e Ti por espectrofotometria de absorção atômica.

Após a obtenção dos resultados do ataque sulfúrico foram estimados os índices Ki pela relação $\frac{SiO_2}{Al_2O_3 \times 1,7}$ e Kr pela a relação $\frac{SiO_2/0,60}{(Al_2O_3/1,02)+(Fe_2O_3/1,60)}$.

As formas de ferro livre mais cristalina (Fe_d) e alumínio (Al_d) foram extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB), usando três extrações sucessivas de 15 min à temperatura de 80 °C, segundo método de Mehra & Jackson (1960), com as modificações realizadas por Inda Junior & Kämpf (2003). A determinação destes foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica. Para extração dos óxidos mal cristalizados de ferro (Fe_o) e alumínio (Al_o) foi utilizado o oxalato ácido de amônio 0,2 mol.L⁻¹ a pH 3, no escuro em uma única extração (SCHWERTMANN, 1964), a determinação foi por espectrofotometria de absorção atômica.

Foram extraídas as formas de ferro e alumínio através do método do pirofostato de sódio, utilizando solução de pirofosfato de sódio 0,1 M, para esta análise foram utilizado 0,3g de TFSA passada em peneira com malha de 100 mesh e em seguida adicionados 30 mL de solução de pirofosfato de sódio 0,1 M e agitação por 16 horas, conforme método descrito por McKeague et al. (1971), a determinação do ferro e do alumínio foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica.

Os valores dos elementos ferro e alumínio extraídos com DCD, oxalato e pirofosfato de sódio foram expressos em g.kg⁻¹ dos elementos e em seguida foram feito as seguintes relações: $\frac{Fe_o}{Fe_d}$ e $\frac{Fe_o}{Fe_d - Fe_o}$. Os valores de ferro extraído por DCB também foram convertidos para a forma de óxidos (Fe_2O_3) para estabelece a razão de ferro extraído com DCB por ferro extraído por ataque sulfúrico, $\frac{Fe_d}{Fe_s}$.

Os resultados dos elementos ferro e alumínio extraído com oxalato ácido de amônio (OAA), DCB e pirofosfato de sódio foram submetidos à análise de correlação simples entre variáveis, com as variáveis dos dados de carbono orgânico total e as frações da matéria orgânica utilizando o programa computacional ASSISTAT versão 7.6 (SILVA & AZEVEDO, 2006; SILVA & AZEVEDO, 2009).

4.3.3. Fracionamento Químico da Matéria Orgânica do Solo

O fracionamento químico das substâncias húmicas foi realizado baseando-se na solubilidade da MOS em meio ácido e alcalino, utilizando-se 0,5 g de TFSA e 10 mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹ na relação solo:extrator de 1:20. Foram separadas as frações: ácido fúlvico (FAF), ácido húmico (FAH) e humina (HUM), conforme método de Mendonça & Matos (2005), adaptado de Swift (1996), com posterior determinação do carbono orgânico em cada fração através da oxidação, utilizando solução de dicromato de potássio 0,167 mol L⁻¹ e ácido sulfúrico concentrado, com aquecimento em bloco

digestor (YEOMANS & BREMNER, 1988). O carbono humificado total foi obtido a partir da soma do teor de carbono das três frações húmicas (FAF + FAH + HUM).

4.3.4. Análises Mineralógicas

A análise mineralógica foi realizada apenas na fração argila dos horizontes superiores, medianos e inferiores de cada perfil.

Devido aos altos teores de matéria orgânica, foi feita a eliminação desta na TFSA, utilizando peróxido de hidrogênio (JACKSON, 1975). A dispersão química das frações granulométricas foi realizada com NaOH e a mecânica com agitador tipo “Wagner” por 16 h. A separação da fração argila foi realizada por sifonação após decantação da fração silte, até obtenção de argila suficiente para as análises. Após cada coleta, o volume de cada proveta era completado com o dispersante NaOH, mantendo o pH entre 8,5 e 9,5. Foram aplicados pré-tratamentos para eliminação dos carbonatos de acordo com os métodos preconizados por Jackson (1975). A argila natural foi avaliada através de difração de raios-X (DRX), na forma de agregado orientado (JACKSON, 1975). Os difratogramas de raios-X foram obtidos através de um difratômetro Shimadzu XRD 6000, empregando tensão de 40 KV e corrente de 20 mA, usando a radiação Cu-K α , com monocromador de grafite.

Para verificar os minerais presentes no material de origem, amostras de rochas dos perfis 1 e 3 foram coletadas abaixo dos horizontes BC e BCr aos 83 e 110 cm, respectivamente. No laboratório os fragmentos de rochas coletados foram limpos com pinceis e raspado e/ou quebrados com auxílio de martelo pedológico. Foram obtidos micro fragmentos de rochas, os quais foram macerados em cadinho de ágata e passados em peneira com abertura de 48 mesh. Após a obtenção do pó da rocha, o mesmo foi submetido às análises de DRX, com os mesmos procedimentos realizados para o agregado da argila.

Os critérios que foram empregados para interpretação dos difratogramas e na identificação dos minerais constituintes da fração argila foram baseados no espaçamento interplanar (d) conforme apresentado por Brown & Brindley (1980) e Moore & Reynolds (1989).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Atributos Morfológicos

Os perfis de TPA (1 e 2) se destacaram por suas propriedades marcantes como a coloração escura (Tabela 2), associada à presença de fragmentos cerâmicos incorporados a matriz dos horizontes superficiais caracterizando um A antrópico, diferenciando-se assim dos demais perfis de solo.

Verificou-se que os horizontes superficiais do solo do Perfil 1 Topo – Terra preta arqueológica (P1) (Figura 4), apresentou cores escuras variando de preto (10YR 2/1) a bruno muito escuro (10 YR 2/2), destacando-se dos horizontes subsuperficiais que apresentaram cores variando de bruno a bruno-amarelado-escuro (10YR 4/3 a 10YR 4/4, respectivamente). De acordo com Smith (1980) a cor escura das TPAs é devido aos resíduos de queimadas, podem ser ainda, devido aos resíduos de fogueiras realizados em eventos cerimoniais pelas as tribos indígenas.

A coloração escura das terras pretas pode ser causada pela qualidade e quantidade da matéria orgânica presente nesses solos (MADARI et al., 2010). De acordo ainda com esses autores, apesar da correlação entre a cor e o teor de matéria orgânica nas TPAs ser baixa, existe uma tendência de o maior teor de matéria orgânica causar um maior escurecimento no solo.

O perfil 1 está localizado no topo da topossequência, e o mesmo apresenta sequência de horizontes Au1, Au2, Bt1, Bt2, BC e R. Possui profundidade efetiva de 0,68 metros, com drenagem moderada e erosão não aparente. Apesar de não apresentar relação textural para se enquadrado como horizonte Bt, o horizonte B foi caracterizado como Bt devido à presença moderada e comum de cerosidade.

Localizado no terço superior o Perfil 2 – Terra preta arqueológica (P2) (Figura 5) apresentou a mesma coloração do perfil 1 para os horizontes superficiais. Nos horizontes subsuperficiais, entretanto a coloração variou de bruno-escuro (10YR 3/3) a bruno-amarelado (10YR 5/6), mostrando nítida diferenciação entre o horizonte A antrópico e os horizontes diagnósticos subsuperficiais (Tabela 2). De acordo com Kern & Kämpf (1989), a cor mais escura dos horizontes A antrópico das TPAs deve-se ao maior acúmulo de material orgânico e esta marca uma nítida diferenciação em relação ao horizonte B.

Tabela 2. Atributos morfológicos dos solos antrópicos e não antrópico ao longo de uma topossequência no município de Apuí-AM

Hor.	Prof. (cm)	Cor (úmida)	¹ Mosqueado	Textura	² Estrutura	³ Consistência (seca, úmido e molhado)	⁴ Transição
Perfil 1 – Topo – Terra Preta Arqueológica							
Au1	0-20	10 YR 2/1	-	franco-argilossiltosa	fo. peq. a méd. gran.	lig. dr., mfri., lig. plás. lig.peg.	gra. e pla.
Au2	20-33	10 YR 2/2	-	Argilossiltosa	mod. peq. a méd. gran. e bl. sub.	lig. dr., fri., plás. peg.	cla. e pla.
Bt1	33-50	10 YR 4/3	-	Argila	mod. mpeq. méd. e bl. sub.	dr., fir., mplás. mpeg.	gra. e pla.
Bt2	50-68	10 YR 4/4	-	muito argilosa	fr. e mod. méd. bl. ang.	dr., fir., mplás. mpeg.	gra. e pla.
BC	68-83	10 YR 4/6	-	muito argilosa	fr. méd. bl. ang.	mdr., fir., mplás. mpeg.	-
R	83-137+	-	-	-	-	-	-
Perfil 2 – Terço superior – Terra Preta Arqueológica							
Aup	0-16	10 YR 2/1	-	franco-argilossiltosa	mod. e fo. mpeq. e peq. gran. e bl. sub.	lig.dr., fri., lig. plás. lig.peg.	cla. e pla.
Au	16-45	10 YR 2/2	-	Argilossiltosa	mod. e fo. mpeq. peq. gran.	dr., fri., plás. peg.	gra. e pla.
BA	45-62	10 YR 3/3	-	Argila	mod. mpeq. e peq. bl. sub.	mdr., fir., mplás. mpeg.	gra. e ond.
Bt	62-105	10 YR 4/3	-	muito argilosa	fr. méd. bl. ang.	ext.dr., mfir., mplás. mpeg.	gra. e pla.
BC	105-135	10 YR 5/6	-	muito argilosa	mac. co.	ext, dr., mfir., mplás. mpeg.	abr. e ond.
Cc	135-180 ⁺	10 YR 5/6	-	muito argilosa	-	-	-

Continua...

Perfil 3 – Terço inferior – Terra Mulata							
Aup	0-11	10 YR 2/2	-	argila	fo. mpeq. peq. gran.	mfri., nplás. npeg.	gra. e pla.
Au	11-24	10 YR 3/1	-	argila	mod. méd. a gr. bl. ang. bl. sub. e gran.	mfri., nplás. npeg.	gra. e pla.
BA	24-50	10 YR 3/2	-	argila	fo. peq. e méd. bl. ang. bl. sub. e gran.	fri., lig. plás. lig. peg.	gra. e pla.
Bi	50-85	10 YR 3/3	-	argila	fo. gr. a mgr. bl. ang. e bl. sub.	fri., lig. plás. lig. peg.	gra. e pla.
BCr	85-110 ⁺	10 YR 6/6	-	argila	mac. Peq	fri., plás. peg.	-
Perfil 4 – Sopé de transporte – Terra Mulata							
Aup	0-23	10 YR 3/2	-	argila	fo. peq. gran.	mfri., nplás. npeg.	gra. e ond.
AB	23-49	10 YR 4/3	-	argila	mod. méd. bl. ang.	mfri., nplás. npeg.	gra. e ond.
BA	49-92	10 YR 4/4	-	argila	fo. méd. a gr. bl. ang.	mfri. lig. plás. lig. peg.	gra. e ond.
Bi	92-127	10 YR 4/6	-	argila	fo. méd. a gr. gran.	mfri., plás. peg.	gra. e ond.
BCr	127-140 ⁺	10 YR 5/6	-	argila	mac. méd.	fri., plás. peg.	-
Perfil 5 – Sopé de deposição – Solo não antrópico							
A	0-18	10 YR 6/1	-	franco-argilossiltosa	fo. méd. a gr. bl. ang. e gran.	fir., plás. peg.	gra. e pla.
CA	18-30	10 YR 7/1	10 YR 6/8 po. peq. dif.	franco-argilossiltosa	fo. méd. a gr. bl. ang. e gran.	fir., mplás. mpeg.	gra. e pla.
Cg ₁	30-46	2,5 YR 7/1	7,5 YR 5/8 co. méd. dif.	franco-argilossiltosa	fo. méd. a gr. bl. ang. e gran.	fir., mplás. mpeg.	gra. e pla.
Cg ₂	46-76 ⁺	2,5 YR 6/2	5 YR 5/8 ab. gr. pro.	francossiltosa	fo. méd. a gr. bl. ang. e gran.	fir., mplás. mpeg.	-

Conclusão.

Hor.: Horizonte.; Prof.: profundidade.

¹ po.: pouco; co.: comum; ab.: abundante; peq.: pequeno; méd.: médio; gr.: grande; dif.:difuso; pro.: proeminente.² mac.: maciça; fr.: fraca, mod.: moderada; fo.:forte; peq.: pequena, med.: média; gr.: grande; mgr.: muito grande; gran.: granular; bl. ang.: blocos angulares; bl. sub.: blocos subangulares.³ lig.dr.: ligeiramente dura; dr.: duro; mdr.: muito dura; ext.dr.: extremamente dura; mfri.: muito friável; fri.: friável; fir.: firme; mfir.: muito firme; nplás.: nao plástico; lig.plás.: ligeiramente plástico; plás.: plástico; mplás.: muito plástico; npeg.: nao pegajoso; lig.peg.: ligeiramente; pegajoso; peg.: pegajoso; mpeg.:muito pegajoso.⁴ cla.: clara; pla.: plana; gra.:gradual; ond.: ondulada; dif.: difusa; abr.:abrupta.

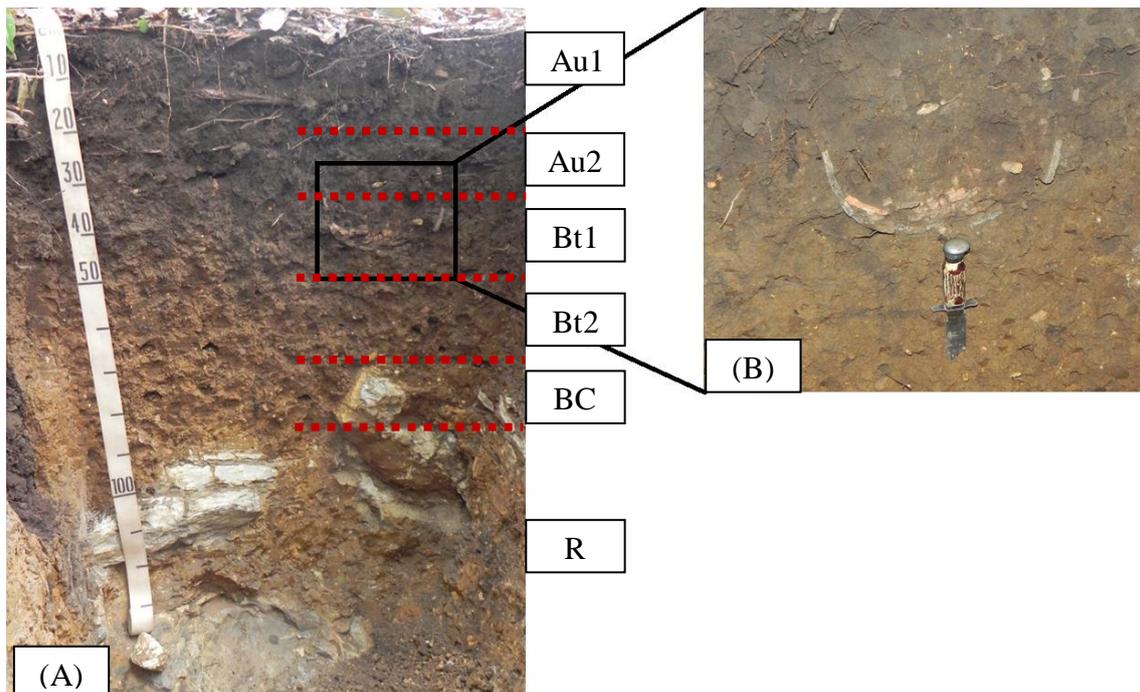


Figura 4. Perfil 1 – Topo – Terra preta arqueológica, (A) perfil do solo; (B) pote cerâmico encontrado entre os horizontes Au2 e BA.

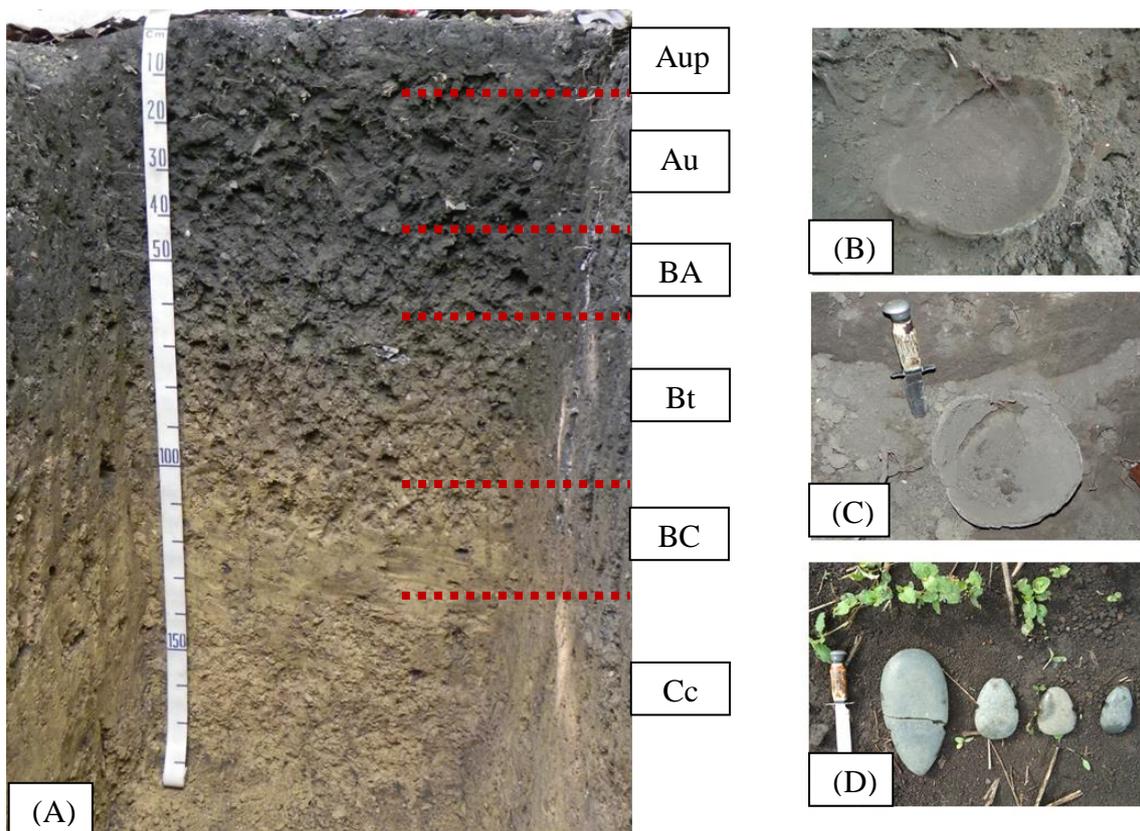


Figura 5. Perfil 2 – Terço superior – Terra preta arqueológica; (A) perfil do solo; (B) e (C) fragmentos de cerâmicas; (D) artefatos indígenas (“machadinhas”).

O perfil 2 está localizado no terço superior da topossequência, e o mesmo apresenta sequência de horizontes Aup, Au, BA, Bt, BC e Cc, assim como o P1, este solo não apresenta um incremento de argila para caracterizar um horizonte B textural, mas o horizonte Bt por possui cerosidade moderada e abundante se enquadra como B textural. De acordo com critérios do sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 2013), na identificação de campo da maioria dos horizontes B texturais, a cerosidade é importante, devendo a mesma estar presente em diferentes faces das unidades estruturais e não exclusivamente nas faces verticais.

O Perfil 3 – Terço inferior – Terra Mulata (P3) (Figura 6), localizado sobre uma terra mulata, apresenta coloração variando de bruno muito escuro (10YR 2/2) a cinzento muito escuro (10YR 3/1) nos horizontes superficiais, enquanto que nos horizontes subsuperficiais o valor varia de 3 a 6 e o croma de 2 a 6 todos para o mesmo matiz de 10YR. Este solo apresenta uma drenagem moderada e uma erosão laminar ligeira, a qual pode ser devido à inclinação do terreno, que favorece um maior escoamento superficial da água.

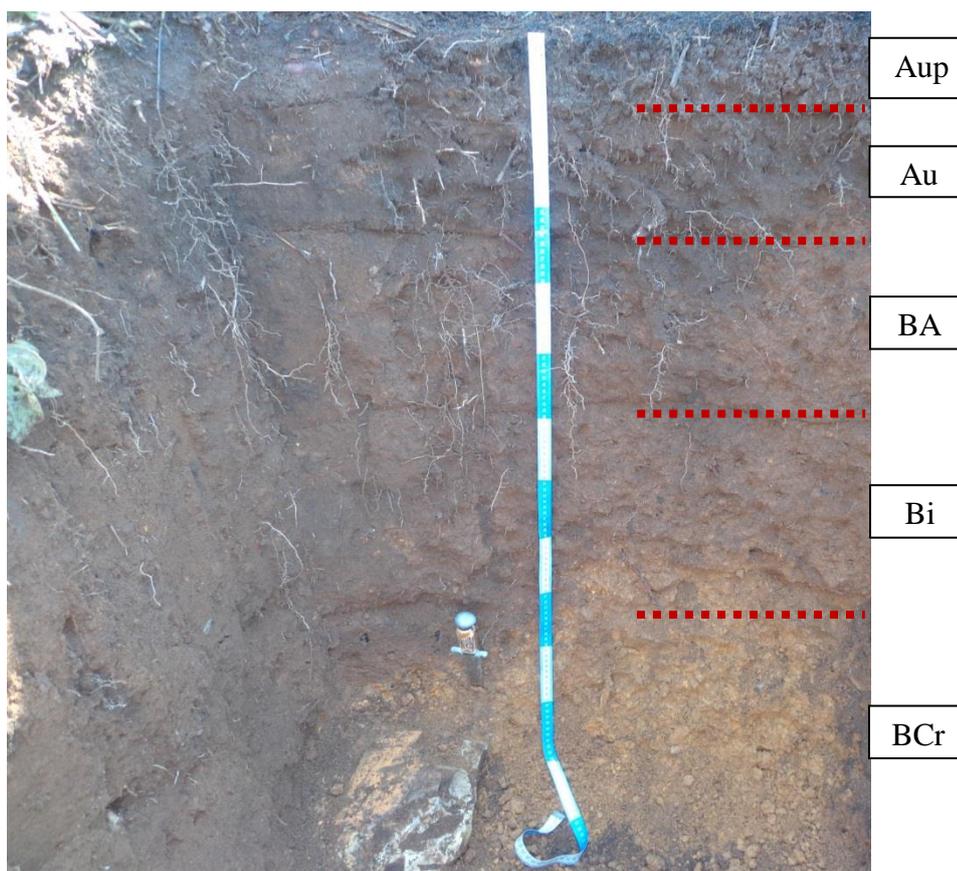


Figura 6. Perfil 3 – Terra Mulata localizada no terço inferior da topossequência estudada em Apuí-AM

Na porção do sopé de transporte da topossequência, está o Perfil 4 -Terra Mulata (P4) (Figura 7), este apresenta uma coloração que varia de bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2) a bruno (10YR 4/3) nos seus horizontes superficiais a bruno - amarelado (10YR 5/6) no horizonte subsuperficial (Tabela 2). O horizonte A antrópico apresenta uma erosão laminar ligeira, a qual pode ser devido à inclinação do terreno que favorece um maior escoamento superficial da água.

O último perfil da topossequência é caracterizado por estar num ambiente hidromórfico, ficando saturado com água a maior parte do ano. Este solo apresenta um expressivo processo de gleização, conforme os padrões de cores de redução observados, incluindo mosqueados. O Perfil 5 – Sopé de deposição – Solo não antrópico (P5) (Figura 8) apresenta mosqueados característico de solos de várzea, apresentando coloração cinzento no horizonte superficial sem presença de mosqueado.

No horizonte CA do P5, o solo apresenta coloração cinzento-claro e mosqueado amarelo brunado. A coloração do horizonte Cg1 foi diagnosticada como cinzento-avermelhado-claro (2,5YR 7/1) e o seu mosqueado caracterizado como comum, médio e difuso de coloração bruno-forte (7,5YR 5/8). No horizonte Cg2, o solo é vermelho-claro-acinzentado (2,5YR 6/2) e seu mosqueado é grande e proeminente com cor vermelho-amarelado (5YR 5/8), caracterizando um expressivo processo de gleização, por suas características. De acordo com Guimarães et al. (2013), estas características são devido ao processo de redução química e o transporte do ferro ao longo do perfil, ocasionado pelo o longo período de alagamento no solo.

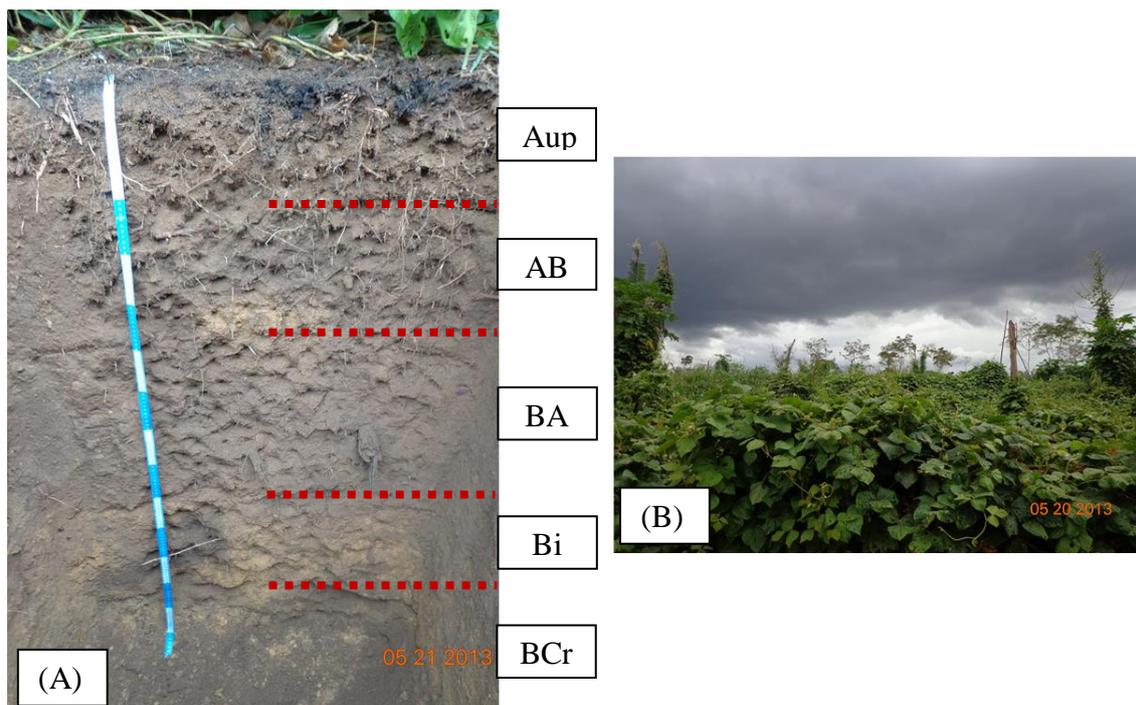


Figura 7. Perfil 4 – Sopé de transporte – Terra Mulata (A) perfil 4; (B) Vegetação sobre a área do perfil coletado.

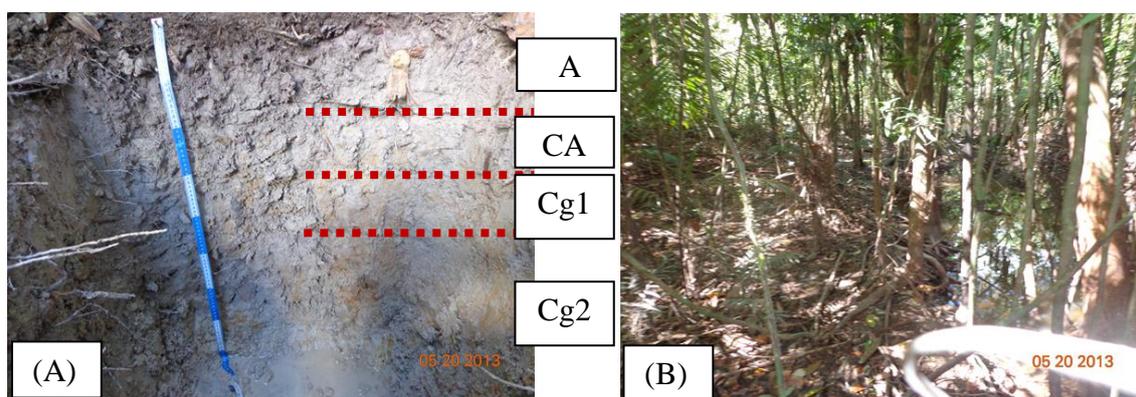


Figura 8. Perfil 5 – Sopé de deposição – Solo não antrópico, (A) Perfil 5; (B) floresta nativa na área de várzea à margem do rio Douradão.

Os horizontes A antrópico dos solos de Terra Preta apresentam espessura de 33 e 45 cm para o P1 e P2, respectivamente. Em estudo realizado por Smith (1980), em dezessete sítios de terra preta amostrados em áreas ribeirinhas a espessura média do horizonte A antrópico foi de 73 cm, enquanto que outros doze solos amostrados em áreas de interflúvio essa média foi de 36 cm de espessura. A espessura dos horizontes Antrópicos pode servir como um indicativo do tempo de habitação. Neste contexto Smith (1980), relata que a espessura destes horizontes é sem dúvida relacionada com o tempo de habitação destas áreas pela a população pré-colombiana, e ainda sugere uma

taxa de acumulação de cerca de 1 cm para cada dez anos de ocupação. Desta forma um A Antrópico com 1 metro de profundidade levaria 1.000 anos para ser formado.

Os horizontes antrópicos das terras mulatas são menos espessos e mais claros que aqueles das terras pretas (Tabela 2). A coloração mais clara dos horizontes antrópicos das TMs é resultante dos menores teores de matéria orgânica em relação aos solos de terra preta (SOMBROEK et al., 2010). Assim Fraser et al. (2011) relataram a diferenciação entre solos de terra preta e terra mulata, e segundo os mesmos, as TMs apresentam coloração mais claras acinzentadas como característica.

Os horizontes antrópicos dos solos de TPAs apresentam textura franco-argilossiltosa, os subsuperficiais textura muito argilosa. Os perfis de terra mulata (P3 e P4), não apresentaram variação de textura ao longo do perfil, e a mesma foi identificada como argila. O perfil 5, apresentou uma pequena variação de textura ao longo do perfil, sendo franco-argilossiltosa nos horizontes superficiais e francossiltosa no horizonte Cg2.

Os horizontes Au e Aup dos perfis 1 e 2 apresentam estrutura forte e moderada, em formas granulares ou em blocos subangulares. Nos horizontes diagnósticos subsuperficiais destes mesmos solos a estrutura foi de moderada a fraca e os tipos de estrutura em blocos angulares e subangulares.

Os perfis 3 e 4 apresentam forte grau de desenvolvimento em praticamente todo o perfil, com exceção dos horizontes Au e AB. Que foi moderado para ambos. O tipo de estrutura variou de granular a blocos angulares e subangulares. O perfil 5 apresentou a mesma estrutura ao longo de todo o perfil, forte, médio a grande e granular e em blocos subangulares (Tabela 2). O moderado a forte grau de desenvolvimento da estrutura em solos antrópicos (terra preta e terra mulata), pode ser atribuído ao maior teor de matéria orgânica nestes solos. Para Cunha et al. (2007), à ação do carbono pirogênico (particulado, livre, protegido e em complexos organo-minerais), tem uma forte influência na estruturação do solo, formação e estabilização dos agregados.

A consistência seca dos perfis 1 e 2 (Tabela 2), foi ligeiramente dura nos horizontes Au, enquanto que nos horizontes subsuperficiais foram de dura a extremamente dura. A consistência úmida variou de firme a muito firme. Ligeiramente plástica a plástica, ligeiramente pegajosa a pegajosa foi a consistência molhada para os horizontes Au e Aup. Para os horizontes subsuperficiais a mesma foi muito plástica e muito pegajosa.

Nos perfis 3, 4 e 5 a consistência seca não foi descrita em virtude desses solos se encontrarem úmidos no momento de coleta. A consistência nos horizontes Aup e Au dos perfis 3 e 4 foram classificadas como muito firme, não plástica e não pegajosa. Nos horizontes subsuperficiais a consistência foi friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa no perfil 3 e friável a muito friável, plástica, e ligeiramente pegajosa a pegajosa no perfil 4. No perfil 5 o horizonte superficial, foi caracterizado como firme, plástica e pegajosa, nos demais horizontes do perfil foi caracterizada como firme, muito plástica e muito pegajosa.

5.2. Atributos Físicos

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados referentes aos atributos físicos dos solos (Tabela 3). Os perfis 1 e 2 apresentam fragmentos de cerâmica, na proporção de 67 e 54 g kg⁻¹, nos horizontes superiores, respectivamente (Au1 e Aup). Caracterizado como sendo área de terra mulata, o perfil 3 apresenta menor quantidade de fragmentos de cerâmica, já o perfil 4 praticamente não apresenta fragmentos de cerâmica, no entanto durante a abertura da trincheira verificou-se uma pequena presença deles.

Todos os perfis apresentaram frações grosseiras de cascalho, exceto o perfil 5. Este apresentou 100% de terra fina, com ampla dominância da fração silte, o que pode ser em virtude deste solo ser formado por sedimentos aluviais. Em trabalho de caracterização e classificação de Gleissolos da várzea do rio Solimões, no estado do Amazonas, Guimarães et al. (2013), observaram que os solos apresentam a fração silte como dominante e que a maioria apresenta classe textural franco-argilossiltosa ou franco siltosa, corroborando com as classes encontradas no presente estudo. Ainda segundo esses autores, tal distribuição granulométrica reflete o caráter sedimentar recente das partículas minerais que compõem solos desse ambiente, demonstrando assim um menor grau de desenvolvimento dos solos na paisagem de várzea.

Tabela 3. Atributos físicos dos solos antrópicos e não antrópicos ao longo de uma topossequência no município de Apuí-AM

Horizonte	Prof. cm	-----Fração da amostra total-----			-----Granulometria da terra fina-----					ADA	GF	S/A	Ds	Dp	Pt
		Cascalho	Fragmentos Cerâmicos	Terra Fina	Areia Total	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila						
		g.kg ⁻¹										%	g.cm ⁻³		%
Perfil 1 – Topo – Terra Preta Arqueológica															
Au ₁	0-20	59	67	874	158	65	93	451	391	43	89	1,2	0,7	2,5	72
Au ₂	20-33	54	31	915	151	63	88	443	406	180	56	1,1	0,9	2,6	65
Bt ₁	33-50	78	8	915	110	43	67	336	554	277	50	0,6	nd	2,7	nd
Bt ₂	50-68	87	0	913	65	27	38	332	603	348	42	0,6	nd	2,7	nd
BC	68-83	122	0	878	55	23	32	217	728	455	38	0,3	nd	2,7	nd
Perfil 2 – Terço superior – Terra Preta Arqueológica															
Aup	0-16	25	54	921	153	62	91	454	393	109	72	1,2	0,9	2,6	65
Au	16-45	37	33	930	150	58	92	446	404	269	33	1,1	0,9	2,6	65
BA	45-62	29	0	971	100	35	65	334	566	362	36	0,6	1,2	2,7	56
Bt	62-105	49	0	951	57	23	34	330	613	454	26	0,5	nd	2,7	nd
BC	105-135	55	0	945	49	16	33	250	701	467	33	0,4	nd	2,7	nd
Cc	135-180 ⁺	789	0	211	68	35	33	213	719	479	33	0,3	nd	nd	nd
Perfil 3 – Terço inferior – Terra Mulata															
Aup	0-11	30	0	970	184	84	100	380	436	138	68	0,9	0,8	2,5	69
Au	11-24	93	12	895	197	85	112	289	514	187	64	0,6	0,9	2,6	65
BA	24-50	93	0	907	175	68	107	265	560	234	58	0,5	1,0	2,7	63
Bi	50-85	104	0	896	166	56	110	263	571	286	50	0,5	1,1	2,7	61
BCr	85-110 ⁺	634	0	366	117	36	81	312	571	119	79	0,5	nd	2,7	nd
Perfil 4 – Sopé de transporte – Terra Mulata															
Au	0-23	9	3	988	143	51	92	352	505	229	55	0,7	0,8	2,5	69
AB	23-49	36	0	964	139	40	99	352	509	255	50	0,7	0,8	2,6	69
BA	49-92	33	0	967	141	41	100	353	506	184	64	0,7	1,0	2,7	64
Bi	92-127	58	0	942	149	46	103	331	520	331	36	0,6	1,2	2,7	55
BCr	127-140 ⁺	164	0	836	150	46	104	328	522	285	45	0,6	nd	2,7	nd
Perfil 5 – Sopé de deposição – Solo não antrópico															
A	0-18	0	0	1000	85	19	66	598	317	195	38	1,9	1,2	2,6	54
CA	18-30	0	0	1000	96	17	79	583	321	197	39	1,8	1,6	2,6	41
Cg ₁	30-46	0	0	1000	131	22	109	574	295	196	33	1,9	1,5	2,7	42
Cg ₂	46-76 ⁺	0	0	1000	285	40	244	517	199	148	26	2,6	nd	2,7	nd

ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de floculação; S/A: Razão silte/argila; Ds: Densidade do solo; Dp: Densidade de partícula; Pt: Porosidade total; nd: não determinado.

Os perfis 1 e 2 apresentam diferença de classes texturais ao longo do perfil. Em ambos os horizontes superiores foram caracterizado como textura franco-argilossiltosa variando para argila e muito argilosa nos horizontes subsuperficiais (Tabela 2). Em solos de terra preta de índio é comum observar esta diferença. Resultados mostram que os primeiros centímetros da camada superior do solo tornaram-se um pouco mais arenosos em decorrência da ocupação destes sítios de TPAs (SMITH, 1980). Devido o solo fica exposto, esse pode ficar susceptível a ação da erosão ocasionando assim remoção de partículas de argila e silte.

A fração argila foi dominante nos perfis 3 e 4, e ambos não apresentam diferenças na sua textura ao longo do perfil. Em relação ao grau de floculação (GF), observar-se um maior valor deste para os horizontes Au1 e Aup dos perfis 1 e 2. Em praticamente todos os perfis amostrado o grau de floculação decresce em profundidade, resultado semelhante foram encontrado por Prado e Natale (2003), os quais observaram um aumento do conteúdo de argila total e redução do GF de argila com a profundidade de amostragem do solo. Para Prado e Centurion (2001), o menor grau de floculação em profundidade pode ser explicado pela a menor contribuição da matéria orgânica.

A razão silte/argila (S/A), possui valores maiores que 1, para os dois primeiros horizontes dos perfis 1 e 2, decrescendo nos demais horizontes até chegar a 0,3. Em estudos de Caracterização e classificação de TPAs na Região do Médio Rio Madeira, Campos et al. (2011 a), constataram que todos os horizontes antrópicos exibem valores da razão silte/argila mais elevados em relação aos horizontes subsuperficiais. O perfil 3, que também possui horizonte Aup, apresenta a mesma tendência.

A razão S/A nos perfis 3 e 4 exibe valores menores que 0,7, mas sem grande variação ao longo do perfil. Esta relação é utilizada para inferir o estágio de intemperismo em solos de regiões tropicais. Valores menores que 0,7 indicam baixos teores de silte e um maior grau de intemperismo (EMBRAPA, 2013). No perfil 5 a razão S/A variou de 1,8 a 2,6, no entanto, por ser formado a partir de sedimentos aluviais tal relação é considerada imprópria e estes maiores valores estão associados com a granulometria do solo ser dominada pela a fração silte, demonstrando assim um menor grau de desenvolvimento dos solos na paisagem de várzea (GUIMARÃES et al., 2013).

A densidade do solo (D_s) apresentou valores baixos em todos os horizontes antrópicos (perfis 1 a 4), com valores de 0,7 a 0,9 g.cm⁻³, aumentando em profundidade. Para Aşkin & Özdemir (2003), a D_s é influenciada pela densidade das partículas do solo

(areia, silte e argila), teor de matéria orgânica e o arrançamento das partículas. Os menores valores de D_s nos horizontes A são devido ao maior teor de matéria orgânica nestes horizontes em relação aos horizontes subsuperficiais (conforme será visto na tabela 4) (MARTINS et al., 2006).

Os menores valores de D_s refletem em uma melhor organização estrutural e associado com a matéria orgânica é responsável pela a formação da estrutura granular (SCHAEFER & DALRYMPLE, 1996), como observado no presente estudo. Neste contexto Kern & Kämpf (1989), verificaram que a D_s aumenta em profundidade, concomitantemente com o decréscimo do teor de matéria orgânica em solos antrópicos e adjacentes.

Os maiores valores de D_s nos horizontes Bt e BC das TPAs podem ser em decorrência de uma possível compactação pela a atividade humana, uma vez que estes apresentam um maior valor de D_s nos horizontes B em comparação ao mesmo horizonte B dos solos adjacentes (KERN & KÄMPF, 1989). Estes autores relatam que em solos que ocorreram algum tipo de ocupação humana é de ser esperar maiores valores de D_s , no entanto, altos teores de matéria orgânica podem diminuir este efeito. Isto explica por que mesmo as TPAs sendo ocupadas por vários anos, ainda assim apresente baixa D_s , levando a entender que a matéria orgânica adicionada ao longo tempo exerceu uma influência maior do que os efeitos de compactação ocasionada nestas áreas.

O perfil 5 apresentou os maiores valores de D_s , assim como os menores valores de matéria orgânica, mostrando que há uma relação inversa entre matéria orgânica e densidade do solo (MARTINS et al., 2006). Estudando segmentos de vertente e atributos do solo de uma topossequência na região de Manicoré, AM, Campos et al. (2010), verificaram que os resultados da D_s foram mais elevados no sopé de transporte do que nas outras unidades da paisagem, corroborando com os resultados encontrados neste estudo. Segundo esses autores, tais resultados são possivelmente em consequência da maior instabilidade estrutural nesses ambientes geomórficos.

A densidade média de partícula sólida do solo (D_p) apresentou praticamente os mesmos valores ao longo de toda a topossequência, indicando a homogeneidade entre as áreas (VIANA, et al., 2011), inclusive o solo de várzea do perfil 5 que é formado por material sedimentado. Os menores valores de D_p nos primeiros horizontes de cada perfil são devido aos altos teores de matéria orgânica. De acordo com Amaro Filho et al. (2008), em solos com altos teores de material orgânico os valores de D_p são menores devido a menor densidade da matéria orgânica.

Os valores de porosidade total do solo nas duas terras pretas e nas duas terras mulatas foram altos, em todos os perfis com valores superiores a 50%. A porosidade total do solo foi maior para todos os horizontes A, e a mesma decresce gradativamente, em profundidade. A maior porosidade verificada nos horizontes Au1, Au2 e Aup é em decorrência dos menores valores de Ds. Estas variáveis apresentam uma relação inversa. Como já observado a matéria orgânica afeta os valores de Ds, e esta também explica os maiores valores de porosidade encontrado nos horizontes A (ANDRADE et al., 2009; CUNHA et al., 2010b). Os teores de carbono são altos mesmo em profundidade (Tabela 4), o mesmo afetar a porosidade total nos horizontes subsuperficiais.

O perfil 5 é o único que apresenta valores de porosidade total abaixo de 50%, no entanto, no horizonte A, o mesmo apresenta um valor de porosidade total de 54%, o que pode ser justificado pelo os maiores teores de carbono orgânico (JUHÁSZ et al., 2007).

5.3. Atributos Químicos

Os atributos químicos dos solos são apresentados na Tabela 4. Os valores de pH em água nos horizontes antropogênicos variam de 5,0 a 6,3 considerados moderadamente ácido (EMBRAPA, 2006). O perfil 2 foi o que apresentou o maior valor de pH no horizonte Aup, já o perfil de terra mulata P4, foi o solo que apresentou o menor valor de pH nos horizontes antrópicos. Estes valores encontrar-se dentro dos limites de 4,3 a 6,6 com média de 5,7 na camada superior das terras pretas como citado por Falcão et al., (2010). Nos perfis 2, 3 e 4, o valor de pH decresce em profundidade. O perfil 5 que não é influenciado pela a ação antrópica, apresenta os menores valores de pH da topossequência, com valores de 4,0 em superfície aumentando até 4,6 no horizonte Cg2, sendo considerado extremamente ácido em superfície e fortemente ácido em subsuperfície (EMBRAPA, 2006). Esta maior acidez nos primeiros horizontes pode ser em decorrência da decomposição da matéria orgânica. Para Barbosa Filho et al. (2005), a decomposição da matéria orgânica constitui um dos principais processos de adição de íons de H^+ ao solo, por meio da formação de compostos orgânicos saturados de H^+ . Estes por sua vez atuam como ácidos fracos, acidificando o solo em intensidade variável, sendo dependente da quantidade e qualidade da matéria orgânica (BARBOSA FILHO et al., 2005).

Os valores de pH em KCl nos horizontes antrópicos variam de 4,0 a 5,7 e o mesmo decresce em profundidade para os solos antrópicos. Falcão et al. (2010), relata

que o pH em KCl ($1,0 \text{ mol L}^{-1}$) na camada superficial das TPAs variam de 3,8 a 6,0 apresentando um valor médio de 4,9. O perfil 5 apresenta os menores valores de pH em KCl, aumentando em profundidade.

Para todos os solos ao longo da topossequência o pH em KCl foi menor que o pH em água, estabelecendo assim um ΔpH negativo, evidenciando o predomínio de carga líquida negativa, mostrando que nestes solos a capacidade de troca catiônica (CTC) dos solos supera a capacidade de troca aniônica (CTA) em condições de pH natural (OLIVEIRA et al., 2003; FERNANDES et al., 2008).

Os valores dos cátions básicos Ca^{2+} e Mg^{2+} foram muito altos nos primeiros horizontes dos perfis 1 a 3, principalmente o Ca^{2+} que apresentou valores variando de 2,39 a 23,85 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ nos horizontes antrópicos. Resultados semelhantes aos encontrados por Silva et al. (2011), que relataram valores de cálcio entre 3,2 a 25,0 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Os altos valores de cálcio encontrados nestes sítios de terra preta possivelmente são em decorrência da deposição de ossos humanos e de animais (SMITH, 1980).

Os valores de cálcio e magnésio são altos nos perfis de terra mulata (3 e 4), mas são menores que os valores encontrados nos perfis de TPAs, estudos recentes mostram que devido a menor ação antrópica sofrida, os solos de TM apresentam menores teores de nutrientes, entre eles Ca^{2+} e Mg^{2+} (FRASER et al., 2011). Os valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} encontrados no perfil 5, são baixos, os quais são característicos dos solos da região Amazônica. Os valores de sódio e potássio são baixos em todos os solos ao longo da topossequência, mostrando que ambos não foram acrescentados aos solos pela as atividades antrópicas.

Os teores de alumínio trocável variam ao longo da topossequência, os menores valores foram verificados nos perfis 1 e 2 (Tabela 4), os quais apresentam saturação por alumínio (m) inferior a 7%. Os altos valores de cálcio, magnésio, saturação por bases e valores de pH superiores a 5,5 resultam na baixa saturação por alumínio encontrados nestes perfis. Para Guimarães et al. (2013) o alumínio em solução tem atividade baixa ou nula nos valores de pH acima de 5,5.

Tabela 4. Atributos químicos dos solos antrópicos e não antrópicos ao longo de uma topossequência no município de Apuí-AM

Horiz.	Prof. cm	pH H ₂ O	pH KCl	Δ pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P	COT
				 cmol _c kg ⁻¹ % mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	
Perfil 1 – Topo – Terra Preta Arqueológica																
Au ₁	0-20	5,5	5,0	-0,5	23,85	4,14	0,19	0,08	28,26	0,58	15,49	43,75	65	2	206	68,85
Au ₂	20-33	5,7	4,7	-1,0	14,64	2,27	0,09	0,05	17,05	0,43	14,27	31,32	54	2	455	37,23
Bt1	33-50	5,9	4,7	-1,2	12,07	2,07	0,09	0,06	14,29	0,42	8,84	23,13	62	3	268	20,87
Bt2	50-68	5,8	4,5	-1,3	8,90	1,20	0,09	0,05	10,24	0,38	6,76	17,00	60	4	128	10,61
BC	68-83	5,7	4,5	-1,2	7,42	0,69	0,14	0,05	8,30	0,40	6,26	14,56	57	5	146	7,29
Perfil 2 – Terço superior – Terra Preta Arqueológica																
Aup	0-16	6,3	5,7	-0,6	21,60	1,87	0,52	0,10	24,09	0,78	8,50	32,59	74	3	227	56,31
Au	16-45	5,8	4,6	-1,2	13,89	2,22	0,43	0,11	16,65	0,38	16,81	33,46	50	2	668	32,75
BA	45-62	5,8	4,5	-1,3	10,82	1,99	0,21	0,07	13,09	0,42	12,48	25,57	51	3	354	16,60
Bt	62-105	5,6	4,4	-1,2	8,29	1,33	0,17	0,07	9,86	0,49	7,72	17,58	56	5	203	9,55
BC	105-135	5,4	4,3	-1,1	6,58	1,33	0,16	0,06	8,13	0,55	6,62	14,75	55	6	199	5,62
Cc	135-180 ⁺	5,2	4,2	-1,0	5,00	1,30	0,14	0,06	6,50	0,52	6,20	12,70	51	7	226	4,89
Perfil 3 – Terço inferior – Terra Mulata																
Aup	0-11	6,0	5,4	-0,6	18,52	2,88	0,50	0,15	22,04	0,03	11,60	33,64	66	0	236	49,50
Au	11-24	5,6	4,1	-1,5	2,39	0,13	1,44	0,29	4,25	1,55	20,39	24,65	17	27	323	26,33
BA	24-50	5,5	4,0	-1,5	1,52	0,02	1,42	0,15	3,11	1,79	15,98	19,09	16	37	284	13,72
Bi	50-85	4,8	3,9	-1,0	1,49	0,01	0,53	0,08	2,11	2,17	13,69	15,80	13	51	258	9,95
BCr	85-110 ⁺	4,6	3,6	-1,0	1,53	0,01	0,22	0,03	1,79	2,84	10,31	12,10	15	61	140	4,61
Perfil 4 – Sopé de transporte – Terra Mulata																
Au	0-23	5,0	4,2	-0,8	10,59	0,43	0,27	0,17	11,47	0,57	19,87	31,34	37	5	162	37,60
AB	23-49	4,4	4,0	-0,5	1,84	0,05	0,09	0,13	2,11	2,45	17,20	19,31	11	54	119	22,70
BA	49-92	4,7	4,0	-0,7	1,74	0,01	0,04	0,00	1,80	2,20	13,62	15,41	12	55	107	9,70
Bi	92-127	4,5	3,9	-0,6	1,70	0,00	0,02	0,00	1,73	2,62	9,87	11,59	15	60	73	3,99
BCr	127-140 ⁺	4,5	4,0	-0,5	1,57	0,01	0,02	0,00	1,59	2,51	10,52	12,11	13	61	95	6,02
Perfil 5 – Sopé de deposição – Solo não antrópico																
A	0-18	4,0	3,4	-0,6	0,94	0,19	0,11	0,02	1,26	2,55	8,12	9,39	13	67	13	14,33
CA	18-30	4,4	3,6	-0,8	0,85	0,09	0,04	0,00	0,97	2,84	7,13	8,11	12	74	5	5,85
Cg ₁	30-46	4,5	3,5	-1,0	0,67	0,02	0,03	0,00	0,72	2,45	6,56	7,28	10	77	4	3,23
Cg ₂	46-76 ⁺	4,6	3,9	-0,7	0,76	0,01	0,01	0,00	0,78	1,28	4,85	5,63	14	62	3	1,25

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; COT: Carbono orgânico total.

Os maiores teores de Al^{3+} foram observados para os perfis 3, 4 e 5. O perfil 3, apresentou saturação por alumínio de 0% no horizonte Aup a 61% no horizonte BCr, o perfil 4 apresentou em sua maior parte caráter álico (saturação por alumínio $\geq 50\%$), por sua vez o perfil 5 foi todo álico com saturação por alumínio variando de 62 a 77%. Os maiores valores de alumínio observados nestes solos podem ser em decorrência dos menores valores de cálcio e saturação por base dos perfis, assim como pelos os menores valores de pH do solo.

A acidez potencial (H + Al) do solo foi alta para os perfis de TPAs e TMs e menor no perfil 5 solo de várzea. Os maiores valores de H + Al, nos perfis de terra preta foram observados nos horizontes que apresentam maior teor de carbono orgânico, decrescendo em profundidade. Os altos valores de acidez potencial nestes perfis associados com os baixos teores de Al^{3+} trocável, indicam que a acidez potencial nestes solos é, em sua maioria, composta por H, que pode até ser associada à adição de H+ pela a decomposição da MOS (BARBOSA FILHO et al., 2005). Os demais perfis tem uma contribuição tanto do alumínio como do hidrogênio.

Com relação à capacidade de troca de cátions (CTC), os solos antrópicos apresentam altos valores de CTC, principalmente os horizontes Au1 e Aup, já o perfil 5 apresenta menor CTC. Observar-se que a CTC do solo apresenta a mesma tendência dos valores de carbono orgânico, ambos decrescem em profundidade. Os valores da CTC nos horizontes Au1 e Aup variaram de 43,75 a 31, 34 $cmo_c.kg^{-1}$ nos perfis 1 e 4, respectivamente. Mesmo no perfil 5, o maior valor de CTC do solo foi no horizonte A, o qual também apresenta o maior teor de carbono deste perfil. Para Kweon et al. (2013), com o aumento da porcentagem de argila e matéria orgânica do solo, ocorre um aumento da CTC do solo. No presente estudo observar-se que os maiores valores de CTC estão mais relacionados com os teores de matéria orgânica, devido a CTC apresentar uma relação direta com a MOS.

Os teores de fósforo disponível foram elevados nos dois perfis de TPA e nos dois de TM e baixo no solo de várzea (P5) (Tabela 4). Observar-se que em ambos os solos de terra preta, o segundo horizonte antrópico foi o que apresentou os teores mais elevados de P, 455 e 668 $mg kg^{-1}$ para os perfis 1 e 2, respectivamente. Estes resultados corroboram com os encontrados por Kern & Kämpf (2005), que estudando a ação antrópica e pedogênese em solos de terra preta em Cachoeira-Porteira no Pará, verificaram que os maiores valores de P (670 $mg kg^{-1}$) foram exibidos nos horizontes

Au2 e Au3. Os menores valores de P no primeiro horizonte podem ser em decorrência da variação e quantidade de material orgânico aportado ao longo do tempo.

Os maiores valores de P foram observados nos perfis de TPA, estes são devido a grande deposição de cinzas de fogueiras, ossos de peixes, de animais e cascos de tartaruga (Smith, 1980). Os maiores teores de P podem está associados à microfragmentos de apatita óssea com valores elevados de P/Ca (LIMA et al., 2002).

Mesmo sendo pequena, observar-se diferença entre as duas TP, mostrando assim que há uma heterogeneidade dentro deste sítio, apesar do perfil 2 ser cultivado com cacau, o cultivo é realizado com sombreamento, e sobre o solo formar-se uma grande camada de folhas, deixando o solo tão protegido quanto aquele da mata, minimizando assim o efeito do uso. Os maiores valores de fósforo (Tabela 4) verificado no perfil 2 - terço superior - terra preta arqueológica pode ser devido a uma maior deposição de resíduos neste local. De acordo com Kern & Kämpf (2005) existia uma tendência das maiores acumulações situarem-se nas posições de inflexão convexa (ombro) e encosta das áreas de terra preta, mostrando que as áreas preferenciais de descarte dos resíduos de plantas e animais situavam-se na periferia da zona ocupada pela a população pré-colombiana.

Em relação aos teores de carbono orgânico observar-se que houver um decréscimo deste elemento ao longo da topossequência. Os maiores valores de carbono orgânico foram verificados na TPA que encontrar-se no topo da topossequência. Elevados teores de matéria orgânica em solos de terra preta foram relatados por Falcão & Borges (2006). Para Glaser et al. (2000), os altos teores da matéria orgânica provavelmente consiste da decomposição de resíduos vegetais e animais e da rápida ciclagem desta.

Os altos valores de carbono orgânico observado nos horizontes adjacentes podem ter sido transportados ao longo do tempo. Para Glaser et al. (2000), as partículas de carbono podem ter sido transportados para os horizontes mais profundos pela atividade de minhocas e cupins, pois é sabido que esses solos não foram lavrados pela população nativa.

O caráter eutrófico foi verificado para todos os horizontes dos perfis de terra preta, enquanto que na terra mulata, apenas o horizonte Aup do perfil 3 apresentou esse caráter. Os demais horizontes, o perfil 4 de terra mulata e o perfil 5 de solo de várzea exibiram valores de saturação por base inferior a 50%, sendo portanto distróficos. O caráter eutrófico nas TPAs foi relatado por vários autores, entre eles Lima et al. (2002).

O solo de várzea, perfil 5 apresentou baixos valores de saturação por base, menores que 14%, mostrando a pouca fertilidade dos sedimentos que formaram este solo, diferentemente dos formados nas várzeas do rio Solimões que são frequentemente eutróficos com baixa acidez (GUIMARÃES et al., 2013).

A elevada saturação por base nas áreas da TPA é em decorrência da deposição de resíduos de plantas e animais que forneceram os cátions básicos, principalmente o cálcio. Estas acumulações contribuíram decisivamente para a formação de solos férteis de terra preta, com maiores valores de pH, Ca e Mg, P, CTC e saturação por bases, em comparação aos solos adjacentes não antrópico (NOVOTNY et al., 2009). A maior acumulação destes resíduos nos solos de terra preta em relação às terras mulatas resultou na maior fertilidade da primeira em relação a última.

A alta fertilidade dos horizontes subsuperficiais não antrópicos das terras pretas, confirmados pela elevada saturação de base dos mesmos, altos teores de P e carbono orgânico, mostra que o impacto da ação antrópica não limita-se aos horizontes superficiais, mas pode modificar o solo em profundidade, através de processos pedogênicos como a melanização, lessivagem e bioturbação (KERN & KÄMPF, 2005). A impressão geral é de uma eficiente mistura pedobiológica dos horizontes A antrópicos com o subjacente Bw/Bt, como indicado por canais de minhoca preenchidos com material preto nos horizontes B e com material de horizonte B nos horizontes A (LIMA et al., 2002).

Os altos teores de Carbono orgânico, P, Ca e Mg são os principais indicadores químico da ocorrência de terra preta, em razão dos seus altos valores que esses elementos apresentam nas TPAs e os baixos que exibem nos solos adjacentes, já os valores de pH, Na e K são indicadores pouco eficiente (KERN & KÄMPF, 2005). Os solos de terra mulata são menos ricos em nutrientes, apresentando apenas um ligeiro aumento nos teores de P, Ca e Mg, conforme também relato por Fraser et al. (2011).

Os perfis de terra mulata (P3 e P4) apresentam menor fertilidade em relação às terras pretas, evidenciado pelos os menores valores de soma e saturação por base, fósforo e carbono orgânico, no entanto, é importante enfatizar que mesmo sendo menos férteis que as terras pretas, estes solo apresenta uma fertilidade considerada boa em relação aos demais solos da região, conforme pode ser observado também comparando a terra mulata com o perfil 5 solo de várzea.

5.4. Classificação dos perfis de solos

Com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 2013), os cinco perfis da topossequência foram classificados até o 4º nível categórico. Sendo utilizado para o 5º nível (família) o tipo de horizonte A e o grupamento textural, sendo acrescentado no final as fases: classes de relevo regional e vegetação primária.

Os perfis 1 e 2, solos de TPA foram enquadradas no primeiro nível categórico (ordem) como Luvisolos. Apesar dos solos apresentarem relação textural de 1,45 e 1,48 (apêndice 2), o que não caracteriza uma relação textural apropriada para os horizontes B serem enquadrados como Bt. No entanto em razão da presença de cerosidade moderada e comum no horizonte Bt2 do P1 e moderada e abundante no horizonte Bt do P2, passam a ser horizontes B textural (Bt) (EMBRAPA, 2013). Estes solos são enquadrados em Luvisolos, por possuírem horizonte Bt, associado com atividade de argila alta (apêndice 2) e caráter eutrófico (Tabela 4), de acordo com os critérios do SiBCS (EMBRAPA, 2013).

No segundo nível categórico (subordem) os perfis 1 e 2 foram classificados como Crômicos, por possui caráter crômico – matiz mais amarelo que 5YR, valores de 4 a 5 e croma de 3 a 6, nos primeiros 100 cm do horizonte B. No 3º nível categórico (grande grupo), os solos foram enquadrados como Órtico o perfil 1, e Pálico o P2, o segundo recebendo este caráter por apresentar espessura do solum (A + B) maior que 80 cm.

Os perfis 3 e 4 foram enquadrados na ordem dos Cambissolos, devido a presença do horizonte B incipiente, e na subordem dos Háplicos, por não possuírem horizontes hístico, húmico ou caráter fúlvico. Ambos apresentam alta atividade da fração argila (Ta) (apêndice 2). O perfil 3 apresenta o horizonte BA e Bi como Ta, enquanto o perfil 4 o horizonte BA é Ta e o horizonte Bi apresenta argila de atividade baixa (Tb). Porém neste último caso, o horizonte BA é mais espesso do que o Bi. Como ambos apresentam horizontes BA e/ou Bi com saturação por base menor que 50%, foram enquadrados como Ta Distrófico no nível de grande grupo. O perfil 3 por apresentar contato lítico entre 50 e 100 cm foi caracterizado como léptico no 4º nível categórico (subgrupo).

No sopé de deposição, o último perfil da topossequência (P5), que passar a maior parte do ano inundado, apresenta características de hidromorfismo (processo de gleização) foi classificado na ordem dos Gleissolos. Pela a ausência de horizontes sulfúrico e/ou materiais sulfídricos, horizonte hístico ou caráter sálico, o mesmo foi

enquadrado como Háplico no segundo nível categórico. Como o horizonte Cg1 apresentar argila de atividade baixa e o Cg2 argila de atividade alta e ambos estão dentro dos 100 primeiros centímetros da superfície deste solo, foi considerado o horizonte Cg2 por ser mais espesso, desta forma o 3º nível foi caracterizado como Ta Distrófico.

A classificação completa dos perfis de acordo com os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solo SiBCS (EMBRAPA, 2013), segue abaixo:

Perfil 1: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico, A antrópico, textura argilosa, floresta tropical subperenefólia, relevo suave ondulado - TCo.

Perfil 2: LUVISSOLO CRÔMICO Pálico típico, A antrópico, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado – TCp.

Perfil 3: CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico léptico, A antrópico, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado – CXvd.

Perfil 4: CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, A antrópico, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado – CXvd.

Perfil 5: GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, A moderado, textura siltosa, fase floresta Tropical Subperenefólia de várzea, relevo suave ondulado – GXvd.

Observando as Províncias Estruturais do Brasil, segundo o modelo de Almeida et al. (1976), fica claro que a topossequência está inserida no Cráton Amazônico. De acordo com Schaefer (2013), no Cráton Amazônico, até o momento não foi verificada a presença de Luvisolos Crômicos. No presente estudo tendo em vista os critérios proposto pelo SiBCS, os solos foram enquadrados como Luvisolos Crômicos, mostrando que há ocorrência desta ordem de solo, na região Sul do Amazonas. Os resultados mostram que é preciso um estudo mais detalhado para identificação dos solos deste cráton. É importante frisar que a não identificação de Luvisolos no Amazonas, não quer dizer que estes solos não possam existir nesta região, apenas que os mesmos ainda não havia sido encontrados. No estado do Acre esta ordem é a terceira de maior expressão territorial (AMARAL et al., 2006). Os Luvisolos no Acre variam de bem a imperfeitamente drenado, sendo normalmente poucos profundos (60 a 120 cm), e os mesmos apresentam uma nítida diferenciação entre os horizontes A e B, devido ao contraste de textura, cor e/ou estrutura (AMARAL et al., 2013).

Os perfis 3 e 4 foram enquadrados como Cambissolos Háplicos. Estes solos apresentam uma área territorial de cerca de 7.206 km² (0,4%) no Cráton Amazônico

(SCHAEFER, 2013). O perfil 5 o Gleissolo Háplico representa 23.165 km² ou 1,3% do Cráton Amazônico (SCHAEFER, 2013).

Este trabalho sugere a inclusão de Luvisolos Crômicos na Região Sul do Amazonas.

5.5. Teores dos elementos Si, Fe, Al e Ti do ataque sulfúrico, Fe e Al extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato, com oxalato ácido de amônio e pirofosfato de sódio

Os teores de Si, Fe, Al e Ti do ataque sulfúrico, Fe e Al extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato, oxalato ácido de amônio e com pirofosfato de sódio são apresentados na Tabela 5. Os maiores teores totais de Fe₂O₃ do ataque sulfúrico foram determinados nos perfis de terra preta P1 e P2, cujos valores variaram entre 62,7 a 98,8 g kg⁻¹. Nos perfis P3 e P4 (terra mulata) os teores de Fe₂O₃ estão entre 32,3 a 67,7 g.kg⁻¹. Esses valores são relativamente baixos. Silva et al. (2011), estudando solos antrópicos (terras pretas de índio) na Amazônia central em terra firme e em várzeas encontraram valores de Fe₂O₃ variando entre 42,9 e 99,3 g kg⁻¹. Esses autores relatam que esses valores estão dentro do que é normalmente observado nos solos amazônicos.

Os baixos valores de Fe₂O₃, nos solos estudados são decorrentes da pobreza de ferro no material de origem. Os baixos teores Fe₂O₃ podem também ser justificados pela alta pluviosidade da região e a uma possível baixa permeabilidade do solo, configurando-se assim para condições favoráveis à redução do ferro e sua saída do solo (ARAÚJO et al., 2004).

O perfil 5, localizado no sopé de deposição e o solo que apresenta os menores teores de Fe₂O₃, variando de 7,0 a 11,2 g.kg⁻¹. Estes menores resultados mostram que as condições de hidromorfismo provocam redução nos teores dos óxidos de ferro (CAMPOS et al., 2012). As diferenças de cor do solo são refletidas pelo os teores Fe₂O₃ (MARQUES et al., 2004). Neste contexto as cores cizento a cinzento-avermelhado-claro do perfil 5 é resultante dos baixos teores de Fe₂O₃, presente no solo.

Os valores de SiO₂, aumentaram em profundidade, variando de 155 g.kg⁻¹ nos horizontes superficiais para 285 g.kg⁻¹ nos horizontes BC das terras pretas. Nos solos de terra mulata os valores de SiO₂ variaram de 133 a 231 g.kg⁻¹, sendo o maior valor em superfície. No perfil 5, foram determinados os menores valores de SiO₂, com valor de 109,5 g.kg⁻¹ na superfície e 86 g.kg⁻¹ no horizonte Cg2.

Em relação aos teores de Al_2O_3 , verificou-se que nos perfis de terra preta P1 e P2 os teores foram mais elevados, demonstrando riqueza de alumínio no material de origem, enquanto o perfil P5 exibiu o menor valor (Tabela 5). Observa-se que os valores de Al_2O_3 nos perfis P1, P2 e P3 aumentam em profundidade, enquanto o P5 apresenta valores descontínuos ao longo do perfil.

O perfil 5 apresenta os menores valores de Si, Al e Fe do ataque sulfúrico. Para Rosolen & Herpin (2008), em ambientes constantemente saturados por água, ocorre a mobilização, redistribuição e exportação do ferro, sílica, alumínio e outros elementos químicos.

A pequena variação do TiO_2 ao longo de cada perfil evidencia a uniformidade dos materiais de origem estudados, eliminando a possibilidade de descontinuidade litológica (MAFRA et al., 2001).

Os valores do índice Ki nos solos antrópicos variaram de 1,58 a 2,04. No perfil 5 (solo não antrópico) os valores do Ki variaram de 1,96 a 2,39. Estes valores de Ki conferem certo grau de intemperismo aos solos estudados, sendo menos intemperizado os solos de sopé de transporte e sopé de deposição como confirmado pela presença de Cambissolo Háptico e Gleissolo Háptico, respectivamente. O índice Ki infere ainda uma composição mineralógica caulinítica, confirmada pela difratometria de raios-X.

Os maiores valores do índice Ki são atribuídos provavelmente aos maiores teores de Si no material de origem, comprovado pelo aumento deste elemento em profundidade para os perfis de 1 a 3. Nos perfis 4 e 5 moderados a e mal drenados, podem influenciar os maiores valores do índice Ki, como observado por Ghidin et al. (2006).

Os maiores valores de Fe extraído com DCB (Fe_d) foram verificados para os dois perfis de TPA, com valores intermediários para os solos de terra mulata e menores para o solo de várzea (Tabela 5). Ghidin et al. (2006), verificaram a menor concentração do ferro cristalino na parte baixa da topossequência, atribuindo isso a relação entre o regime de umidade do solo e processo de desferrificação. Para Costa et al. (2009), os processos de oxidação e redução, ainda que por um curtos períodos de tempo, unificados à presença de matéria orgânica, são satisfatórios para que através da atividade microbiana ocorra a redução das formas oxidadas de ferro (Fe^{3+}), presente na estrutura dos óxidos para à forma reduzida (Fe^{2+}), está última por ser solúvel pode ser removida do *solum*, ocasionando cores pálidas nos solos (solos claros e acinzentados).

Na caracterização morfológica foi verificado que o Gleissolo (P5) apresenta mosqueado nos horizontes (CA, Cg1 e Cg2), além de ser imperfeitamente drenado.

Os maiores resultados de ferro localizados no topo e nos terços inferior e superior da topossequência é em decorrência da ausência de processos de oxidação e redução, favorecendo assim a acumulação deste elemento em relação a outros minerais mais solúveis (COSTA et al., 2009). É importante enfatizar, que mesmo os teores totais dos óxidos de ferro (óxidos do ataque sulfúrico Tabela 5) são baixos nestes solos, ainda de acordo com Silva et al. (2011), esses valores estão dentro do que é normalmente observado nos solos amazônicos.

Os valores do elemento Fe extraído com o oxalato ácido de amônio (Fe_o) foi baixo em todos os solos. Apresentam valores aproximados nos 4 primeiros perfis de solo, sendo estes maiores que os apresentados para o perfil 5 no sopé de deposição (Tabela 5). Observa-se um decréscimo em profundidade dos valores do Fe_o nos perfis de Luvisolos e Cambissolos e uma tendência de aumento em profundidade para o Gleissolo. Maiores valores de Fe extraído com oxalato de amônio nos horizontes superficiais A antrópicos foram verificados por Lima et al. (2002). De acordo com esses autores, os maiores valores de Fe_o apresentado para os horizontes A antrópicos estão provavelmente relacionado ao maior teor de matéria orgânica. Para Kämpf & Schwertmann (1983), esses maiores valores de Fe_o nos horizontes Au1 e Aup dos solos antrópicos está associado aos maiores teores de C orgânico nestes horizontes, pois a fração húmica tem efeito inibidor na cristalização desses minerais.

Os valores de ferro extraído por pirofosfato de sódio (Fe_p) foram semelhantes para todos os solos antrópicos, apresentando maiores valores de Fe_p do que o solo não antrópico do perfil 5. Desta maneira os valores de Fe_p nos solos antrópicos foram maiores que os valores de Fe_o e menores que os valores de Fe_d , com exceção do perfil 3, cujos valores de Fe_d são menores que os Fe_p . Apesar de ser considerado um extrator de Fe complexado por matéria orgânica, Kaiser & Zech (1996), mostraram que pirofosfato de sódio não deve ser utilizado para estimar Fe complexados por matéria orgânica do solo, pois o mesmo pode superestimar tais resultados, em decorrência da reação de peptização de oxihidróxidos de Fe (goethita). Neste contexto, é importante salientar que os perfis 3 e 4 apresentam maior expressão de goethita e no Gleissolo não foi verificada a ocorrência deste mineral (de acordo com as análises de mineralogia). Esses valores são condizentes com os maiores e os menores valores de Fe_p , encontrados nos solos desta topossequência.

Tabela 5. Teores de Si, Fe, Al e Ti do ataque sulfúrico, Fe e Al extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato, oxalato ácido de amônio e com pirofosfato de sódio dos solos antrópicos e não antrópicos ao longo de uma topossequência no município de Apuí-AM

Hor	Prof. cm	Ataque Sulfúrico						Razão	Extração Seletiva						Razões	
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Ki ⁽¹⁾	Kr ⁽²⁾	*Fe _d /Fe _s ⁽³⁾	Fe _d	Fe _o	Fe _p	Al _d	Al _o	Al _p	Fe _o /Fe _d	Fe _o / (Fe _d -Fe _o)
		g.kg ⁻¹						g.kg ⁻¹								
P1 Topo – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico, A antrópico, textura argilosa																
Au ₁	0-20	166,0	161,8	76,9	8,6	1,74	1,34	0,39	21,06	4,33	6,12	17,51	11,18	11,65	0,21	0,26
Au ₂	20-33	-	-	-	-	-	-	-	30,20	4,30	7,08	19,28	7,96	10,50	0,14	0,17
Bt1	33-50	-	-	-	-	-	-	-	32,91	5,16	8,81	17,46	3,11	8,50	0,16	0,19
Bt2	50-68	239,0	225,6	90,9	7,9	1,80	1,43	0,63	39,78	3,21	10,16	18,32	1,82	8,69	0,08	0,09
BC	68-83	244,0	239,7	98,4	6,9	1,73	1,37	0,59	40,92	3,04	5,33	18,92	1,98	5,48	0,07	0,08
P2 Terço Superior - LUVISSOLO CRÔMICO Pálico típico, A antrópico, textura argilosa																
Aup	0-16	155,5	152,0	62,7	8,1	1,74	1,38	0,51	22,34	3,64	4,49	14,08	6,80	8,73	0,16	0,19
Au	16-45	-	-	-	-	-	-	-	26,80	3,84	6,59	15,79	6,52	11,47	0,14	0,17
BA	45-62	-	-	-	-	-	-	-	28,37	2,75	7,43	16,10	2,03	9,79	0,10	0,11
Bt	62-105	266,0	237,8	86,5	7,7	1,90	1,54	0,39	23,56	3,29	7,71	13,32	1,78	8,97	0,14	0,16
BC	105-135	-	-	-	-	-	-	-	20,71	2,53	1,63	12,10	1,70	2,59	0,12	0,14
Cc	135-180 ⁺	285,0	262,3	98,8	7,3	1,85	1,49	0,38	26,37	1,92	1,26	12,63	1,67	1,67	0,07	0,08

Continua

P3 Terço Inferior - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico léptico, A antrópico, textura argilosa																
Aup	0-11	133,5	122,4	57,5	7,3	1,85	1,43	0,15	6,08	3,22	8,18	6,11	6,04	14,45	0,53	1,12
Au	11-24	-	-	-	-	-	-	-	7,21	3,43	8,68	6,84	6,37	18,53	0,48	0,91
BA	24-50	-	-	-	-	-	-	-	10,01	3,40	9,45	6,48	4,84	16,09	0,34	0,52
Bi	50-85	150,5	161,9	59,5	8,4	1,58	1,28	0,19	7,78	2,84	10,58	5,73	3,85	16,24	0,37	0,58
BCr	85-110 ⁺	231,0	201,9	67,7	9,3	1,94	1,60	0,13	6,11	1,21	8,07	4,59	1,88	11,69	0,20	0,25
P4 Sopé de Transporte - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, A antrópico, textura argilosa																
Aup	0-23	187,5	132,5	32,3	9,4	2,41	2,08	0,42	9,49	4,88	9,21	6,22	3,50	16,28	0,51	1,06
AB	23-49	-	-	-	-	-	-	-	17,33	4,12	9,27	7,69	3,77	16,43	0,24	0,31
BA	49-92	-	-	-	-	-	-	-	17,43	3,80	7,43	7,45	3,51	16,45	0,22	0,28
Bi	92-127	201,0	167,9	54,3	9,8	2,04	1,69	0,45	17,18	2,01	8,59	7,40	2,18	9,83	0,12	0,13
BCr	127-140 ⁺	178,5	164,1	57,0	9,8	1,85	1,51	0,46	18,38	2,54	7,70	7,14	2,46	10,35	0,14	0,16
P5 Sopé de Deposito - GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, A moderado, textura siltosa																
A	0-18	109,5	93,1	7,0	8,5	2,00	1,91	0,20	0,99	0,30	0,13	2,47	0,82	1,03	0,31	0,44
CA	18-30	-	-	-	-	-	-	-	2,01	0,48	0,11	2,30	0,86	1,20	0,24	0,31
Cg ₁	30-46	132,5	114,7	11,2	9,3	1,96	1,85	0,38	3,01	0,49	0,12	2,59	0,77	1,18	0,16	0,19
Cg ₂	46-76 ⁺	86,0	61,2	10,1	8,6	2,39	2,16	0,47	3,29	0,53	0,17	2,61	0,89	1,10	0,16	0,19

Conclusão

Hor.: horizonte; Prof.: profundidade; Fe_d: formas de Fe extraídos por ditionito-citrato-bicarbonato (DCB); Fe_o: formas de Fe extraídos por oxalato ácido de amônio (OAA); Fe_p: Formas de Fe extraídos por pirofosfato de sódio; Al_d: formas de Al extraídos por ditionito-citrato-bicarbonato; Al_o: formas de Al extraídos por oxalato ácido de amônio; Al_p: Formas de Al extraídos por pirofosfato de sódio.

⁽¹⁾Ki: $1,7 \times \text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$; ⁽²⁾Kr: $(\text{SiO}_2/0,60)/((\text{Al}_2\text{O}_3/1,02) + (\text{Fe}_2\text{O}_3/1,60))$; ⁽³⁾*Fe_d/Fe_s: formas de Fe extraídos por DCB convertidos para óxidos de Fe/Formas de Fe extraído por ataque sulfúrico.

A relação Fe_d/Fe_s tem sido utilizada como indicador do grau de desenvolvimento do solo, sendo maior nos solos mais intemperizados (CUNHA et al., 2005). Os maiores valores da relação Fe_d/Fe_s foram observados nos perfis de TPA (P1 e P2) confirmando a maior evolução destes solos em comparação aos demais da topossequência. O perfil 4 apresentou valores variando de 0,42 no horizonte Aup e 0,46 no horizonte BCr evidenciando estágio intermediário de intemperismo ou incipiente como confirmada pela sua classificação Cambissolo Háplico. Kämpf & Schwertmann (1983), estudando onze solos do Planalto Sul Rio-grandense no estado do Rio Grande do Sul, verificou que altas relações 0,75 a 0,99 de Fe_d/Fe_s indicam avançado intemperismo, sendo característico de *Oxisols* e *Ultisols* (aproximadamente Latossolos e Argissolos), enquanto que valores menores 0,46 a 0,85 indicam solos menos intemperizados como os *Inceptisols* (Cambissolos).

O perfil 3 apresentou a menor relação Fe_d/Fe_s . Valores menores que 0,2, mostrando assim que é um solo pouco desenvolvido, comprovado pela pequena espessura do solo e o horizonte B incipiente, característico de Cambissolo. O perfil 5 apresenta valores de 0,2 no horizonte A e 0,47 no horizonte Cg2, evidenciando também um estágio intermediário de intemperismo. Cunha et al. (2005), encontraram valores elevados da relação Fe_d/Fe_s (acima de 0,8) para Latossolos Vermelho, mostrando que esta relação pode ser um indicador auxiliar do grau de desenvolvimento do solo.

A relação Fe_o/Fe_d foi baixa para todos os solos estudados ao longo da topossequência. Entretanto a relação $Fe_o/(Fe_d-Fe_o)$ na qual é descontado os valores de Fe_o dos valores de Fe_d foi baixas nos perfis 1 e 2 do Luvisolo Crômico e no perfil 5 do Gleissolo Háplico e a mesma foi elevada para os primeiros horizontes dos perfis 3 e 4 Cambissolo Háplico. As maiores relações $Fe_o/(Fe_d-Fe_o)$ apresentado para os Cambissolos Háplicos indicam uma dominância de formas de óxidos-Fe de baixa cristalinidade, e confirma a incipiência desses solos (LIMA et al., 2002).

O alumínio extraído com DCB (Al_d) apresentam os maiores valores (superiores a $17,46 \text{ g.kg}^{-1}$) para o perfil 1 (Luvisolo Crômico) e o mesmo foi decrescendo gradativamente ao longo da topossequência. Os menores valores foram observados para o Gleissolo Háplico (valores menores que $2,6 \text{ g.kg}^{-1}$). Não foi verificado grande mudança destes valores ao longo de cada perfil (Tabela 5).

A extração do alumínio com oxalato ácido de amônio (Al_o), apresentou variação semelhante ao extraído com DCB, com maiores valores ($11,80 \text{ g.kg}^{-1}$) para o perfil 1 Luvisolo Crômico e decréscimo gradativo ao longo da topossequência com os menores

valores para o Gleissolo ($0,8 \text{ g.kg}^{-1}$). A variação dos teores de Al_o ao longo da topossequência e de cada perfil, estão provavelmente relacionados ao decréscimo do carbono orgânico em profundidade no perfil e ao longo da topossequência. Em estudo recente Marques et al. (2011), sugerem que, para os horizontes A húmicos de Latossolos, os compostos orgânicos foram predominantemente associados com minerais mal cristalinos representados principalmente por Al_o , uma vez que os Fe_o ocorreu em quantidades menores, como verificado neste estudo.

Os maiores valores de alumínio extraído com o pirofosfato de sódio (Al_p) foram verificados para os Cambissolos Háplicos, seguidos pelos os Luvisolos Crômicos e o solo de várzea (Tabela 5). Nos perfis 1, 2 e 5 os valores de Al_p são maiores que os Al_o , e menores que os Al_d . Nos perfis 3 e 4 (Cambissolos Háplicos) os valores de Al_p são maiores que as formas extraídas com DCB e oxalato. De acordo com Kaiser & Zech (1996), os valores de Al_p podem ser superestimados, indicando que os revestimentos orgânicos favorecem a peptização de hidróxidos de Al, semelhante aos óxidos hidratados de Fe. Além disso, o pirofosfato parece causar dissolução direta das fases de hidróxido de Al, devido à formação de $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ solúvel induzida pelo elevado pH do extrator.

5.6. Atributos Mineralógicos

Os resultados das análises de DRX da fração argila de cada perfil são apresentados nas figuras 9 a 13. Observar-se que ocorre semelhança na assembleia mineralógica dos solos ao longo da topossequência.

A mineralogia do perfil 1 (Figura 9) nos horizontes Au1 e Bt2 apresentam caulinita como mineral dominante, gibbsita, goethita, mica e traços de minerais 2:1 esmectita/vermiculita. O horizonte BC apresenta a caulinita como mineral dominante, gibbsita, goethita (bem cristalina) e mica.

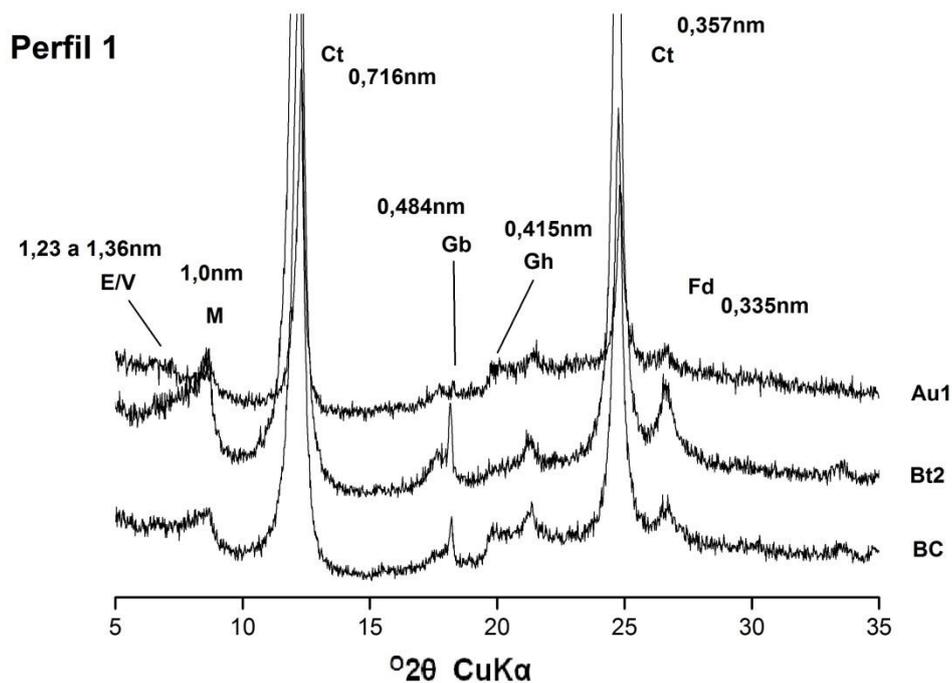


Figura 9. Difratoograma de raio X da fração argila natural na forma de agregado orientado dos horizontes do perfil 1 Luvissole Crômico. Ct: Caulinita; Gb: Gibbsita; Gh: Goethita; Fd: Feldspato; M: Mica; E/V: Esmeclita/Vermiculita

No perfil 2 localizado no terço superior, o horizonte Aup, Bt e Cc apresentam caulinita como mineral dominante seguido por gibbsita, goethita e mica (Figura 10).

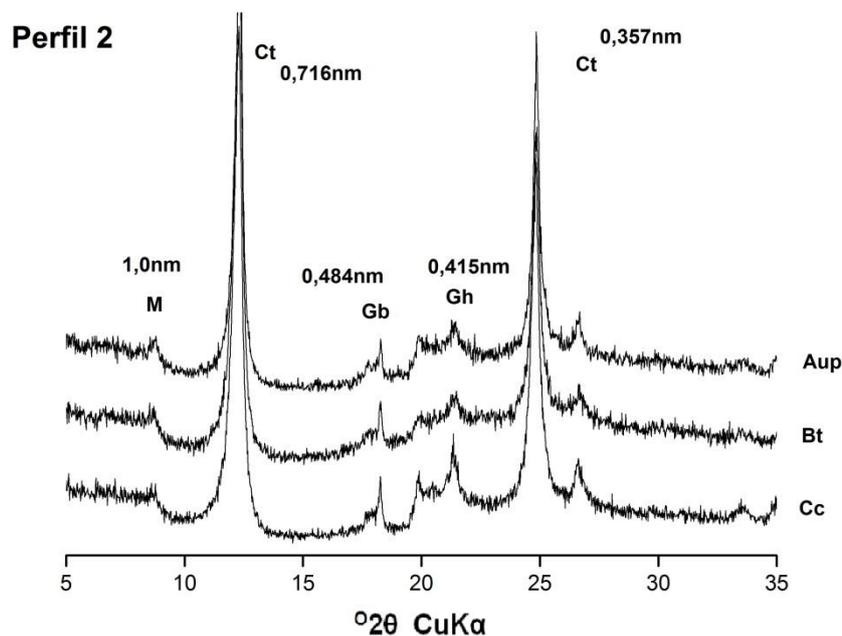


Figura 10. Difratoograma de raio X da fração argila natural na forma de agregado orientado dos horizontes do perfil 2 Luvisol Crômico. Ct: Caulinita; Gb: Gibbsita; Gh: Goethita; M: Mica

Caulinita, gibbsita, goethita e traços de minerais 2:1 (esmectita/vermiculita) compõem a assembleia mineralógica do horizonte Aup do perfil 3 (Figura 11). Já o horizonte Bi caulinita, gibbsita, goethita, feldspatos e traços de minerais 2:1 (esmectita/vermiculita), enquanto que no horizonte BCr a diferença deste para o horizonte Bi acima é a menor expressão da goethita.

No perfil 4 o horizonte Aup apresenta caulinita, gibbsita, pouca expressão de goethita, mica e traços de minerais 2:1 (esmectitas/vermiculitas), a diferença para o horizonte Bi deste perfil, é que a goethita apresenta maior expressão. Enquanto que o horizonte BCr apresenta caulinita, gibbsita, goethita, feldspatos, mica e minerais 2:1 esmectita/vermiculita (Figura 12). A caulinita é o mineral dominante em todos os horizontes analisados.

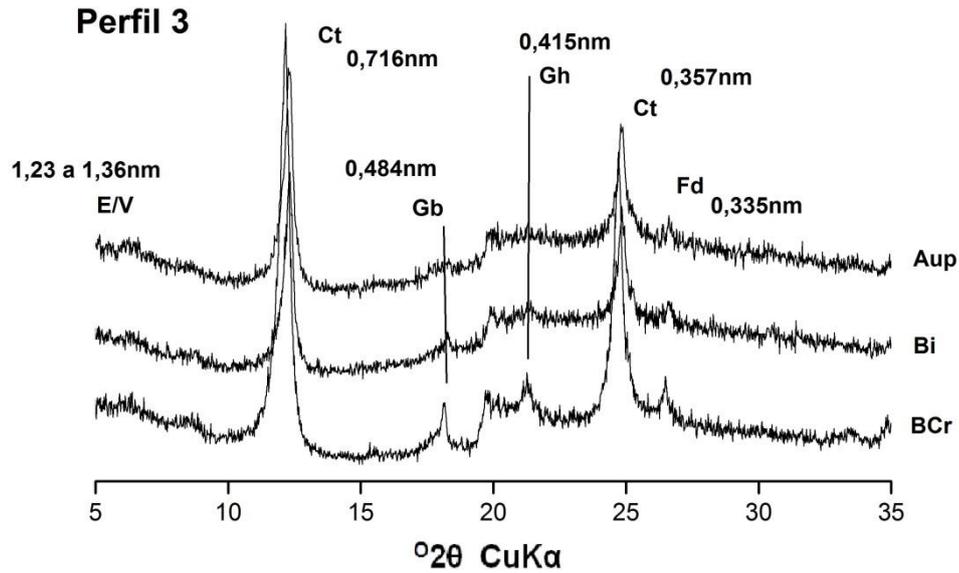


Figura 11. Difratoograma de raio X da fração argila natural na forma de agregado orientado dos horizontes do perfil 3 Cambissolo Háplico. Ct: Caulinita; Gb: Gibbsita; Gh: Goethita; Fd: Feldspato; E/V: Esmeclita/Vermiculita

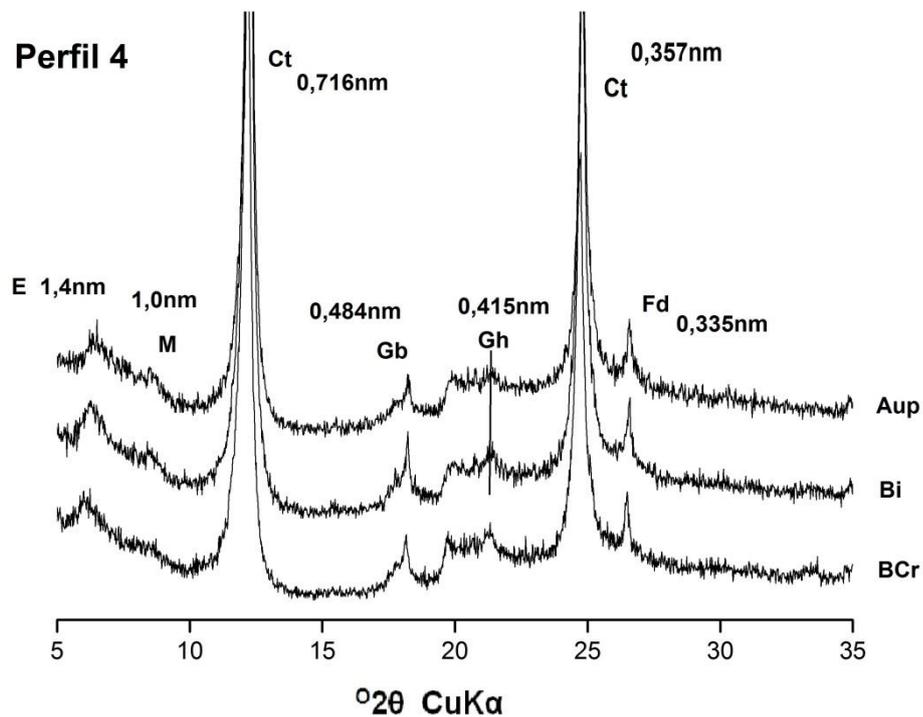


Figura 12. Difratoograma de raio X da fração argila natural na forma de agregado orientado dos horizontes do perfil 4 Cambissolo Háplico. Ct: Caulinita; Gb: Gibbsita; Gh: Goethita; M: Mica; Fd: Feldspato; E/V: Esmeclita/Vermiculita

O perfil 5 apresenta uma mineralogia diferente dos demais perfis, neste perfil o horizonte A apresenta uma forte dominância do mineral caulinita, mica, pouca expressão de gibbsita e traços de minerais 2:1. Já o horizonte Cg1 apresenta caulinita, gibbsita com menor expressão do que o horizonte A, quartzo e minerais 2:1 esmectita/vermiculita. Enquanto o horizonte Cg2 apresenta pouca expressão de quartzo e gibbsita, caulinita como mineral dominante e clara presença de minerais 2:1 (Figura 13).

A rocha dos perfis 1 e 3 apresentam a mesma composição mineralógica estando presente no material de origem caulinita, feldspatos, quartzo, gibbsita e biotita (Figura 14).

A ocorrência de goethita e a não verificação de hematita no solo, pode ser em decorrência desses solos serem formados de rochas com baixa concentração de Fe em sua composição, resultados comprovados pelos os baixos teores de ferro da extração sulfúrica conforme mostrado na Tabela 5. A goethita é o mineral mais comum dos óxidos de ferro e ocorre em quase todos os ambientes pedogenéticos (COSTA et al., 2009).

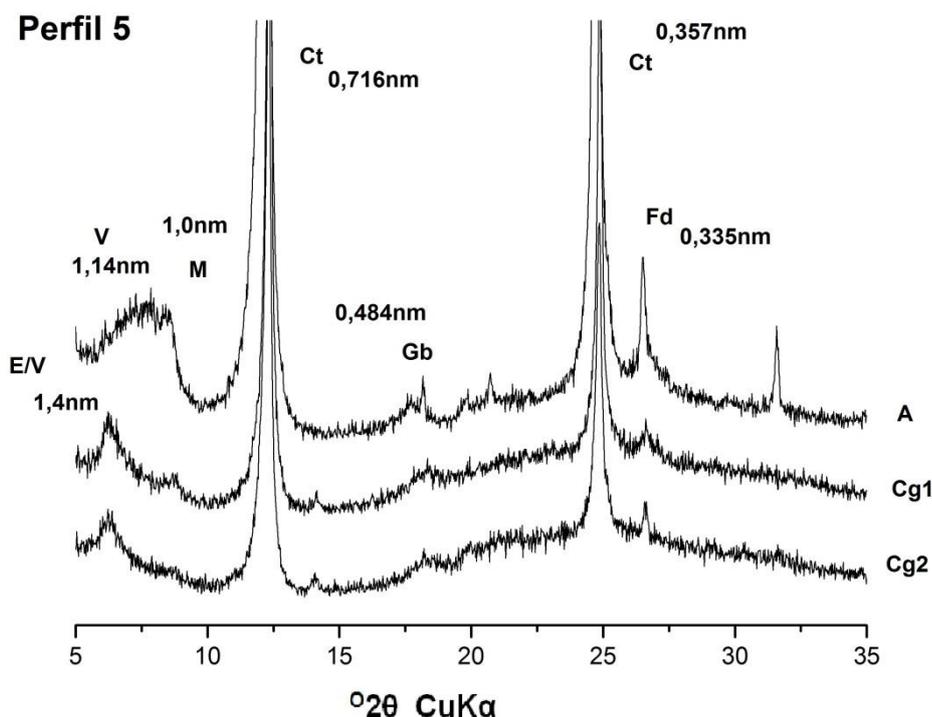


Figura 13. Difratograma de raio X da fração argila natural na forma de agregado orientado dos horizontes do perfil 5 Gleissolo Háplico. Ct: Caulinita; Gb: Gibbsita; M: Mica; Fd: Feldspato; E/V: Esmectita/Vermiculita

A presença de feldspatos no material de origem do solo é um dos fatores que explica os teores mais elevados de silício e alumínio no sistema, comprovado pelos valores de SiO_2 e Al_2O_3 da análise do ataque sulfúrico. A perda parcial de silício no sistema através do processo de monossilatização favorece a formação da caulinita, mineral que foi verificado em todos os solos (Figuras 9 a 13). A caulinita é um mineral que ocorre em abundância na composição mineralógica de solos tropicais, de várias partes do mundo (DIXON, 1989).

A ocorrência de gibbsita em todos os solos pode ser em decorrência de um resíduo da hidrólise total de feldspatos (TEIXEIRA et al., 2009).

As expressões de mica verificado nos difratogramas dos solos ao longo da topossequência podem ser em decorrência de uma herança desses materiais do material de origem desses solos. A ocorrência de minerais 2:1 (esmectita/vermiculita) no solo provavelmente é em decorrência da alteração da mica.

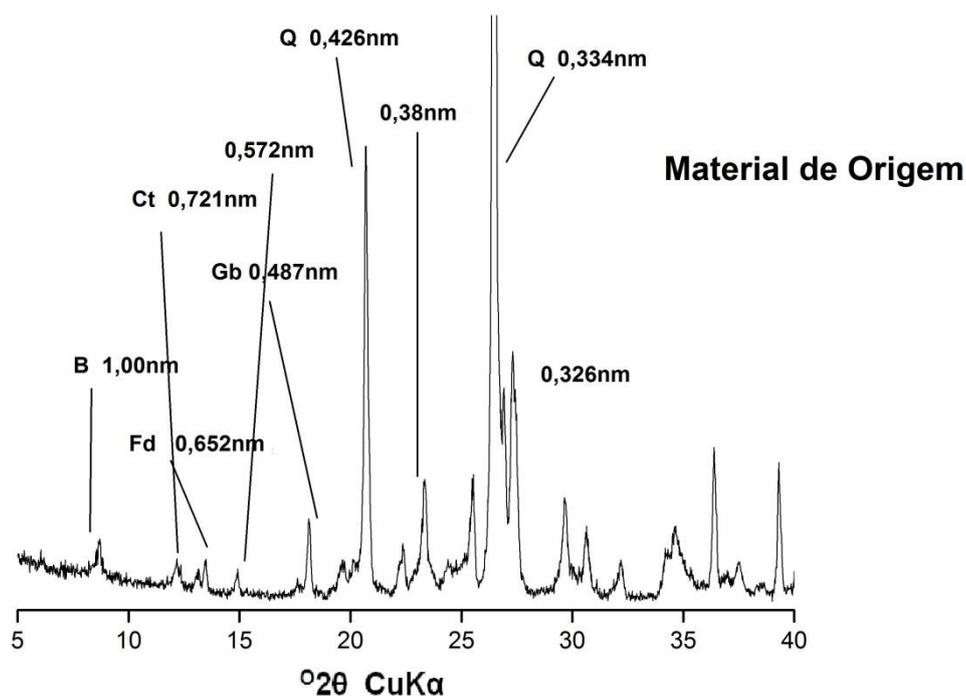


Figura 14. Difratograma de raio X do material de origem na forma de agregado. Ct: Caulinita; Gb: Gibbsita; B: Biotita; Fd: Feldspato; Q: Quartzo

5.7. Fracionamento Químico da Matéria Orgânica do Solo

A composição quantitativa das frações humificadas da matéria orgânica do Luvissole Crômico (P1), são apresentada na Figura 15. O carbono da fração humina (C-HUM) apresenta valores superiores às demais frações húmicas, correspondendo a mais

de 50% do total das substâncias húmicas (SHs) do solo. A maior predominância e a formação da fração humina pode ser explicada por uma série de fatores, como por exemplo: a interação com a fração mineral (CANELLAS et al., 2003).

Os valores do carbono da fração do ácido húmico (C-FAH) são maiores que os valores do carbono da fração ácido fúlvicos (C-FAF) nos 3 primeiros horizontes do P1. Para Canellas et al. (2003), a fração intermediária entre a estabilização dos compostos pela interação com a matéria mineral (huminas) e a ocorrência de ácidos orgânicos livres na solução do solo (ácidos fúlvicos) é representada pelos os ácidos húmicos. Desta forma a matéria orgânica será mais estável no solo, quando a mesma apresentar maiores valores de humina e ácido húmico. Estudando a composição das SHs de solos antrópicos da Amazônia, Lima et al. (2002) também verificaram que houve uma predominância das frações mais estáveis (humina e ácido húmico), com menor taxa das frações mais solúveis e móveis (ácido fúlvico).

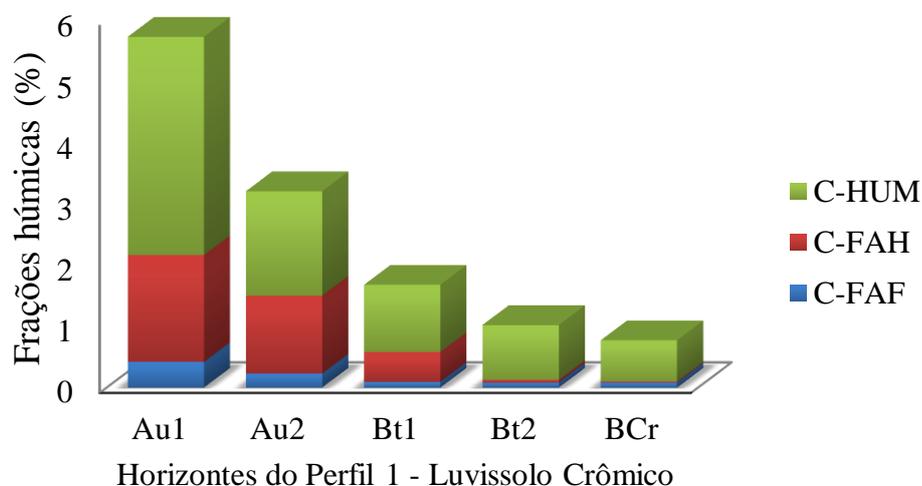


Figura 15. Carbono da fração ácido fúlvico (C-FAF), carbono da fração ácido húmico (C-FAH) e carbono da fração humina (C-HUM) dos horizontes do perfil 1 - topo - Luvissole Crômico

No perfil 2 (Luvissole Crômico), o C-HUM também apresentou valor superior às demais frações húmicas do solo (Figura 16), correspondendo a mais de 50% do total das SHs do solo para todos os horizontes, com exceção do horizonte Au, no qual a fração humina corresponde 48% do total da soma das frações. Estudando o fracionamento químico da matéria orgânica e caracterização física de terra preta de

índio, Barros et al. (2012), observaram que nos solos antropogênicos estudados, a humina é a mais abundante entre as frações da matéria orgânica do solo.

Assim como no primeiro perfil, o perfil 2 apresenta os valores do C-FAH maiores que os valores do C-FAF, com exceção do horizonte Cc. Barros et al. (2012), verificou em solos de terra preta que a fração de ácido húmico é a predominante nas frações alcalinos solúveis.

Os Cambissolos Háplicos (perfis 3 e 4) (Figuras 17 e 18, respectivamente), apresentam comportamento semelhante em relação ao fracionamento químico da matéria orgânica. Em ambos, a humina é a fração predominante da matéria orgânica, chegando a ser maior que 50% no horizonte Aup do perfil 3 e nos horizontes Aup, AB e BA do perfil 4. Cunha et al. (2007) estudando o fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte A antrópico da Amazônia verificou que independente do manejo, todas as amostras de solos apresentaram maiores proporções de humina em relação as demais frações.

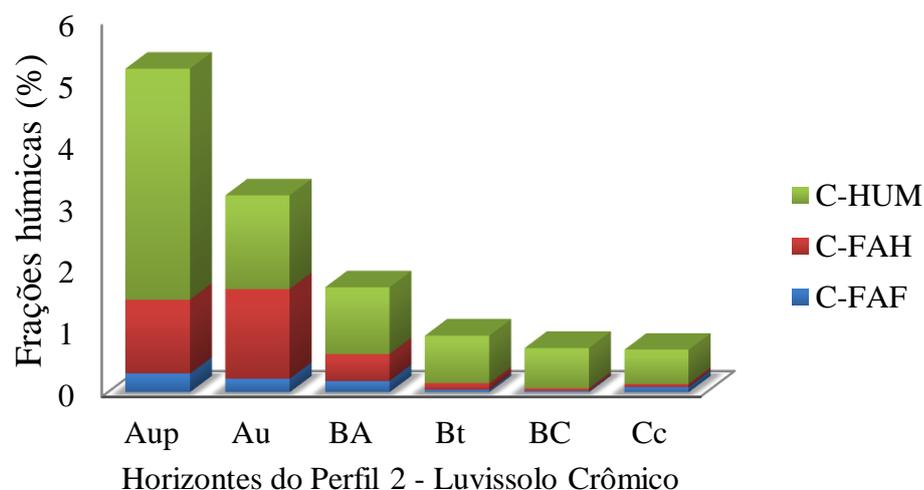


Figura 16. Carbono da fração ácido fúlvico (C-FAF), carbono da fração ácido húmico (C-FAH) e carbono da fração humina (C-HUM) dos horizontes do perfil 2 - Terço Superior - Luvissole Crômico

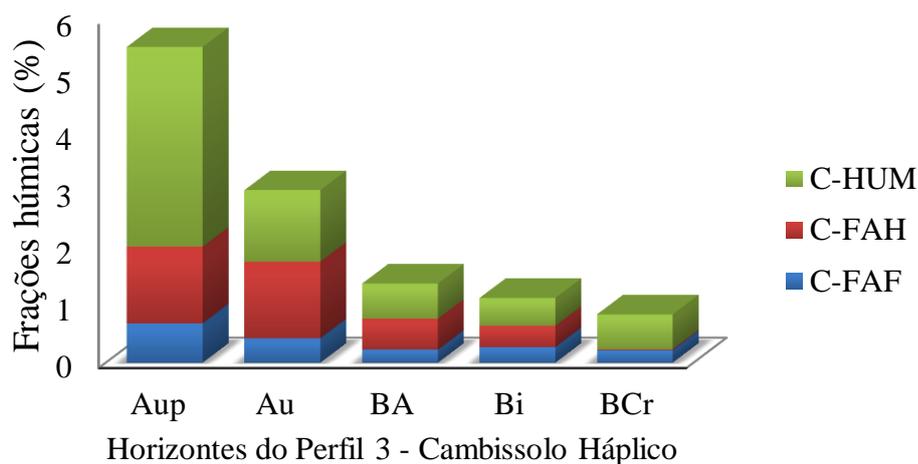


Figura 17. Carbono da fração ácido fúlvico (C-FAF), carbono da fração ácido húmico (C-FAH) e carbono da fração humina (C-HUM) dos horizontes do perfil 3 - Terço Inferior - Cambissolo Háplico

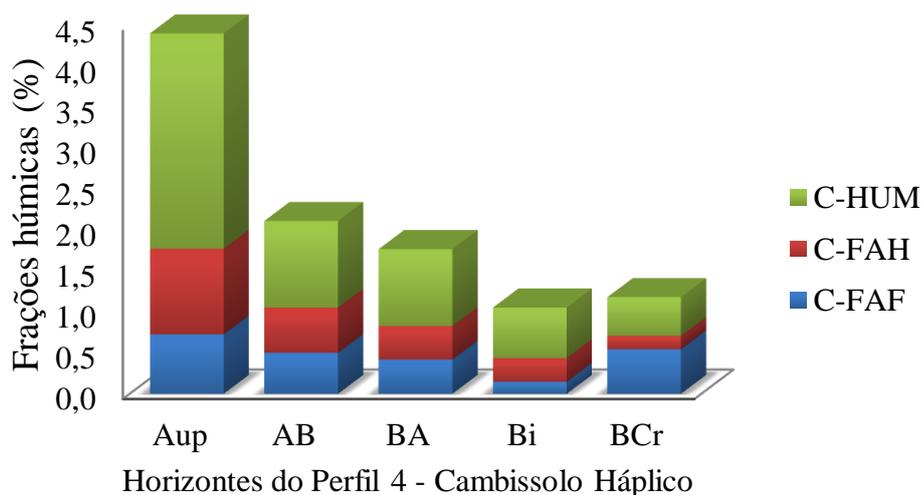


Figura 18. Carbono da fração ácido fúlvico (C-FAF), carbono da fração ácido húmico (C-FAH) e carbono da fração humina (C-HUM) dos horizontes do perfil 4 - Sopé de Transporte - Cambissolo Háplico

O somatório das frações húmicas podem apresenta variações entre 90 e 105% do teor de carbono orgânico total (BENITES et al., 2003). Os resultados observados mostram que nesses perfis o somatório das frações apresentaram valores maiores que 5% em relação ao COT, sendo estes resultados atribuídos a possíveis interferências que podem ter ocorrido no método. Para Guerra e Santos (2008), as principais fontes de erros na determinação do COT estão associadas com a digestão e com o dicromato em

meio ácido, com interferências de constituintes inorgânicos, composição variável do material orgânico e diferenças nas condições de digestão e composição do reagente.

No Gleissolo Háplico, no sopé de deposição da topossequência o C-HUM, foi à fração predominante nos horizontes A e CA, enquanto que nos horizontes Cg1 e Cg2 o C-FAF foi à fração dominante (Figura 19). A maior predominância do C-FAF mostra que este solo apresenta uma matéria orgânica de composição diferente. Provavelmente o maior período de tempo que os Gleissolos passam inundados conduzem à decomposição da MOS de modo diferente dos solos antrópicos de terra firme.

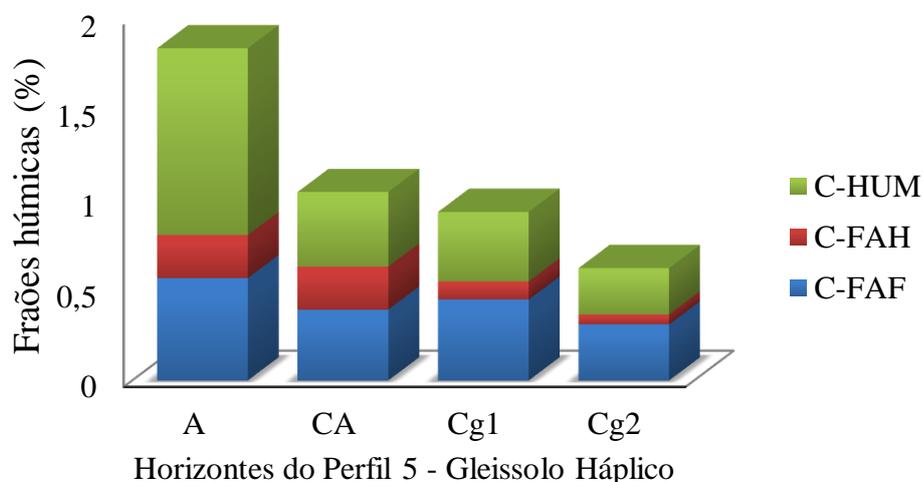


Figura 19. Carbono da fração ácido fúlvico (C-FAF), carbono da fração ácido húmico (C-FAH) e carbono da fração humina (C-HUM) dos horizontes do perfil 5 - Sopé de Deposição - Gleissolo Háplico

Comparando as frações húmicas de todos os perfis, verificar-se que os solos antrópicos apresentam em sua maior parte a fração humina, seguido da fração ácido húmico. Enquanto que no solo de várzea (Gleissolo – P5), a fração humina é seguida pela a fração ácido fúlvico. Para Madari et al. (2010), nas terras pretas predominam a humina e o ácido húmico que são convencionalmente consideradas as frações mais estáveis em função da maior presença de grupamentos aromáticos e de anéis benzênicos, de maior grau de polimerização e com menor susceptibilidade de serem atacados pelas as atividades microbianas. A maior concentração de humina e ácido húmico nos solos de TPA favorecem a maior estabilidade da matéria orgânica no solo.

A relação entre os teores de carbono na forma de ácidos húmicos e ácidos fúlvicos (C-FAH/C-FAF) indica a mobilidade do carbono (BENITES et al., 2003) ou potencialidade de perda do carbono no solo (ANJOS et al., 2008). Os solos de TPA,

apresentaram as maiores razões C-FAH/C-FAF, com valores elevados nos horizontes antrópicos de 5,64 no horizonte Au₂ do perfil 1 e 6,67 no horizonte Au do perfil 2 (Tabela 6). Estudando substâncias húmicas de solos antrópicos da Amazônia, Lima et al. (2002), encontraram razão de C-FAH/C-FAF da ordem de 14,2 no horizonte A de um Cambissolo Antrópico e da ordem de 4,2 em um Argissolo Antrópico.

Tabela 6. Relações C-FAH/C-FAF e (C-EA)/C-HUM dos solos antrópicos e não antrópicos ao longo de uma topossequência no município de Apuí-AM

Horizontes	Profundidade (cm)	C-FAH/C-FAF ⁽¹⁾	(C-EA)/C-HUM ⁽²⁾
P1 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico, A antrópico, textura argilosa			
Au ₁	0-20	4,20	0,61
Au ₂	20-33	5,64	0,88
Bt ₁	33-50	5,40	0,53
Bt ₂	50-68	0,56	0,14
BC	68-83	0,22	0,15
P2 - LUVISSOLO CRÔMICO Pálico típico, A antrópico, textura argilosa			
Aup	0-16	4,00	0,40
Au	16-45	6,67	1,10
BA	45-62	2,40	0,57
Bt	62-105	3,00	0,19
BC	105-135	2,50	0,10
Cc	135-180 ⁺	0,67	0,25
P3 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico léptico, A antrópico, textura argilosa			
Aup	0-11	1,95	0,58
Au	11-24	3,15	1,41
BA	24-50	2,40	1,26
Bi	50-85	1,37	1,32
BCr	85-110 ⁺	0,08	0,39
P4 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, A antrópico, textura argilosa			
Aup	0-23	1,45	0,67
AB	23-49	1,12	1,00
BA	49-92	0,99	0,88
Bi	92-127	2,01	0,71
BCr	127-140 ⁺	0,30	1,50
P5 - GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, A moderado, textura siltosa			
A	0-18	0,42	0,78
CA	18-30	0,60	1,52
Cg ₁	30-46	0,22	1,42
Cg ₂	46-76 ⁺	0,18	1,43

⁽¹⁾C-FAH/C-FAF: Relação entre os teores de carbono na forma de ácidos húmicos e ácidos fúlvicos; ⁽²⁾(C-EA)/C-HUM: Relação entre o Carbono do extrato alcalino (C-FAF + C-FAH) pelo teor de carbono da fração húmica (C-HUM).

Esta maior relação mostra uma predominância do ácido húmico sobre os ácidos fúlvicos. Para Cunha et al. (2007), as condições ambientais como elevadas temperatura e precipitação pluvial, drenagem adequada e caráter eutrófico dos solos antrópicos

devem favorecer o acúmulo de matéria orgânica mais estável à decomposição e, por conseguinte, à manutenção de altas relações C-FAH/C-FAF.

Os dois perfis de Cambissolo Háplico, localizado na terra mulata apresenta razões C-FAH/C-FAF menores em comparação a terra preta. No entanto, as mesmas apresentam valores maiores que 1, com exceção do horizonte BCr de ambos os perfis (Tabela 6). Valores próximo de 1 para esta relação mostra um equilíbrio maior entre as frações humificadas (CANELLAS, et al., 2001).

Os menores valores da relação C-FAH/C-FAF, foi verificado para o Gleissolo Háplico na várzea, o qual apresenta valores inferior a 1, indicando predominância de ácidos fúlvicos. Para Canellas et al. (2000), a matéria orgânica dos solos tropicais é dominada pela a fração humina. Neste contexto tanto a intensa mineralização dos resíduos, como as restrições edáficas à atividade biológica, tornam os valores da relação C-FAH/C-FAF menores do que 1,0 (CANELLAS et al., 2003). Os baixos valores desta relação podem ser um indicativo da evolução limitada ou de aportes recentes de matéria orgânica.

O carbono do extrato alcalino (C-EA) é composto pelo o somatório do C-FAF mais C-FAH. A razão entre o carbono do extrato alcalino pelo teor de carbono da fração humina (C-EA/C-HUM) indica o potencial de iluviação de matéria orgânica do solo (ANJOS et al., 2008), e a estabilidade estrutural da matéria orgânica.

Os perfis de TPA (Luvisolos Crômicos) apresentam os menores valores da razão C-EA/C-HUM, com valores menores que 1 para todos os horizontes com exceção do horizonte Au do perfil 2, que apresenta valor de 1,10. Na maior parte destes solos os valores são menores que 0,5 e os menores valores sendo apresentados em profundidade, indicando assim uma maior estabilidade da fração húmica nestes solos. De acordo com Fontana (2009), os baixos valores dessa razão ($\leq 0,5$) são indicativos da forte estabilidade e/ou interação da matéria orgânica com a parte mineral, podendo desta forma, ser avaliado como um indicador da estabilidade da matéria orgânica do solo.

O Cambissolo Háplico (perfil 3) apresenta valores menores que 1 da relação C-EA/C-HUM, somente para os horizontes Au e BCr. Nos demais horizontes os valores foram acima de 1,2. Enquanto que o perfil 4 apresenta valores menores ou igual a 1 nos primeiros 100 cm do perfil. No perfil 5 (Gleissolo Háplico) apenas o horizonte A apresentou valores menor que 1 (0,78), enquanto os demais apresentaram valores entre 1,4 e 1,5. Fontana (2009), estudando o fracionamento da matéria orgânica e caracterização dos ácidos húmicos, verificou valores da relação C-EA/C-HUM entre 0,2

e 7,2. Benites et al. (2001), estudando a caracterização da matéria orgânica de solos sob Campos de Altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, avaliou quatro solos (Neossolo Litólico, Cambissolo Húmico, Espodossolo Ferrocárbico e Latossolo Vermelho-Amarelo) e verificou que em todos os solos, os valores desta relação foram geralmente menores nos horizontes superficiais.

5.8. Correlações lineares simples entre ferro, alumínio e cálcio com o carbono orgânico total e as frações húmicas

As correlações lineares simples entre ferro e alumínio extraídos pelos métodos de ditionito-citrato-bicarbonato (DCB), oxalato ácido de amônio e pirofosfato de sódio e alumínio e cálcio trocável com o carbono orgânico total e as frações húmicas são apresentados na Tabela 7. Observa-se que os valores de ferro extraído com DCB (Fe_d) apresentam correlação significativa e inversa com carbono orgânico total (COT) e com as frações húmicas (carbono do ácido fúlvico (C-FAF), carbono do ácido húmico (C-FAH) e com o carbono da humina (C-HUM)) no Luvissole do perfil 1 da terra preta. Nos demais perfis as correlações foram significativas para as frações C-FAH e C-HUM no perfil 4 e para o COT no perfil 5. Não foi observada correlação das frações húmicas com ferro extraído por pirofosfato de sódio (Fe_p).

A forma de alumínio que apresenta melhor correlação com os valores de COT e as frações húmicas é o alumínio extraído pelo o método do oxalato ácido de amônio (Al_o). Os solos de TPA perfis de Luvissoles Crômicos, mostram uma correlação positiva e significativa entre Al_o com os teores de COT e C-FAH. Esta forte interação do carbono orgânico com os valores de Al_o , pode ser um dos fatores que atuam na proteção da matéria orgânica dos solos de TPA e contribuem para a manutenção dos altos teores de matéria orgânica destes solos. Interação semelhante entre materiais orgânicos e minerais pobremente cristalinos como o Al_o foram verificadas por Marques et al. (2011), estudando relações entre o carbono oxidável do solo e atributos físicos, químicos e mineralógicos de Latossolos com horizonte A húmico, onde os autores concluíram que essa interação apresentam-se como um dos mecanismos possíveis para proteção da matéria orgânica nos horizontes A húmicos.

Tabela 7. Correlações lineares simples entre ferro e alumínio extraídos pelos métodos de ditionito-citrato-bicarbonato (DCB), oxalato ácido de amônio e pirofosfato de sódio e alumínio e cálcio trocável com o carbono orgânico total e as frações da matéria orgânica

Variáveis	Fe _d	Fe _o	Fe _p	Al _d	Al _o	Al _p	Al ³⁺	Ca ²⁺
P1 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico, A antrópico, textura argilosa								
COT	-0,98**	0,47	-0,35	-0,37	0,98**	0,86	0,95*	0,99**
C-FAF	-0,93*	0,31	-0,44	-0,27	0,98**	0,81	0,95*	0,97**
C-FAH	-0,97**	0,53	-0,37	-0,20	0,99**	0,88*	0,86	0,95*
C-HUM	-0,95*	0,37	-0,35	-0,42	0,95*	0,83	0,98**	0,99**
P2 - LUVISSOLO CRÔMICO Pálico típico, A antrópico, textura argilosa								
COT	-0,09	0,75	0,24	0,44	0,93**	0,57	0,55	0,99**
C-FAF	0,27	0,61	0,30	0,67	0,86*	0,61	0,33	0,91*
C-FAH	0,18	0,81*	0,36	0,65	0,97**	0,70	0,11	0,84*
C-HUM	-0,23	0,63	0,13	0,27	0,82*	0,42	0,73	0,97**
P3 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico léptico, A antrópico, textura argilosa								
COT	-0,35	0,55	-0,41	0,49	0,78	0,20	-0,98**	0,91*
C-FAF	-0,50	0,43	-0,43	0,37	0,70	0,13	-0,93*	0,92*
C-FAH	-0,16	0,74	0,28	0,77	0,95*	0,58	-0,85	0,62
C-HUM	-0,50	0,33	-0,52	0,24	0,58	-0,06	-0,92*	0,98**
P4 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, A antrópico, textura argilosa								
COT	-0,87	0,90*	0,71	-0,66	0,70	0,70	-0,87	0,87
C-FAF	-0,62	0,77	0,24	-0,66	0,58	0,55	-0,73	0,68
C-FAH	-0,93*	0,87	0,67	-0,71	0,64	0,69	-0,92*	0,92*
C-HUM	-0,97**	0,82	0,58	-0,82	0,55	0,61	-0,97**	0,97**
P5 - GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, A moderado, textura siltosa								
COT	-0,97**	-0,99**	-0,35	-0,40	-0,23	-0,62	0,54	0,85
C-FAF	-0,81	-0,92	-0,49	-0,17	-0,64	-0,47	0,62	0,53
C-FAH	-0,91	0,69	-0,69	-0,87	-0,08	-0,10	0,82	0,81
C-HUM	-0,91	-0,99**	-0,26	0,24	-0,30	-0,71	0,45	0,78

Fe_d: formas de Fe extraídos por ditionito-citrato-bicarbonato; Fe_o: formas de Fe extraídos por oxalato ácido de amônio; Fe_p: Formas de Fe extraídos por pirofosfato de sódio; Al_d: formas de Al extraídos por ditionito-citrato-bicarbonato; Al_o: formas de Al extraídos por oxalato ácido de amônio; Al_p: Formas de Al extraídos por pirofosfato de sódio; Al: Alumínio trocável; Ca trocável; COT: Carbono orgânico total; C-FAF: carbono da fração ácido fúlvico; C-FAH: Carbono da fração ácido húmico; C-HUM: Carbono da fração humina.

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); *Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); Os demais valores não são significativo ($p \geq .05$).

Foi aplicado o Teste t aos níveis de 5 e 1%; Informa-se que as correlações são lineares.

Os valores de cálcio trocável apresentam correlação positiva e significativa com os teores de carbono orgânico e com as frações húmicas para os perfis de solos na TPA (Tabela 7). No Cambissolo (perfil 3) o cálcio apresentou correlação significativa com o COT a nível de 5% e com a C-HUM a nível de 1%, enquanto para o perfil 4, correlações significativas foram com C-HUM e o C-FAH. Tal correlação Ca-COT positiva e significativa nos solos de TPA podem explicar a manutenção dos altos teores de carbono orgânico nestes solos, mesmo estando em ambiente favorável a sua decomposição (elevada temperatura e precipitação pluvial). Cunha et al. (2005),

atribuíram os elevados teores de matéria orgânica do solo à formação de complexo matéria orgânica-cálcio de alta estabilidade e/ou ainda à composição da própria matéria orgânica, rica em carbono pirogênico.

6. CONCLUSÕES

Os teores de matéria orgânica presente nos solos de terra preta arqueológica e terra mulata são dominados pelas as frações estáveis humina e ácido húmico. Na maior parte dos horizontes A antrópicos a humina corresponde a mais de 50% do total das frações húmicas.

O alumínio, principalmente na sua forma de baixa cristalinidade e o cálcio tem um papel preponderante na formação dos horizontes A antrópicos e na manutenção dos altos teores de carbono orgânico dos solos de terra preta arqueológica.

Elevados teores de carbono orgânico, cálcio, fósforo e presença de fragmentos de cerâmica são indicativos da ação antrópica, o decréscimo desses elementos e do carbono orgânico ao longo da topossequência, sugere que os teores de matéria orgânica nestes solos estão associados à atividade antrópica do passado.

Os solos antrópicos estudados diferem em suas propriedades físicas e químicas daqueles de outras regiões, onde foi identificado a ordem dos Luvissolos.

7. LITERATURA CITADA

ALMEIDA, B. G. **Métodos alternativos de determinação de parâmetros físicos do solo e uso de condicionadores químicos no estudo da qualidade do solo**, 105p, Tese Doutorado. ESALQ/USP. 2008.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. The Upper Precambrian of South America. B. **Instituto Geociências**. USP, 7, p.45-80, 1976.

AMARAL, E. F.; ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; RODRIGUES, T. E.; OLIVEIRA, H.; MELO, A. W. F.; AMARAL, E. F.; SILVA, J. R. T.; RIBEIRO NETO, M. A.; BARDALES, N. G. Ocorrência e distribuição das principais classes de solos do estado do Acre. In: ANJOS, L. H. C.; SILVA, L. M.; WADT, P. G. S.; LUMBRERAS, J. F.; PEREIRA, M. G. **Guia de Campo da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos**, Brasília, Embrapa, 2013, p. 97-129.

AMARAL, E. F.; ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; SCHAEFER, C. E. G. R.; RODRIGUES, T. E.; OLIVEIRA, H.; BARDALES, N. G.; MELO, A. W. F.; AMARAL, E. F.; SOUZA, J. B. Solos. In: ACRE. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre. Zoneamento ecológico-econômico do Acre: fase II: documento síntese: escala 1:250.000**. Rio Branco, AC: SEMA, 2006. p. 46-49.

AMARO FILHO, J.; ASSIS JÚNIOR, R. N. MOTA, J. C. A. **Física do solo: Conceitos e aplicações**. Fortaleza, Imprensa Universitária, 2008, 290p.

ANDRADE, R. DA S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.411-418, 2009.

ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; FONTANA, A.; Matéria orgânica e pedogênese. In SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2º ed. Porto Alegre: Metropole, 2008. p. 65 – 86.

ARAÚJO, E.A.; LANI, J.L.; AMARAL, E.F.; GUERRA, A. Uso da terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.307-315, 2004.

AŞKIN, T.; ÖZDEMİR, N. Soil bulk density as related to soil particle size distribution and organic matter content. **Poljoprivreda Agriculture**. v.9 n.2, p. 56-61, 2003.

BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P. Atributos de fertilidade do solo e produtividade do feijoeiro e da soja influenciados pela calagem em superfície e incorporada. **Ciênc. agrotec. [online]**, v.29, n.3, p. 507-514. 2005.

BARROS, K. R. M.; LIMA, H. V.; CANELLAS, L. P.; KERN, D. C. Fracionamento químico da matéria orgânica e caracterização física de Terra Preta de Índio. **Revista Ciências Agrárias.**, v. 55, n. 1, p. 44-51, 2012.

BAYER, C. M.; MIELNICZUK, J.; Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais & subtropicais**. 2º ed. Porto Alegre: Metropole, 2008. 654p.

BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo**. Rio de Janeiro, 2003. Comunicado Técnico.

BENITES, V. M.; SCHAEFER, C. E. R. G.; MENDONÇA, E. S.; MARTIN NETO, L. Caracterização da matéria orgânica e micromorfologia de solos sob Campos de Altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 661-674, 2001.

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Projeto RADAM. Folha SB.21 Tapajós; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1975. 418p.

BROWN, G.; BRINDLEY, G.W. X-ray Diffraction Procedures for clay mineral Identification. In: BRINDLEY, G.W; BROWN, G.: **Mineralogical Society**, London 1980, p. 305-360.

CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R. SOUZA JUNIOR, V. S.; RIBEIRO FILHO, M. R.; ALMEIDA, M. C. Topossequência de solos na transição Campos naturais-floresta na região de Humaitá, Amazonas. **Acta Amazônica**. v. 42, n.3, p. 387 – 398, 2012.

CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; RIBEIRO FILHO, M. R.; SOUZA, R. V. C. C.; ALMEIDA, M. C. Caracterização e Classificação de Terras Pretas Arqueológicas na região do Médio Rio Madeira. **Bragantia** (São Paulo, SP. Impresso), v. 70, p. 18-27, 2011. [a]

CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; RIBEIRO FILHO, M. R.; SOUZA, R. V. C. Relações solo-paisagem em uma topossequência sobre substrato granítico em Santo Antônio do Matupí, Manicoré (AM). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.1, p. 13-23. 2011. [b]

CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; RIBEIRO FILHO, M. R.; COSTA, E. U. C. Segmentos de vertente e atributos do solo de uma topossequência na região de Manicoré, AM. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 501-510, 2010.

CANELLAS, L. P.; GURIDI, F.; VELLOSO, A. C. X.; SANTOS, G. A. Isolamento, purificação e métodos químicos de análise de substâncias húmicas. In: CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. **Humosfera : tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. Campos dos Goytacazes, 2005, p. 13-33.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. de A. RUMJANEK, V. M.; MORAES, A. A. & GURIDI, F. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 12, p. 1529-1538, 2001.

CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X.; MARCIANO, C. R.; RAMALHO, J. F. G. P.; RUMJANEK, V. M.; RESENDE, C. E.; SANTOS, G. A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 935-944, 2003.

CANELLAS, L.P.; BERNER, P.G.; SILVA, S.G. da; SILVA, M.B.; SANTOS, G.A. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma topossequência no Estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 133-143, 2000.

COSTA, A. C. S.; BIGHAM, J. M. Óxidos de ferro. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. **Química e mineralogia do solo, Parte I**. SBCS, Viçosa, MG. 2009. p. 505-572.

COSTA, M. L.; BEHLING, H.; SUGUIO, K.; KÄMPF, N.; KERN, D. C. Paisagens Amazônica sob a ocupação do homem pré-histórico: uma visão geológica. In TEIXEIRA, W. G., KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. I. (Org.). **As Terras Pretas de Índio da Amazônia -- Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: Ed. Universidade Federal do Amazonas, Embrapa Amazônia Ocidental, 2010, p. 16 – 41.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Base Cartográfica digital obtida pela CPRM**, a partir da base cartográfica integrada digital do Brasil ao milionésimo elaborada pelo IBGE. 2005.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D. Atributos físicos do solo sob diferentes preparos e coberturas influenciados pela distribuição de poros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.11, p.1160–1169, 2010. [b]

CUNHA, P.; MARQUES JÚNIOR, J.; CURI, N.; PEREIRA, G. T.; LEPSCH, I. F. Superfícies geomórficas e atributos de Latossolos em uma sequência arenítico-basáltica da região de Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.81-90, 2005.

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

CUNHA, T. J. F.; NOVOTNY, E. H.; MADARI, B. E.; BENITES, V. M.; MARTINETO, L.; SANTOS, G. A. O carbono Pirogênico. In TEIXEIRA, W. G., KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. I. (Org.). **As Terras Pretas de Índio da Amazônia -- Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: Ed. Da Universidade Federal do Amazonas, Embrapa Amazônia Ocidental, 2010, p. 264-285. [a]

DEMATTE, J. L. I.; MAZZA, J. A.; DEMATTE, J. A. M. Caracterização e gênese de uma topossequência Latossolo Amarelo-Podzol originado de material da formação barreiras - estado de Alagoas. **Scientia Agricola**. vol. 53 n. 1, p. 20-30, 1996.

DENEVAN, W. As origens agrícolas da terra mulata na Amazônia. In TEIXEIRA, W. G., KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. I. (Org.). **As Terras Pretas de Índio da Amazônia -- Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: Ed. Da Universidade Federal do Amazonas, Embrapa Amazônia Ocidental, 2010, p. 83-87.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 2006. 354p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 2013. 353p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. Embrapa Informação Tecnológica. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Informação Tecnológica. 2.ed. Brasília, DF. 2009. 627p.

EUSTERHUES, K.; RUMPEL, C.; KOGEL-KNABNER, I. Stabilization of soil organic matter isolated via oxidative degradation. **Organic Geochemistry**, v.36, p. 1567–1575, 2005.

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

FALCÃO, N.P.S.; MOREIRA, A.; COMERFORD, N. B. A fertilidade dos solo de Terra Preta de Índio da Amazônia Central. In: TEIXEIRA, W.G.; KERN, D.C.; MADARI, B.E.; LIMA, H.N. & WOODS, W.I., orgs. **As Terras Pretas de Índio da Amazônia — Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus, UFAM, 2010. p.190-201.

FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H. G.; OLIVEIRA, F. H. T.; FARIAS, D. R. Ponto de efeito salino nulo e cargas elétricas de solos do estado da Paraíba. **Caatinga**, v.21, n2, p.147-155. 2008.

FLINT, A. L.; FLINT, L.E. Particle density. In: DANE, J. H.; TOPP. G. C. (Ed.). **Methods of soil analysis**. **Soil Science Society of America**, Madison, v. 4, p. 229-240, 2002.

FONTANA, A. **Caracterização química e espectroscópica da matéria orgânica em solos do Brasil**. 2006. 60f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ, 2006.

FONTANA, A. **Fracionamento da matéria orgânica e caracterização dos ácidos húmicos e sua utilização no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Tese Doutorado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 81p, 2009.

FRASER, J.; TEIXEIRA, W.; FALCÃO, N.; WOODS, W.; LEHMANN, J.; JUNQUEIRA, A. B. Anthropogenic soils in the Central Amazon: from categories to a continuum. **Area**, v.43.n3,p 264–273, 2011.

GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S.; VILLANI, E. M. A. Comparação de métodos de determinação do carbono orgânico em

- solos cultivados com eucalipto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.33, p.735-740, 2009.
- GEE, G.W.; OR, D. Particle-size analysis. In: DANE, J.H. & TOPP, G.C., eds. Methods of soil analysis. Physical methods. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.4. p.255-293, 2002.
- GHIDIN, A. A.; MELO, V. F.; LIMA, V. C.; LIMA, J. M. J. C. Topossequência de Latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. I – mineralogia da fração argila. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.293-306, 2006.
- GLASER, B. Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. **Philosophical Transactions the Royal Society B**. v.362, nº 1478, p.187–196, 2007.
- 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.
- GOBIN, A.; CAMPLING, P.; DECKERS, J.; FEYEN, J. Integrated toposequence analysis at the confluence zone of the River Ebonyi headwater catchment (south eastern Nigeria) **Catena**, 32, p. 173–192. 1998.
- GOBIN, A.; CAMPLING, P.; FEYEN, J. Soil-Landscape modelling to quantify spatial variability of soil texture. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 26, n.1, p.41-45, 2001.
- GROSSMAN, R. B.; REINSCH, T. G. Bulk density and linear extensibility. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C. (Ed.). Methods of soil analysis. **Soil Science Society of America**, Madison, v. 4, p. 201-225, 2002.
- GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. A. Métodos químicos e físicos. In SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2º ed. Porto Alegre: Metropole, 2008. p. 185-199.
- GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2º ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008, p.19-26.
- GUIMARÃES, S. T.; LIMA, H. N.; TEIXEIRA, W. G.; NEVES JUNIOR, A. F.; SILVA, F. W. R.; MACEDO, R. S.; SOUZA, K. W. Caracterização e classificação de Gleissolos da várzea do rio Solimões (Manacapuru e Iranduba), Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n. 2. p.317-326, 2013.
- INDA JUNIOR, A. V. KÄMPF, N. Avaliação de procedimentos de extração dos óxidos de ferro pedogênicos com ditionitocitrato-bicarbonato de sódio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p.1139-1147, 2003.
- JACSKON, M. L. **Soil chemical analysis: advance Course**. 29. ed. Madison, 1975. 895 p.

DIXON, J. B. **Kaolin and serpentine group minerals**. In: DIXON, J. B. e WEED, S. B., eds. *Minerals in Soil environments*. Madison, Soil Society of America. 467-519 p. 1989.

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. **Decifrando a terra**, 2ª edição. São Paulo. Companhia Edidora Nacional. p216-219. 2009.

JUHÁSZ, C. E. P.; COOPER, M.; CURSI, P. R.; KETZER, A. O.; TOMA, R. S. Savanna woodland soil micromorphology related to water retention. **Scientia Agrícola**, v.64, p.344-354, 2007.

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

KÄMPF, N.; KERN, D.C. O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia. In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; SILVA, A.P.; CARDOSO, E. J. (Org.). **Tópicos em Ciência do solo**. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005, v.5, p.277-320.

KÄMPF, N.; SCHWERTMANN, U. Goethite and hematite in a climosequence in Southern Brazil and their application in classification of kaolinitic soils. **Geoderma**, v.29, p.27-39, 1983.

KERN, D. C. **Geoquímica e pedoquímica de sítios arqueológicos com Terra Preta na Floresta de Caxiuaná (Portel-Pará)**. Belém, Universidade Federal do Pará, 1996. 124p. (Tese de Doutorado).

KERN, D. C. KÄMPF, N. Antigos assentamentos indígenas na formação de solos com terra preta arqueológica na região de Oriximiná, Pará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, p. 219-225, 1989.

KERN, D. C.; D'AQUINO, G.; RODRIGUES, T. E.; FRAZÃO, F. J. L.; SOMBROEK, W.; NEVES, E. G.; MYERS, T.P. Distribution of antropogenic dark earths. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; WOODS, W.; GLASER, B. (Org.). **Amazonian dark Earths: Origin, Properties, Management**. 1 ed. Norwell: KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, v.1, p.51-76. 2003.

KERN, D.C. & KÄMPF, N. Ação antrópica e pedogênese em solos com Terra Preta em Cachoeira-Porteira, Pará. **Bol. Museu Paraense Emílio Goeldi**, v.1, p.187-201, 2005.

KWEON, G.; LUND, E.; MAXTON, C. Soil organic matter and cation-exchange capacity sensing with on-the-go electrical conductivity and optical sensors. **Geoderma** v.199, p. 80–89, 2013.

LIMA, H. N.; MELLO, J. W. V.; SCHAEFER, C. E. G. R.; KER, J. C.; LIMA, A. M. N. Mineralogia e química de três solos de uma toposequência da Bacia Sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 30, p.59-68, 2006.

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

LUI, G. H.; MOLINA, S. M. G. Ocupação humana e transformações das paisagens na Amazônia Brasileira. **Amazônica**. v.1, n.1. p. 200-228, 2009.

MADARI, B. E.; CUNHA, T. J. F.; NOVOTNY, E. H.; MILORI, D. M. B. P.; MARTIN NETO.; L.; BENITES, V. M.; COELHO, M. R.; SANTOS, G. A. Matéria orgânica dos solos antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): Suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo. In TEIXEIRA, W. G., KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. I. (Org.). **As Terras Pretas de Índio da Amazônia -- Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: Ed. Da Universidade Federal do Amazonas, Embrapa Amazônia Ocidental, 2010, p 172-211.

MAFRA, A. L.; SILVA, E. F.; COOPER, M.; DEMATTÊ, J. L. I. Pedogênese de uma sequência de solos desenvolvidos de arenito na região de Piracicaba (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.355-369, 2001.

MARQUES, F. A.; CALEGARI, M. R.; VIDAL-TORRADO, P.; BUURMAN, P. Relationship between soil oxidizable carbon and physical, chemical and mineralogical properties of Umbric Ferralsols. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.1, p. 25-40. 2011.

MARQUES, J. J. G. S. M.; SCHULZE, D. G.; CURI, N. MERTZMAN, S. A. Major element geochemistry and geomorphic relationships in Brazilian Cerrado soils. **Geoderma**, v.119, p.179-195, 2004.

MARTINS, G. C; FERREIRA, M. M.; CURI, N.; VITORINO, A. C. T.; SILVA, M. L. N. Campos nativos e matas adjacentes da região de Humaitá (AM): atributos diferenciais dos solos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n. 2, p.221-227, 2006.

McKEAGUE, J. A.; BRYDON, J. E.; MILES, N. M. Differentiation of Forms of extractable Iron and Aluminum in Soils. **Soil Science Society of America Journal**. v.35, p. 33-38, 1971.

MEHRA, O. P. JACKSON, D. M. L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. **Clays Clay Miner**. v.7, p. 317-327, 1960.

MENDONÇA, E. S. & MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. Viçosa: UFV, 2005. 107p.

MOORE, D. M.; REYNOLDS, R.C. **X-ray diffraction and identification and analysis of clay minerals**. Oxford: Oxford University Press, 1989. 378 p.

MOREIRA, A. Fertilidade, matéria orgânica e substâncias húmicas em solos antropogênicos da Amazônia Ocidental. **Bragantia**, v.66, n.2, p.307-315, 2007.

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

NEVES, E. G.; PETERSON, J.B; BARTONE, R.N; SILVA, C.A. Historical and socio-cultural origins of Amazonian dark earths. In: LEHMAN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B.; WOODS, W.I. **Amazonian dark earths; origin, properties and management**, 1 Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 29-50.

NOVOTNY, E. H.; HAYES, M. H. B.; MADARI, B. E.; BONAGAMBA, T. J.; DEAZEVEDO, E. R.; SOUZA, A. A.; SONG, G.; NOGUEIRA, C. M.; MANGRICH A. S. Lessons from the Terra Preta de Índios of the Amazon Region for the Utilisation of Charcoal for Soil Amendment. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 20, n. 6, p.1003-1010, 2009.

OLIVEIRA, L.B.; RIBEIRO, M.R.; FERRAZ, F.B.; JACOMINE, P.K.T. Classificação de solo Planossólicos do sertão do Araripe (PE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.685-693, 2003.

PEREIRA, M. G.; SCHIAVO, J. A.; FONTANA, A.; DIAS NETO, A. H.; MIRANDA, L. P. M. Caracterização e classificação de solos em uma topossequência sobre calcário na serra da Bodoquena, MS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37 n.1, p. 25-36, 2013.

PICCOLO, A. **The Supramolecular Structure of Humic Substances: A Novel Understanding of Humus Chemistry and Implications in Soil Science**. Adv. Agron., 75: 57-134, 2002.

PRADO, R. M.; CENTURION, J. F.; Alterações na cor e no grau de floculação de um Latossolo Vermelho-Escuro sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 197-203, 2001.

PRADO, R. M.; NATALE, W. Alterações na granulometria, grau de floculação e propriedades químicas e de um Latossolo Vermelho distrófico, sob plantio direto e reflorestamento. **Acta Scientiarum: Agronomy**. Maringá, v. 25, n. 1, p. 45-52, 2003.

REBELLATO, L. Solos antrópicos da Amazônia: terras pretas de índio e arqueologia. **Amazônica** v. 2, n.2, p. 404-413, 2010.

ROSOLEN, V.; HERPIN, U. Expansão dos solos hidromórficos e mudanças na paisagem: um estudo de caso na região Sudeste da Amazônia Brasileira. **Acta Amazônica**, v.38:, p.483-490. 2008.

SANTOS, L. A. C.; CAMPOS, M. C. C.; AQUINO, R. E.; BERGAMIN, A. C.; SILVA, D. M. P.; MARQUES JÚNIOR, J.; FRANÇA, A. B. Caracterização de terras pretas arqueológicas no sul do estado do Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.825-836, 2013. [A]

SANTOS, L. A. C.; CAMPOS, M. C. C.; COSTA, H. S.; PEREIRA, A. R. Caracterização de solos em uma topossequência sob terraços aluviais na região do médio rio Madeira (AM). **Ambiência**. v.8 n.2 p.319 – 331, 2012.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 6. ed. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 100p. [B]

SCHAEFER, C. E. G. R. Bases físicas da paisagem brasileira: estrutura geológica, relevo e solos. In: ARAUJO, A. P.; ALVES, B. J. R. **Tópicos em Ciência do Solo**, vol. **VIII**, Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013, p. 1-71.

SCHAEFER, C.E.R.G.; DALRYMPLE, J. B. Pedogenesis and relict properties of soil with columnar structure from Roraima, north Amazonia. **Geoderma**, v.71, p.1-17. 1996.

SCHWERTMANN, U. Differenzierung der eisen oxide des bodens durch extraktion unit saurer ammoniumoxalat-losung. **Z. Pflanzenernaehr. Bodenk**, v.105, p. 194-202, 1964.

SDS - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Relatório técnico síntese dos diagnósticos: Área estadual sul de Apuí e Manicoré**. Manaus, 2004. 20p.

SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. A New Version of the Assistat-Statistical Assistance Software. In: **World Congress on Computers in Agriculture**, 4, Orlando-FL-USA: Anais... Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006. p.393-396.

SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. A. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: **World Congress on Computers in Agriculture**, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, F. W. R.; LIMA, H. N.; TEIXEIRA, W. G.; MOTTA, M. B.; SANTANA, R. M. Caracterização química e mineralogia de solos antrópicos (terras pretas de índio) na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 673-681, 2011.

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

SOMBROEK, W. **Amazon Soil: a reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon Region**. Centre for Agricultural Publications and Documentation, Wageningen, 1966. 330p.

SOMBROEK, W.; KERN, D.; RODRIGUES, T.; CRAVO, M. S.; CUNHA, T. J. F. WOODS, W.; GLASER, B. Terra Preta e Terra Mulata: Suas potencialidades agrícolas, suas sustentabilidade e suas reproduções. In TEIXEIRA, W. G., KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. I. (Org.). **As Terras Pretas de Índio da Amazônia -- Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: Ed. Da Universidade Federal do Amazonas, Embrapa Amazônia Ocidental, 2010, p 251-257.

STEINER, C.; TEIXEIRA, W. G.; LEHMANN, J.; ZECH, W. 15 Microbial response to charcoal amendments of highly weathered soils and Amazonian dark earths in central Amazonia – preliminary results. In WOODS, B. G. A. W. I. (Ed). **Amazonian Dark Earths: Explorations in space and time**. Springer, Berlim. p.195-212. 2004.

SWIFT, R. S. Organic matter characterization. In: SPARKS, O.L., (Ed.). **Methods of soil analysis Part 3: Chemical methods**. Madison, Soil Science Society of America, 1996. p.1011-1020.

THOMPSON, J. A.; PENA-YEWTUKHIW, E. M.; GROVE, J. H. Soil–landscape modeling across a physiographic region: Topographic patterns and model transportability. **Geoderma**, v. 133, p.57–70, 2006.

VETTORI, L. **Métodos de análise de solo. (Boletim Técnico, 7)**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 24p.

VIANA, E. T.; BATISTA, M. A.; TORMENA, C. A.; COSTA, A. C. S.; INOUE, T. T. Atributos físicos e carbono orgânico em Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2105-2114, 2011.

WOODS, W. Os solos e as ciências humanas: interpretação do passado. In TEIXEIRA, W. G., KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. I. (Org.). **As Terras Pretas de Índio da Amazônia -- Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: Ed. Da Universidade Federal do Amazonas, Embrapa Amazônia Ocidental, 2010, p 63-72.

WOODS, W.I.; MCCANN, J.M. El origen y persistencia de las tierras negras de la Amazonía. In: Hiraoka, M.; Mora, S. (Eds). **Desarrollo Sostenible en la Amazonía**, Abya Ayala, Quito, Ecuador. 2001, p. 23-30.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**. v.19, n. 13, p.1467-1476, 1988.

APÊNDICE 1

Teor de carbono orgânico e fracionamento químico da matéria orgânica dos solos antrópicos e não antrópicos ao longo de uma topossequência no município de Apuí-AM

Tabela 1: Fracionamento químico da matéria orgânica dos solos antrópicos e não antrópico ao longo de uma topossequência no município de Apuí-AM

Horizonte	Profundidade cm	C-FAF	C-FAH	C-HUM	Tot. Frações	C-FAH/C-FAF	(C-FAH+C-FAF)/C-HUM
-----g.kg ⁻¹ -----							
P1 Topo – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico, A antrópico, textura argilosa							
Au ₁	0-20	4,17	17,48	35,67	57,31	4,20	0,61
Au ₂	20-33	2,26	12,77	17,05	32,09	5,64	0,88
Bt1	33-50	0,91	4,89	10,99	16,78	5,40	0,53
Bt2	50-68	0,81	0,45	8,94	10,21	0,56	0,14
BC	68-83	0,81	0,18	6,73	7,72	0,22	0,15
P2 Terço Superior - LUVISSOLO CRÔMICO Pálico típico, A antrópico, textura argilosa							
Aup	0-16	2,99	11,95	37,30	52,24	4,00	0,40
Au	16-45	2,17	14,49	15,13	31,79	6,67	1,10
BA	45-62	1,81	4,35	10,78	16,93	2,40	0,57
Bt	62-105	0,36	1,09	7,68	9,13	3,00	0,19
BC	105-135	0,18	0,45	6,50	7,14	2,50	0,10
Cc	135-180 ⁺	0,81	0,54	5,51	6,87	0,67	0,25
P3 Terço Inferior - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico léptico, A antrópico, textura argilosa							
Aup	0-11	6,88	13,40	34,88	55,16	1,95	0,58
Au	11-24	4,26	13,40	12,49	30,15	3,15	1,41
BA	24-50	2,26	5,43	6,13	13,83	2,40	1,26
Bi	50-85	2,72	3,71	4,88	11,31	1,37	1,32
BCr	85-110 ⁺	2,17	0,18	6,08	8,43	0,08	0,39
P4 Sopé de Transporte - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, A antrópico, textura argilosa							
Aup	0-23	7,24	10,49	26,33	44,06	1,45	0,67
AB	23-49	4,98	5,56	10,59	21,14	1,12	1,00
BA	49-92	4,17	4,10	9,41	17,68	0,99	0,88
Bi	92-127	1,45	2,92	6,16	10,53	2,01	0,71
BCr	127-140 ⁺	5,43	1,64	4,73	11,80	0,30	1,50
P5 Sopé de Depósito - GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, A moderado, textura siltosa							
A	0-18	5,66	2,37	10,34	18,37	0,42	0,78
CA	18-30	3,92	2,37	4,13	10,43	0,60	1,52
Cg ₁	30-46	4,47	1,00	3,85	9,33	0,22	1,42
Cg ₂	46-76 ⁺	3,10	0,55	2,56	6,21	0,18	1,43

C-FAF: Carbono da fração ácido fúlvico; C-FAH: carbono da fração ácido húmico; C-HUM: Carbono da fração húmica; Tot. Frações: Total das frações.

APÊNDICE 2

Descrição morfológica, análises físicas e químicas dos solos antrópicos e não antrópicos ao longo de uma topossequência no município de Apuí-AM

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL – 01 da Toposequência, Topo – Terra Preta Arqueológica.

DATA – 18.08.2012.

CLASSIFICAÇÃO – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico, A antrópico, textura argilosa, relevo suave ondulado, floresta tropical subperenefólia - TCo.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Lado esquerdo da Vicinal Douradão, Km 48 (final da estrada), entrando a direita cerca de 500 metros em área de pastagem por meio de um carreador, em seguida percorrer 800 metros de carreador em área de mata nativa. Distante 48 Km da sede de Apuí-Amazonas. 07° 12' 00,06" S e 59° 39' 35,0" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Descrito e coletado no topo da elevação suave, praticamente plano, plano a suave ondulado 0 a 5%, área de natural, vegetação de floresta.

ALTITUDE - 117 metros.

LITOLOGIA – Riolito e/ou riolacito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo Colíder.

PERÍODO – Paleoproterozóico / Estateriano.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto da alteração do material supracitado.

PEDREGOSIDADE - Não pedregosa.

ROCHOSIDADE - Não rochosa.

RELEVO LOCAL - Plano.

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado.

EROSÃO - Não aparente.

DRENAGEM – Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta Tropical Subperenefólia.

USO ATUAL - Área de floresta nativa.

CLIMA – Am, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO - Mateus Rosas Ribeiro, Luís Antônio Coutrim dos Santos, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Elaine Almeida Derlamelinda e Pedro Raimundo de Araújo.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Au1 0–20 cm, preto (10YR 2/1, úmida) e bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, seca); franco-argilossiltosa; forte pequena e média granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

Au2 20–33 cm, bruno muito escuro (10YR 2/2, úmida) e bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, seca); argilossiltosa; moderada pequena e média granular a blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana.

Bt1 33–50 cm, bruno (10YR 4/3, úmida); argila; moderada muito pequena média blocos subangulares; dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

Bt2 50-68 cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmida); muito argilosa pouco cascalhenta; fraca e moderada média blocos angulares; cerosidade moderada e comum; dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

BC 68–83 cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6, úmida); muito argilosa pouco cascalhenta; fraca média blocos angulares; cerosidade fraca e comum; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição abrupta e ondular (8 – 36 cm).

R 83–137 cm+; rocha consolidada coletada.

RAÍZES – Muitas nos horizontes Au1 e Au2; comum no Bt1; poucas no Bt2 e BC.

OBSERVAÇÃO - Fragmentos de rochas no horizonte BC.

- Muitos fragmentos de cerâmicas em Au1, Au2 e poucos no Bt1, com presença de um porte cerâmico inteiro no Bt1.

Relação textural: $(Bt1 + Bt2)/(Au1 + Au2) = 1,45$

Atividade da fração Argila Valor T ($cmoc\ kg^{-1}$) x 1000/argila ($g\ kg^{-1}$):

Alta nos horizontes Au1, Au2, Bt1 e Bt2 e Baixa no horizonte BC.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Fração da amostra total			Composição Granulométrica					ADA	GF	S/A	Ds	Dp	Pt
Símbolo	Prof.	Material Lítico	Fragmentos Cerâmicos	Terra Fina	Areia Total	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila						
	(cm)	g.kg ⁻¹								%	g cm ⁻³			%	
Au ₁	0-20	59	67	874	158	65	93	451	391	43	89	1,2	0,7	2,5	72
Au ₂	20-33	54	31	915	151	63	88	443	406	180	56	1,1	0,9	2,6	65
Bt1	33-50	78	8	915	110	43	67	336	554	277	50	0,6	nd	2,7	nd
Bt2	50-68	87	0	913	65	27	38	332	603	348	42	0,6	nd	2,7	nd
BC	68-83	122	0	878	55	23	32	217	728	455	38	0,3	nd	2,7	nd

ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de floculação; S/A: Relação Silte/Argila; Ds: Densidade do solo; Dp: Densidade da partícula; Pt: Porosidade Total.

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA BASES	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P	Carbono Orgânico
Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺								
cmol _c kg ⁻¹							%	%	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹				
5,5	5,0	-0,5	23,85	4,14	0,19	0,08	28,26	0,58	15,49	43,75	65	2	206	68,85
5,7	4,7	-1,0	14,64	2,27	0,09	0,05	17,05	0,43	14,27	31,32	54	2	455	37,23
5,9	4,7	-1,2	12,07	2,07	0,09	0,06	14,29	0,42	8,84	23,13	62	3	268	20,87
5,8	4,5	-1,3	8,90	1,20	0,09	0,05	10,24	0,38	6,76	17,00	60	4	128	10,61
5,7	4,5	-1,2	7,42	0,69	0,14	0,05	8,30	0,40	6,26	14,56	57	5	146	7,29

Horizonte		ATAQUE SULFURICO (H ₂ SO ₄ 1:1)				SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃
Símbolo	Prof.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Ki	Kr
	(cm)	g kg ⁻¹					
Au1	0-20	166,0	161,8	76,9	8,6	1,74	1,34
Bt2	50-68	239,0	225,6	90,9	7,9	1,80	1,43
BC	68-83	244,0	239,7	98,4	6,9	1,73	1,37

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL – 02 da Toposequência, Terço superior – Terra Preta Arqueológica.

DATA – 17.08.2012.

CLASSIFICAÇÃO – LUVISSOLO CRÔMICO Pálico típico, A antrópico, textura argilosa, relevo suave ondulado, floresta tropical subperenifólia – TCp.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Lado esquerdo da Vicinal Douradão, Km 48 (final da estrada), entrando a direita cerca de 500 metros em área de pastagem por meio de um carreador, em seguida percorrer 800 metros de carreador em área de mata nativa, chegando na roça, seguir até a área de cultivo de cacau. Distante 48 Km da sede de Apuí-Amazonas. 07° 12' 03,8'' S e 59° 39' 35,1'' W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Descrito e coletado no terço médio da encosta suave, com declividade de 2,5 a 5,0%, cultivo de cacau.

ALTITUDE – 113 metros.

LITOLOGIA – Riolito e/ou riolacito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo Colider.

PERÍODO – Paleoproterozóico / Estateriano.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto da alteração do material supracitado.

PEDREGOSIDADE - Não pedregosa.

ROCHOSIDADE - Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado.

EROSÃO - Não aparente.

DRENAGEM – Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta Tropical Subperenifólia.

USO ATUAL - Cultivo de cacau, utilizando andiroba como espécie para sombreamento.

CLIMA – Am, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO - Mateus Rosas Ribeiro, Luís Antônio Coutrim dos Santos, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Elaine Almeida Derlamelinda e Pedro Raimundo de Araújo.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Aup 0–16 cm, preto (10YR 2/1, úmida) e bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, seca); franco-argilossiltosa; moderada e forte muito pequena e pequena granular e blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.

Au 16–45 cm, bruno muito escuro (10YR 2/2, úmida) e bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, seca); argilossiltosa; moderada e forte muito pequena e pequena granular; dura, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

BA 45–62 cm, bruno-escuro (10YR 3/3, úmida); bruno (10YR 4/3, seca); argila; moderada muito pequena e pequena blocos subangulares; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e ondular (18 – 10 cm).

Bt 62–105 cm, bruno (10YR 4/3, úmida); muito argilosa; fraca média blocos angulares; cerosidade moderada e abundante; extremamente dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

BC 105–135 cm, bruno-amarelado (10YR 5/6, úmida); muito argilosa; maciça coesa, extremamente dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição abrupta e ondular (29 – 40 cm).

Cc 135–180 cm+, coloração variegada, composta de bruno-amarelado (10YR 5/6, úmida) e com concreções vermelho (2,5 YR 4/8); muito argilosa muito cascalhenta.

RAÍZES – Muitas nos horizontes Aup e Au; comuns no BA; poucas no Bt; raras no BC; ausente no Cc.

OBSERVAÇÃO – Horizonte Cc é concrecionário, apenas coletado, não caracterizado morfolicamente.

Relação textural: $(BA + Bt)/(Aup + Au) = 1,48$

Atividade da fração Argila Valor T ($\text{cmo}_c \text{ kg}^{-1}$) x 1000/argila (g kg^{-1}):
Alta nos horizontes Aup, Au, BA e Bt e Baixa nos horizontes BC e Cc.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Fração da amostra total			Composição Granulométrica					ADA	GF	S/A	Ds	Dp	Pt
Símbolo	Prof.	Material Lítico	Fragmentos Cerâmicos	Terra Fina	Areia Total	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila						
	(cm)	g.kg ⁻¹									%	g cm ⁻³		%	
Aup	0-16	253	54	693	153	62	91	454	393	109	72	1,2	0,9	2,6	65
Au	16-45	37	33	930	150	58	92	446	404	269	33	1,1	0,9	2,6	65
BA	45-62	29	0	971	100	35	65	334	566	362	36	0,6	1,2	2,7	56
Bt	62-105	49	0	951	57	23	34	330	613	454	26	0,5	nd	2,7	nd
BC	105-135	55	0	945	49	16	33	250	701	467	33	0,4	nd	2,7	nd
Cc	135-180+	789	0	211	68	35	33	213	719	479	33	0,3	nd	nd	nd

ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de floculação; S/A: Relação Silte/Argila; Ds: Densidade do solo; Dp: Densidade da partícula; Pt: Porosidade Total.

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA BASES	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P	Carbono Orgânico		
Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺										
cmol _c kg ⁻¹													%	%	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
6,3	5,7	-0,6	21,60	1,87	0,52	0,10	24,09	0,78	8,50	32,59	74	3	227	56,31		
5,8	4,6	-1,2	13,89	2,22	0,43	0,11	16,65	0,38	16,81	33,46	50	2	668	32,75		
5,8	4,5	-1,3	10,82	1,99	0,21	0,07	13,09	0,42	12,48	25,57	51	3	354	16,60		
5,6	4,4	-1,2	8,29	1,33	0,17	0,07	9,86	0,49	7,72	17,58	56	5	203	9,55		
5,4	4,3	-1,1	6,58	1,33	0,16	0,06	8,13	0,55	6,62	14,75	55	6	199	5,62		
5,2	4,2	-1,0	5,00	1,30	0,14	0,06	6,50	0,52	6,20	12,70	51	7	226	4,89		

Horizonte		ATAQUE SULFURICO (H ₂ SO ₄ 1:1)					SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃
Símbolo	Prof.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂			
	(cm)	g kg ⁻¹				Ki	Kr	
Aup	0-16	155,5	152,0	62,7	8,1	1,74	1,38	
Bt	62-105	266,0	237,8	86,5	7,7	1,90	1,54	
Cc	135-180 ⁺	285,0	262,3	98,8	7,3	1,85	1,49	

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL – 03 da Toposequência, Terço inferior – Terra Mulata.

DATA – 21.05.2013

CLASSIFICAÇÃO – CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico léptico, A antrópico, textura argilosa, relevo suave ondulado, floresta tropical subperenifólia – CXvd.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Lado esquerdo da Vicinal Douradão, Km 48 (final da estrada), entrando a direita cerca de 500 metros em área de pastagem por meio de um carreador, em seguida percorrer 800 metros de carreador em área de mata nativa, passando pelo o plantio de cacau e seguindo para a pastagem. Distante 48 Km da sede de Apuí-Amazonas. 07° 12' 08,1" S e 59° 39' 35,7" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Descrito e coletado no terço inferior, praticamente plano, plano a suave ondulado 0 a 5%, área de pastagem com Brachiaria e com leguminosas Puerária.

ALTITUDE - 96 metros.

LITOLOGIA – Riolito e/ou riolacito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo Colider.

PERÍODO – Paleoproterozóico / Estateriano.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto da alteração do material supracitado.

PEDREGOSIDADE - Não pedregosa.

ROCHOSIDADE - Não rochosa.

RELEVO LOCAL - Plano.

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado.

EROSÃO – Laminar Ligeira.

DRENAGEM – Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta Tropical Subperenifólia.

USO ATUAL – Área de pastagem Brachiaria consorciada com leguminosa Puerária.

CLIMA – Am, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO – Milton César Costa Campos, Luís Antônio Coutrim dos Santos, Wilson Franciscan, Pésio de Paula Neto.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Aup 0–11 cm, bruno muito escuro (10YR 2/2, úmida); argila; forte muito pequena e pequena granular; muito friável, não plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

Au 11–24 cm, cizento muito escuro (10YR 3/1, úmida); argila pouco cascalhenta; moderada média e grande blocos angulares, subangulares e granular; muito friável, não plástica e não pegajosa; transição clara e plana.

BA 24–50 cm, bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmida); argila pouco cascalhenta; forte pequena e média blocos angulares, subangulares e granular; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

Bi 50-85 cm, bruno- escuro (10YR 3/3, úmida); argila pouco cascalhenta; forte grande e muito grande blocos angulares, subangulares e granular; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

BCr 85–110 cm+, amarelo brunado (10YR 6/6, úmida); argila muito cascalhenta; maciça pequena; friável; plástica e pegajosa.

RAÍZES – Muitas e finas nos horizontes Aup e Au; comuns e finas no BA e Bi; raras e finas no BCr.

OBSERVAÇÃO – Horizontes de solo coletado úmido.
- Forte presença de cascalho no horizonte BCr.

Relação textural: $(BA + Bi)/(Aup + Au) = 1,19$

Atividade da fração Argila Valor T ($\text{cmo}_c \text{ kg}^{-1}$) x 1000/argila (g kg^{-1}):
Alta nos horizontes Aup, Au, BA e Bi e Baixa no horizonte BC.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Fração da amostra total			Composição Granulométrica					ADA	GF	S/A	Ds	Dp	Pt
Símbolo	Prof.	Material Lítico	Fragmentos Cerâmicos	Terra Fina	Areia Total	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila						
	(cm)	g.kg ⁻¹								%	g cm ⁻³		%		
Aup	0-11	30	0	970	184	84	100	380	436	138	68	0,9	0,8	2,5	69
Au	11-24	93	12	895	197	85	112	289	514	187	64	0,6	0,9	2,6	65
BA	24-50	93	0	907	175	68	107	265	560	234	58	0,5	1,0	2,7	63
Bi	50-85	104	0	896	166	56	110	263	571	286	50	0,5	1,1	2,7	61
BCr	85-110+	634	0	366	117	36	81	312	571	119	79	0,5	nd	2,7	nd

ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de floculação; S/A: Relação Silte/Argila; Ds: Densidade do solo; Dp: Densidade da partícula; Pt: Porosidade Total.

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA BASES	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P	Carbono Orgânico
Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺								
cmol _c kg ⁻¹							%	%	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹				
6,0	5,4	-0,6	18,52	2,88	0,50	0,15	22,04	0,03	11,60	33,64	66	0	236	49,50
5,6	4,1	-1,5	2,39	0,13	1,44	0,29	4,25	1,55	20,39	24,65	17	27	323	26,33
5,5	4,0	-1,5	1,52	0,02	1,42	0,15	3,11	1,79	15,98	19,09	16	37	284	13,72
4,8	3,9	-1,0	1,49	0,01	0,53	0,08	2,11	2,17	13,69	15,80	13	51	258	9,95
4,6	3,6	-1,0	1,53	0,01	0,22	0,03	1,79	2,84	10,31	12,10	15	61	140	4,61

Horizonte		ATAQUE SULFURICO (H ₂ SO ₄ 1:1)				SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃
Símbolo	Prof.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂		
	(cm)	g kg ⁻¹				Ki	Kr
Aup	0-11	133,5	122,4	57,5	7,3	1,85	1,43
Bi	50-85	150,5	161,9	59,5	8,4	1,58	1,28
BCr	85-110+	231,0	201,9	67,7	9,3	1,94	1,60

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL – 04 da Toposequência, Perfil 4 – Sopé de transporte – Terra Mulata.

DATA – 21.05.2013

CLASSIFICAÇÃO - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, A antrópico, textura argilosa, relevo suave ondulado, floresta tropical subperenifólia – CXvd.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Lado esquerdo da Vicinal Douradão, Km 48 (final da estrada), entrando a direita cerca de 500 metros em área de pastagem por meio de um carreador, em seguida percorrer 800 metros de carreador em área de mata nativa, passando pelo o plantio de cacau e seguindo para a pastagem na parte de baixo. Distante 48 Km da sede de Apuí-Amazonas. 07° 12' 09,2" S e 59° 39' 36,2" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Descrito e coletado sopé de transporte, praticamente plano, plano a suave ondulado 0 a 5%, área de pastagem com Brachiaria consorciada com leguminosas Puerária.

ALTITUDE - 93 metros.

LITOLOGIA – Riolito e/ou riolacito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo Colider.

PERÍODO – Paleoproterozóico / Estateriano.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto da alteração do material supracitado.

PEDREGOSIDADE - Não pedregosa.

ROCHOSIDADE - Não rochosa.

RELEVO LOCAL - Plano.

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado.

EROSÃO – Laminar Ligeira.

DRENAGEM – Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta Tropical Subperenifólia.

USO ATUAL – Área de pastagem Brachiaria consorciada com leguminosa Puerária.

CLIMA – Am, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO – Milton César Costa Campos, Luís Antônio Coutrim dos Santos, Wilson Franciscan, Pésio de Paula Neto.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Aup 0–23 cm, bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmida); argila; forte pequena granular; muito friável, não plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

AB 23–49 cm, bruno (10YR 4/3, úmida); argila; moderada média blocos angulares; muito friável, não plástica e não pegajosa; transição clara e plana.

BA 49–92 cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmida); argila; forte média e grande blocos angulares; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

Bi 92-127 cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6, úmida); argila; forte média e grande granular; muito friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

BCr 127–140 cm+, bruno - amarelado (10YR 5/6, úmida); argila cascalhenta; maciça média; friável; plástica e pegajosa.

RAÍZES – Muitas finas e médias nos horizontes Au e AB; comuns finas, médias e grossas no BA; raras e finas no Bi; ausente no BCr.

OBSERVAÇÃO – Horizontes de solo coletado úmido;

- Manchas amareladas no horizonte AB, como se fosse outro solo translocado;
- Manchas de material escuro no Bi, como se fosse matéria orgânica transportada dos horizontes superiores;
- Forte presença de cascalho no horizonte BCr.

Relação textural: $(BA + Bi)/(Aup + AB) = 1,01$

Atividade da fração Argila Valor T ($cm_o_c \text{ kg}^{-1}$) x 1000/argila ($g \text{ kg}^{-1}$):
Alta nos horizontes Aup, AB e BA e Baixa nos horizontes Bi e BC.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Fração da amostra total			Composição Granulométrica					ADA	GF	S/A	Ds	Dp	Pt
Símbolo	Prof.	Material Lítico	Fragmentos Cerâmicos	Terra Fina	Areia Total	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila						
	(cm)	g.kg ⁻¹								%	g cm ⁻³		%		
Au	0-23	9	3	988	143	51	92	352	505	229	55	0,7	0,8	2,5	69
AB	23-49	36	0	964	139	40	99	352	509	255	50	0,7	0,8	2,6	69
BA	49-92	33	0	967	141	41	100	353	506	184	64	0,7	1,0	2,7	64
Bi	92-127	58	0	942	149	46	103	331	520	331	36	0,6	1,2	2,7	55
BCr	127-140 ⁺	164	0	836	150	46	104	328	522	285	45	0,6	nd	2,7	nd

ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de floculação; S/A: Relação Silte/Argila; Ds: Densidade do solo; Dp: Densidade da partícula; Pt: Porosidade Total.

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA BASES	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P	Carbono Orgânico
Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺								
cmol _c kg ⁻¹							%	%	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹				
5,0	4,2	-0,8	10,59	0,43	0,27	0,17	11,47	0,57	19,87	31,34	37	5	162	37,60
4,4	4,0	-0,5	1,84	0,05	0,09	0,13	2,11	2,45	17,20	19,31	11	54	119	22,70
4,7	4,0	-0,7	1,74	0,01	0,04	0,00	1,80	2,20	13,62	15,41	12	55	107	9,70
4,5	3,9	-0,6	1,70	0,00	0,02	0,00	1,73	2,62	9,87	11,59	15	60	73	3,99
4,5	4,0	-0,5	1,57	0,01	0,02	0,00	1,59	2,51	10,52	12,11	13	61	95	6,02

Horizonte		ATAQUE SULFURICO (H ₂ SO ₄ 1:1)				SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃
Símbolo	Prof.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂		
	(cm)	g kg ⁻¹				Ki	Kr
Au	0-23	187,5	132,5	32,3	9,4	2,41	2,08
Bi	92-127	201,0	167,9	54,3	9,8	2,04	1,69
BCr	127-140 ⁺	178,5	164,1	57,0	9,8	1,85	1,51

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL – 05 da Topossequência, Sopé de deposição – Solo não antrópico.

DATA – 20.05.2013

CLASSIFICAÇÃO – GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, A moderado, textura siltosa, relevo suave ondulado, floresta Tropical Subperenefólia de várzea – GXvd.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Lado esquerdo da Vicinal Douradão, Km 48 (final da estrada), entrando a direita cerca de 500 metros em área de pastagem por meio de um carreador, em seguida percorrer 800 metros de carreador em área de mata nativa, passando pelo o plantio de cacau, pela a pastagem e seguindo para a mata nativa. Distante 48 Km da sede de Apuí-Amazonas. 07° 12' 12,0" S e 59° 39' 37,3" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Descrito e coletado no sopé de deposição, plano, plano a suave ondulado 0 a 5%, floresta primária pouco densa.

ALTITUDE - 90 metros.

LITOLOGIA - Sedimentos aluviais e coluviais.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Sedimentos aluviais e coluviais.

PERÍODO – Paleoproterozóico / Estateriano.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimentos Aluviais e Coluviais.

PEDREGOSIDADE - Não pedregosa.

ROCHOSIDADE - Não rochosa.

RELEVO LOCAL - Plano.

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Muito mal drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta Tropical Subperenefólia de várzea.

USO ATUAL – Área de mata auxiliar, floresta primária pouco densa.

CLIMA – Am, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO – Milton César Costa Campos, Luís Antônio Coutrim dos Santos, Uilson Franciscon e Pérsio de Paula Neto.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0–18 cm, cinzento (10YR 6/1, úmida); franco-argilossiltosa; forte média e grande blocos angulares e granular; firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

AC 18–30 cm, cinzento-claro (10YR 7/1, úmida) e mosqueado amarelo brunado (10YR 6/8); franco-argilossiltosa; forte média e grande blocos angulares e granular; firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

Cg1 30–46 cm, cinzento-avermelhado-claro (2,5YR 7/1, úmida) e mosqueado bruno-forte (7,5YR 5/8); franco-argilossiltosa; forte média e grande blocos angulares e granular; firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

Cg2 46-76 cm+, vermelho-claro-acinzentado (2,5YR 6/2, úmida) e mosqueado vermelho-amarelado (5YR 5/8); francossiltosa; forte média e grande blocos angulares e granular; firme, muito plástica e muito pegajosa.

RAÍZES – Muitas médias e grossas no horizonte A; muitas finas e médias no horizonte AC; comuns e finas no Cg1; poucas e finas no Cg2.

OBSERVAÇÃO - Horizontes de solo coletado úmido a muito úmido;
- Presença de mosqueado nos horizontes AC, Cg1 e Cg2.
Atividade da fração Argila Valor T ($\text{cmo}_c \text{ kg}^{-1}$) x 1000/argila (g kg^{-1}):
Alta nos horizontes A e Cg2 e Baixa nos horizontes AC e Cg1.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Fração da amostra total			Composição Granulométrica					ADA	GF	S/A	Ds	Dp	Pt
Símbolo	Prof.	Material Lítico	Fragmentos Cerâmicos	Terra Fina	Areia Total	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila						
	(cm)	g.kg ⁻¹								%	g cm ⁻³		%		
A	0-18	0	0	1000	85	19	66	598	317	195	38	1,9	1,2	2,6	54
CA	18-30	0	0	1000	96	17	79	583	321	197	39	1,8	1,6	2,6	41
Cg ₁	30-46	0	0	1000	131	22	109	574	295	196	33	1,9	1,5	2,7	42
Cg ₂	46-76 ⁺	0	0	1000	285	40	244	517	199	148	26	2,6	nd	2,7	nd

ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de floculação; S/A: Relação Silte/Argila; Ds: Densidade do solo; Dp: Densidade da partícula; Pt: Porosidade Total.

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA BASES	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P	Carbono Orgânico
Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺								
cmol _c kg ⁻¹							%	%	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹				
4,0	3,4	-0,6	0,94	0,19	0,11	0,02	1,26	2,55	8,12	9,39	13	67	13	14,33
4,4	3,6	-0,8	0,85	0,09	0,04	0,00	0,97	2,84	7,13	8,11	12	74	5	5,85
4,5	3,5	-1,0	0,67	0,02	0,03	0,00	0,72	2,45	6,56	7,28	10	77	4	3,23
4,6	3,9	-0,7	0,76	0,01	0,01	0,00	0,78	1,28	4,85	5,63	14	62	3	1,25

Horizonte		ATAQUE SULFURICO (H ₂ SO ₄ 1:1)				SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃
Símbolo	Prof.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂		
	(cm)	g kg ⁻¹				Ki	Kr
A	0-18	109,5	93,1	7,0	8,5	2,00	1,91
Cg ₁	30-46	132,5	114,7	11,2	9,3	1,96	1,85
Cg ₂	46-76 ⁺	86,0	61,2	10,1	8,6	2,39	2,16