

MILTON CÉSAR COSTA CAMPOS

**PEDOGEOMORFOLOGIA APLICADA À AMBIENTES
AMAZÔNICOS DO MÉDIO RIO MADEIRA**

RECIFE – PERNAMBUCO – BRASIL
2009

MILTON CÉSAR COSTA CAMPOS

**PEDOGEOMORFOLOGIA APLICADA À AMBIENTES
AMAZÔNICOS DO MÉDIO RIO MADEIRA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciências do Solo.

Orientador: Prof. PhD. Mateus Rosas Ribeiro

Co-Orientadores: Prof. D.Sc. Mateus Rosas Ribeiro Filho

Prof. D.Sc. Valdomiro Severino de Souza

Júnior

RECIFE – PERNAMBUCO – BRASIL

2009

FICHA CATALOGRÁFICA

C198p Campos, Milton César Costa
Pedogeomorfologia aplicada à ambientes amazônicos
do médio Rio Madeira / Milton César Costa Campos. – 2009.
242 f. : il.

Orientador: Mateus Rosas Ribeiro
Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Universidade
Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Agronomia.
Inclui referências e apêndice.

CDD 631.44

1. Solo
2. Superfície geomórfica
3. Solos amazônicos
4. Gênese do solo
5. Terras pretas arqueológicas
 - I. Ribeiro, Mateus Rosas
 - II. Título

MILTON CÉSAR COSTA CAMPOS

PEDOGEOMORFOLOGIA APLICADA À AMBIENTES AMAZÔNICOS DO MÉDIO RIO MADEIRA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciências do Solo.

Tese defendida e aprovada pela banca examinadora em 10 de novembro de 2009.

Orientador: Prof. PhD. Mateus Rosas Ribeiro _____

Examinadores:

Prof. D.Sc. José Coelho de Araújo Filho _____

Prof. LD. Paulo Klinger Tito Jacomine _____

Prof. D.Sc. Lindomário Barros de Oliveira _____

Prof. D.Sc. Mateus Rosas Ribeiro Filho _____

"Tudo posso naquele que me fortalece"

Filipenses 4:13

Aos meus pais Izaque Eloi Campos
(*in memoriam*) e Rosa Laura Costa
Campos pelo apoio e incentivo
principalmente nos momentos de
dificuldades.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela benção que é a vida e pela coragem e força para transformar um sonho em realidade.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade e acolhida no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, contribuindo para a minha formação profissional.

À Universidade Federal do Amazonas, pela liberação para realização do Curso de Doutorado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Mateus Rosas Ribeiro pela oportunidade, orientação e disposição durante a realização deste trabalho, bem como pelo exemplo de pesquisador, professor e pedólogo.

Ao Prof. Valdomiro Severino de Souza Júnior pela amizade, preocupação e conversas sobre os mais diversos assuntos, além da orientação decisiva na interpretação da mineralogia dos solos.

Ao Prof. Mateus Rosas Ribeiro Filho pelos ensinamentos, pela amizade e pela boa convivência, contribuindo com as valiosas sugestões e correções.

Ao Prof. José Coelho de Araújo Filho pelas grandes contribuições dadas a este trabalho.

Aos Profs. Paulo Klinger Tito Jacomine e Lindomário Barros de Oliveira pelas valiosas sugestões.

À Profa. Sandra Barreto de Queiroz do CCA/UFPB e o Prof. José Marques Júnior da FCAV/UNESP que me despertaram para os estudos de Gênese do Solo.

Aos Professores Emídio, Clístenes, Ângelo, Betânia, Sheila e Mário Lira, meu muito obrigado pelos ensinamentos.

Aos companheiros e amigos Rômulo e Maria pelo aprendizado do dia-a-dia no laboratório, pelos desabafos e paciência que sempre tiveram comigo.

Aos meus amigos da pós-graduação Cauê, Alysson, Josimar, Carol, Francisco, Edson, Moacyr, Eriberto, Edvan, Fátima, Karina, Tâmara, Michelangelo, Júnior, Carol Malala, Karla, Guilherme e Rosália, pelas horas de diversão e de estudo compartilhadas.

Aos funcionários e amigos da UFRPE, Seu Josué, Seu Camilo, Seu Noca, Anacleto e Socorro pela boa convivência e pela presteza quando precisei.

Aos alunos da UFRPE, Fábio, Edivan e Vilma que me apoiaram na condução dos trabalhos no laboratório.

Aos meus alunos do IAA/UFAM, Renato, Julimar, Ivanildo, Jonas, Tiago, Natalino, Rozenir e Douglas que me apoiaram na condução dos trabalhos de campo.

Aos meus amigos Aldair e Marcelo pela amizade e companheirismo.

Aos colegas professores do IAA/UFAM, Eulina, Viviane Vidal, Robson, Marcos, Rubens, Valmir, Valdemir (*in memoriam*), Heron e Edgard pelo incentivo.

À Seu Francisco e Dona Tereza da Flona de Humaitá e Seu Serafim e Seu Airton do Km-180 pelo apoio logístico e pelo acolhimento em suas residências.

Aos funcionários do IBAMA de Humaitá que sempre me emprestaram sua lancha voadeira para os trabalhos de campo. E ao Diogo pelo empréstimo do barco da Prefeitura de Humaitá.

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	01
1.1. Introdução.....	01
1.2. Revisão de Literatura.....	02
1.2.1. A região do Vale Médio do Rio Madeira.....	02
1.2.1.1. O meio físico.....	02
1.2.1.2. Geologia.....	03
1.2.1.3. Geomorfologia e relevo.....	04
1.2.1.4. Vegetação.....	05
1.2.1.5. Solos.....	07
1.2.2. Evolução dos conceitos da relação solo-paisagem.....	09
1.2.2.1. Discussão conceitual.....	09
1.2.2.2. Surgimento e evolução dos estudos no mundo.....	11
1.2.2.3. Estudos da relação solo-paisagem no Brasil.....	13
1.2.2.4. Modelos usados para estudar a relação solo-paisagem.....	16
1.2.2.5. Superfícies geomórficas e a Pedologia.....	19
1.2.3. Terras Pretas Arqueológicas.....	23
1.3. Referências Bibliográficas.....	26
CAPÍTULO II – RELAÇÕES SOLO-PAISAGEM EM TRÊS TOPOSSEQUÊNCIAS NA REGIÃO DO MÉDIO RIO MADEIRA.....	40
2.1. Introdução.....	40
2.2. Material e Métodos.....	41
2.2.1. Localização e caracterização ambiental das áreas estudadas.....	41
2.2.2. Levantamento de campo.....	46
2.2.3. Análises físicas e químicas dos solos.....	47
2.2.4. Óxidos do ataque sulfúrico e formas cristalinas e amorfas.....	48
2.2.5. Análises Mineralógicas.....	48
2.2.5.1. Fração Argila.....	48

	Página
2.2.5.2. Frações Silte e Areia.....	49
2.2.5.3. Análise estatística dos dados.....	49
2.2.5.3.1. Análise Estatística Multivariada.....	49
2.3. Resultados e Discussão.....	51
2.3.1. Relações solo-superfície geomórfica em uma topossequência Várzea/Terra Firme na Floresta Nacional de Humaitá, AM.....	51
2.3.1.1. Classificação e Distribuição dos solos na paisagem.....	51
2.3.1.2. Atributos Morfológicos do Solo.....	54
2.3.1.3. Atributos Físicos do Solo.....	59
2.3.1.4. Atributos Químicos do Solo.....	62
2.3.1.5. Atributos Mineralógicos do Solo.....	68
2.3.1.6. Análises Estatísticas.....	71
2.3.1.7. Conclusões.....	84
2.3.2. Relação solo-paisagem em uma topossequência sob substrato granítico em Santo Antônio do Matupi, Manicoré, AM.....	85
2.3.2.1. Classificação e Distribuição dos solos na paisagem.....	85
2.3.2.2. Atributos Morfológicos do Solo.....	87
2.3.2.3. Atributos Físicos do Solo.....	89
2.3.2.4. Atributos Químicos do Solo.....	91
2.3.2.5. Atributos Mineralógicos do Solo.....	96
2.3.2.6. Análises Estatísticas.....	98
2.3.2.7. Conclusões.....	106
2.3.3. Relação solo-vegetação em uma transição Campos/Floresta na região de Humaitá, AM.....	107
2.3.3.1. Classificação e Distribuição dos solos na paisagem.....	107
2.3.3.2. Atributos Morfológicos do Solo.....	110
2.3.3.3. Atributos Físicos do Solo.....	113
2.3.3.4. Atributos Químicos do Solo.....	115
2.3.3.5. Atributos Mineralógicos do Solo.....	119
2.3.3.6. Análises Estatísticas.....	121

	Página
2.3.3.7. Conclusões.....	128
3.4. Referências Bibliográficas.....	129
CAPÍTULO III – CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE TERRAS PRETAS ARQUEOLÓGICAS NA REGIÃO DO MÉDIO RIO MADEIRA.....	141
3.1. Introdução.....	141
3.2. Material e Métodos.....	142
3.2.1. Caracterização do meio físico.....	142
3.2.2. Levantamento de campo.....	144
3.2.3. Análises físicas e químicas dos solos.....	144
3.2.4. Carbono orgânico total e Fracionamento químico da MOS.....	145
3.2.5. Óxidos do ataque sulfúrico e formas cristalinas e amorfas.....	145
3.2.6. Análises Mineralógicas.....	146
3.3. Resultados e Discussão.....	147
3.3.1. Classificação dos Solos.....	147
3.3.2. Atributos Morfológicos.....	147
3.3.3. Atributos Físicos.....	149
3.3.4. Atributos Químicos.....	152
3.3.5. Atributos Mineralógicos.....	156
3.3.6. Carbono orgânico total e fracionamento químico da MOS.....	157
3.4. Conclusões.....	159
3.5. Referências Bibliográficas.....	160
CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	165

LISTA DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO II	
Tabela 1. Características morfológicas dos solos na toposseqüência na Floresta Nacional de Humaitá, AM.....	55
Tabela 2. Caracterização física dos solos na toposseqüência na Floresta Nacional de Humaitá, AM.....	60
Tabela 3. Caracterização química dos solos na toposseqüência na Floresta Nacional de Humaitá, AM.....	63
Tabela 4. Teores dos óxidos do ataque sulfúrico (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3), óxidos livre extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3) e formas amorfas extraídos com oxalato ácido de amônio (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3) e relações entre eles na toposseqüência na Floresta Nacional de Humaitá, AM.....	67
Tabela 5. Composição mineralógica das frações areia, silte e argila dos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais na toposseqüência na Floresta Nacional de Humaitá, AM.....	69
Tabela 6. Coeficientes de correlação entre os atributos originais, componentes principais (Y1 e Y2) e ordem de importância dos parâmetros originais para os horizontes diagnósticos superficiais nas superfícies geomórficas.....	83
Tabela 7. Coeficientes de correlação entre os atributos originais, componentes principais (Y1 e Y2) e ordem de importância dos parâmetros originais para os horizontes diagnósticos subsuperficiais nas superfícies geomórficas.....	84
Tabela 8. Características morfológicas dos solos em uma toposseqüência sobre granito em Santo Antônio do Matupi, Manicoré, AM.....	88
Tabela 9. Caracterização física dos solos em uma toposseqüência sobre granito em Santo Antônio do Matupi, Manicoré, AM.....	90
Tabela 10. Caracterização química dos solos em uma toposseqüência sobre granito em Santo Antônio do Matupi, Manicoré, AM.....	92

Tabela 11. Teores dos óxidos do ataque sulfúrico (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3), óxidos livre extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3) e formas amorfas extraídas com oxalato ácido de amônio (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3) e relações entre eles, em uma toposseqüência sobre granito em Santo Antônio do Matupi, Manicoré, AM.....	95
Tabela 12. Composição mineralógica das frações areia, silte e argila dos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais nos segmentos de vertentes em uma toposseqüência em Santo Antônio do Matupi, Manicoré, AM.....	96
Tabela 13. Médias dos atributos físicos em uma toposseqüência sobre granito em Santo Antônio do Matupi, Manicoré, AM.....	99
Tabela 14. Médias dos atributos químicos dos solos sobre granito em uma toposseqüência em Santo Antônio do Matupi, Manicoré, AM.....	100
Tabela 15. Coeficientes de correlação entre os atributos originais, componentes principais (Y_1 e Y_2) e ordem de importância dos parâmetros originais para os horizontes diagnósticos superficiais nos segmentos de vertente.....	105
Tabela 16. Coeficientes de correlação entre os atributos originais, componentes principais (Y_1 e Y_2) e ordem de importância dos parâmetros originais para os horizontes diagnósticos subsuperficiais nos segmentos de vertente.....	106
Tabela 17. Características morfológicas dos solos nos diversos pedoambientes em uma seqüência de transição Campos/Floresta na região de Humaitá, AM.....	111
Tabela 18. Caracterização física dos solos nos diversos pedoambientes em uma seqüência de transição Campos/Floresta na região de Humaitá, AM.....	114
Tabela 19. Caracterização química dos solos nos diversos pedoambientes em uma seqüência de transição Campos/Floresta na região de Humaitá, AM.....	116
Tabela 20. Teores dos óxidos do ataque sulfúrico (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3), óxidos livre extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3) e formas amorfas extraídos com oxalato ácido de amônio (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3) e relações entre eles, nos diversos pedoambientes em uma seqüência de transição Campos/Floresta na região de Humaitá, AM.....	118

Tabela 21. Composição mineralógica das frações areia, silte e argila dos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais nos diversos pedoambientes em uma seqüência de transição Campos/Floresta na região de Humaitá, AM.....	120
Tabela 22. Médias dos atributos físicos nos diversos pedoambientes em uma seqüência de transição Campos/Floresta na região de Humaitá, AM.....	122
Tabela 23. Médias dos atributos químicos nos diversos pedoambientes em uma seqüência de transição Campos/Floresta na região de Humaitá, AM.....	123

CAPÍTULO III

Tabela 1. Identificação dos perfis, segmentos de vertente, coordenadas, município e sistema de manejo.....	144
Tabela 2. Características morfológicas dos perfis de Terras Pretas Arqueológicas na região do Médio Rio Madeira.....	148
Tabela 3. Caracterização física dos perfis de Terras Pretas Arqueológicas na região do Médio Rio Madeira.....	151
Tabela 4. Caracterização química dos perfis de Terras Pretas Arqueológicas na região do Médio Rio Madeira.....	153
Tabela 5. Teores dos óxidos do ataque sulfúrico (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3), óxidos livre extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3) e formas amorfas extraídos com oxalato ácido de amônio (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3) e relações entre eles, dos perfis de Terras Pretas Arqueológicas na região do Médio Rio Madeira.....	155
Tabela 6. Composição mineralógica das frações areia, silte e argila dos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais dos perfis de Terras Pretas Arqueológicas na região do Médio Rio Madeira.....	156
Tabela 7. Teores do carbono total e frações das substâncias húmicas: fração ácido fúlvico (FAF), fração ácido húmico (FAH) e fração humina (FH) e a relação FAH/FAF nas Terras Pretas Arqueológicas, na região do Médio Rio Madeira, AM..	158

LISTA DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO II	
Figura 1. Mapa de localização das áreas estudadas na região do Médio Rio Madeira, Amazonas.....	42
Figura 2. Mapa de localização da topolitossequência de transição Várzea/Terra Firme na Floresta Nacional de Humaitá, AM.....	43
Figura 3. Mapa de localização da topossequência de transição Campos/Floresta na região de Humaitá, AM.....	44
Figura 4. Perfil topográfico, superfícies geomórficas, segmentos de vertente e suas respectivas classes de solos, em um ambiente Várzea/Terra Firme na Floresta Nacional de Humaitá, Humaitá, AM.....	52
Figura 5. Médias, com respectivos intervalos de confiança, dos teores de areia, silte e argila do solo por superfícies geomórficas.	72
Figura 6. Médias, com respectivos intervalos de confiança, da relação S/A, Ds e Dp do solo por superfícies geomórficas.....	74
Figura 7. Médias, com respectivos intervalos de confiança, do pH em H ₂ O, Ca ²⁺ , Mg ²⁺ do solo por superfícies geomórficas.....	75
Figura 8. Médias, com respectivos intervalos de confiança, do Al ³⁺ , H ⁺ +Al ³⁺ e SB do solo por superfícies geomórficas.....	77
Figura 9. Médias, com respectivos intervalos de confiança, da CTC, V(%) e m(%) do solo por superfícies geomórficas.....	79
Figura 10. Dendograma das interrelações das três superfícies geomórficas, referente ao conjunto de parâmetros físicos (areia, silte, argila, S/A, Ds, Dp, Pt) químicos (pH em água e KCl, ΔpH, Mg ²⁺ , Ca ²⁺ , K ⁺ , Na ⁺ , Al ³⁺ , H ⁺ +Al ³⁺ , P, SB, CTC, V, m, MO) nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais.....	80

Figura 11. Análise de Componentes Principais para os atributos físicos (areia, silte, argila, S/A, Ds, Dp, Pt) e químicos (pH em água e KCl, Δ pH, Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+} , $H^+ + Al^{3+}$, P, SB, CTC, V, m, MO) separados por superfícies geomórficas, nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais.....	82
Figura 12. Perfil topográfico, superfícies geomórficas, segmentos de vertente e suas respectivas classes de solos e substrato rochoso em Santo Antônio do Matupi, Manicoré, AM.....	86
Figura 13. Dendograma das interrelações dos segmentos de vertente, referente ao conjunto de parâmetros físicos (areia, silte, argila, S/A, Ds, Dp, Pt) químicos (pH em água e KCl, Δ pH, Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+} , $H^+ + Al^{3+}$, P, SB, CTC, V, m, MO) nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais.....	102
Figura 14. Análise de Componentes Principais para os atributos físicos (areia, silte, argila, S/A, Ds, Dp, Pt) e químicos (pH em água e KCl, Δ pH, Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+} , $H^+ + Al^{3+}$, P, SB, CTC, V, m, MO) separados por segmentos de vertente, nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais.....	104
Figura 15. Perfil esquemático mostrando a vegetação, relevo e as classes de solos em toposseqüência típica da transição Campos/Floresta na região de Humaitá, AM.....	109
Figura 16. Dendograma das interrelações dos quatro pedoambientes, referente ao conjunto de parâmetros físicos e químicos na em uma seqüência de transição Campos/Floresta.....	125
Figura 17. Círculo de correlações entre as variáveis físicas e químicas dos quatro pedoambientes na em uma seqüência de transição Campos/Floresta.....	127

CAPÍTULO III

Figura 1. Mapa com a localização das áreas de ocorrência das Terras Pretas de Arqueológicas (TPA), na região do Médio Rio Madeira, Amazonas.....	143
---	-----

RESUMO

CAMPOS, Milton César Costa, D. Sc., Universidade Federal Rural de Pernambuco. Agosto de 2009. **PEDOGEOMORFOLOGIA APLICADA À AMBIENTES AMAZÔNICOS DO MÉDIO RIO MADEIRA**. Orientador: Mateus Rosas Ribeiro. Co-Orientadores: Valdomiro Severino de Souza Júnior e Mateus Rosas Ribeiro Filho.

Em ambiente amazônico poucos trabalhos buscaram entender e esclarecer dúvidas sobre a gênese e o comportamento dos solos. Dessa maneira o objetivo deste trabalho foi estabelecer relações entre os solos e a paisagem e caracterizar e classificar Terras Pretas Arqueológicas no Médio Rio Madeira. Foram selecionadas três toposseqüências em diferentes fisiografias presentes na região: Várzeas/Terras Firme, Campo/Floresta e região de relevo movimentado, além de áreas com presença de Terras Pretas Arqueológicas. Utilizando-se dos modelos da relação solo-paisagem, as três toposseqüência foram segmentadas em superfícies geomórficas, segmentos de vertente e pedoambientes, respectivamente. Nesses locais foram abertas trincheiras e os perfis foram caracterizados morfológicamente e coletados por horizonte. Além disso, foram coletadas amostras laterais aos perfis representativos das diversas unidades identificadas em profundidade coincidente com a posição de ocorrência dos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais. Foram realizadas análises físicas, químicas e mineralógicas: análises físicas (textura, ADA e GF, Ds e Dp, Pt e CHSS); análises químicas (pH em água e KCl, Ca, Mg, K, Na e Al trocáveis, P disponível, H+Al e C orgânico; SiO₂, Al₂O₃ e Fe₂O₃ (ataque por H₂SO₄) e óxidos de Fe “livres” extraído com ditionito-citrato-bicarbonato e o ferro mal cristalizado foi extraído com oxalato de amônio) e análises mineralógica: para as frações areia, silte e argila, usando difratometria de raios-X. Os resultados interpretados com auxílio de análise de variância univariada e multivariada. Em ambientes amazônicos os atributos do solo distribuíram-se obedecendo ao padrão morfológico do terreno. A compartimentação da paisagem em superfícies geomórficas, a identificação das unidades de vertente pedoambientes permitiram o entendimento do comportamento dos atributos do solo.

Palavras-Chave: relações solo-paisagem, superfície geomórfica, solos amazônicos, gênese do solo, terras pretas arqueológicas.

ABSTRACT

CAMPOS, Milton César Costa, D. Sc., Universidade Federal Rural de Pernambuco. Agosto de 2009. **PEDOGEOLOGY APPLIED TO AMAZON ENVIRONMENTS OF MEDIUM MADEIRA RIVER**. Advisers: Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino de Souza Júnior and Mateus Rosas Ribeiro Filho

Studies on soil genesis, distribution and behavior, common in other Brazilian regions, are very scarce in Amazon environments. Thus, the objective of this work was to determine soil-landscape relations in different physiographic regions of the medium Madeira river valley, south of Amazon state. The study also aimed to characterize and classify archaeological dark earths in this part of the Amazon basin. The work was carried out along three toposequences, typical of the main physiographic aspects of the region: low land/highland transition, grassland/forest transition and granitic rolling topography region. The toposequences were segmented in geomorphic surfaces and slope segments. Soil profiles were morphologically described at each slope unit and samples collected in all pedogenetic horizons. Besides the main profiles, 20 side samples were also collected in the surface and subsurface diagnostic horizons for statistical purposes. The soil profiles of the Archaeological dark earths were collected in the granitic sampling site. The samples were submitted to the following physical, chemical and mineralogical analysis: particle size analysis, soil and particle density, total porosity and hydraulic conductivity (physical); pH, exchangeable cations, available P, organic C, sulfuric attack, free iron oxides (chemical); X-ray diffraction analysis of sand, silt and clay fractions (mineralogical). All data was submitted to univariate and multivariate statistical analysis. The results showed that in the Amazon environments soil properties variation are strongly related with landscape. Landscape segmentation in geomorphic surfaces and slope units allowed the understanding of soil attributes variation and behavior.

Keywords: soil-landscape, geomorphic surfaces, Amazonian soils, soils genesis, archaeological dark earths.

CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1. INTRODUÇÃO

As informações sobre a distribuição e o comportamento dos solos na região Sul do Amazonas são baseadas, principalmente, em levantamentos generalizados, já que poucos são os trabalhos em nível de reconhecimento ou semi-detalhado. Pode-se, entretanto, afirmar que, não obstante a monotonia da paisagem, os solos são bastante diversificados. Uma boa maneira de constatar essas variações é associar os solos aos padrões de vegetação e às feições do relevo existentes.

No tocante à associação solo-vegetação, Martins et al. (2006) destaca que parte da região Sul do Amazonas é coberta por campos não contínuos, ou seja, várias unidades isoladas, entremeadas por floresta, refletindo as condições dos solos em cada ambiente fisiográfico. Gama et al. (2005), estudando os ecossistemas de várzea e terra firme, fisiografia comum em todo o Amazonas, afirmaram que os diferentes ambientes edáficos favorecem a adaptação da vegetação às condições de inundação sazonal ou não.

Em relação às feições do relevo, Braun & Ramos (1959) observaram que na região do Médio Rio Madeira, parte do relevo regional é semelhante ao tipo tabuleiro, com pequeno desnível e bordos ligeiramente abaulados, com pequenas variações que alteram o comportamento dos solos. Já no restante da região observa-se uma repetição dos ambientes de planícies aluviais margeando os rios, sendo separados por baixos planaltos que não sofrem inundação (Lima et al., 2006).

Para Carré & Mcbratney (2005), quanto mais distintos são os ambientes geomórficos, mais importantes tornam-se os estudos da relação solo-paisagem, pois estes relacionam o padrão de distribuição espacial dos atributos do solo e suas relações de dependência com a disposição do relevo. Nesse sentido, vários estudos foram desenvolvidos buscando esclarecer e constatar as relações entre os atributos do solo e as condições da paisagem (Henderson et al., 2005, Barthold et al., 2008).

Além das fisiografias várzea/terra firme e campos/floresta, na região do Médio Rio Madeira, ocorrem também solos conhecidos como Terras Pretas Arqueológicas (TPA) ou Terras Pretas de índio (TPI), que se caracterizam pela coloração escura, presença de fragmentos de cerâmica e/ou líticos e artefatos indígenas incorporados à matriz dos horizontes superficiais do solo (Kampf & Kern, 2005). Estes solos, segundo Lima et al. (2002) e Cunha et al. (2007) estão relacionados com os locais

de antigos assentamentos, contendo artefatos culturais, e apresentam elevada fertilidade natural.

Com base nas considerações acima, o objetivo deste trabalho foi levantar informações sobre os solos, procurando entender os processos envolvidos na sua gênese e distribuição, e suas relações com a paisagem afim de gerar informações que possam contribuir para o manejo racional dos recursos naturais da região. Além disso, pretendeu-se também, levantar dados sobre as principais características das Terras Pretas Arqueológicas no Médio Rio Madeira.

1.2. REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1. A região do Médio Rio Madeira

1.2.1.1. O meio físico

A região do Médio Rio Madeira ocupa 12% da área total do Estado do Amazonas, com aproximadamente 177.526,80 km², abrangendo os municípios de Humaitá, Manicoré, Apuí e Novo Aripuanã. De forma genérica esta região apresenta três diferentes fisiografias: Várzea/Terra Firme; Campo/Floresta e áreas de relevo movimentado.

De acordo com Rodrigues & Oliveira (1997), as áreas de Várzea/Terra Firme apresentam características marcantes. As várzeas referem-se às áreas que margeiam os rios de “águas barrentas”, ricas em material suspenso e sujeitas à inundação sazonal; enquanto que as áreas de terra firme não sofrem inundação e são formadas por sedimentos do Terciários. Por outro lado, segundo Braun & Ramos (1959), as áreas de campo/floresta são caracterizadas por unidades de campo, separadas umas das outras por zonas florestadas, ou mesmo por zonas de cerrado, cujos contatos nem sempre são gradativos. Já nas áreas de relevo movimentado predomina a vegetação de floresta densa (CPRM, 2001). Estas regiões apresentam platôs que exibem superfícies topográficas planas, sendo a zona de borda marcada por colinas e cristas alinhadas e localmente escarpadas, com desníveis entre 50 e 100 m.

A região do Médio Rio Madeira está situada na zona climática, pertencente ao grupo A (Clima Tropical Chuvoso), segundo Köppen, sendo caracterizada pelo tipo Am (chuvas do tipo monção), que apresenta um período seco de pequena duração (Brasil, 1978).

A elevada pluviosidade é um dos aspectos mais característicos da região, limitada pelas isoietas de 2.200 e 2.800 mm. A maior ocorrência de chuvas se dá na parte leste da área. O período chuvoso geralmente inicia-se em outubro, prolongando-se até junho. As temperaturas médias anuais variam entre 25° e 27°C, com uma umidade relativa do ar variando entre 85 e 90% (Brasil, 1978).

1.2.1.2. Geologia

A geologia da região do Médio Rio Madeira apresenta materiais de diversas idades geológicas e de diferentes naturezas. Dentre os substratos geológicos que predominam na região podem ser destacados:

a) Aluviões Holocênicos são provenientes de deposições fluviais recentes são constituídos de argilas, siltes e areias predominantemente finas, de granulação geralmente decrescente da base para o topo, com cascalhos subordinados. Têm cor cinza-esbranquiçado a cinza-escuro com mosqueamento freqüente vermelho, apresentando localmente lâminas limoníticas. São constituídos por sedimentos inconsolidados da planície fluvial, depósitos de canais e transbordamentos (Brasil, 1978).

b) Sedimentos da Formação Solimões são referidos ao Plioceno Médio – Pleistoceno Superior, são provenientes de deposição em ambiente continental fluvial ou lacustre, fácies planície de inundação. Formam depósitos em pontal e canal formados por arenitos muito finos a médios com níveis grosseiros a conglomeráticos, matriz argilosa, cores variegadas, vermelho, amarelo, marrom e cinza-esverdeado, localmente feldspáticos, micáceos e ferruginosos, maciços ou acamados, geralmente inconsolidados. Apresentam estratificações plano-paralelas horizontais e estratificações cruzadas tabular e acanalada, tangenciais ou não, de pequena e média amplitude, intercaladas ou interdigitadas com argilitos e siltitos em contato transicional; depósitos de transbordamento: siltitos e argilitos sílticos, maciços ou acamados, vermelhos, amarelos e cinza-esverdeados, com estratificações plano-paralelas horizontais, lentes de arenitos inconsolidados finos a médios, localmente grosseiros, às vezes ferruginosos (Brasil, 1978).

c) Aluviões Indiferenciados ou Antigos são cronologicamente oriundos do Holoceno e advindos de dois ciclos de sedimentação: a) bancos arenosos, inferiores, que representam a sedimentação plúvio-fluvial e b) sedimentos argilosos superiores, indicando sedimentação lacustrina. Este ambiente é constituído por argilas, siltes e areias muito finas a grossas, com diminuição granulométrica para o

topo. Predominam areias finas, localmente com estratificações plano-paralela horizontal e cruzada tabular de pequeno a médio porte; intercalações e interdigitações de material siltico e argiloso, níveis de concentração ferruginosa com lâminas liminolíticas, pelotas de argila dispersas e, ocasionalmente, lentes de conglomerado (Brasil, 1978).

d) Rochas cristalinas e sedimentares também ocorrem nesta região, destacando-se os Granitos Rondonianos, a Formação Proesperança do Pré-Cambriano Superior e o Complexo Xingu, do Pré-Cambriano Médio a Superior (Brasil, 1978). Os Granitos Rondonianos caracterizam-se pela presença de granitos, com muscovita e biotita, adamelitos e granodioritos, de origem intrusiva, cratogênicos em forma de “stocks” e batólitos (Brasil, 1978). A Formação Proesperança é formada por arenitos claros a avermelhados e arroxeados, finos e grosseiros, ortoquartzíticos a arcoseanos, com estratificação cruzada, conglomerados ocasionais com seixos de quartzito, quartzo e vulcânicos, com cobertura tabular de plataforma (Brasil, 1978). Finalmente, o Complexo Xingu, que é formado por granulitos, migmatitos, gnaisses, granitos, adamelitos, granodioritos metavulcânicos, além de granitos cataclásticos, granitos magmáticos transformados, anfibólitos, xistos e metabasitos (Brasil, 1978).

1.2.1.3. Geomorfologia e relevo

Uma unidade geomorfológica importante de ocorrência na região do Médio Rio Madeira é a Planície Fluvial de acumulação, que é formada por uma área aplainada resultante de acumulação fluvial, periódica ou permanentemente alagada, geralmente comportando diques marginais em processos de colmatagem (Brasil, 1978). Em parte desta área, encontram-se formas de dissecação de interflúvios tabulares, com relevos de topo aplainado, separados geralmente por vales em “V” e/ou localmente por vales de fundo plano, mapeados com diferentes índices de dissecação (Brasil, 1978).

Outra unidade geomorfológica que ocorre na região são os Terraços Fluviais, que de acordo com Brasil (1978), encontram-se na transição entre as formas de dissecação de interflúvios tabulares, com relevos de topo aplainado. Braun & Ramos (1959) afirmam que o relevo desta área é próximo ao do tipo “tabuleiro”, com desnível muito pequeno e bordos ligeiramente abaulados. Essas terras mais altas constituem os divisores topográficos de água entre rios da região. O desnível dessas

zonas elevadas, relativamente ao vale dos igarapés, é da ordem de 15 a 20 metros, ocorrendo, entretanto, de maneira súbita.

Ainda em relação aos Terraços Fluviais, Braun & Ramos (1959) afirmam que estes não são rigorosamente planos. Possuem tênue ondulação superficial e são dotados, em certos locais, de ligeiras depressões. Em algumas unidades seus bordos abaulados apresentam-se visivelmente destacados do relevo local. Devido a essas especificidades, vale um detalhamento maior, pois neste ambiente ocorrem os campos naturais, que são dotados de relevo incipiente, em formação, submetidos a processo erosivo lento, executado por pequenos córregos temporários (Braun & Ramos, 1959).

Nesta região ainda ocorrem os Planaltos Residuais Sul Amazônicos, com configuração do relevo variada, marcada pela presença de platôs nas partes mais elevadas, e por uma parte mais baixa, com cerca de 150 m de desnível. As regiões de platôs exibem superfícies topográficas planas, sendo a zona de borda marcada por colinas e cristas alinhadas, e localmente escarpadas com desníveis entre 50 e 100 m, enquanto que as áreas de planícies têm como principais características a presença de uma superfície pediplanada, localmente interrompida por colinas de topo plano (CPRM, 2001).

De acordo com o ZEE do Sul-Sudeste do Amazonas (2008), o relevo da planície Amazônica tem como principal característica a presença de uma superfície pediplanada, localmente interrompida por colinas de topo plano. No limite entre estes dois tipos de relevo desenvolve-se uma zona de transição, a Depressão Marginal Sul Amazônica, esculpida sobre os terrenos do embasamento cristalino, caracterizada por colinas, superfícies tabulares e formas de relevo residual.

1.2.1.4. Vegetação

De forma geral destacam-se na região dois padrões fitofisionômicos principais: as Florestas e os Campos.

Na tipologia vegetal de Florestas, destacam-se as Florestas Tropicais Abertas e Densas. As Florestas Tropicais Densas se desenvolvem em função da conjugação de fatores climáticos extremamente favoráveis ao desenvolvimento de atividades biológicas, como abundância de luminosidade, água e temperatura. Esta tipologia subdivide-se em: 1) Florestas Tropicais Densas de Terras Baixas, localizadas nas planícies fluviais, nas margens de igarapés e rios, formadas pelo assoreamento, onde geralmente ocorrem espécies endêmicas, como algumas palmeiras,

principalmente da espécie "buriti" (*Mauritia flexuosa*); 2) Florestas Tropicais Densas Submontanas, situadas nas encostas dos planaltos e em relevos dissecados; e 3) Florestas Tropicais Densas Aluviais, que ocorrem ao longo dos cursos de água, ocupando os terraços antigos das planícies dos rios (Brasil, 1978).

As Florestas Tropicais Abertas, por sua vez, são caracterizadas fisionomicamente pela presença de grandes árvores espaçadas, possibilitando a penetração de luz até os estratos inferiores, permitindo o aparecimento de cipoal, cocal ou bambuzal, nestes espaços abertos (Brasil, 1978). Estas formações caracterizam-se por duas fisionomias: 1) Florestas Tropicais Abertas de Baixadas e Platôs, que caracterizam-se por ocorrer em terras baixas e áreas de platôs rebaixados; 2) Florestas Tropicais Abertas de Aluviões e Terraços, que caracterizam-se pela presença de florestas abertas que ocorrem nos terraços e ao longo dos interflúvios, em terraços antigos (Brasil, 1978).

Na região ocorre também contato Campo/Floresta. A região dos Campos compreende as áreas dos "Campos de Puciari – Humaitá" e inclui várias formações campestres, onde a vegetação que prevalece é a gramíneo-lenhosa baixa, que se alternam, às vezes, pequenas árvores isoladas e galerias florestais ao longo dos rios (Braun & Ramos, 1959). Esta formação vegetal diferencia-se quanto ao porte em: Savana Arbórea Aberta, Savana Parque e Savana Arbórea-Densa.

De acordo com Freitas et al. (2002), esses campos formam alguns mosaicos com as florestas circundantes. O contato entre essas vegetações (ecótono) ocorre, em alguns locais, de maneira abrupta, mas em outros a mudança da vegetação entre a floresta e o campo é gradual.

Para Braun & Ramos (1959) as associações vegetais que cobrem os campos são dos mais variados tipos. As áreas de "campo limpo" não são muito extensas, predominando as de "campo sujo", isto é, campos cobertos por gramíneas associadas a arbustos e árvores, com predomínio de mangabeira (*Hancornia speciosa*). Além dessa espécie ocorre um grande número de lixieiras (*Curatella americana*). Nas áreas próximas aos bordos dos campos ocorrem verdadeiros bosques, onde o espaçamento das árvores varia de 1 a 3 metros, atingindo portes que vão de 3 a 5 metros. Entre as fisiografias de Campos e Florestas, ocorre uma área de tensão ecológica, formada por formações de floresta de palmeiras e cerrado.

A vegetação rasteira, constituída principalmente por gramíneas, distribui-se em forma de moitas espaçadas de 40 a 60 cm, umas das outras. A flora dos campos

tem ciclo vegetativo como que interrompido durante os meses de seca, quando as reservas de água do solo são esgotadas, com o abaixamento do lençol freático e evaporação intensa, agravados pelas queimadas periódicas, acidentais ou provocadas, que ocorrem nos campos. Embora a queda de folhas seja total durante o período seco, observam-se no solo poucos detritos vegetais formadores de húmus.

À medida que o terreno sobe, a vegetação vai mudando de fisionomia, cedendo lugar a uma formação de aspecto mais uniforme, dotada de árvores mais baixas, que constitui o “cerrado”. Esta formação por sua vez transforma-se, também gradativamente, com espaçamento cada vez maior das árvores e o aparecimento de vegetação rasteira, que domina totalmente logo depois, constituindo os campos propriamente ditos (Braun & Ramos, 1959).

Estes autores estabeleceram uma classificação para os campos, em função de seu aspecto morfológico, diferenciando três tipos: (a) o campo estabilizado, mais comum, com aspecto homogêneo, liso, sem estrutura, dotado de pequenos córregos temporários; (b) o campo estriado, que apresenta estrutura de estrias concêntricas, ocorrendo próximo ao rio Madeira, provavelmente moldado por este rio, através de um processo gradativo de deposição aluvial, refletindo a forma de suas estrias antigas ou meandros; e (c) o campo alongado, de características arenosas e com estrutura complexa, representado pelos campos do Curuquetê, assentes em unidades litológicas distintas da unidade em que assentam os outros campos.

1.2.1.5. Solos

De maneira geral, a variação dos solos reflete em grande parte as características do material de origem, sendo, também, influenciada por outros fatores como as condições bioclimáticas e o relevo. Na região amazônica estas condições não são diferentes, sendo incrementadas por outros fatores, tais como nível elevado do lençol freático, inundações periódicas e arraste de sedimentos pelas águas, que limitam a evolução pedogenética (Lima, 2001), ocasionando assim, a presença de solos jovens e, em alguns casos, sedimentos em processo incipiente de pedogênese.

De acordo com Lima et al. (2006), os solos de várzeas normalmente apresentam teores elevados de silte e de areia fina e são, freqüentemente, eutróficos, apresentando elevados valores de capacidade de troca de cátions e de cátions trocáveis, especialmente Ca^{2+} e Mg^{2+} . Em contraste os solos bem drenados

de terra firme, apresentam reação mais ácida, níveis mais baixos de cátions básicos, elevados teores de saturação por alumínio e argilominerais de baixa atividade (Lima, 2001).

Martins et al. (2006), adaptando o modelo feito por Braun & Ramos (1959), estabeleceram que a ocorrência de solos com maior profundidade efetiva, melhor drenagem e maior volume de armazenamento de água, estão relacionados com uma maior inclinação do horizonte plíntico no sentido do igarapé, que aumenta o fluxo de água nesta direção e favorece o aparecimento da vegetação de Floresta. Em condições opostas a estas, a pior drenagem favorece o aparecimento da vegetação de campo natural. Martins (2001) concluiu que solos pedogeneticamente mais velhos, obviamente mais profundos, ocorrem sob vegetação de florestas, enquanto solos menos desenvolvidos e por sua vez, mais rasos, ocorrem sob vegetação de campo natural.

As principais classes de solos que ocorrem na região do Vale do Rio Madeira, conforme Brasil (1978), são descritas a seguir.

Os **Latossolos** Amarelos ou Vermelho-Amarelos ocupam uma área de 52,5% da região. São solos profundos, bem drenados, de textura média a argilosa, alta porosidade, boa aeração e boa permeabilidade. Apresentam reação fortemente ácida, com valores de pH entre 3,5 e 5,5. Os teores de cálcio, magnésio e potássio trocáveis são mais elevados nos horizontes superficiais, evidenciando que a ciclagem de nutrientes entre o solo e a vegetação se processa com maior intensidade na camada superficial. Altos teores de alumínio, causando fitotoxicidade, além de teores de fósforo assimilável muito baixo, são importantes limitações para o uso agrícola destes solos. Nesta classe ocorrem, em pequenas extensões, geralmente na confluência de rios, horizontes A antrópicos que caracterizam as Terras Pretas Arqueológicas.

Os **Argissolos** representam cerca de 23,5% do total de solos encontrados na área, podendo ser Amarelos ou Vermelho-Amarelos. Estes solos apresentam textura média ou argilosa, são profundos, de baixa fertilidade natural e alta saturação por alumínio, além disso, como estão normalmente associados a relevo ondulado, são muito susceptíveis à erosão hídrica.

Os **Plintossolos** ocorrem em 6,5% da região e são formados a partir dos sedimentos Holocênicos, constituídos por aluviões indiferenciados ou antigos dos terraços fluviais. Estes solos apresentam textura média a argilosa, com horizonte plíntico a 40 cm de profundidade, de cor clara, drenagem deficiente e com

predisposição à erosão nos horizontes superficiais quando utilizados. Os valores de pH são ácidos, variando de 4,0 a 5,7, com alta saturação por alumínio e baixa fertilidade natural.

Nas áreas inundáveis ocorrem **Gleissolos**, que abrangem uma área de aproximadamente 3,5% da região. Caracterizam-se pela cor acinzentada, azulada e esverdeada, com lençol freático permanente ou temporário e com aeração inadequada, resultando na redução de ferro e manganês, com pH ácido e alta saturação por alumínio.

Os **Espodossolos** ocupam 2,5% dos solos da região, ocorrendo nas áreas de acumulações inundáveis; caracterizados pela presença de horizontes A+E espessos, evidenciando perdas de matéria orgânica com ferro e/ou alumínio. Apresentam cor bastante pálida e transitam para um horizonte de acúmulo de húmus (Bh), com ou sem ferro e alumínio iluviais (Bhs) revestindo partículas de areia ou silte, podendo freqüentemente aglutinar e cimentar este horizonte (Brasil, 1978).

Os **Neossolos** representam uma área de aproximadamente 6,5%, diferenciando-se nas quatro sub-ordens: Litólicos, normalmente associados a relevos escarpados e afloramentos de rochas; Flúvicos, que ocorre nos ambientes aluviais; Regolíticos, que ocorrem normalmente nas proximidades dos Litólicos, porém apresentando maior desenvolvimento e terreno mais estável (com contato lítico maior que 50 cm e horizonte A sobrejacente a horizonte C ou Cr); e Quartzarênicos, que ocorrem em ambientes com depósitos de areia, nas proximidades dos rios, com textura areia ou areia-franca.

1.2.2. Evolução dos conceitos da relação solo-paisagem

1.2.2.1. Discussão conceitual

A paisagem é a combinação entre as feições da superfície da terra e os componentes de subsuperfície (material de origem) (Pennock & Veldkamp, 2006) enquanto que o solo é um corpo natural tridimensional e dinâmico que está inserido na paisagem (Minasny & Mcbratney, 2006).

Por outro lado a relação “solo-paisagem” pode ser entendida como o padrão de distribuição espacial dos atributos do solo e suas relações de dependência com a disposição do relevo (Bui et al., 1999). Para Carré & Mcbratney (2005), a relação “solo-paisagem”, refere-se ao somatório entre o solo e a paisagem definido no tempo e espaço, ou seja, é o conjunto dos atributos do solo e da paisagem e a interação entre ambos. Huggett (1975) afirma que este modelo têm como

característica armazenar, transformar e transmitir forças, tendo entradas de materiais e de energia e saídas de sedimentos clásticos, colóides e materiais solúveis.

Para Bockheim et al. (2005) a contribuição mais importante que o modelo proposto por Huggett (1975) traz é a visão tridimensional do corpo do solo, fazendo inferências à migração, dissolução e percolação de constituintes minerais e orgânicos pela água, sendo condicionadas pelas formas da paisagem. Schoorl et al. (2002) acrescentam que esses ambientes são dinâmicos e sofrem evolução ao longo do tempo, podendo ocorrer erosão ou deposição. De acordo com Daniels & Hammer (1992), este conceito mostra uma nova perspectiva que favorece o entendimento dos processos geomórficos na formação do solo.

Moore et al. (1991) e Bui et al. (1999) acrescentaram que essa relação caracteriza-se por considerar parâmetros ambientais, topográficos e hidrológicos particulares de cada local específico. Alguns autores, como Carré & Mcbratney (2005) e Thompson et al. (2006), afirmaram que o comportamento dos atributos do solo é governado pelos componentes da paisagem, dentre eles, altitude, declividade e curvatura do terreno, que comandam as mudanças nos processos pedogenéticos. Por outro lado, segundo Seibert et al. (2007), os aspectos topográficos são aqueles que provocam maior variabilidade nos atributos do solo, daí a importância dos estudos que incorporam os conceitos da relação solo-paisagem.

Pennock & Veldkamp (2006) destacaram a importância da relação solo-paisagem na dinâmica dos solos no contexto de paisagem, portanto, como corpo natural e tridimensional. De acordo com Sommer (2006), essa relação favorece melhor a compreensão e entendimento dos solos na paisagem por dois aspectos: (i) vislumbra a variabilidade espaço-temporal dos atributos do solo e (ii) permite visualizar os processos dinâmicos, por exemplo, transporte de água e sedimentos. Além disso, de acordo com Minasny & Mcbratney (1999, 2001), os modelos solo-paisagem ainda ajudam entender a gênese do solo, não somente pela relação formação e erosão do solo, mas também porque incorporam os processos dinâmicos do fluxo de água e transporte de materiais orgânicos e minerais.

Sommer et al. (2008), abordando a relação solo-paisagem e a gênese do solo afirmaram que existem três principais modelos:

(a) **Desenvolvimento contínuo do solo** - caracteriza-se pela presença de processos progressivos e regressivos de desenvolvimento dos solos nas paisagens. Os processos pedogenéticos progressivos referem-se à formação e organização dos

horizontes, desenvolvimento do perfil e deposição de sedimentos. Por outro lado os processos pedogenéticos regressivos caracterizam-se pela diminuição do desenvolvimento do solo, erosão do solo e movimento de massa.

(b) **Parametrização do desenvolvimento do solo** - de acordo com Johnson et al. (2005) refere-se aos processos intrínsecos e ao volume do solo. Tratando-se das alterações do volume do solo, pode-se observar: desenvolvimento do solo, intemperismo, erosão, movimento de massa, sedimentação e colúviação. Já os processos intrínsecos do solo, caracterizam-se por: alterações no material de origem, formação dos horizontes do solo, processos de pedoturbação, alterações biológicas, químicas e físicas no material do solo.

(c) **Propriedades do solo na paisagem** – este modelo, considera os fluxos laterais no interior do solo, a extensão espacial e os processos locais. Os fluxos laterais dizem respeito aos transportes nas fases sólida e fluída, enquanto a extensão e os processos locais relacionam-se aos modelos de desenvolvimento *stricto sensu* (Sommer et al., 2008).

1.2.2.2. Surgimento e evolução dos estudos no mundo

Possivelmente os estudos das relações solo-paisagem tiveram início com o próprio surgimento da definição de solo, pelo russo Vaseli V. Dockuchaev, no final do século XIX, haja visto que este modelo engloba o **RELEVO** como fator de formação. Entretanto, os registros de estudos dessa natureza somente começaram a surgir mais tarde. Milne (1935) é um dos precursores, pois relacionou o desenvolvimento do perfil e o comportamento dos atributos do solo com os aspectos topográficos no oeste da África. Em seguida, Milne (1936), sugeriu o conceito de catena, afirmando que as mudanças na paisagem interferem na distribuição e arranjo dos solos.

A partir de então muitos outros trabalhos têm investigado as relações solo-paisagem com diferentes enfoques. Ruhe (1956), por exemplo, destaca as influências dos processos geomórficos na expressão e características dos solos nas paisagens. Glazovskaya (1963), por sua vez, acrescenta que os processos geoquímicos e o gradiente do relevo, além das superfícies geomórficas, são os causadores de variações dos solos nas paisagens. Para Huggett (1975) a hidrologia do terreno deve ser considerada de forma decisiva nessas alterações, condicionadas pelos fluxos de água.

Pregitzer et al. (1983) afirmaram que as mudanças no solo são uma função do gradiente topográfico e têm relação direta com o status de nutrientes e conseqüentemente com a expressão da vegetação. Pennock et al. (1987) destacaram o aumento da declividade como fator de diminuição da espessura do horizonte A e do aumento dos conteúdos da fração areia. Para Mcfadden & Knuepfer (1990) as alterações acima somente acontecem porque as variáveis clima, material de origem e tempo são governadas pelos processos geomórficos, pela evolução da paisagem e estão intimamente relacionados com o desenvolvimento do solo.

Hudson (1992) afirmou que a relação solo-paisagem refere-se ao uso das formas do relevo para predizer as variações transversais do solo na paisagem. Este mesmo autor estabeleceu alguns paradigmas sobre o assunto: (a) dentro de uma unidade solo-paisagem ocorre interação entre os cinco fatores de formação em diferentes magnitudes, resultando em diferentes tipos de solos; (b) os solos dentro de uma mesma unidade solo-paisagem são mais similares quando comparados a solos de outras unidades; (c) áreas com formas de relevo semelhantes, também apresentaram associações de solos com características similares; (d) áreas adjacentes de diferentes unidades solo-paisagem apresentam relações espaciais distintas; (e) uma vez que os solos e as unidades de paisagem são determinadas na área, o tipo de solo pode ser inferido pela identificação das unidades solo-paisagem.

Posteriormente, muitos outros trabalhos enfatizaram a importância do assunto, dentre estes podem ser destacados os desenvolvidos por Mcsweeney et al. (1994) que relacionaram a distribuição espacial dos atributos do solo com a variabilidade ambiental, particularmente com os parâmetros topográficos e hidrológicos. Neste sentido, Chen et al. (1997) e King et al. (1999), observaram clara relação entre as variações das propriedades com as posições do relevo.

Seguindo essa cronologia, Florinsky et al. (2002) e Park & Burt (2002), relacionaram as propriedades químicas do solo e a paisagem, utilizando para isso os modelos de solo-paisagem. Pennock (2003) destacou que a distribuição do solo nas paisagens ocorre em função dos processos de erosão e deposição de sedimentos. Iqbal et al. (2005) destacaram esses acontecimentos na variação dos atributos do solo.

Pennock & Veldkamp (2006) destacaram que os aspectos hidrológicos e geomorfológicos favorecem o transporte de água, solutos e sedimentos. Briggs et al.

(2006) enfatizam que a distribuição dos solos nas paisagens é complexa e controlada pelos processos pedogenéticos, processos de transporte e acúmulo de sedimentos, idade, vegetação, precipitação e temperatura. Para Seibert et al. (2007) a topografia é o maior fator controlador, tanto dos processos hidrológicos, como também dos processos de formação da paisagem.

Com o advento de novas tecnologias, muitos trabalhos têm utilizado ferramentas dos sistemas de informação geográfica para entender e estudar as relações solo-paisagem. Assim, Wu et al. (2008) utilizaram modelos de elevação digital para relacionar os atributos dos solos e a morfologia do terreno. Garrigues et al. (2008) afirmaram que com o auxílio de técnicas estatísticas multivariada foi possível fazer comparações entre conjuntos de variáveis em diferentes posições da paisagem, haja visto que esta técnica permite o agrupamento de variáveis usando critérios de similaridade ou dissimilaridade.

1.2.2.3. Estudos da relação solo-paisagem no Brasil

Os estudos da relação solo-paisagem no Brasil, foram iniciados na década de 60, ganhando destaque apenas na década de 70, com o trabalho desenvolvido por Klamt & Beatty (1972), que observaram maior grau de desenvolvimento dos solos em posições de topo, com dominância de solos distróficos. Por outro lado, nas posições de terraços e áreas escarpadas, ocorreram predominantemente solos mais jovens e eutróficos.

Em seguida, Lepsch et al. (1977) relataram que a causa da variabilidade dos atributos do solo são pequenas variações do relevo e, portanto, as micro e meso depressões no relevo estariam influenciando a produtividade das culturas. Rodrigues & Klamt (1978), estudando toposseqüências no Planalto Central Brasileiro, também encontraram relações do comportamento das propriedades do solo com a disposição do relevo. Estes mesmos autores conseguiram estabelecer compartimentos do relevo onde o conteúdo de gibbsita dos solos diminuiu das superfícies mais antigas para as mais recentes.

Moniz & Buol (1982) afirmaram que o entendimento das relações gênese do solo e relevo, favorece o entendimento sobre os processos pedogênicos e geomórficos, bem como auxíla o entendimento das relações solo-geomorfologia. Uberti & Klamt (1984), estudando as relações solos-superfícies geomórficas na encosta inferior do nordeste do Rio Grande do Sul, afirmaram que a declividade do terreno pode influenciar grandemente na composição granulométrica do solo, pois a

ação dos processos de transporte é favorecida pela declividade, em detrimento do intemperismo.

Curi & Franzmeier (1984), estudando uma toposseqüência de Latossolos originários do basalto, observaram que os solos das posições mais inclinadas eram menos intemperizados, nas posições mais altas eram mais oxidicos (hematita e goethita) e, nos locais mais baixos, predominava a caulinita na fração argila. Espíndola & Carvalho (1986), em estudo na Bacia do Rio Capivara, observaram as relações entre os compartimentos da paisagem e a mineralogia dos diversos solos estudados.

Demattê et al. (1991) retomaram os estudos da relação solo-paisagem, avaliando o comportamento da cor e da estrutura condicionadas pelo movimento da água no sentido do declive, por ação dos fluxos superficial e subsuperficial e, portanto, influenciadas pela posição do solo na paisagem. Nesse sentido, Scatolini & Moniz (1992) também destacaram a influência do relevo nos atributos morfológicos. Em seguida, Vidal-Torrado & Lepsch (1993) estabeleceram conexão entre o solo e a paisagem no Planalto Ocidental Paulista, permitindo assim uma boa compreensão da origem do material do solo e da distribuição do solo na paisagem. Nos estudos desenvolvidos por Vidal-Torrado (1994) foi possível encontrar boas correlações entre as superfícies geomórficas e os atributos do solo, proporcionando bases úteis para auxiliar em futuros mapeamentos pedológicos detalhados.

Nesse sentido, Coelho et al. (1994) estudando as relações solo-relevo em uma encosta com transição arenito-basalto em Jaú, SP, afirmaram que há variações nas distribuições das classes de solos ao longo de uma toposseqüência, função principalmente das expressões e disposição do relevo. Estudos desenvolvidos por Moniz et al. (1994) verificaram alterações nos atributos morfológicos do solo, com aumento horizontal no grau de desenvolvimento da estrutura, ao longo da encosta, traduzido pelo espessamento dos horizontes com agregados. Além disso, constatou-se evolução da estrutura no sentido das terras altas para o sopé, que é refletido no horizonte B e pelo aumento gradual da densidade do solo no mesmo sentido. Esses mesmos autores ainda afirmam que a transformação de uma estrutura granular em uma estrutura em blocos é um processo remontante ao longo de uma vertente, induzido pela existência de fluxo lateral de água.

De acordo com Alves & Ribeiro (1995), a posição relativa dos solos na encosta tem maior influência no comportamento do solo do que o próprio material de origem. Para Marques Júnior (1995), a variação espacial dos atributos do solo é

conseqüência da evolução e atuação dos processos de soerguimento e desenvolvimento das vertentes. Demattê et al. (1996) destacaram o papel do relevo no comportamento do solo, afirmando que à medida que se vai da posição mais alta para a posição mais baixa, haverá maior concentração de umidade nesta direção, ocasionado tanto pelo escoamento superficial, como pelo fluxo subsuperficial, o que poderá influenciar diretamente nos processos genéticos.

Vidal-Torrado & Lepsch (1999), destacaram que as superfícies geomorficamente mais estáveis apresentam condições para um maior desenvolvimento e estabilidade dos solos, ocorrendo nas posições de topo, enquanto que as superfícies menos estáveis possuem normalmente solos menos desenvolvidos e de maior variabilidade em suas propriedades, estando localizados nas posições de sopé da paisagem.

Marques Júnior & Lepsch (2000) destacaram a importância da incorporação do material de origem nos estudos da relação solo-paisagem, uma vez que esse entendimento favorecerá a compreensão da variabilidade espacial dos atributos do solo. Teramoto et al. (2001) acrescentaram que a geologia forneceu subsídios para explicar o relevo local e o comportamento dos solos. Estes mesmos autores afirmaram que solos desenvolvidos de arenitos são mais friáveis e permeáveis, enquanto que solos provenientes de siltitos e folhelhos são quase impermeáveis, favorecendo o escoamento superficial e, conseqüentemente, maior erosão.

Silva et al. (2001) afirmam que a drenagem dos solos, condicionada pela posição topográfica, tem forte relação com o grau de desenvolvimento da estrutura, pois solos moderadamente a bem drenados apresentam estrutura moderada em blocos angulares e subangulares, enquanto solos com drenagem imperfeita apresentaram grau de desenvolvimento fraco e estrutura padrão em prismas poligonais.

Rossi & Queiroz Neto (2001), estudando a relação solo-paisagem na Serra do Mar, SP, afirmaram que a vegetação está diretamente relacionada ao solo e à morfologia do terreno, refletindo em atributos do solo, tais como, profundidade efetiva e presença ou ausência de lençol freático aflorante ou subaflorante, formando assim ambientes específicos (topo, encosta, sopé) para desenvolvimento das plantas.

De acordo com Motta et al. (2002), os estudos da relação solo-paisagem podem subsidiar levantamentos de solos, constituindo dessa maneira um poderoso instrumento de predição da distribuição dos solos de áreas ainda não conhecidas.

Além disso, Cunha et al. (2005) afirmaram que estes estudos possibilitam a extrapolação de informações disponíveis em mapas de solos em qualquer escala, para locais e objetivos mais específicos, implicando na redução de tempo e de custos para obtenção de dados ambientais básicos.

Mais recentemente, alguns trabalhos têm relacionado a disposição da paisagem com os solos e vegetação. Entre estes podem ser destacados aqueles desenvolvidos por Ramos et al. (2006) e Rugiero et al. (2006). Por outro lado, Campos et al. (2007,) estudando as relações solo-paisagem em diferentes substratos geológicos, afirmaram que a compartimentação da paisagem em superfícies geomórficas e a identificação do material de origem mostraram-se bastante eficientes para o entendimento da variação dos solos.

1.2.2.4. Modelos usados para estudar a relação solo-paisagem

Considerando que as formas do relevo exercem papel decisivo no tempo de exposição dos materiais de origem, na intensidade e direção do fluxo da água no perfil, e que o mesmo regula as variações nos processos pedogenéticos, o estudo e a observação das diferentes formas da paisagem torna-se uma premissa básica na execução de levantamentos pedológicos.

A execução de levantamentos de solos com o uso e aplicação dos conceitos de modelos de paisagem, que consideram relevantes as pequenas variações no gradiente do relevo, constituem uma evolução no entendimento do binômio pedologia-geomorfologia, tornando-se uma ferramenta imprescindível para identificar e mapear áreas de solos mais homogêneos (Bui, 2004). Sendo assim, vários modelos de paisagem se propõem a estudar as relações entre as condições do solo e a topografia. Neste sentido, os Modelos Digitais de Elevação (MDE) e de técnicas geoestatísticas são imprescindíveis, conforme destaca Lark (1999).

Segundo Sommer & Schlichting (1997) e Bockheim et al. (2005) as formas do relevo receberam especial atenção após o surgimento do conceito de “catena”, pois este acontecimento destacou a influência do relevo sobre a drenagem, movimento da água anisotrópico (vertical e horizontal), provocando alterações nos atributos do solo e favorecendo a identificação de superfícies geomórficas ou superfícies pedométricas, que são geneticamente e evolutivamente interdependentes. Gobin et al. (2001) afirmaram que o movimento da água nas paisagens é o principal responsável pelo processo de desenvolvimento do solo, por isso, compreender as

formas do relevo, auxilia nas inferências e previsões sobre os atributos do solo em diferentes segmentos de vertentes.

O modelo de paisagem proposto por Ruhe (1956) define superfície geomórfica como sendo uma porção de terra que é definida no espaço e no tempo. Em acréscimo a esse conceito, Daniels et al. (1971) afirmaram que as superfícies geomórficas têm limites geográficos definidos e são formadas por um ou mais agentes num determinado período de tempo. Assim, o entendimento das relações entre solos e superfície geomórfica constitui uma ferramenta importante tanto para compreender a distribuição espacial dos solos na paisagem, como para auxiliar nos levantamentos e planejamentos de uso (Teramoto, et al., 2001; Motta et al., 2002).

Outro modelo de paisagem que merece destaque é aquele baseado na curvatura do terreno, conforme estabelecido por Troeh (1965). As pedoformas podem variar desde as lineares até as côncavas, passando pelas convexas, que normalmente associam o perfil (inclinação) e curvatura (curva) da paisagem com o grau de intemperismo e evolução do terreno, influenciando os movimentos da água, com a distribuição dos fluxos (convergência e divergência) e provocando variações nos solos.

A drenagem do solo está fortemente ligada aos ambientes deposicionais e erosionais, direcionando o caminhamento da água (Nizeyimana & Bicki, 1992; Wilding, 2000). Mais recentemente, o USDA-NRCS (2002) recomenda que para a descrição e coleta de solos no campo, faz-se necessário as observações da curvatura e do perfil do terreno, de acordo com os modelos geomorfológicos de Troeh (1965).

Estudos desenvolvidos por Souza et al. (2003) e Montanari et al. (2005) demonstraram que as pedoformas côncavas condicionam maior variabilidade espacial de atributos granulométricos, conteúdo de matéria orgânica e valores de fatores de erosão, quando comparado a solos localizados em pedoformas lineares, verificando que os atributos do solo apresentam comportamento diferenciado em função das curvaturas do terreno. Na pesquisa desenvolvida por Nizeyimana & Bicki (1992), os solos nas formas de relevo côncavas apresentaram maiores variabilidades espaciais de densidade do solo, capacidade de troca catiônica e disponibilidade de fósforo, quando comparadas aos solos das pedoformas convexas. Além disso, esses autores observaram que a pedoforma côncava propícia aumento do conteúdo do carbono orgânico, da CTC e do conteúdo de argila, além de diminuição da densidade do solo e do teor de areia, da meia encosta para o sopé de

deposição, comportamento que foi atribuído às condições de drenagem e à inclinação do declive.

Dalrymple et al. (1968) estabeleceram um modelo de paisagem composto por nove unidades hipotéticas de vertente, podendo estar parcialmente ausentes, ou repetidas em uma catena. Este modelo enfatiza as interações entre os materiais do solo e sua movimentação, transporte e redeposição pela água e pela gravidade, em superfície e subsuperfície, sendo considerado pedogeomórfico, pois relaciona os processos geomórficos superficiais aos processos pedológicos subsuperficiais e atuais. Os segmentos de vertente deste modelo de paisagem afetam grandemente a variação dos atributos do solo, em função principalmente da quantidade, fluxo e distribuição sazonal da água, podendo condicionar ambientes específicos, pois interferem no movimento de bases e comportamento das argilas (Daniels & Hammer, 1992). Os segmentos de vertentes comumente encontrados são: topo, ombro, meia encosta, escarpa, sopé de transporte e sopé de deposição, dentre outros.

Esses segmentos podem ser observados em uma toposseqüência que parte de um fundo de vale, passando pela encosta até o topo, propiciando a variação dos atributos do solo. Estes atributos estão associados à drenagem e ao transporte lateral que contribuem para aumentar ou diminuir a complexidade das variações dessas áreas, em função de processos erosionais nos compartimentos mais elevados ou deposicionais nas partes de menores cotas (Wysocki et al., 2000).

Huggett (1975), Pachepsky et al. (2001) e Iqbal et al. (2005) destacaram a importância da segmentação da vertente (topo, ombro, sopé, meia encosta, etc.) no transporte e retenção de água no solo e sua relação com o transporte e deposição de sedimentos, de maneira a provocar variabilidade espacial nos atributos do solo. Estudos desenvolvidos por Mulla & Mcbratney (1999) e Park & Burt (2002) mostraram que os aspectos topográficos do terreno podem ser bons indicadores da variação dos atributos do solo, que é causada por pequenas variações do declive que afeta o transporte e o armazenamento de água dentro do perfil do solo.

Todos esses modelos de paisagem têm por finalidade entender o comportamento do solo no sentido conceitual de corpo natural, variando com a expressão da paisagem, conforme destaca o Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999). Assim sendo, um corpo natural tem distribuição espacial de suas propriedades, propiciando a formação de distintos pedoambientes em função de

variações de processos geomórficos e hidrológicos (Young & Hammer, 2000; Park et al., 2001).

1.2.2.5. Superfícies geomórficas e a pedologia

As superfícies geomórficas são consideradas uma porção de terra definida no tempo e no espaço, com limites geográficos e formadas por um ou mais agentes num determinado período de tempo (Daniels et al., 1971). De acordo com Ruhe (1956) as superfícies geomórficas devem obedecer aos seguintes critérios:

(a) Uma superfície é mais jovem do que qualquer outra superfície ou material que secciona;

(b) É mais velha ou, pelo menos, contemporânea aos depósitos de fundo de vale inferior e próximo;

(c) É mais jovem do que superfícies geomórficas adjacentes situadas em posição superior e, portanto, mais velha do que superfícies adjacentes situadas em posição inferior;

(d) É mais velha ou, pelo menos, contemporânea aos depósitos existentes sobre ela;

(e) É mais jovem do que qualquer estrutura que ela corta em bisel.

Segundo Ruhe et al. (1967) e Daniels et al. (1971), as superfícies geomórficas podem ser ainda erosionais ou deposicionais e, em uma área, pode haver ocorrência de ambas ou apenas de um ambiente geomórfico. As superfícies geomórficas mais velhas são mais estáveis e normalmente são encontradas nos topos, estando associadas a ambientes deposicionais, enquanto que as superfícies mais jovens ocorrem em áreas de maior declive, sendo mais variáveis e considerados ambientes erosionais.

Schumacher et al. (1999) afirmaram que as variações da disposição das superfícies geomórficas são influenciadas diretamente pelos processos de erosão e deposição dos solos nas paisagens. Esse fato normalmente está associado à inclinação do declive e a curvatura do terreno. Entretanto, aspectos relacionados aos processos geomórficos e aos impactos humanos também interferem nos processos erosivos, provocando alterações (erosão e deposição) na paisagem (Schumacher et al., 1999).

Daniels & Hammer (1992) afirmaram que as superfícies geomórficas são bidimensionais, resultantes de determinados fenômenos ocorridos em determinadas épocas e segundo processos erosivos específicos (remoção e, ou, deposição). A

sucessão de tais fenômenos está refletida nas quebras de gradiente do terreno, desde que elas não estejam condicionadas por diferenças marcantes da litologia local.

De acordo com Daniels et al. (1971), a identificação e delimitação das superfícies geomórficas devem ser executadas por meio de critérios topográficos e estratigráficos, utilizando nestes casos as “quebras do gradiente no terreno” e a identificação do material de origem. Vidal-Torrado et al. (2005) concluíram que deve-se usar unicamente critérios geomórficos e estratigráficos para a identificação e datação das superfícies geomórficas e, somente depois desses resultados, podem ser correlacionados com os atributos do solo.

Gerrard (1993) afirmou que para estudar as relações solos-superfícies geomórficas devem ser obedecidos três critérios básicos: (a) Fazer um inventário da estratigrafia mais superficial, ou seja, os materiais de origem dos solos da área; (b) Procurar definir as superfícies geomórficas no tempo, o que indica as idades relativas dos solos; (c) Fazer correlações entre as propriedades do solo e da paisagem.

Vários são os trabalhos que fazem uso dos conceitos de superfícies geomórficas aplicados à pedologia. Normalmente nestes trabalhos são estabelecidas relações cronológicas entre os solos e as superfícies geomórficas. Nesse sentido, Teramoto et al. (2001) afirmaram que a relação entre solos e superfícies geomórficas é representada pela tendência de que quanto mais velha e estável é a superfície, mais homogênea ela deve ser em relação aos solos que nela ocorrem, ou seja, a complexidade e variabilidade de solos é inversamente proporcional à idade da superfície.

Vidal-Torrado & Lepsch (1999) destacaram que as superfícies geomorficamente mais estáveis apresentam condições para um maior desenvolvimento e estabilidade dos solos, e as superfícies menos estáveis possuem normalmente solos menos desenvolvidos e de maior variabilidade em suas propriedades. Diversos autores, tais como Uberti & Klamt (1984) e Coelho et al. (1994) afirmaram que a variação dos tipos de solos, assim como a estabilidade geomórfica das superfícies, está estreitamente ligada aos fatores tempo e relevo.

Cunha et al. (2005), usando os conceitos de superfícies geomórficas como indicadores da idade dos solos, encontraram diferenças nas taxas Fe_d/Fe_s (Fe_d = ferro extraído com ditionito citrato bicarbonato e Fe_s = ferro do ataque sulfúrico) dos solos das três superfícies geomórficas estudadas, indicando que a superfície mais

velha tem solos mais intemperizados, com valores variando entre 0,9 e 1,0, enquanto as superfícies mais novas têm solos menos intemperizados, com valores de Fe_d/Fe_s entre 0,5 e 0,6.

Pesquisas desenvolvidas por Rodrigues & Klamt (1978), em áreas de cerrado do Brasil, permitiram estabelecer compartimentos do relevo onde o conteúdo de gibbsita dos solos diminuiu das superfícies mais antigas para as mais recentes. De acordo com Cunha et al. (2005), o conteúdo de caulinita do solo decresce significativamente da superfície geomórfica mais velha para a mais rejuvenescida e coincide com o aumento da mineralogia oxidada, provavelmente ligada ao tempo de evolução pedogenética e ao material de origem.

Trabalhos desenvolvidos por Marques Júnior & Lepsh (2000) e Campos et al. (2007) também fazem inferências à maior estabilidade dos atributos físicos, químicos e mineralógicos nas superfícies geomórficas mais antigas e maior variabilidade desses atributos nas superfícies pedogeneticamente menos evoluídas. Marques Júnior (1995) ainda destaca que os índices Ki e as relações silte/argila, Fed/Fes , e Ca/Mg podem ser usados como indicativos de grau de intemperismo do solo para comparar as superfícies geomórficas entre si.

Vidal-Torrado (1994) e Cooper et al. (2002) encontraram boas correlações entre as superfícies geomórficas e os atributos do solo. Daniels & Hammer (1992) afirmaram que a maior parte da variabilidade é seqüencial e pode ser prevista quando se faz uso do conceito de superfície geomórfica e estas predições são muito úteis, principalmente para execução de levantamentos pedológicos detalhados. Nesta mesma linha, Motta et al. (2002), estudando as relações entre os solos e as superfícies geomórficas em áreas do Planalto Central Brasileiro, afirmaram que a utilização dos conceitos de superfícies geomórficas são bastante aplicada em levantamentos pedológicos.

Alves & Ribeiro (1995) afirmaram que a compartimentação da paisagem em superfícies geomórficas é a melhor maneira de se entender as variações e a distribuição dos solos, bem como os processos que nele atuam, observando grandes contrastes de suas características, condicionadas pela geologia, topografia e hidrologia de cada superfície.

Alguns trabalhos investigaram as influências do material de origem e das superfícies geomórficas no comportamento dos solos. Marques Júnior (1995) estudou as relações solo-superfície geomórfica sob substrato arenítico na região de Monte Alto, SP; Meirelles (1998) estudou as mesmas relações sob substrato

basáltico na região de Jaboticabal, SP; Cunha et al. (2005), Campos et al. (2007) e Marques Júnior et al. (2009) estudaram as relações solo-superfície geomórfica em transição arenito-basalto, sendo constatado em todos esses estudos relações estreitas entre as idades dos solos e as das superfícies geomórficas.

Segundo Chadwick & Graham (2000) e Wysocki et. al. (2005) a idade, a intensidade e a duração dos processos pedológicos, assim como as próprias características do material de origem, são os principais responsáveis pelos tipos e distribuição dos solos na paisagem (Phillips et al., 2001).

De acordo com Krasilnikov et al. (2005), o entendimento das relações entre os solos e as superfícies geomórficas permite compreender a estrutura da paisagem, favorecendo assim a predição da distribuição dos solos, da vegetação e dos processos erosivos, constituindo-se numa importante ferramenta para levantamentos pedológicos e manejo dos solos.

Sanchez et al. (2005), avaliando a variação dos atributos do solo e a produção de café em diferentes superfícies geomórficas na região do Alto Paranaíba, MG, observaram que tanto os atributos do solo, como a produção de café apresentaram resultados coincidentes com o conceito de superfícies geomórficas. Marques Júnior et al. (1997) também observaram maior produção de cana-de-açúcar na superfície mais rejuvenescida, indicando que os limites entre as superfícies geomórficas podem representar limites de locais específicos de manejo.

Outro aspecto importante que tem sido estudado é a relação das superfícies geomórficas com os processos erosivos. Graham et al. (1990), Graham & Buol (1990) e Phillips (2004) afirmaram que essas superfícies geomórficas variam grandemente em extensão, dependendo das posições em que se encontram nas paisagens. De acordo com Bockheim et al. (2005), os solos são dependentes geneticamente e evolutivamente das superfícies geomórficas nas quais estão inseridos. Apesar de estar implícito no conceito de superfície geomórfica o caráter erosional e deposicional, poucos são os estudos que cruzam essas informações com as taxas de erosão do solo (Minasny & Mcbratney, 2006).

Campos et al. (2008), avaliando as perdas de solo por erosão em diferentes superfícies geomórficas na região de Pereira Barreto, SP, observaram que as perdas de solo apresentaram comportamento coerente com a conceituação de superfícies geomórficas, evidenciando as relações de dependência do processo erosivo do solo aos ambientes geomórficos. Marques Júnior et al. (2009), estudando a relação entre superfície geomórfica e erosão, em uma seqüência arenito-basalto, afirmaram que a

pedogênese é maior nas superfícies geomórficas mais velhas, fato que provavelmente esteja ligado ao conceito das superfícies geomórficas, condicionando assim menores perdas de solo.

Perez et al. (1980), estudando as relações solo-geomorfologia em uma várzea no Rio Mogi Guaçu, SP, reconheceram a importância destas ferramentas para compreender as razões de desenvolvimento dos diferentes tipos de solos. Moniz (1996), por sua vez, destacou as relações entre a geomorfologia e a pedologia como capazes de: 1) estabelecer relação entre a distribuição do solo e a fisiografia; 2) relacionar a dependência da gênese do perfil do solo com a topografia; 3) verificar o desenvolvimento simultâneo dos solos e do relevo; 4) observar as influências dos processos geomorfológicos nas características do material de origem.

1.2.3. Terras Pretas Arqueológicas

As Terras Pretas Arqueológicas, também conhecidas como Terras Pretas de Índio ou simplesmente Terras Pretas, são solos que geralmente apresentam alta fertilidade, com elevados teores de P, Ca, Mg e matéria orgânica estável, além de intensa atividade biológica, quando comparadas aos solos adjacentes (Glaser, 2007). Estes solos apresentam como características marcantes a coloração escura, fragmentos de cerâmica e/ou líticos e artefatos indígenas incorporados à matriz dos horizontes superficiais do solo (Kampf & Kern, 2005).

Quanto à sua distribuição, as Terras Pretas Arqueológicas (TPA) ocorrem em toda a Amazônia, especialmente no Brasil, Colômbia, Guiana, Equador, Peru e Venezuela. De acordo com German (2003), as áreas de ocorrência das TPA apresentam extensões variadas e normalmente estão localizadas próximas a cursos de água, ocupando várzeas e elevações marginais adjacentes (Terra Firme). Esses locais apresentam duas características marcantes: 1) possibilidade de acesso aos recursos de diferentes ambientes; 2) posição que permita o controle das vias de acesso e visibilidade para defesa.

A presença destes solos ainda não é bem explicada, mas a hipótese mais aceita é baseada em evidências pedológicas e arqueológicas de que as TPA teriam sido formadas não intencionalmente pelo homem pré-colombiano (Kern & Kampf, 1989). Sobre esse assunto, Lima et al. (2002) afirmaram que as TPA localizam-se em antigos assentamentos, contendo artefatos culturais, cuja coloração escura se deve a material orgânico decomposto, em parte na forma de carvão, como resíduo de fogueiras domésticas e de queimadas para uso agrícola do solo.

Glaser (2007) destacou que são três os principais processos responsáveis pela formação das TPA: a) *formação do carvão* - refere-se à formação do carbono pirogênico, com composição e estrutura molecular complexa (grupos aromáticos), bastante reativo e que contribui com à fertilidade do solo; b) *incorporação de nutrientes* - neste processo os nutrientes são incorporados ao solo por diferentes fontes, por exemplo, excrementos humanos e animais, cinzas, resíduos de combustão incompleta e carvão, biomassa de plantas aquáticas e terrestres; c) *ação dos microorganismos* - responsáveis pela ciclagem de nutrientes, agindo tanto na decomposição da matéria orgânica, como na imobilização de nutrientes do solo, evitando as perdas por lixiviação.

Estudos desenvolvidos por Kern et al. (2003) registraram sítios de TPA circundados por solos de cores bruno-acinzentadas e alto teor de matéria orgânica, porém com teores de Ca e P mais baixos, com artefatos de cerâmica pouco ou ausentes. Estes solos apresentam características diferentes dos solos não perturbados adjacentes, sendo resultantes de atividade agrícola pré-histórica, permanente ou semi-permanente, e foram identificados como Terra Mulata (TM).

Quanto ao comportamento químico, as TPA exibem altos teores de cálcio, magnésio, fósforo, zinco, manganês e elevada quantidade de matéria orgânica, o que confere a estes solos alto potencial de produção (Kern et al., 2003). De acordo com Cunha et al. (2007), a fertilidade das TPA geralmente é fortemente relacionada com as características moleculares das substâncias húmicas. Segundo Solomon et al. (2008) as substâncias húmicas, são dinâmicas, refletindo mudanças no uso do solo, e também responsável pela acumulação da matéria orgânica no solo.

Quanto aos atributos físicos, as TPA apresentam horizontes bem drenados, com textura variando entre arenosa e muito argilosa, com boa disponibilidade de água e baixos valores de densidade do solo. Além disso, exibem condições de aeração, porosidade e condutividade hidráulica adequadas para promover a infiltração de água e favorecer as trocas gasosas (Neves Júnior, 2008).

Taxonomicamente as TPA e TM enquadram-se nas ordens: Argissolos, Latossolos, Cambissolos e Neossolos (Lima, 2001), porém a principal particularidade é a presença do horizonte A antrópico, com espessura variando entre 30 e 70 cm, sendo mais profundos que os solos adjacentes. Além disso, estes horizontes têm elevado conteúdo de P, coloração escura devido ao alto teor de matéria orgânica e, geralmente, apresentam fragmentos de artefatos cerâmicos e/ou artefatos líticos, conforme definição do SiBCS (Embrapa, 2006). De acordo com

Kampf & Kern (2005), alguns processos pedogenéticos são característicos das TPA, tais como melanização, lessivagem e bioturbação, podendo interferir ou não em outros horizontes em sub-superfície.

1.3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A.J.O.; RIBEIRO, M.R. Caracterização e gênese dos solos de uma toposseqüência na microrregião da Mata Seca de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 19:297-305, 1995.

BARTHOLD, F.K.; STALLARD, R.F.; ELSENBEEER, H. Soil nutrient–landscape relationships in a lowland tropical rainforest in Panama. **Forest Ecology and Management**. 255:1135–1148, 2008.

BOCKHEIM, J.G.; GENNADIYEV, A.N.; HAMMER, R.D.; TANDARICH, J.P. Historical development of key concepts in pedology. **Geoderma**. 124:23–36, 2005.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto Radambrasil, folha SB. 20, Purus**. Rio de Janeiro, 1978. 561 p.

BRAUN, E.H.G.; RAMOS, J.R.A. Estudo agroecológico dos campos Puciarí-Humaitá (Estado do Amazonas e Território Federal de Rondônia). **Revista Brasileira de Geografia**. 21:443-497, 1959.

BRIGGS, C.A.D.; BUSACCA, A.J.; MCDANIEL, P.A. Pedogenic processes and soil-landscape relationships in North Cascades National Park, Washington. **Geoderma**. 137:192–204, 2006.

BUI, E.N. Soil survey as a knowledge system. **Geoderma**. 120:17–26, 2004.

BUI, E.N.; LOUGHEAD, A.; CORNER, R. Extracting soil-landform rules from previous soil surveys. **Australian Journal of Soil Research**. 37:495–508. 1999.

CAMPOS, M.C.C.; MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO, M.V.; PEREIRA, G.T.; SOUZA, Z.M.; BARBIERE, D.M. Variação espacial da perda de solo por erosão em diferentes superfícies geomórficas. **Ciência Rural**. 38:2485-2492, 2008.

CAMPOS, M.C.C.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T.; MONTANARI, R.; CAMARGO, L.A. Relações solo-paisagem em uma litosseqüência arenito-basalto na

região de Pereira Barreto, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 31:519-529, 2007.

CARRÉ, F.; MCBRATNEY, A. B. Digital terrain mapping. **Geoderma**. 128:340–353, 2005.

CHADWICK, O.A.; GRAHAM, R.C. Pedogenic processes. ___In: SUMNER, M. **Handbook of Soil Science**. New York: CRC Press, p. E41– E73, 2000.

CHEN, Z.S.; HSIEH, C.F.; JIANG, F.Y.; HSIEH, T.H.; SUN, I.F. Relationships of soil properties to topography and vegetation in a subtropical rainforest in southern Taiwan. **Plant Ecology**. 132:229–241, 1997.

COELHO, R.M.; LEPSCH, I.F.; MENK, J.R.F. Relação solo-relevo em uma encosta com transição arenito-basalto em Jaú, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 18:125-137, 1994.

COOPER, M.; VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I.F. Stratigraphical discontinuities, tropical landscape evolution and soil distribution relationships in case study in SE-Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 26:673-683, 2002.

CPRM. Centro de Pesquisa de Recursos Minerais. **Hidroclimatologia, geologia, recursos minerais, geomorfologia e unidades de paisagens**. (Relatório Técnico) Manaus, 2001. 93p.

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

CUNHA, T.J.F.; MADARI, B.E.; BENITES, V.M.; CANELAS, 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 Amazonica**. 37:91-98, 2007.

CURI, N.; FRANZMEIER, D.P. Toposequence of Oxisols from Central Plateau of Brazil. **Soil Science Society American Journal**. 48:341-6,1984.

DALRYMPLE, J.B.; BLONG, R.J.; CONACHER, A.J. A hypothetical nine unit land a surface model. **Z. Geomorphology**. 12:60-76, 1968.

DANIELS, R.B.; GAMBLE, E.F.; CADY, J.G. The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. **Advances in Agronomy**. 23:51-87, 1971.

DANIELS, R.B.; HAMMER, R.D. **Soil Geomorphology**. John Wiley & Sons, Toronto. 1992.

DEMATTE, J.L.I.; MARCONI, A.; SPAROVEK, G.; VIDAL-TORRADO, P. Estimativa da evolução do intemperismo mediante ganhos e perdas de íons numa seqüência de solos desenvolvidos de diabásio e influenciados pela drenagem em Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 15:69-73, 1991.

DEMATTE, J.L.I.; MAZZA, J.A.; DEMATTE, J.A.M. Caracterização e gênese de uma toposseqüência Latossolo Amarelo-Podzol originado de material da Formação Barreiras - Estado de Alagoas. **Scientia Agrícola**. 53:20-30, 1996.

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

ESPÍNDOLA, C.R.; CARVALHO, W.A. Relações entre a natureza dos solos e suas posições na paisagem na Bacia de Capivara, Botucatu (SP). **Científica**. 14:29-37, 1986.

FLORINSKY, I.V.; EILERS, R.G.; MANNING, G.R.; FULLER, L.G. Prediction of soil properties by digital terrain modelling. **Environmental Modeling Software**. 17:295-311, 2002.

FREITAS, H.A.; PESSEDA, L.C.R; ARAVENA, R.; GOUVEIA, S.E.M.; RIBEIRO, A.S.; BOULET, R. Florestas X Savanas no passado na Amazônia. **Ciência Hoje**. 32:40-46, 2006.

GAMA, J.R.V.; SOUZA, A.L.; MARTINS, S.V.; SOUZA, D.R. Comparação entre florestas de várzea e de terra firme do Estado do Pará. **Revista Árvore**. 29:607-616, 2005.

GARRIGUES, S.; ALLARD, D.; BARET, F.; MORISETTE, J. Multivariate quantification of landscape spatial heterogeneity using variogram models. **Remote Sensing of Environment**. 112:216–230, 2008.

GERMAN, L.A. Historical contingencies in the coevolution of environment and livelihood: contributions to the debate on Amazonian Black Earth. **Geoderma**. 111:307–331, 2003.

GERRARD, J. **Soil geomorfology**: An integration of pedology and geomorfology: London, Chapman Hall, 1992. 269p.

GLASER, B. Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. **Philosophical Transactions the Royal Society B**. 362:187–196, 2007.

GLAZOVSKAYA, M.A. On geochemical principles of the classification of natural landscapes. **International Geological Review**. 5:1403–1431, 1963.

GOBIN, A.; CAMPLING, P.; FEYEN J. Soil-Landscape modelling to quantify spatial variability of soil texture. **Physics and Chemistry of the Earth**. 26:41-45, 2001.

GRAHAM, R.C.; BUOL, S.W. Soil-geomorphic relations on the Blue Ridge front: II. Soil characteristics and pedogenesis. **Soil Science Society American Journal**. 54:1367-1377, 1990a.

GRAHAM, R.C.; DANIELS, R.B.; BUOL, S.W. Soil-geomorphic relations on the Blue Ridge front: I. Regolith types and slope processes. **Soil Science Society American Journal**. 54:1362-1367, 1990b.

HENDERSON, B.L.; BUI, E.N.; MORAN, C.J.; SIMON, D.A.P. Australia wide predictions of soil properties using decision trees. **Geoderma**. 124:383–398, 2005.

HUDSON, B.D. The soil survey as a paradigm-based science. **Soil Science Society of America Journal**. 56:836–841, 1992.

HUGGETT, R.J., Soil landscape systems: a model of soil genesis. **Geoderma**. 13:1–22, 1975.

IQBAL, J.; READ, J.J.; THOMASSON, A.J.; JENKINS, J.N. Relationships between soil-landscape and dryland cotton lint yield. **Soil Science Society American Journal**. 69:872-882, 2005.

JOHNSON, D.L.; DOMIER, J.E.J.; JOHNSON, D.N. Animating the biodynamics of soil thickness using process vector analysis: a dynamic denudation approach to soil formation. **Geomorphology**. 67:23–46, 2005.

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, 5: 277-320.

KERN, D.C.; KÄMPF, N. O efeito de antigos assentamentos indígenas na formação de solos com terra preta arqueológica na região de Oriximiná – PA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 13:219-225, 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, 2003, 1:51-76.

KING, D.; BOURENNANE, H.; ISAMBERT, M.; MACAIRE, J.J. Relationship of the presence of a non-calcareous clay-loam horizon to DEM attributes in a gently sloping area. **Geoderma**. 89:95–111, 1999.

KLAMT, N.; BEATTY, M.T. Gênese duma seqüência de solos da região do Planalto médio Riograndense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 7:99-109, 1972.

KRASILNIKOV, P.V.; CALDERÓN. N.E.G.; SEDOV, S.N.; GÓMEZ, E.V.; BELLO, R.R. The relationship between pedogenic and geomorphic processes in mountainous tropical forested area in Sierra Madre del Sur, Mexico. **Catena**. 62:14-44, 2005.

LARK, R.M. Soil–landform relationships at within-field scales: an investigation using continuous classification. **Geoderma**. 92:141–165, 1999.

LEPSCH, I.F.; BUOL, S.W.; DANIELS, R.B. Soil-landscape relationships in Occidental Plateau of São Paulo State, Brazil: I. Geomorphic surfaces and soil mapping units. **Soil Science Society American Journal**. 41:104-9, 1977.

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

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**. 110:1–17, 2002.

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 toposseqüência da Bacia Sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 30:59-68, 2006.

MARQUES JÚNIOR, J.; LEPSCH, I.F. Depósitos superficiais neocenozóicos, superfícies geomórficas e solos em Monte Alto, SP. **Geociências**. 19:90-106, 2000.

MARQUES JÚNIOR, J. **Distribuição e atributos dos solos em relação à forma e evolução de uma vertente em Monte Alto, SP**. Piracicaba. 1995. 226f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

MARQUES JÚNIOR, J.; BORGES, R.C.T.; MARTINS FILHO, M.V.; CAMPOS, M.C.C.; SOUZA, Z.M.; PEREIRA, G.T. Relação superfície-geomórfica e erosão em uma seqüência arenito-basalto. **Bragantia**. (Prelo) Campinas, v. n. 2009.

MARQUES JUNIOR, J.; BUENO, C.R.; R.C.T.; FIORIO, P.R. Agricultural aptitude and expectation towards erosion in sugar cane production areas in São Paulo State. In Conferencie on – GEOINFORMATION FOR SUSTAINABLE LAND MANAGEMENT, Enschede. The Netherlands, 1997. **Abstracts...** Enschede, ITC, 1997.

MARTINS, G. C. **Matas e Campos naturais da região de Humaitá (AM): atributos diferenciais dos solos e implicações do uso e manejo**. Lavras, 2001. 65f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras.

MARTINS, G.C.; FERREIRA, M.M.; CURTI, 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**. 30: 221-227, 2006.

McFADDEN, L.D.; KNUEPFER, P.L.K. Soil geomorphology: the linkage of pedology and superficial processes. In: KNUEPFER, P.L.K.; MACFADDEN, L.D. Eds., Soils and Landscape Evolution. **Geomorphology**. 3:197–205, 1990.

McSWEENEY, K.; GESSLER, P.E.; SLATER, B.; HAMMER, R.D.; BELL, J.C.; PETERSEN, G.W. **Towards a new framework for modeling the soil–landscape continuum**. In: AMUNDSON, R.G., et al. (Ed.), Factors of Soil formation: A fiftieth Anniversary Retrospective. SSSA Spec. Publ., vol. 33. SSSA, Madison, WI, p. 127–145, 1994.

MEIRELLES, H.T. **Relações entre superfícies geomórficas, segmentos de vertente e propriedades dos solos em Batatais, SP**. Jaboticabal, 1998, 118f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

MILNE, G. Normal erosion as a factor in soil profile development. **Nature**. 138:148, 1936.

MILNE, G. Some suggested units of classification and mapping particularly for East African soils. **Soil Research**. 4:183–198, 1935.

MINASNY, B.; MCBRATNEY, A.B. A rudimentary mechanistic model for soil production and landscape development. **Geoderma**. 90:3–21, 1999.

MINASNY, B.; MCBRATNEY, A.B. A rudimentary mechanistic model for soil production and landscape development: II. A two-dimensional model incorporating chemical weathering. **Geoderma**. 103:161–180, 2001.

MINASNY, B.; MCBRATNEY, A.B. Mechanistic soil-landscape modelling as an approach to developing pedogenetic classifications. **Geoderma**. 133:138-149, 2006.

MONIZ, A.C. Evolução de conceitos no estudo da gênese de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 20:349-362, 1996.

MONIZ, A.C.; MANFREDINI, S.; DEMATTÊ, J.L.I. Variações morfológicas, mineralógicas e hídricas em terra roxa estruturada ao longo de uma vertente em Rio das Pedras (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 18:513-20, 1994.

MONIZ, A.C.; BUOL, S.W. Formation of an Oxisol Ultisol transition in São Paulo, Brasil: I. Double-water flow model of soil development. **Soil Science Society American Journal**. 46:1228-33, 1982.

MONTANARI, R.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T.; SOUZA, Z.M. Forma da paisagem como critério para otimização amostral de Latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 40:69-77, 2005.

MOORE, I.D.; GRAYSON, R.B.; LADSON, A.R. Digital terrain modeling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. **Hydrological Processes**. 5:3–30, 1991.

MOTTA, P.E.F.; CARVALHO FILHO, A.; KER, J.C.; PEREIRA, N.R.; CARVALHO JUNIOR, W.; BLANCANEUX, P. Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 37:869-878, 2002.

MULLA, D.J.; MCBRATNEY, A.B. Soil Spatial Variability. ___In: SUMMER, M.E. **Handbook of Soil Science**. New York: CRC Press, p.A321-A351, 1999.

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 Pulo.

NIZEYIMANA, E.; BICKI, T.J. Soil and soil-landscape relationships in the North Central region of Rwanda, East-Central Africa. **Soil Science**. 153:225-236, 1992.

PACHEPSKY, Y.A.; TIMLIN, D.J.; RAWLS, W.J. Soil water retention as related to topographic variables. **Soil Science Society American Journal**. 65:1787–1795, 2001.

PARK, S.J.; BURT, T.P. Identification and characterization of pedogeomorphological processes on a hillslope. **Soil Science Society American Journal**. 66:1897–1910, 2002.

PARK, S.J.; MCSWEENEY, K.; LOWERY, B. Identification of the spatial distribution of soils using a process-based terrain characterization, **Geoderma**. 103:249–272, 2001.

PENNOCK, D.J. Terrain attributes, landform segmentation, and soil redistribution. **Soil & Tillage Research**. 69:15–26, 2003.

PENNOCK, D.J.; VELDKAMP, A. Advances in landscape-scale soil research. **Geoderma**. 133:1-5, 2006.

PENNOCK, D.J.; ZEBARTH, B.J.; JONG, E. Landform classification and soil distribution in hummocky terrain, Saskatchewan, Canada. **Geoderma**. 40:297–315, 1987.

PEREZ, A.; DONZELLI, J.L.; LEPSCH, I.F. Relação solos geomorfologia em várzea do Rio Mogi Guaçu, (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 4:181-187, 1980.

PHILLIPS, D.H.; FOSS, J.E.; STILES, C.A.; TRETTIN, C.C.; LUXMOORE, R.J. Soil-landscape relationships at the lower reaches of a watershed at Bear Creek near Oak Ridge, Tennessee. **Catena**. 44:205-222, 2001.

PHILLIPS, J.D. Geogênese, pedogênese, and multiple causality in the formation of texture-contrast soils. **Catena**. 58:275–295, 2004.

PREGITZER, K.S.; BARNES, B.V.; LEMME, G.D. Relationship of topography to soils and vegetation in an upper Michigan ecosystem. **Soil Science Society American Journal**. 47:117–123, 1983.

RAMOS, M.V.V.; CURI, N.; MOTTA, P.E.F.; VITORINO, A.C.T.; FERREIRA, M.M.; SILVA, M.L.N. Veredas do triângulo mineiro: solos, água e uso. **Ciência e Agrotecnologia**. 30:283-293, 2006.

RODRIGUES, T.E.; KLAMT, E. Mineralogia e gênese de uma seqüência de solos do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2:132-139, 1978.

RODRIGUES, T.E.; OLIVEIRA, R.C. Solos de várzeas da Amazônia: uso e potencialidade. In.: **Amazônia: agricultura sustentável**. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.215-221, 1997.

ROSSI, M.; QUEIROZ NETO, J.P. Relações solo-paisagem em regiões tropicais úmidas: o exemplo da Serra do Mar em São Paulo, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**. 14:11-23, 2001.

RUGGIERO, P.G.C.; PIVELLO, V.R.; SPAROVEK, G.; TERAMOTO, E.; PIRES NETO, A.G. Relação entre solo, vegetação e topografia em área de cerrado (Parque Estadual de Vassununga, SP): como se expressa em mapeamentos? **Acta Botânica Brasileira**. 20:383-394. 2006.

RUHE, R.V. Geomorphic surfaces and the nature of soils. **Soil Science**. 82:441-445, 1956.

SANCHEZ, R.B.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T.; SOUZA, Z.M. Variabilidade espacial de propriedades de Latossolo e da produção de café em diferentes superfícies geomórficas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 9:489-495, 2005.

SCATOLINI, F.M.; MONIZ, A.C. Influência do material de origem, lençol freático surgente e da posição topográfica nos solos de uma encosta em Mococa (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 16:379-388, 1992.

SCHOORL, J.M.; VELDKAMP, A.; BOUMA, J., Modeling water and soil redistribution in a dynamic landscape context. **Soil Science Society American Journal**. 66:1610–1619, 2002.

SCHUMACHER, T. E.; LINDSTROM, M. J.; SCHUMACHER, J. A.; LEMME, G. D. Modeling spatial variation in productivity due to tillage and water. **Soil & Tillage Research**. 51:331-339, 1999.

SEIBERT, J.; STENDAHL, J.; SØRENSEN, R. Topographical influences on soil properties in boreal forests. **Geoderma**. 141:139-148, 2007.

SILVA, M.B.; ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; NASCIMENTO, R.A.M. Estudo de toposseqüência da baixada litorânea fluminense: efeitos do material de origem e posição topográfica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 25:965-976, 2001.

SOIL SURVEY STAFF. **Soil Taxonomy**: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. 2nd ed. Agric. Handbook, vol. 436. U.S. Govt. Print. Office, Washington, DC. 869 pp. 1999

SOLOMON, D.; LEHMANN, J.; THIES, J.; SCHAFER, T.; LIANG, B.; KINYANGI, J.; NEVES, E.G.; PETERSEN, J.; LUIZÃO, F.J.; SKJEMSTAD, J. Molecular signature and sources of biochemical recalcitrance of organic C in Amazonian Dark Earths. **Geochimica et Cosmochimica Acta**. 71:2285-2298, 2007.

SOMMER, M. Influence of soil pattern on matter transport in and from terrestrial biogeosystems—A new concept for landscape pedology. **Geoderma**. 133:107–123, 2006.

SOMMER, M.; SCHLICHTING, E. Archetypes of catenas in respect to matter; a concept for structuring and grouping catenas. **Geoderma**. 76:1–33, 1997.

SOMMER, M.; GERKE, H.H.; DEUMLICH, D. Modelling soil landscape genesis — A “time split” approach for hummocky agricultural landscapes. **Geoderma**. 145:480–493, 2008.

SOUZA, C.K.; MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO, M.V.; PEREIRA, G.T. Influência do relevo e erosão na variabilidade espacial de um Latossolo em Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 27:1067-1074, 2003.

TERAMOTO, E.R.; LEPSCH, I.F.; VIDAL-TORRADO, P. Relações solo, superfície geomórfica e substrato geológico na microbacia do ribeirão Marins (Piracicaba - SP). **Scientia Agrícola**. 58:361-371, 2001.

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

TROEH, F.R. Landform equations fitted to contour maps. **Soil Science Society American Journal**. 263:616-27. 1965.

UBERTI, A.A.; KLAMT, E. Relações solos-superfícies geomórficas na encosta inferior do nordeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 8:229-234, 1984.

USDA-NRCS. **Field Book for describing and sampling soils**. National Soil Survey Center. Lincoln, p.31-44, 2002.

VIDAL-TORRADO, P. **Pedogênese e morfogênese no distrito de Tupi (Piracicaba, SP)**. Piracicaba, 1994, 212p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I.F. Morfogênese dos solos de uma toposseqüência com transição B latossólico x B textural sobre migmatitos em Mococa (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 17:109-19, 1993.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I.F. Relações material de origem/solo e pedogênese em uma seqüência de solos predominantemente argilosos e latossólicos sobre psamitos na Depressão Periférica Paulista. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 23:357-369, 1999.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I.F.; CASTRO, S.S. Conceitos e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas. In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L.R.F.; COOPER, M.; SILVA, A.P.; CARDOSO, E.J. (Ed.) **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.4, p.145-192, 2005.

WILDING, L. P. Pedology. ___In: SUMMER, M. E. **Handbook of Soil Science**. New York: CRC Press, p.83-116. 2000.

WU, W.; FAN, Y.; WANG, Z.; LIU, H. Assessing effects of digital elevation model resolutions on soil–landscape correlations in a hilly area. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 126:209–216, 2008.

WYSOCKI, D.A.; SCHOENEBERGER, P.J.; LAGARRY, H.E. Soil surveys: A window to the subsurface. **Geoderma**. 126:67–180, 2005.

WYSOCKI, D.A.; SHOENEGER, P.J.; LAGARRY, H.E. Geomorphology of soil landscapes. ___ In: SUMMER, M. E. **Handbook of Soil Science**. New York: CRC Press, p.E5-E39, 2000.

YOUNG, F.J.; HAMMER, R.D. Defining geographic soil bodies by landscape position, soil taxonomy, and cluster analysis. **Soil Science Society American Journal**. 64:989-998, 2000.

ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO DO SUL-SUDESTE DO AMAZONAS – ZEE, AM. **Zoneamento Ecológico Econômico do Sul-Sudeste do Amazonas**. IPAAM, 53p. 2008.

CAPÍTULO II – RELAÇÕES SOLO-PAISAGEM EM TRÊS TOPOSSEQUÊNCIAS NA REGIÃO DO MÉDIO RIO MADEIRA

2.1. INTRODUÇÃO

A paisagem é a combinação das feições da superfície da terra com os componentes de subsuperfície (material de origem) (Pennock & Veldkamp, 2006), enquanto que solo é um corpo natural tridimensional e dinâmico que está inserido na paisagem (Minasny & Mcbratney, 2006). Desta forma, a relação “solo-paisagem” pode ser entendida como o padrão de distribuição espacial dos atributos do solo e suas relações de dependência com a disposição do relevo (Bui et al., 1999). Entretanto, condições climáticas, características geológicas e os aspectos hidrológicos são fundamentais para o entendimento dessas relações (Moore et al., 1991).

Na prática, os fatores essenciais para estudar essas relações são o material de origem e os aspectos topográficos, sendo que estes últimos imprimem grande variabilidade aos atributos do solo, pois condicionam os fluxos da água e orientam o transporte e acúmulo de massa (erosão e deposição) (Barthold et al., 2008). O material de origem, por sua vez, provoca alteração no comportamento dos atributos do solo em função de sua natureza genética e mineralógica (Seibert et al., 2007). Para Cantón et al. (2003) e Samouëlian & Cornu (2008), as relações solo-paisagem permitem a análise destes fatores em conjunto, favorecendo um melhor entendimento dos processos geomórficos e de evolução da paisagem.

Segundo Sommer (2006), essas relações favorecem uma melhor compreensão e entendimento dos solos na paisagem por dois aspectos: a) permitem vislumbrar a variabilidade espaço-temporal dos atributos do solo e b) permitem visualizar os processos dinâmicos, por exemplo, transporte de água, solutos (orgânicos e inorgânicos) e sedimentos. Neste sentido, Gobin et al. (2001) afirmaram que o movimento da água nas paisagens é o principal responsável pelo processo de desenvolvimento do solo, e por isso, a compreensão das formas do relevo é o primeiro passo para se fazer inferências e predições sobre os atributos do solo em diferentes feições da superfície da terra.

Várias pesquisas têm utilizado o conceito desta relação, destacando a sua importância para o entendimento dos múltiplos fatores de variação do comportamento do solo, dentre estas, as desenvolvidas por Lepsch et al. (1977), Uberti & Klamt (1984), Coelho et al. (1994), Vidal-Torrado & Lepsch (1999),

Teramoto et al. (2001), Motta et al. (2002), Cunha et al. (2005) e Campos et al. (2007).

No ambiente amazônico, entretanto, pouquíssimos trabalhos preocuparam-se em estabelecer conexões entre os solos e a expressão da paisagem. Dentre esses estudos, vale destacar o desenvolvido por Lima et al. (2006) que constataram diferenças nos atributos químicos e mineralógicos dos ambientes de várzeas, quando comparados aos de terra firme, na região do Alto Solimões.

Considerando as dimensões da região amazônica e a necessidade de estudos dessa natureza, o objetivo deste trabalho foi estudar as relações solo-paisagem em três seqüências de solos na região do Médio Rio Madeira.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. Localização e caracterização ambiental das áreas estudadas

Foram selecionadas três áreas com presença das fisiografias representativas da região do Médio Rio Madeira, Estado do Amazonas (Figura 1).

A primeira área de estudo localiza-se na Floresta Nacional de Humaitá e apresenta uma área total de 468.790 ha, no município de Humaitá – Amazonas, localizada nas coordenadas geográficas de 7° 30' 22" S e 63° 01'15" W (Figura 2). Esta área caracteriza-se, de forma generalizada, pela presença de dois ambientes distintos: as várzeas, que margeiam os rios de águas barrentas, ricas em material suspenso e sujeitas à inundação sazonal; e as áreas de terra firme, que não sofrem inundação e são formadas a partir de sedimentos Terciários (Rodrigues & Oliveira, 1997).

A segunda área de estudo localiza-se nas imediações da comunidade de Santo Antônio de Matupi, às margens da BR 319 - Transamazônica, Município de Manicoré, sentido Apuí-AM, situada nas coordenadas geográficas de 07° 59' 77,1" S e 061° 39' 51,2" W (Figura 1).

A última área selecionada localiza-se em terras do 54º Batalhão de Infantaria de Selva do Exército, localizado a 5 km da sede do município de Humaitá-AM, estando situada nas coordenadas geográficas de 7° 30' 24" S e 63° 04'56" W (Figura 3). Esta área é caracterizada por unidades de campo, separadas umas das outras por zonas florestadas, ou mesmo por zonas de cerrado, cujos contatos nem sempre são gradativos.

De acordo com Braun & Ramos (1959), as áreas de campos naturais em Humaitá abrangem aproximadamente 629,92 km², em transição com as florestas, e apresentam aspecto fitofisionômico característico, que pode ser resumido na seguinte seqüência: floresta – cerradão – cerrado – campo sujo - campo

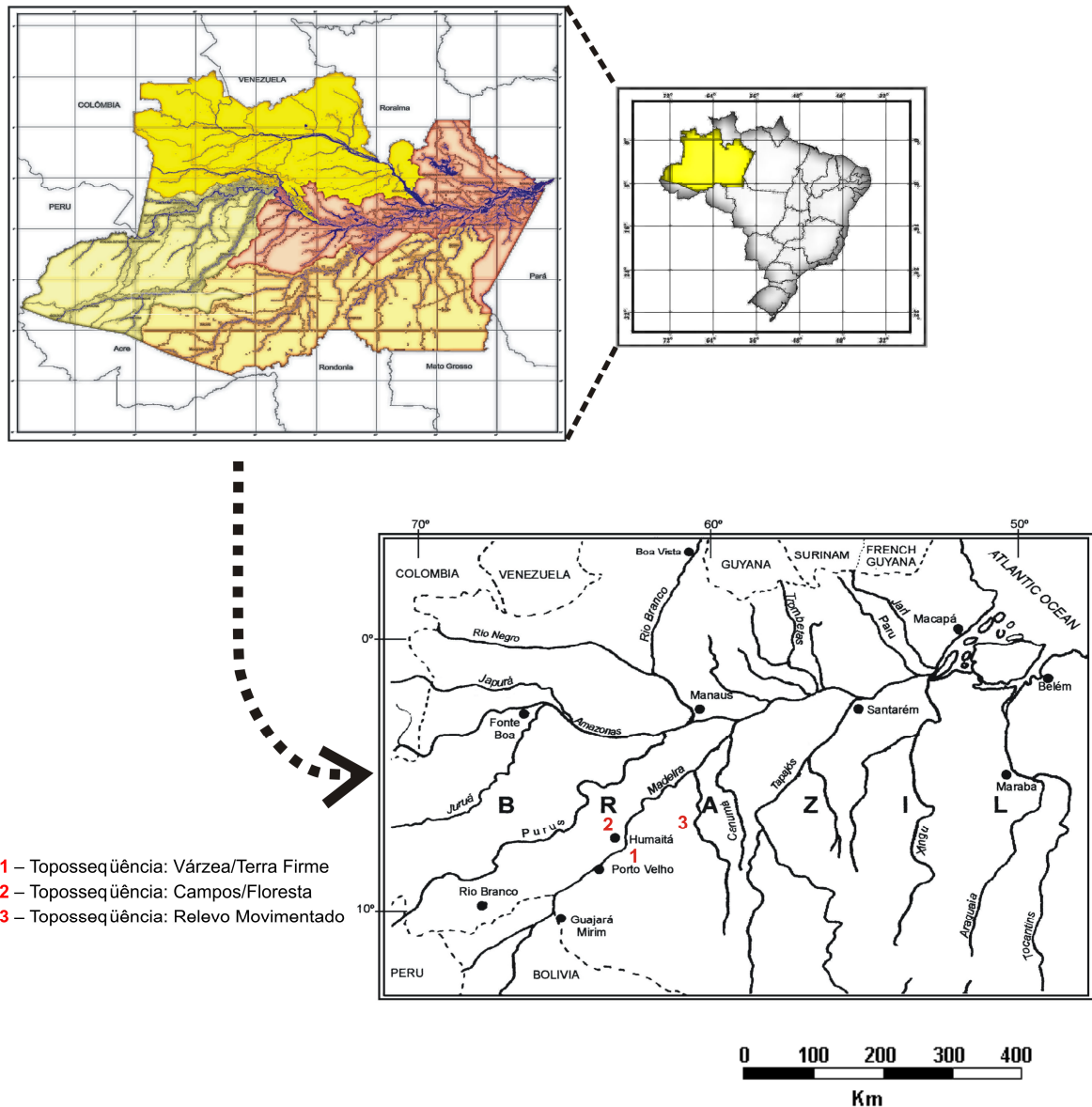


Figura 1. Mapa de localização das áreas estudadas na região do Médio Rio Madeira, Amazonas.

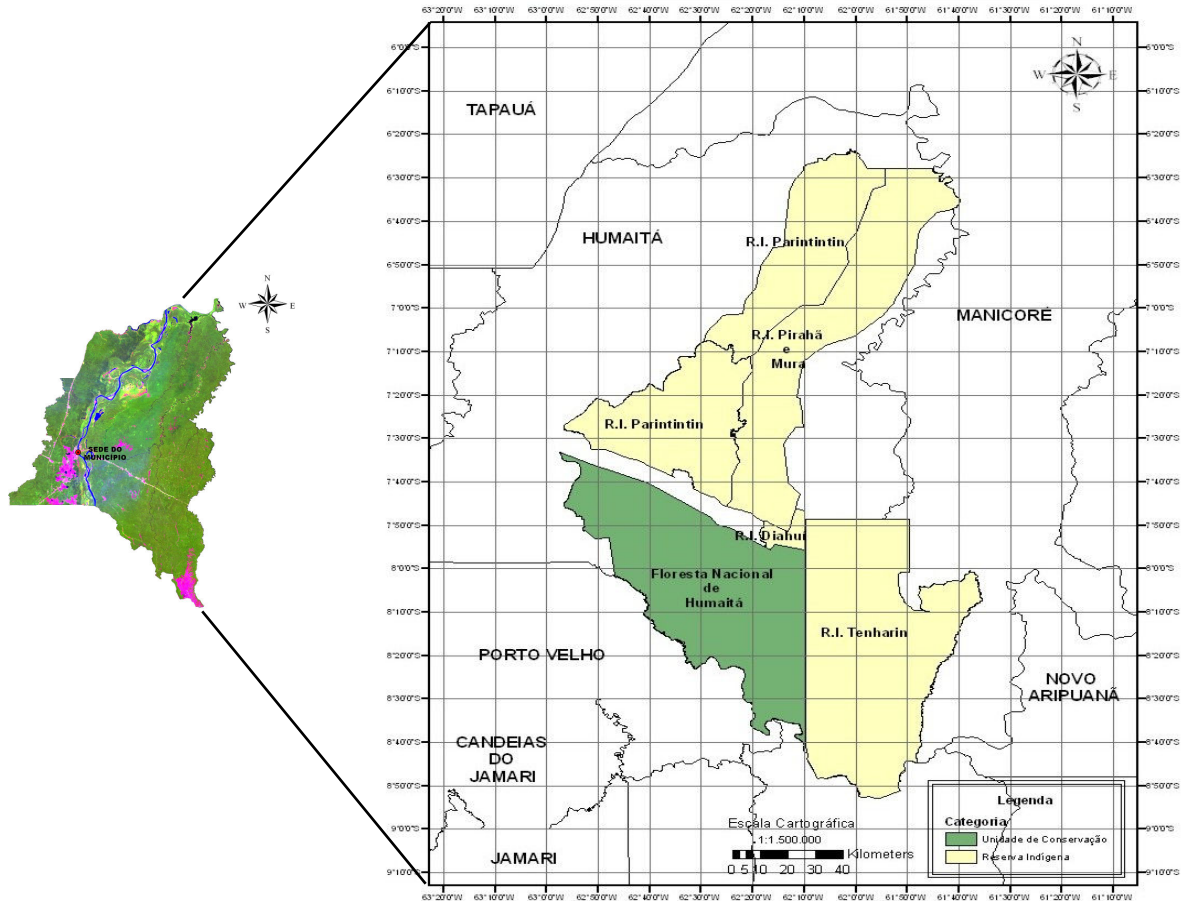


Figura 2. Mapa de localização da topolitosseqüência de transição várzea/terra firme na Floresta Nacional de Humaitá, AM.

De acordo com Brasil (1978), as três áreas estudadas estão situadas na mesma zona climática, segundo Köppen, pertencendo ao grupo A (Clima Tropical Chuvoso) e tipo climático Am (chuvas do tipo monção), apresentando um período seco de pequena duração. A pluviosidade média anual está limitada pelas isoietas de 2.250 e 2.750 mm, com período chuvoso iniciando em outubro e prolongando-se até junho. As temperaturas médias anuais variam entre 25°C e 27°C e a umidade relativa do ar entre 85 e 90%.

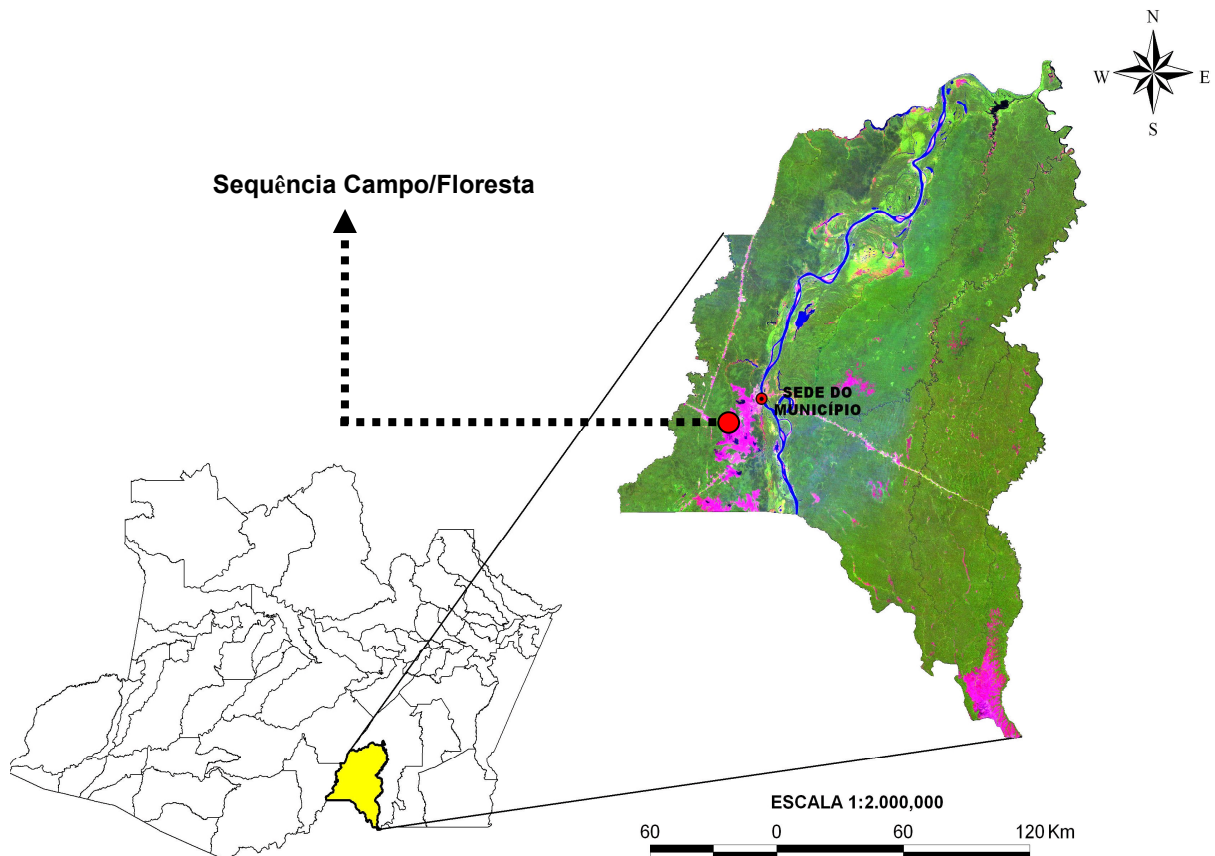


Figura 3. Mapa de localização da topossequência de transição Campos/Floresta na região de Humaitá, AM.

Com relação à geologia, as áreas encontram-se distribuídas da seguinte maneira:

1) A primeira área de estudo ocorre na transição entre os sedimentos aluviais atuais, holocênicos e os sedimentos da Formação Solimões, do Plioceno Médio – Pleistoceno Superior, com materiais provenientes de deposições de ambientes continentais, fluviais e lacustres (Brasil, 1978);

2) A segunda topossequência foi localizada na região dos Granitos Rondonianos que caracteriza-se pela presença de muscovita, biotita, adamelitos e granodioritos, de origem intrusiva cratogênica, em forma de “stocks” e batólitos (Brasil, 1978); e

3) A terceira topossequência foi estabelecida em área formada a partir de aluviões indiferenciados ou antigos, que são cronologicamente oriundos do Holoceno. Os sedimentos desta formação são advindos de dois ciclos de sedimentação: a) bancos arenosos, inferiores, que representam a sedimentação plúvio-fluvial e b) sedimentos argilosos superiores, indicando sedimentação lacustrina.

O relevo da região é variado, estando a primeira topossequência inserida na província geomorfológica de acumulação da Planície Fluvial, que é constituída por uma área aplainada resultante de acumulação fluvial, periódica ou permanentemente alagada, geralmente comportando diques marginais (Brasil, 1978). Parte desta área encontra-se em formas de dissecação de interflúvios tabulares, com relevos de topo aplainado, separados geralmente por vales em “V” e/ou localmente por vales de fundo plano, mapeados com diferentes índices de dissecação (Brasil, 1978).

A segunda área de estudo apresenta configuração do relevo marcada pela presença de platôs nas partes mais elevadas, e por uma parte mais baixa, com cerca de 150 m de desnível entre as duas unidades. As regiões de platôs exibem superfícies topográficas planas, sendo a zona de borda marcada por colinas e cristas alinhadas, localmente escarpadas com desníveis entre 50 e 100 m, enquanto que as áreas de planícies têm como principais características a presença de uma superfície pediplanada, localmente interrompida por colinas de topo plano (CPRM, 2001).

A terceira topossequência, de acordo com Braun & Ramos (1959) tem relevo aproximado ao do tipo “tabuleiro”, com desníveis muito pequenos e, bordos ligeiramente abaulados. Essas terras mais altas constituem os divisores topográficos de água entre os rios da região. O desnível dessas zonas elevadas, relativamente ao vale dos igarapés, é da ordem de 15 a 20 metros, ocorrendo, entretanto, de maneira súbita.

Com relação à vegetação, a primeira e a segunda área estudada apresentam fitofisionomia semelhante com duas principais tipologias vegetais: Floresta Tropical Aberta e Floresta Tropical Densa (Brasil, 1978). A terceira área de estudo, por sua vez, compreende a região de contato Campo/Floresta. A região dos campos compreende as áreas dos “Campos de Puciri – Humaitá”, que inclui várias formações campestres, onde a vegetação que prevalece é a gramíneo-lenhosa baixa, que se alterna com pequenas árvores isoladas e galerias florestais ao longo dos rios (Braun & Ramos, 1959).

De acordo com o Zoneamento Ecológico e Econômico do Sul-Sudeste do Amazonas (2008), os solos variam com as fisiografias onde os mesmos se encontram. Na área localizada na Floresta Nacional de Humaitá, partindo da margem do Rio Madeira, observa-se dois ambientes principais. Nas várzeas ocorrem

os Gleissolos e Neossolos Flúvicos, na terra firme os Latossolos e na transição entre os dois ambientes, os Argissolos.

A área localizada no ambiente fisiográfico formado por campo/floresta apresenta duas principais classes de solos. Os Plintossolos nas áreas de campos naturais e os Latossolos nas áreas de florestas e Argissolos na transição. Na área três, ambiente de relevo ondulado a forte ondulado, ocorrem Argissolos e Nitossolos e nas áreas de relevo suave ondulado, Latossolos.

2.2.2. Levantamento de campo

Nas três áreas foi estabelecido um caminhamento, seguindo o “espigão” da vertente no sentido do caimento mais suave do declive, partindo-se do topo até a área de sopé de deposição. A transeção cortou as diferentes superfícies geomórficas existentes. Essas superfícies geomórficas foram identificadas e delimitadas conforme critérios topográficos, como “quebra” de declives (aumento ou diminuição da declividade) e estratigráficos, como a identificação do material de origem (uso de tradagens profundas), além de observações “in situ” (Ruhe, 1969; Daniels et al. 1971).

Ao longo do caminhamento foram realizadas mensurações das altitudes para a confecção do perfil altimétrico. Com base no modelo de Dalrymple et al. (1968), foram reconhecidos os segmentos da vertente inseridos nas superfícies geomórficas. O reconhecimento baseou-se principalmente na declividade do terreno, direcionado pela transeção escolhida, cuja finalidade foi estabelecer relações entre as unidades de vertente (topo, meia encosta, escarpa, ombro, sopé de transporte e sopé de deposição) e suas correlações com as superfícies geomórficas.

Foram abertas trincheiras nos segmentos de vertente da transeção, inseridos nas superfícies geomórficas mapeadas para caracterização morfológica, física, química e mineralógica. A identificação dos horizontes e a descrição morfológica foram realizadas conforme Santos et al. (2005), com coleta de amostras dos horizontes dos solos. Os solos foram classificados segundo critérios estabelecidos pelo Sistema Brasileiro de Solo (SiBCS) (Embrapa, 2006).

Foram coletadas 20 amostras laterais aos perfis representativos das diversas unidades das toposseqüências. O critério de escolha das profundidades foi a coincidência com os horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais.

Para os solos da seqüência Várzea/Terra Firme, as amostras foram coletadas nas três superfícies geomórficas estabelecidas, conforme a seguinte descrição:

superfície geomórfica I: topo: A - 0,0-0,16 e Bi₁ - 0,48-0,79 m, com 20 amostras; superfície geomórfica II: terço superior: A - 0,0-0,13 e Bi - 0,44-0,70 m e ombro: Ap - 0,0-0,10 e Bi₁ - 0,30-0,55 m, 40 amostras; superfície geomórfica III: sopé de deposição alto: A - 0,0-0,18 e C₁ - 0,51-0,89 m e sopé de deposição baixo: A - 0,0-0,23 e C = 0,58-0,91 m, totalizando 40 amostras.

Na topossequência sob granito, foram coletadas 20 amostras nos diferentes segmentos de vertentes identificados: topo alto: A - 0,0-0,16 e Bw₁ - 0,67-1,20 m; meia encosta: A - 0,0-0,28 e Bt - 0,57-0,82 m; sopé de transporte: A - 0,0-0,18 e Bw₁ - 0,42-0,71 m e topo baixo: A - 0,0-0,22 e Bw₁ - 0,47-0,77 m.

Na área de transição Campos/Floresta, foram coletadas 20 amostras por pedoambientes: campo alto: A - 0,0-0,14 e Bi - 0,30-0,66 m; campo baixo: A - 0,0-0,15 e Cg₁ - 0,27-0,80 m; zona de ecótono: A - 0,0-0,15 e Bi - 0,32- 0,50 m; floresta: A₁ - 0,0-0,15 e Bt₁ - 0,67-0,100 m totalizando 80 amostras.

2.2.3. Análises físicas e químicas dos solos

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta, utilizando uma solução de NaOH 0,1 N como dispersante químico e agitação mecânica em aparato de alta rotação por 10 minutos, seguindo método descrito pela Embrapa (1997). A fração argila foi separada por sedimentação, as areias grossa e fina por tamisação e o silte calculado por diferença. Foi determinada a argila dispersa em água e em seguida foi feito o cálculo do grau de flocculação, segundo Embrapa (1997).

A densidade do solo foi obtida pelo método do anel volumétrico e a densidade de partícula pelo método do balão volumétrico, conforme Embrapa (1997). A porosidade total foi calculada a partir dos dados obtidos das densidades do solo e das partículas, empregando-se a seguinte expressão: $Pt = 100(1 - D_s/D_p)$.

A condutividade hidráulica saturada dos solos foi determinada em amostras deformadas (TFSA), utilizando-se cilindro plástico com 23 cm de altura e 2,5 cm de diâmetro, com permeâmetro de carga constante. A condutividade hidráulica foi calculada conforme a lei de Darcy e expressa em cm h^{-1} .

Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram extraídos por KCl 1 mol L⁻¹; o potássio, sódio e fósforo disponível, foram extraídos por *Mehlich-1*; a acidez potencial (H+Al) foi extraído com solução de acetato de cálcio tamponada a pH 7,0 (Embrapa, 1997). Com base nos resultados das análises químicas, foram calculadas as somas de bases (SB), a capacidade de troca catiônica (CTC), e a saturação por bases (V%) e alumínio (m%).

O pH foi determinado potenciometricamente utilizando-se relação 1:2,5 de solo:solução, em água e KCl (Embrapa, 1997). O carbono total foi determinado pelo método de *Walkley-Black*, modificado por Yeomans & Bremner (1988). A matéria orgânica por sua vez, foi estimada com base no carbono orgânico.

2.2.4. Óxidos do ataque sulfúrico e formas cristalinas e amorfas

Na terra fina seca ao ar (TFSA) foram determinados os óxidos do ataque sulfúrico (Al_2O_3 e Fe_2O_3) foram determinados após digestão com H_2SO_4 1:1, seguido de dissolução alcalina para SiO_2 , segundo método descrito por Embrapa (1979).

As formas de ferro (Fe_d), alumínio (Al_d) e Silício (Si_d) foram extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB), segundo método de Mehra & Jackson (1960). Para extração dos óxidos mal cristalizados de ferro (Fe_o), alumínio (Al_o) e silício (Si_o) foi utilizado o oxalato de amônio, segundo a metodologia de Camargo et al. (1986).

2.2.5. Análises Mineralógicas

2.2.5.1. Fração Argila

Obtenção da argila

A separação das frações areia (2,0 - 0,05 mm), silte (0,05 - 0,002 mm) e argila (<0,002 mm) foi realizada por meio de tratamentos físicos e químicos. Para tanto, foram usados 50 g de terra fina seca ao ar (TFSA), que foram colocadas em contato com água e 4 g L^{-1} de hidróxido de sódio e submetida à agitação rápida. Após essa etapa, passou-se o material em peneira de malha de 0,05 mm, retraindo a fração areia. As frações silte e argila foram separadas por sedimentação, segundo a lei de Stokes. A fração argila obtida foi seca em estufa a temperaturas inferiores a 60°C.

Remoção de Óxidos e da Matéria Orgânica

Foi realizado a "limpeza" do material visando eliminar a matéria orgânica e os óxidos de ferro com vistas a melhorar as análises por difratogramas de raios-X (DRX). Esses tratamentos prévios foram executados submetendo-se a fração argila à ação da água oxigenada e ditionito-citrato-bicarbonato, para remoção dos revestimentos orgânicos ou oxiferruginosos, respectivamente.

Preparo e leitura das amostras

Após a remoção dos óxidos e matéria orgânica as amostras foram secas em estufas a 60° C e em seguida, trituradas. Foram inicialmente realizadas as análises de raios-X pelo método do pó em difratômetro Shimadzu provido de monocromador de grafite e ânodo de cobre, sendo o tubo de raios X operado com tensão de 40 kv e corrente de 20 mA, analisadas entre 3 a 70 °2θ em uma velocidade de registro de 3° 2θ min⁻¹.

Para a análise de agregados orientados, foram tomadas amostras da fração argila e sem seguida saturadas com K⁺ e Mg²⁺, sendo as primeiras tratadas com K⁺ a 25 °C (K25) e aquecidas durante 3 horas a 550 °C (K550). Para a saturação com magnésio, foram realizados tratamentos com Mg²⁺ apenas e Mg²⁺ mais solvatação em glicerol (Mg-G). Após estas etapas, foram preparadas lâminas de vidro na forma de agregados orientados no caso das argilas saturadas com Mg²⁺ e K⁺ (Jackson, 1969). Para as amostras saturadas com KCl (temperatura ambiente e aquecidas a 550 °C) e saturadas com MgCl₂ com posterior solvatação com glicerol, a amplitude de varredura foi de 3 a 35° (2θ) e uma velocidade de registro de 2° 2θ min⁻¹.

2.2.5.2. Frações Silte e Areia

Após serem sepradas, as frações silte e areia foram levadas ao raio-X para análise pelo método do pó (não orientadas). A amplitude de varredura foi de 5 a 70° (2θ) e uma velocidade de registro de 3° 2θ min⁻¹ para areia e silte.

2.2.5.3. Análise estatística dos dados

Inicialmente o conjunto de dados dos diversos ambientes (superfícies geomórficas, segmentos de vertentes e pedoambientes) foram submetidos as premissas da análise de variância (normalidade, homocedase e aditividade) utilizado-se o programa estatístico Statitica 7.0 (Statitica, 2005).

Após esta etapa foram realizadas análises de variância univariada (ANAVA) e os resultados foram comparados pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

2.2.5.3.1. Análise Estatística Multivariada

A análise de variância multivariada (MANAVA) foi utilizada para comparar os diversos ambientes estudados. Para isso, assumiu-se que os grupos possuem a mesma matriz de covariância. A hipótese testada foi que houve efeito significativo entre os ambientes sobre o conjunto de atributos observados.

Com o objetivo de avaliar a ação conjunta dos atributos físicos (areia, silte, argila, densidade do solo e partícula, porosidade total e condutividade hidráulica do solo saturado) e químicos (pH em água e KCl, P, C, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+} e H^+ + Al^{3+} , matéria orgânica) na discriminação dos ambientes estudados, foram efetuadas análises estatísticas multivariadas de agrupamentos e de componente principais, sendo utilizado o programa estatístico Statistica 7.0 (Statistica, 2005).

Análise de Agrupamento

A estratégia de agrupamento utilizada foi a ligação simples (single linkage), que possibilitará a obtenção de agrupamentos seqüenciais, aglomerativos, hierárquicos e não superpostos expressando os resultados através de gráficos de esquemas hierárquicos ou dendogramas.

O coeficiente de semelhança utilizado para a análise de agrupamentos (possibilitando a elaboração dos dendogramas) foi a distância de ligação média entre os ambientes estudados.

Análise de componentes principais (PCA)

A análise PCA foi utilizada com o intuito de sumarizar os valores obtidos dos atributos físicos e químicos dos diversos ambientes. Assim, a maior parte da variância dos dados foi atribuída ao 1º e 2º componente principal (PC), porém o critério utilizado na escolha dos componentes principais a serem interpretados foi o percentual da variância explicada.

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1. Relações solo-superfície geomórfica na topossequência Várzea/Terra Firme na Floresta Nacional de Humaitá, AM

2.3.1.1. Classificação e distribuição dos solos na paisagem

Utilizando-se dos conceitos preconizados por Ruhe (1969) e Daniels et al. (1971), foram localizadas e mapeadas três superfícies geomórficas (I, II e III), conforme Figura 4.

A superfície geomórfica I compreende a área plana no interflúvio da paisagem e tem maior altitude regional (70 a 71 m). Por apresentar maior altitude e menor inclinação, supõe-se que seja de caráter deposicional. A superfície geomórfica II (69 a 45 m) corresponde a um plano inclinado a partir da borda da primeira superfície e, possivelmente foi originada a partir de processos erosionais. A superfície geomórfica III, por sua vez, se inicia na borda da superfície geomórfica II, e caracteriza-se por variações mais acentuadas de declividade que as anteriores, tendo uma encosta rejuvenescida, de caráter deposicional, com altitudes variando entre 44 e 42 m, sendo representada apenas pelo segmento deposicional (aluvial) holocênico (Figura 4). De acordo com Phillips (2004), as superfícies geomórficas mais velhas são mais estáveis e normalmente são encontradas nos divisores de água, sendo dessa forma ambientes deposicionais, enquanto que as superfícies mais jovens ocorrem em áreas de pedimentos, são mais variáveis e constituem ambientes erosionais.

A superfície geomórfica I é constituída pelo topo: área mais elevada e plana na paisagem; a superfície geomórfica II é constituída pelo terço superior da encosta e ombro, com altitudes variando entre 45 e 69 m. A superfície geomórfica III possui cotas de altitudes variando entre 44 e 42 metros, é formada pelo sopé de deposição alto e sopé de deposição baixo (Figura 4).

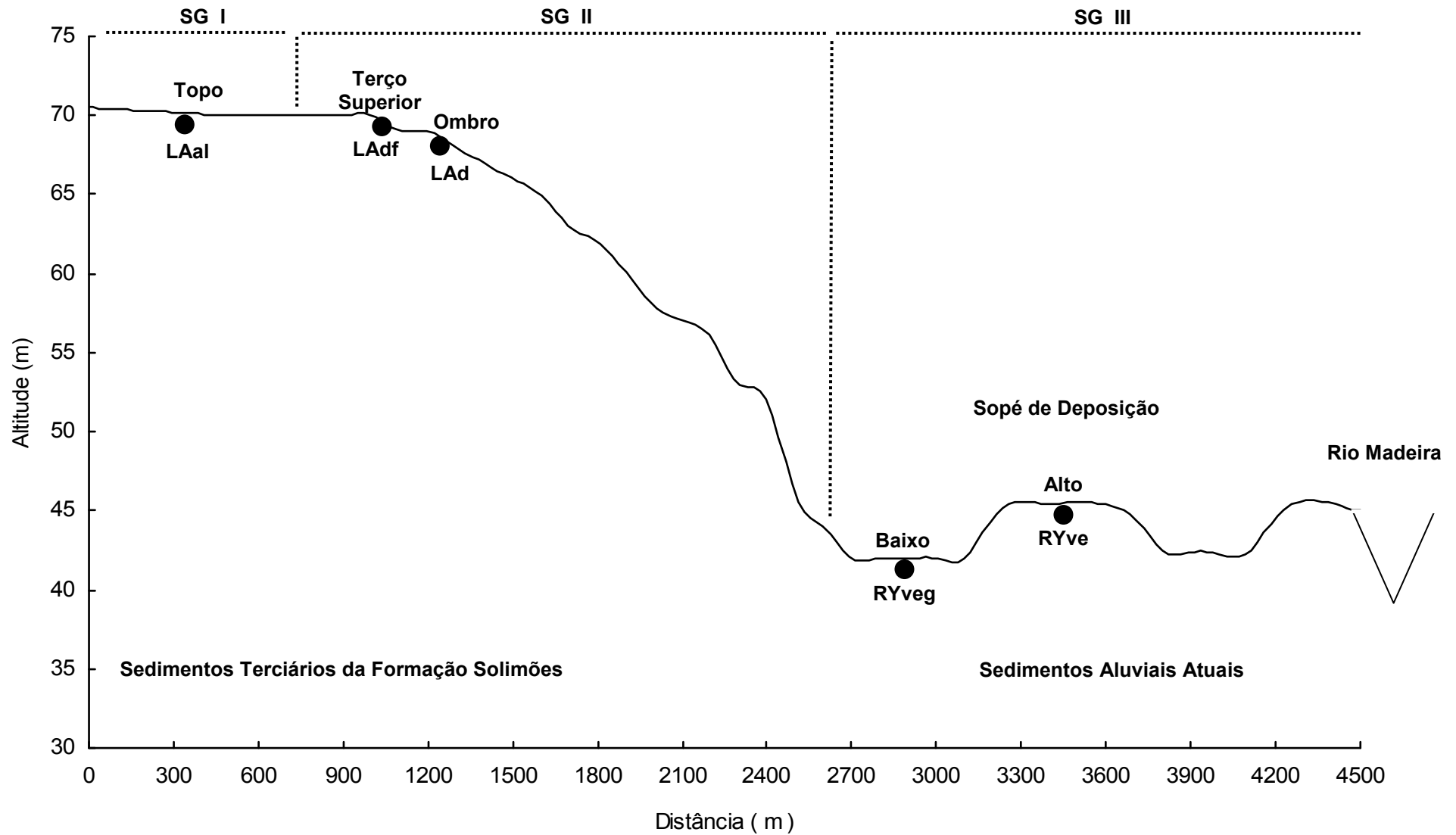


Figura 4. Perfil topográfico, superfícies geomórficas, segmentos de vertente e suas respectivas classes de solos, em uma transição Várzea/Terra Firme na Floresta Nacional de Humaitá, Humaitá, AM. SG I; SG II; SG III = Superfícies Geomórficas I, II, III.

Em relação à taxonomia dos solos verificou-se que o solo do topo, SG I, apresentou argila de atividade alta ($< 17 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e presença de esmectitas na fração argila. De forma que considerando estas duas informações este solo seria classificado como Cambissolo. Entretanto devido às condições ambientais favoráveis ao intemperismo, o mesmo foi classificado como Latossolo Amarelo Alítico típico, neste caso considerou-se uma possível formação de esmectitas com hidróxi-Al entrecamadas (EHE). Segundo Kampf & Curi (2003) em ambientes com presença de intemperismo ativo para liberação de Al^{3+} , acidez em torno de 5,0, baixo teor de matéria orgânica e umedecimento e secagem freqüentes, os EHE são formados. Além disso, sugere-se a inclusão do caráter Alítico no terceiro nível categórico do SiBCS (Embrapa, 2006) para contemplar este grupo de solos muito representativo na Amazônia.

Analisando a seqüência de ocorrência dos solos na paisagem, verificou-se que na superfície geomórfica I ocorre presença de Latossolo Amarelo Alítico típico (LAal), a superfície geomórfica II é dominada pelo Latossolo Amarelo plítico (LAdf) e Latossolo Amarelo Ditrófico argissólico (LAdt), chegando-se a superfície geomórfica III com presença de Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico (NYve) e Neossolo Flúvico Ta Eutrófico gleissólico, ou seja, solos mais intemperizados na superfície geomórfica I, seguindo-se solos com grau de evolução menor na superfície geomórfica II e solos mais jovens na superfície geomórfica III, concordando com Daniels et al. (1971), que afirmam que a idade do solo deve ser considerada a mesma da respectiva superfície geomórfica. Trabalhos de natureza semelhante foram desenvolvidos por Lepsch et al. (1977), Coelho et al. (1994), Marques Júnior & Lepsch (2000), Teramoto et al. (2001), Motta et al. (2002), Cunha et al. (2005) e Campos et al. (2007) que, utilizando-se do conceito de superfície geomórfica estabeleceram relações cronológicas entre os solos e as respectivas superfícies onde eles ocorrem.

A superfície geomórfica III apresentou Neossolo Flúvico Ta Eutrófico gleissólico, no sopé de deposição baixo, enquanto que no sopé de deposição alto verificou-se presença de Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico, ambos desenvolvidos a partir de sedimentos holocênicos depositado ao longo das enchentes sazonais do rio. Apesar da posição rebaixada e sujeita à inundação, os solos não apresentaram lençol freático alto, nem gleização forte, sendo classificados como Neossolos Flúvicos. Por outro lado apresentaram alta atividade de argila ($\geq 27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), sendo então classificados como Ta eutróficos, devido apresentar saturação por

bases maior que 50 %. A alta saturação por bases se deve, principalmente, à origem andina e sub-andina dos sedimentos (Lima, 2001).

2.3.1.2. Atributos Morfológicos do Solo

O Latossolo Amarelo Alítico típico (LAal) que ocupa a superfície geomórfica I, apresenta seqüência de horizontes A-AB- BA-Bw₁-Bw₂-Bw₃-Bw₄, muito profundo e acentuadamente drenado. Apresentou cores mais escuras nos horizontes superficiais (A e AB) influenciadas pelos teores de matéria orgânica, diminuindo com o aumento da profundidade, onde dominam cores amareladas, com matiz 10YR para todos os horizontes, exceto para o Bi₄ que apresentou cores mais avermelhadas, com matiz 5YR (Tabela 1).

Na superfície geomórfica II, segmento do terço superior, o Latossolo Amarelo Distrófico plântico, com seqüência de horizontes: A-AB-BA-Bw-Bwf₁-Bwf₂-Bwf₃. Neste solo foi observada a presença de horizonte plântico, em decorrência da oscilação do lençol freático em algum período, favorecido pela morfologia do terreno. Em relação à cor verificaram-se presença de cores acinzentadas nos horizontes superficiais (A e AB), cores bruno-forte e amarelo-avermelhadas em profundidade. A partir de 70 cm ocorrem mosquedos abundantes de cor vermelha, caracterizando o caráter plântico, que corresponde aos horizontes Bwf₁, Bwf₂ e Bwf₃ (Tabela 1).

Ainda na superfície geomórfica II, no ombro da vertente, foi descrito o Latossolo Amarelo Distrófico argissólico. Este solo exibiu boa drenagem, com seqüência de horizontes: Ap-BA-Bw₁-Bw₂-Bw₃-BC. Neste perfil foi encontrado uma linha de seixos no início do horizonte BC, com profundidade de 136 cm, sugerindo natureza alóctone do material depositado acima. Além disso, este solo apresentou coloração bruno-forte ao longo de todo o perfil, com matiz de 7,5 YR, com modificações apenas no valor e croma (Tabela 1).

Tabela 1. Características morfológicas dos solos na topolitossequência na Floresta Nacional de Humaitá, AM

Segmento de Vertente	Horizonte	Profundidade (cm)	Cor Munsell (úmida)		Textura	² Estrutura	³ Consistência (seco, úmido, molhado)	⁴ Transição
			Matriz	¹ Mosqueado				
Superfície Geomórfica I – Latossolo Amarelo Alítico típico, textura argilosa, A moderado								
Topo	A	0-16	10YR 4/3	-	franco argilosa	fo., méd. a gr. gran.	mac., mfri, lig.plás. lig.peg.	gra. e pla.
	AB	16-30	10YR 4/3	-	franco argilosa	fo., méd. a gr. gran.	mac., fri., plás, peg.	gra. e pla.
	BA	30-48	10YR 4/6	-	franco argilosa	mod. peq. a méd. bl. sub.	lig.dr., fri., plás, peg.	cla. e pla.
	Bw ₁	48-79	10YR 5/6	-	franco argilosa	mod. peq. a méd. bl. sub.	lig.dr., fri., plás, peg.	cla. e pla.
	Bw ₂	79-115	10YR 6/8	-	franco argilosa	mod. peq. a méd. bl. sub. e gran.	lig.dr., fri., mplás, mpeg.	cla. e pla.
	Bw ₃	115-149	10YR 5/8	-	argila	mod. peq. a méd. bl. sub. e gran.	lig.dr., fri., mplás, mpeg.	cla. e pla.
	Bw ₄	149-180 +	5YR 5/8	-	argila	mod. peq. a méd. bl. sub. e gran.	dr., fri., mplás, mpeg.	-
Superfície Geomórfica II – Latossolo Amarelo Distrófico plíntico, textura muito argilosa, A moderado								
Terço Superior	A	0 -13	10YR 4/2		argila	mod. méd. a gr. gran.	mac., mfri, lig.plás. lig.peg.	cla. e pla.
	AB	13-30	10YR 5/3		argila	mod. méd. a gr. gran.	lig.dr., mfri., lig.plás, lig.peg.	gra. e pla.
	BA	30-44	10YR 5/8		argila	mod. peq. a méd. bl. sub.	lig.dr., mfri., lig.plás, lig.peg.	abr. e pla.
	Bw	44-70	7,5YR 5/8	5 YR 4/6, po. peq. dis.	muito argilosa	mod. peq. a méd. bl. sub.	lig.dr., fri., lig.plás, lig.peg.	abr. e pla.
	Bwf ₁	70-96	7,5YR 6/8	2,5 YR, ab. méd. E dis.	muito argilosa	fr. peq. a méd. bl. sub.	mdr., fri., plás., peg.	cla. e pla.
	Bwf ₂	96-124	7,5YR 6/8	2,5 YR 5/8, ab. gr. E pro.	muito argilosa	fr. peq. a méd. bl. sub.	ext.dr., fri., lig.plás., peg.	abr. e pla.
	Bwf ₃	124-190	7,5YR 6/8	2,5 YR 4/8, ab. gr. E pro.	muito argilosa	fr. méd. bl. sub.	ext.dr., mfr., lig.plás., peg.	-

Tabela 1. Características morfológicas dos solos na toplotossequência na Floresta Nacional de Humaitá, AM (CONTINUAÇÃO)

Superfície Geomórfica – II – Latossolo Amarelo Distrófico argissólico, textura média/argilosa, A moderado								
	Ap	0 -10	7,5YR 5/6		franco-argilo-arenosa	mod. peq. gran.	lig.dr., mfri., nplás, npeg.	gra. e ond.
	BA	10-30	7,5YR 5/6		franco-argilo-arenosa	fr. peq. bl. sub.	lig.dr., fri., lig.plás, lig.peg.	cla. e pla.
Ombro	Bw ₁	30-55	7,5YR 5/6		argila	mod. peq. a méd. bl. sub. e ang.	dr., fri., plás, peg.	cla. e pla.
	Bw ₂	55-94	7,5YR 5/8		argila	mod. peq. bl. ang. a bl. sub.	lig.dr., fri., lig.plás., peg.	gra. e ond.
	Bw ₃	94-136	7,5YR 5/8		franco-argilo-arenosa	fr. méd. bl. ang. a sub	mac., fri, lig.plás. lig.peg.	gra. e pla.
	2BC	136 +	7,5YR 5/6		franco arenosa	fr. méd. bl. sub	mac., fri, lig.plás. lig.peg.	-
Superfície Geomórfica – III- Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico, textura siltosa/argilosa, A moderado								
	A	0 -18	5YR 4/2	-	franco-argilo-siltosa	fr. peq. a méd. gran.	mdr., fri., plás., lig.peg.	gra. e pla.
	AC	18-51	7,5YR 6/3	5YR 5/8, po. méd. dif.	franco-argilo-siltosa	fr. méd. prism.	lig.dr., mfri., lig.plás., lig.peg.	gra. e pla.
Sopé Alto	C ₁	51-89	10YR 5/3	7,5YR 5/6 po. méd. dif.	franco-argilo-siltosa	fr. méd. bl. sub.	lig.dr., mfri., lig.plás., lig.peg.	gra. e pla.
	C ₂	89-120	10YR 5/3	7,5YR 5/6 ab. méd. pro.	argilo-siltosa	fr. méd. bl. ang. e sub.	lig.dr., fir., mplás., mpeg.	gra. e ond.
	C ₃	120-150	10YR 5/3	10YR 5/8 ab. méd. pro.	argilo-siltosa	mod. gr. prism.	mdr., mfir., mplás., mpeg.	gra. e ond.
	C ₄	150-200	10YR 6/4	10YR 5/8 ab. méd. pro.	argilo-siltosa	fr. gr. prism.	mac., fir., lig.plás., lig.peg.	gra. e pla.

Tabela 1. Características morfológicas dos solos na toplotossequência na Floresta Nacional de Humaitá, AM (CONTINUAÇÃO)

Superfície Geomórfica – III- Neossolo Flúvico Ta Eutrófico gleissólico, textura argilosa, A moderado								
	A	0 -23	10YR 4/2	5YR 5/8, po. peq. dis.	argilo-siltosa	fr. peq. a méd. gran.	dr., fir., plás., lig.peg.	dif. e pla.
	AC	23-58	10YR 4/3	5YR 5/6, ab. méd. dis.	argilo-siltosa	fr. méd. bl. ang.	lig.dr., fir., lig.plás., lig.peg.	cla. e pla.
Sopé Baixo	C	58-91	7,5YR 5/3	5YR 5/8, ab. gr. dis.	argilo-siltosa	mod. gr. bl. ang.	ext.dr., ext.fir., plás., peg.	cla. e pla.
	Cg ₁	91-123	10YR 7/1	7,5YR 5/6 ab. gr. pro.	argilo-siltosa	mod. gr. bl. ang.	ext.dr., ext.fir., plás., peg.	gra. e pla.
	Cg ₂	123-165	7,5YR 6/3	5YR 5/8, ab. gr. pro.	argilo-siltosa	mo. gr. bl. ang. a bl. sub	ext.dr., ext.fir., plás., peg.	gra. e pla.
	Cg ₃	165 +	10YR 4/3	2,5YR 5/8, ab. gr. pro	argilo-siltosa	mo. gr. bl. ang.	ext.dr., ext.fir., plás., peg.	-

¹ po.: pouco; co.: comum; ab.: abundante; dif.:difuso, dis.: distinto; pro.: proeminente.

² fr.: fraca, mod.: moderada; fo.:forte; peq.: pequena, méd.: média; gr.: grande; mgr.: muito grande; gran.: granular; bl. ang.: blocos angulares; bl. sub.: blocos subangulares, prism.:prismática.

³ so.: solto; mac.: macio; lig.dr.: ligeiramente duro; dr.: duro; mdr.: muito duro; ext.dr.: extremamente duro; mfri.: muito friável; fri.: friável; fir.: firme; mfir.: muito firme; ext.fir.: extremamente firme; nplás.: não plástico; lig.plás.: ligeiramente plástico; plás.: plástico; mplás.: muito plástico; npeg.: não pegajoso; lig.peg.: ligeiramente pegajoso; peg.: pegajoso; mpeg.:muito pegajoso.

⁴ cla.: clara; pla.: plana; gra.:gradual; ond.: ondulada; dif.: difusa; abr.:abrupta.

Na superfície geomórfica III foram descritos o Neossolo Flúvico Ta Eutrófico gleissólico, no sopé de deposição baixo e o Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico no sopé de deposição alto. Estes dois solos apresentaram seqüências de horizontes semelhantes, sendo A-AC-C-C_{g1}-C_{g2}-C_{g3} no sopé baixo e A-AC-C₁-C₂-C₃-C₄, no sopé alto. Nestes ambientes constatou-se presença de mosqueados a partir do horizonte superficial, no sopé baixo, e a partir do AC, no sopé alto. A presença de mosqueados deve-se à baixa permeabilidade e ao período de inundação. A condição de rebaixamento do sopé de deposição baixo, que sofre inundação mais prolongada, favorece o desenvolvimento de uma camada gleizada (Cg) a partir de 90 cm de profundidade (Tabela 1).

De forma geral, todos os solos apresentaram maiores proporções das frações mais finas (argila e silte), e apenas o horizonte A do LAdt, do ombro da paisagem, exibiu valores mais elevados da fração areia. Considerando os solos por ambientes geomórficos, observou-se que o LAal textura argilosa no topo da paisagem, o LAdf do terço superior e LAd do ombro exibiram textura muito argilosa e argilosa respectivamente, enquanto na área de sopé de deposição verifica-se textura argilo-siltosa para os dois Neossolos Flúvicos estudados. Os acentuados conteúdos de silte dos Neossolos são devidos às contribuições trazidas pela água do rio (Lima et al. 2006).

A estrutura variou em função do tipo de solo e do ambiente geomórfico, o LAal da superfície geomórfica I apresentou estrutura de granular a blocos angulares e subangulares pequena a média e com grau moderado de desenvolvimento (Tabela 1), possivelmente favorecida pela estabilidade do ambiente, que propicia a concentração de matéria orgânica, condicionando assim maior agregação e estabilidade da estrutura do solo.

No terço superior, superfície geomórfica II, o LAdf apresentou estrutura granular e em blocos subangulares, com grau de desenvolvimento moderado, enquanto no ombro da vertente, o LAd exibiu estrutura predominante em blocos angulares e subangulares, com grau de desenvolvimento variando entre fraco a moderado (Tabela 1). Para os solos da superfície geomórfica III foi observado grau de desenvolvimento da estrutura variando também entre fraco a moderado, com estrutura variando de blocos angulares e subangulares a prismática, indicativo da maior variabilidade deste ambiente (Tabela 1). Vale salientar que, neste último ambiente, apesar de também ser formado por uma área aluvial, ou seja, ambiente de deposição, as inundações periódicas possivelmente interferem na formação e

estabilização dos agregados, já que os agentes cimentantes e ligantes (sílica coloidal e sesquióxidos de Fe e Al) são constantemente removidos pela ação da água (Lima et al., 2005).

De acordo com Silva et al. (2001), a drenagem dos solos, condicionada pela posição topográfica, tem forte relação com o tipo de estrutura, pois solos moderadamente a bem drenados tendem a apresentar estrutura granular ou em blocos angulares e subangulares, enquanto que solos mal a imperfeitamente drenados tendem a exibir estrutura padrão em prismas poligonais.

2.3.1.3. Atributos Físicos do Solo

Observou-se que os teores de argila e silte tendem a aumentar no sentido das superfícies geomórficas antigas para as mais rejuvenescidas, ou seja, da superfície geomórfica I para a III (Tabela 2). Em sentido oposto logicamente aos teores de areia total, fato que reflete a natureza sedimentar recente, pois os solos destes ambientes geomórficos guardam estreita relação com o material de origem, sedimentos provenientes das regiões Andina e Subandina, transportados pelos rios e depositados na planície aluvial (Lima, 2001).

Além disso, Uberti & Klamt (1984), estudando as relações solos-superfícies geomórficas na encosta inferior do Nordeste do Rio Grande do Sul, afirmaram que a declividade do terreno pode influenciar grandemente na composição granulométrica do solo, pois a ação dos processos de transporte é favorecida pela declividade, em detrimento do intemperismo.

Vale ressaltar também que, excetuando-se o LAd que ocorre no ombro da vertente, superfície geomórfica II, todos os demais solos apresentaram elevados teores de areia fina. Entretanto, nos ambientes de sopé de deposição os teores de areia grossa são ainda menores, resultados que evidenciam a baixa capacidade da água em transportar sedimentos mais grosseiros até a planície de deposição, uma vez que sedimentos arenosos, areia médias e finas são transportados da nascente e são depositados às margens ao longo do percurso do rio (Lima, 2001).

Tabela 2. Caracterização física dos solos na toplotossequência na Floresta Nacional de Humaitá, AM

¹ S V	Horiz.	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural	G. F.	S/A	Ds	Dp	Pt	CHSS
		cm	g kg ⁻¹			%			kg dm ⁻³		m ³ m ⁻³	cm h ⁻¹	
Superfície Geomórfica I – Latossolo Amarelo Alítico típico, textura argilosa, A moderado													
Topo	A	0-16	21,3	285,3	240,1	453,3	52,3	86,72	0,53	0,91	2,60	0,65	2,12
	AB	16-30	16,4	282,5	231,5	469,6	10,8	97,27	0,49	1,13	2,53	0,55	1,00
	BA	30-48	16,6	250,0	251,1	482,3	2,0	99,47	0,52	1,30	2,50	0,48	1,21
	Bw ₁	48-79	10,1	236,7	250,1	503,1	2,0	99,50	0,50	1,47	2,70	0,46	0,33
	Bw ₂	79-115	14,6	183,4	230,4	571,6	0,5	99,88	0,40	1,37	2,67	0,49	0,56
	Bw ₃	115-149	10,3	186,1	290,4	513,1	0,2	99,96	0,57	1,37	2,70	0,49	3,26
	Bw ₄	149-180	9,0	152,6	311,5	526,9	2,4	99,47	0,59	1,37	2,70	0,49	1,40
Superfície Geomórfica II – Latossolo Amarelo Distrófico plíntico, textura muito argilosa, A moderado													
Terço Superior	A	0-13	14,2	170,1	313,9	501,7	23,0	95,42	0,63	1,03	2,44	0,58	1,02
	AB	13-30	32,8	121,2	343,8	502,0	46,6	90,70	0,69	1,07	2,53	0,58	0,28
	BA	30-44	14,5	130,6	304,8	550,0	22,7	95,86	0,55	1,07	2,74	0,61	0,00
	Bw	44-70	22,6	144,4	218,6	614,3	0,1	99,99	0,36	1,48	2,70	0,45	0,00
	Bwf ₁	70-96	21,2	97,5	262,2	618,9	1,9	99,68	0,42	1,43	2,63	0,46	0,13
	Bwf ₂	96-124	24,3	84,1	270,3	621,2	7,4	98,81	0,44	1,45	2,56	0,43	0,00
	Bwf ₃	124-190	40,7	139,1	192,6	627,5	9,6	98,46	0,31	1,47	2,67	0,45	0,00
Superfície Geomórfica – II – Latossolo Amarelo Distrófico argissólico, textura média/argilosa, A moderado													
Ombro	Ap	0-10	258,3	280,8	195,8	265,0	42,8	83,83	0,74	1,06	2,56	0,59	1,26
	BA	10-30	233,8	250,1	183,8	332,2	72,0	78,30	0,55	1,31	2,50	0,48	0,00
	Bw ₁	30-55	233,2	205,7	105,5	455,5	119,4	73,77	0,23	1,35	2,70	0,50	0,00
	Bw ₂	55-94	200,4	207,5	150,8	441,2	10,6	97,58	0,34	1,49	2,70	0,45	0,16
	Bw ₃	94-136	260,7	216,9	157,4	364,9	8,2	97,75	0,43	1,56	2,67	0,41	1,24
	2BC	136+	414,6	280,6	140,9	163,8	10,1	93,80	0,86	1,61	2,67	0,39	3,62
Superfície Geomórfica – III- Neossolo FlúvicoTa Eutrófico típico, textura siltosa/argilosa, A moderado													
Sopé Alto	A	0-18	1,4	3,5	626,3	368,7	120,4	67,34	1,75	1,06	2,50	0,58	0,00
	AC	18-51	1,5	3,0	658,1	337,3	57,8	82,84	1,95	1,24	2,78	0,56	0,15
	C ₁	51-89	3,1	3,8	653,9	339,1	14,3	95,77	1,93	1,19	2,78	0,57	0,24
	C ₂	89-120	2,2	12,0	500,3	485,4	18,9	96,10	1,03	1,45	2,67	0,46	0,10
	C ₃	120-150	4,3	13,5	506,0	476,1	19,6	96,13	1,06	1,28	2,63	0,51	0,00
	C ₄	150-200	6,7	24,3	501,8	467,1	10,7	97,70	1,07	1,40	2,78	0,50	0,34

Tabela 2. Caracterização física dos solos na toplotossequência na Floresta Nacional de Humaitá, AM (CONTINUAÇÃO)

Superfície Geomórfica – III – Neossolo Flúvico Ta Eutrófico gleissólico, textura argilosa, A moderado													
	A	0 -23	0,9	1,6	463,9	533,5	124,5	74,76	0,87	1,02	2,82	0,64	0,00
	AC	23-58	0,6	1,0	468,9	529,4	51,0	90,18	0,89	1,03	2,82	0,63	0,13
Sopé	C	58-91	1,6	4,8	446,6	546,9	27,8	95,34	0,82	1,18	2,86	0,59	0,00
Baixo	Cg ₁	91-123	1,9	3,1	414,7	580,2	31,3	95,50	0,71	1,15	2,78	0,59	0,00
	Cg ₂	123-165	2,3	6,0	412,4	579,2	22,8	96,25	0,71	1,18	2,78	0,57	0,00
	Cg ₃	165 +	4,3	9,9	404,0	581,7	16,5	97,20	0,70	1,35	2,70	0,50	0,00

¹segmento de vertente. GF = grau de flocculação; S/A = relação silte/argila; Ds = densidade do solo; Dp = densidade de partícula; Pt = porosidade total; CHSS = condutividade hidráulica do solo saturado.

A relação silte/argila é utilizada como um índice auxiliar na indicação do grau de intemperismo dos solos (Jacomine, 2005). Verificou-se, neste trabalho, que este índice coincide com a idade das superfícies geomórficas, apresentando uma tendência crescente no sentido da superfície geomórfica III (Tabela 2). Entre os segmentos de vertente, constatou-se que os maiores valores da relação silte/argila foram observados no sopé de deposição, coincidindo com os solos de menor grau de pedogênese, corroborando com Campos et al. (2007) que estudou uma toplotosseqüência em Pereira Barreto, SP.

Em relação à densidade do solo, foi observado que os solos se comportaram de forma semelhante em todos os ambientes estudados, com a D_s variando de 0,91 a 1,48 kg dm⁻³, valores estes dentro do esperado para áreas naturais em ambientes amazônicos, conforme destacaram Ferreira et al. (1999).

Quanto à densidade das partículas, foi observado que na área de sopé de deposição, SG III, os valores foram um pouco mais elevados em relação aos demais segmentos de vertente, resultado este atribuído a natureza aluvial deste ambiente. A porosidade total apresentou-se mais alta nos horizontes superficiais, refletindo as condições propiciadas especialmente pela estrutura do solo e sistema radicular das plantas (Tabela 2). A condutividade hidráulica do solo saturado variou em função da textura, apresentando valores mais baixos coincidentes com os solos de textura mais argilosa (Tabela 2).

2.3.1.4. Atributos Químicos do Solo

Os valores de pH em água e em KCl foram similares em todos os solos estudados na toplotosseqüência, entretanto, o balanço de carga líquida negativa, expressa pelo ΔpH foi maior nos solos da superfície geomórfica III, o que vem respaldar a afirmação do menor grau de evolução deste solos em relação as demais superfícies (Tabela 3).

Os teores de C orgânico foram semelhantes nos solos de todos os ambientes geomórficos, sendo mais elevados nos horizontes superficiais. Quanto aos conteúdos de P disponível do solo, constatou-se aumento da superfície geomórfica I para a superfície geomórfica III, ou seja, do ambiente fisiográfico de Terra Firme para a fisiografia de Várzea. Em termos de segmentos de vertente, observou-se que os dois ambientes de sopé de deposição (alto e baixo) apresentam os resultados mais elevados de fósforo disponível, enquanto o topo apresenta os menores valores, concordando com os resultados obtidos por Lima et al. (2005).

Tabela 3. Caracterização química dos solos na toplotossequência na Floresta Nacional de Humaitá, AM

¹ S V	Hor.	Prof.	pH H ₂ O	pH KCl	ΔpH	C	P	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
		cm				g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹					cmol _c kg ⁻¹					%
Superfície Geomórfica I – Latossolo Amarelo Alítico típico, textura argilosa, A moderado																	
	A	0-16	4,6	4,2	-0,4	13,8	0,9	0,13	0,05	0,08	0,03	4,40	12,46	0,30	12,75	2,31	93,71
	AB	16-30	5,0	4,1	-0,9	7,1	0,7	0,15	0,02	0,03	0,03	5,10	13,20	0,23	13,43	1,73	95,65
	BA	30-48	4,5	4,1	-0,4	5,3	0,5	0,18	0,00	0,03	0,03	5,45	12,79	0,25	13,03	1,88	95,70
Topo	Bw ₁	48-79	4,6	3,9	-0,7	4,3	0,2	0,25	0,00	0,03	0,02	5,50	11,96	0,31	12,27	2,52	94,68
	Bw ₂	79-115	5,3	4,4	-0,9	3,7	0,3	0,26	0,00	0,03	0,03	6,10	11,96	0,33	12,29	2,70	94,83
	Bw ₃	115-149	4,5	4,3	-0,2	3,5	0,3	0,19	0,00	0,03	0,03	6,20	12,46	0,26	12,71	2,01	96,05
	Bw ₄	149-180	4,7	4,1	-0,6	3,0	0,3	0,24	0,00	0,04	0,03	6,40	11,96	0,32	12,28	2,61	95,22
Superfície Geomórfica II – Latossolo Amarelo Distrófico plíntico, textura muito argilosa, A moderado																	
	A	0-13	4,3	3,9	-0,4	21,6	3,3	0,55	0,25	0,10	0,16	1,70	8,49	1,06	9,54	11,06	61,69
	AB	13-30	4,5	3,9	-0,6	13,8	0,6	0,78	0,33	0,04	0,13	1,50	8,49	1,27	9,76	13,03	54,12
	BA	30-44	4,5	3,8	-0,7	5,5	0,1	0,69	0,25	0,03	0,11	1,40	4,62	1,08	5,70	18,91	56,51
Terço Superior	Bw	44-70	4,3	3,7	-0,6	3,9	0,2	0,73	0,24	0,03	0,16	1,70	3,71	1,16	4,87	23,80	59,45
	Bwf ₁	70-96	4,4	3,8	-0,6	5,4	0,1	0,43	0,26	0,03	0,15	1,80	4,37	0,88	5,26	16,79	67,10
	Bwf ₂	96-124	4,5	3,8	-0,7	3,3	0,1	0,56	0,39	0,04	0,09	1,90	5,28	1,08	6,36	16,98	63,75
	Bwf ₃	124-190	4,6	3,9	-0,7	1,4	0,3	0,11	0,29	0,10	0,09	1,80	4,95	0,59	5,54	10,60	75,41
Superfície Geomórfica – II – Latossolo Amarelo Distrófico argissólico, textura média/argilosa, A moderado																	
	Ap	0-10	4,0	3,5	-0,5	12,7	7,0	0,75	0,51	0,13	0,28	1,40	7,59	1,66	9,25	17,98	45,70
	BA	10-30	4,2	3,6	-0,6	9,0	2,2	0,74	0,32	0,08	0,22	1,90	6,44	1,36	7,80	17,47	58,24
Ombro	Bw ₁	30-55	4,8	3,6	-1,2	4,6	1,2	0,50	0,26	0,05	0,16	1,90	6,27	0,97	7,24	13,38	66,23
	Bw ₂	55-94	4,9	3,6	-1,3	3,2	0,8	0,48	0,30	0,03	0,12	2,20	5,94	0,93	6,87	13,58	70,22
	Bw ₃	94-136	4,8	3,8	-1,0	1,7	0,8	0,27	0,37	0,04	0,14	1,20	3,05	0,82	3,87	21,08	59,54
	2BC	136+	4,9	3,9	-1,0	1,4	1,1	0,36	0,21	0,03	0,09	1,10	2,23	0,69	2,92	23,68	61,41
Superfície Geomórfica – III- Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico, textura siltsosa/argilosa, A moderado																	
	A	0-18	4,4	3,6	-0,8	15,6	11,9	12,88	2,59	0,23	0,25	1,7	5,69	15,95	21,65	73,70	9,63
	AC	18-51	4,5	3,7	-0,8	4,1	14,8	10,33	0,95	0,09	0,22	1,8	3,71	11,58	15,29	75,73	13,45
Sopé Alto	C ₁	51-89	4,6	3,6	-1,0	2,9	14,9	11,64	1,55	0,09	0,30	1,3	2,39	13,58	15,97	85,02	8,74
	C ₂	89-120	4,6	3,6	-1,0	3,8	4,5	11,71	1,29	0,10	0,31	1,7	5,61	13,40	19,01	70,49	11,26
	C ₃	120-150	4,7	3,5	-1,2	3,5	3,6	15,81	0,99	0,11	0,35	2,5	6,85	17,27	24,12	71,61	12,65
	C ₄	150-200	4,8	3,6	-1,2	1,1	5,8	12,62	0,38	0,08	0,35	1,4	3,63	13,43	17,06	78,72	9,44

Tabela 3. Caracterização química dos solos na toplotossequência na Floresta Nacional de Humaitá, AM (CONTINUAÇÃO)

Superfície Geomórfica – III – Neossolo Flúvico Ta Eutrófico gleissólico, textura argilosa, A moderado																	
	A	0 -23	4,3	3,5	-0,8	7,9	19,7	10,21	0,88	0,12	0,26	2,9	6,85	11,47	18,32	62,62	20,18
Sopé	AC	23-58	4,5	3,6	-0,9	4,8	21,0	16,33	0,82	0,13	0,23	2,6	6,52	17,50	24,02	72,87	12,93
Baixo	C	58-91	4,6	3,6	-1,0	3,8	15,2	24,42	0,97	0,14	0,39	2,6	8,58	25,91	34,49	75,12	9,12
	Cg ₁	91-123	4,6	3,4	-1,2	3,5	4,8	31,00	1,12	0,16	0,20	3,6	8,66	32,48	41,14	78,94	9,98
	Cg ₂	123-165	4,8	3,4	-1,4	2,89	1,8	39,43	0,77	0,14	0,22	3,2	8,42	40,56	48,97	82,82	7,31
	Cg ₃	165 +	5,2	3,7	-1,5	2,2	3,2	40,48	0,79	0,11	0,35	0,8	3,14	41,73	44,86	93,01	1,88

¹segmento de vertente

Os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} aumentaram da superfície geomórfica I para a superfície geomórfica III. Os valores de acidez trocável (Al^{3+}) e acidez potencial ($\text{H}+\text{Al}$) apresentam comportamento inverso, decrescendo nos solos a partir da superfície geomórfica I, em direção à superfície geomórfica III (Tabela 3). Estes resultados são devidos à menor intensidade de ação dos processos de intemperismo, à natureza dos sedimentos aluviais recentes e à menor decomposição da matéria orgânica do solo na superfície geomórfica III, enquanto que na superfície geomórfica I tem-se intenso processo de lixiviação, maior idade e características dos sedimentos, e rápida e contínua decomposição da matéria orgânica.

Os valores de SB e CTC apresentam comportamento similar, crescente da superfície geomórfica I para a superfície geomórfica III, observando-se, entretanto, que o LAal do topo apresenta uma CTC variando entre 12,28 e 13,43 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, valores mais expressivos que os da CTC do LAdf do terço superior (4,87 e 9,76 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e os do LAd do ombro (2,92 e 9,25 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), em função da maior atividade dos íons H^+ (Tabela 3).

Os valores da saturação por bases (V%) no solo do topo, superfície geomórfica I, foram muito baixos e gradam para valores intermediários no terço superior e ombro, superfície geomórfica II, elevando-se no sopé de deposição, superfície geomórfica III (Tabela 3). Já a saturação por alumínio (m%) apresentou-se decrescente nos solos da superfície geomórfica I para a superfície geomórfica III (Tabela 3). Segundo Lima et al. (2006), os solos situados na planície aluvial são freqüentemente eutróficos, em contraste com os solos bem drenados de terra firme, que apresentam reação ácida, níveis baixos de cátions básicos e alta saturação por alumínio.

Klamt & Beatty (1972) destacaram que solos desenvolvidos em posição de topo, por sofrer maior ação do intemperismo, apresentam solos mais velhos e distróficos, enquanto os solos que ocorrem em posições de sopé e áreas escarpadas, que são mais jovens, e por sua vez, eutróficos. Coelho et al. (1994) e Cunha et al. (2005), apesar de terem estudado solos transicionais de arenito para basalto, também encontraram resultados semelhantes.

Na Tabela 4 são apresentados os teores totais de Fe, Si e Al, além de formas cristalinas extraídas por ditionito citrato bicarbonato (DCB), e formas de baixa cristalinidade, extraídas por oxalato ácido de amônio (OAA). Constatou-se que os teores totais dos óxidos de Fe, Si e Al apresentaram uma tendência de aumento

partindo da superfície geomórfica I no sentido da superfície geomórfica III. Já os valores das relações moleculares K_i ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) e K_r ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$) foram baixos, demonstrando avançado estágio de intemperismo desses solos. Por outro lado, observou-se uma tendência de aumento dos valores de K_i para a superfície geomórfica III, corroborando com a afirmativa de que na superfície mais rejuvenescida ocorrem solos com menor grau de evolução (Tabela 4).

Para todos os solos dos ambientes geomórficos estudados, observaram-se baixos valores de óxidos de Fe e Al extraídos por DCB, entretanto, quando analisou-se por perfil, foi constatada tendência de crescimento com a profundidade do solo, devido, principalmente, ao transporte e deposição de sedimentos, ao intenso processo de desferrificação, promovido pelas condições climáticas e, ao maior nível de substituição isomórfica de Fe por Al na estrutura dos óxidos de Fe, conforme destacam Curi & Franzmeier (1984).

Em relação aos óxidos de baixa cristalinidade extraídos por OAA, foi observado que os valores do alumínio foram semelhantes nos horizontes e nos ambientes geomórficos (Tabela 4). Os óxidos de Fe extraídos por OAA expressaram valores baixos nas superfícies geomórficas I e II, respectivamente no topo, terço superior e ombro e aumento dos teores do Fe nas áreas de sopé de deposição. Estes resultados podem ser atribuídos ao alto grau de intemperismo do solo no topo, terço superior e ombro, que favorece a maior cristalinidade dos minerais, contrastando com os ambientes de sopé de deposição, com solos menos intemperizados e drenagem mais limitada. De acordo com Kampf & Curi (2000), a concentração de óxidos de ferro no solo relaciona-se com o material de origem, grau de intemperização e os processos pedogênicos de acumulação e remoção.

Os valores da relação Fe_o/Fe_d exibiram valores mais elevados em todos o horizontes superficiais, fato que se deve, principalmente, à ação da matéria orgânica, que dificulta a cristalização dos óxidos de Fe, corroborando com Lima et al. (2006), que estudou uma toposseqüência sob sedimentos holocênicos na bacia sedimentar do Alto Solimões, na Amazônia Ocidental.

Tabela 4. Teores dos óxidos do ataque sulfúrico (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3), óxidos livre extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3) e formas amorfas extraídos com oxalato ácido de amônio (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3) e relações entre eles na toplotossequência na Floresta Nacional de Humaitá, AM

¹ SV	Horiz.	Óxidos do Ataque Sulfúrico			Relações		Ditionito Citrato Bicarbonato			Oxalato Ácido de Amônio			Relações			
		SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	Ki	Kr	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	$\frac{\text{Fe}_{\text{ox}}}{\text{Fe}_d}$	$\frac{\text{Al}_{\text{ox}}}{\text{Al}_d}$	$\frac{\text{Si}_{\text{ox}}}{\text{Si}_d}$	$\frac{\text{Fe}_d}{\text{Fe}_t}$
		dag kg ⁻¹			dag kg ⁻¹			dag kg ⁻¹								
Superfície Geomórfica I – Latossolo Amarelo Alítico típico, textura argilosa, A moderado																
Topo	A	0,58	1,05	1,05	0,94	0,58	0,55	0,65	0,48	0,22	0,06	0,29	0,09	0,60	0,40	0,62
	BA	0,69	1,19	1,15	1,02	0,62	0,18	0,86	0,82	0,12	0,03	0,52	0,03	0,63	0,67	0,72
	Bw ₁	0,81	1,22	1,60	0,86	0,58	0,15	0,90	0,68	0,11	0,02	0,41	0,09	0,60	0,73	0,74
Superfície Geomórfica II – Latossolo Amarelo Distrófico plíntico, textura muito argilosa, A moderado																
Terço Superior	A ₁	0,56	0,78	1,34	0,71	0,52	0,22	0,39	0,53	0,20	0,11	0,36	0,28	0,68	0,91	0,50
	BA	0,49	0,89	0,84	0,99	0,59	0,21	0,47	0,53	0,19	0,06	0,29	0,12	0,55	0,91	0,53
	Bw	0,69	1,30	0,99	1,18	0,64	0,21	0,70	0,65	0,20	0,04	0,38	0,06	0,58	0,95	0,54
Superfície Geomórfica – II – Latossolo Amarelo Distrófico argissólico, textura média/argilosa, A moderado																
Ombro	Ap	0,61	0,90	1,24	0,84	0,57	0,21	0,23	0,53	0,20	0,06	0,28	0,26	0,53	0,95	0,25
	BA	0,76	1,20	1,06	1,22	0,71	0,28	0,26	0,62	0,22	0,06	0,39	0,23	0,63	0,78	0,22
	Bw ₁	0,62	1,25	1,21	0,87	0,53	0,27	0,36	0,67	0,24	0,04	0,31	0,11	0,46	0,88	0,28
Superfície Geomórfica – III – Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico, textura siltosa/argilosa, A moderado																
Sopé Alto	A	1,29	2,79	1,60	1,37	0,65	0,29	0,55	0,48	0,22	0,25	0,33	0,46	0,68	0,76	0,20
	CA	1,18	2,10	1,55	1,29	0,69	0,42	0,95	0,61	0,23	0,26	0,34	0,27	0,56	0,55	0,45
	C ₁	1,25	2,28	1,89	1,12	0,64	0,30	0,97	0,85	0,23	0,24	0,61	0,25	0,71	0,77	0,42
Superfície Geomórfica – III- Neossolo Flúvico Ta Eutrófico gleissólico, textura argilosa, A moderado																
Sopé Baixo	A	1,24	2,29	1,66	1,26	0,68	0,31	0,37	0,52	0,23	0,30	0,33	0,81	0,63	0,74	0,16
	AC	1,21	2,52	1,96	1,05	0,58	0,25	0,88	0,60	0,23	0,37	0,33	0,42	0,55	0,92	0,35
	C	1,27	2,56	1,87	1,15	0,62	0,36	0,77	0,68	0,22	0,44	0,30	0,57	0,44	0,61	0,30

¹segmento de vertente

Tomando os valores da relação Fe_o/Fe_d somente dos horizontes diagnósticos subsuperficiais de todos os solos, constatou-se que há um aumento claro dos valores desta relação, partido do topo para o sopé de deposição alto, com valores de 0,02 no topo, 0,06 no terço superior, 0,11 no ombro, 0,57 no sopé de deposição baixo e 0,25 no sopé de deposição alto, indicando dessa maneira óxidos de maior cristalinidade, especialmente a goethita, nos solos das superfícies geomórficas I e II, e óxidos de menor grau de cristalinidade, na superfície geomórfica III.

De acordo com Corrêa (2005), os valores da relação Al_{ox}/Al_d permitiu vislumbrar as formas como o Al é encontrado no solo. Segundo este autor, valores da relação menor que 1 indicam alto conteúdo de Al, ainda na estrutura dos óxidos de ferro; próximos a 1, baixo conteúdo; e superiores a 1, indicam presença de outras fontes de Al. Os resultados apresentados na Tabela 4 revelaram que para a maioria dos horizontes dos perfis estudados o valor da relação está abaixo de 1, indicando o conteúdo de Al ainda na estrutura dos óxidos de ferro.

A relação Fe_d/Fe_t (Tabela 4) apresentou valores decrescente nos solos da superfície geomórfica I para os solos da SG III, confirmando o maior grau de evolução dos solos da superfície mais velha. Estes resultados estão em consonância com aqueles encontrados por Marques Júnior & Lepsch (2000), Campos et al. (2007) e reforça a idéia de que os solos têm a idade da superfície geomórfica onde eles ocorrem (Daniels et al., 1971).

2.3.1.5. Atributos Mineralógicos do Solo

A fração areia dos solos das várzeas (Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico e Neossolo Flúvico Ta Eutrófico gleissólico) apresentou maior diversidade em sua composição mineralógica, pois em seus difratogramas foi possível observar que além dos reflexos predominantes de quartzo, ocorreram reflexos de micas, feldspatos, caulinita e ilmenita (Tabela 5). Para o Latossolo Amarelo Distrófico argissólico que ocorreu no ombro da encosta, assim como para o Latossolo Amarelo Distrófico plíntico e o Latossolo Amarelo Alítico típico, que ocorrem no terço superior e topo, respectivamente, observou-se a presença exclusiva de quartzo na fração areia, corroborando os resultados encontrados por Lima (2001).

Tabela 5. Composição mineralógica das frações areia, silte e argila dos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais na topolitosseqüência na Floresta Nacional de Humaitá, AM

Segmento de Vertente	Horizonte	Areia	Silte	Argila
Superfície Geomórfica I – Latossolo Amarelo Alítico típico, textura argilosa, A moderado				
Topo	A	Q	Q, An e Fd	I, E, M/II, Pf, Ct Fd, Q e An
	Bw ₁	Q	Q, An e Fd	E, M/II, Ct, Fd e An
Superfície Geomórfica II – Latossolo Amarelo Distrófico plíntico, textura muito argilosa, A moderado				
Terço Superior	A	Q	Q e An	E, M/II, Pf, Ct, Q, Fd e An
	Bw	Q	Q e An	E, I, M/II, Ct, Fd e Q
Superfície Geomórfica – II - Latossolo Amarelo Distrófico argissólico, textura média/argilosa, A moderado				
Ombro	Ap	Q	Ms, Q e An	M/II e Ct
	Bw ₁	Q	Bi, Ct, Q, An e Fd	M/II e Ct
Superfície Geomórfica – III – Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico, textura siltosa/argilosa, A moderado				
Sopé Alto	A	M, Ct e Q	Ms, Ct, Q, Fd e Im	E, I, M/II, Ct, Q, e Fd
	C ₁	M, Ct, Q e Fd	Ms, Ct, Q, Fd e Im	E, I, M/II, Ct, Q, e An
Superfície Geomórfica – III- Neossolo Flúvico Ta Eutrófico gleissólico, textura argilosa, A moderado				
Sopé Baixo	A	M e Ct	Ms, Ct, Q e Fd	E, I, V, M/II, Ct, Q, Fd e An
	C	M, Q, Fd e Im	V, Bi, Q, Fd, An	E, I, V, M/II, Ct, Q, Fd e An

Ms = muscovita; Ct = caulinita; Bi = biotita; Gb = gibbsita; Q = quartzo; An = anatásio; Fd = feldspatos; Im = Ilmenita; I = minerais interestratificados; Pf = pirofilita; V = vermiculita; E = esmectita; M/II = mica(ilita); Gh = goethita.

A composição mineralógica da fração silte (Tabela 5) mostrou-se que à medida que a paisagem vai tornando-se mais estável, a mineralogia da fração silte tornou-se menos complexa e mais homogênea, refletindo as condições ambientais de onde os solos foram formados. Por exemplo, observou-se que nas áreas de várzea (baixa e alta) e ombro, tanto nos horizontes diagnósticos superficiais como nos subsuperficiais ocorreu a presença de uma assembléia mineralógica mais diversificada (quartzo, muscovita, feldspatos, caulinita, ilmenita e anatásio, além de picos discretos de biotita e vermiculita).

Nas áreas de terço superior e topo verificou-se a presença de quartzo, feldspatos e anatásio na fração silte (Tabela 5). Estes resultados evidenciam o caráter de constante rejuvenescimento dos ambientes de várzeas em função dos sedimentos provenientes das enchentes sazonais, enquanto que os ambientes de terço superior e topo que não recebem essas contribuições. De acordo com Lima et al. (2006), as condições restritas de drenagem, resultantes das características ambientais e da granulometria fina dos sedimentos das várzeas, levam a um

processo de intemperismo menos intenso que nos solos bem drenados, o que resulta em perfis mais rasos e de maior riqueza em minerais primários, diferindo expressivamente dos solos de terra firme que são derivados de sedimentos mais antigos.

De maneira geral, observou-se na fração argila presença de uma assembléia mineralógica complexa em todos os segmentos de vertente, exceto no ombro da paisagem, que apresentou uma associação com presença de caulinita e mica(ilita) (Tabela 5). Nessas associações verificou-se presença de minerais acessórios bastante resistentes ao intemperismo, tais como, quartzo e anatásio, co-existindo com outros minerais que apresentam maior facilidade de serem decompostos (feldspatos).

Foi observado que todos os perfis estudados nos diferentes segmentos de vertente e superfícies geomórficas apresentaram mica(ilita) e caulinita na fração argila. De acordo com Andrade et al. (1997), a presença das micas nos perfis é comum em solos dos ambientes amazônicos, pois estas são possivelmente herdadas dos materiais de origem. Neste caso particular os solos estão sob sedimentos terciários da Formação Solimões e sedimentos aluviais recentes (Brasil, 1978), justificando assim estes resultados.

Se por um lado a caulinita passa a ser um componente comum na mineralogia dos solos desta topossequência, a gibbsita não exibiu nenhum reflexo, fato que pode ser atribuído ao conteúdo de silício da solução do solo, que inibe a formação da gibbsita, concordando com resultados de Wadt (2002), que estudou os solos ácidos do Acre e também verificou a ausência de gibbsita. Para Lima (2001), que estudou solos da Amazônia Ocidental, a reciclagem de elementos químicos que ocorre no ambiente amazônico, especialmente o silício e alumínio, favorecem a manutenção da estabilidade da caulinita.

Observou-se a presença de pirofilita na fração argila dos ambientes de topo e terço superior, reflexos que, possivelmente, estão associados à deposição de sedimentos andinos e sub-andinos, concordando com Lima et al. (2006), que estudou solos em um topossequência no Amazonas. De acordo com Marques et al. (2002), a pirofilita presente nos solos da Amazônia Ocidental é proveniente de material transportado dos Andes e depositado ao longo dos rios da região. Um fato interessante é que a presença da pirofilita ocorre apenas nos solos das áreas dos segmentos mais estáveis (topo e terço superior), o que indica que esta deposição deve ter ocorrido em épocas pretéritas, já que estes solos são desenvolvidos a partir

de sedimentos terciários da Formação Solimões (Plioceno Médio – Pleistoceno Superior).

Foram observados reflexos de vermiculita apenas nos solos do sopé baixo, fato que segundo Pai et al. (2007) se deve à má drenagem, causada pela topografia. Com exceção do ombro da paisagem, SG II, todos os demais segmentos apresentaram presença de esmectitas. Resultados semelhantes foram observados por Lima et al. (2006).

Foi também observada, na fração argila, a presença de minerais interestratificados em todos os solos dos segmentos de vertente, exceto no ombro da paisagem. Estes argilominerais são comuns em solos ácidos da Amazônia, conforme destacam Marques et al. (2002). De acordo com Kämpf & Curi (2003), para que haja formação destes minerais são necessárias condições de intemperismo ativo para que ocorra liberação de íons de Al^{3+} , ambiente moderadamente ácido (pH próximo de 5,0), baixo teor de matéria orgânica para evitar a complexação do Al^{3+} e umedecimento e secagem freqüentes, todas estas condições são observadas nos solos da topolitosseqüência estudada.

2.3.1.6. Análises Estatísticas

Com as amostras laterais aos perfis das superfícies geomórficas, foram realizadas análises estatísticas para os atributos físicos e químicos (Figura 5, 6, 7, 8 e 9). Neste caso foram ignoradas as unidades de vertente como fontes de variação, considerando apenas as superfícies geomórficas.

A fração areia, tanto nos horizontes diagnósticos superficiais como nos subsuperficiais, apresentaram o mesmo comportamento, os solos da superfície geomórfica I e II não diferem estatisticamente entre si, porém mostram diferenças significativas em relação à superfície geomórfica III (Figura 5). Para a fração silte, nos horizontes diagnósticos superficiais não houve diferenças entre os solos das superfícies geomórficas estudadas, entretanto, para os horizontes diagnósticos subsuperficiais houve diferenças estatísticas entre os solos das superfícies geomórficas I e II em relação à superfície geomórfica III, esta última com valor mais elevados.

Verificou-se que nos horizontes superficiais e subsuperficiais a argila expressou com os maiores conteúdos nos solos da superfície geomórfica III, influenciado pela natureza e quantidade de sedimentos depositados neste ambiente geomórfico (Figura 5).

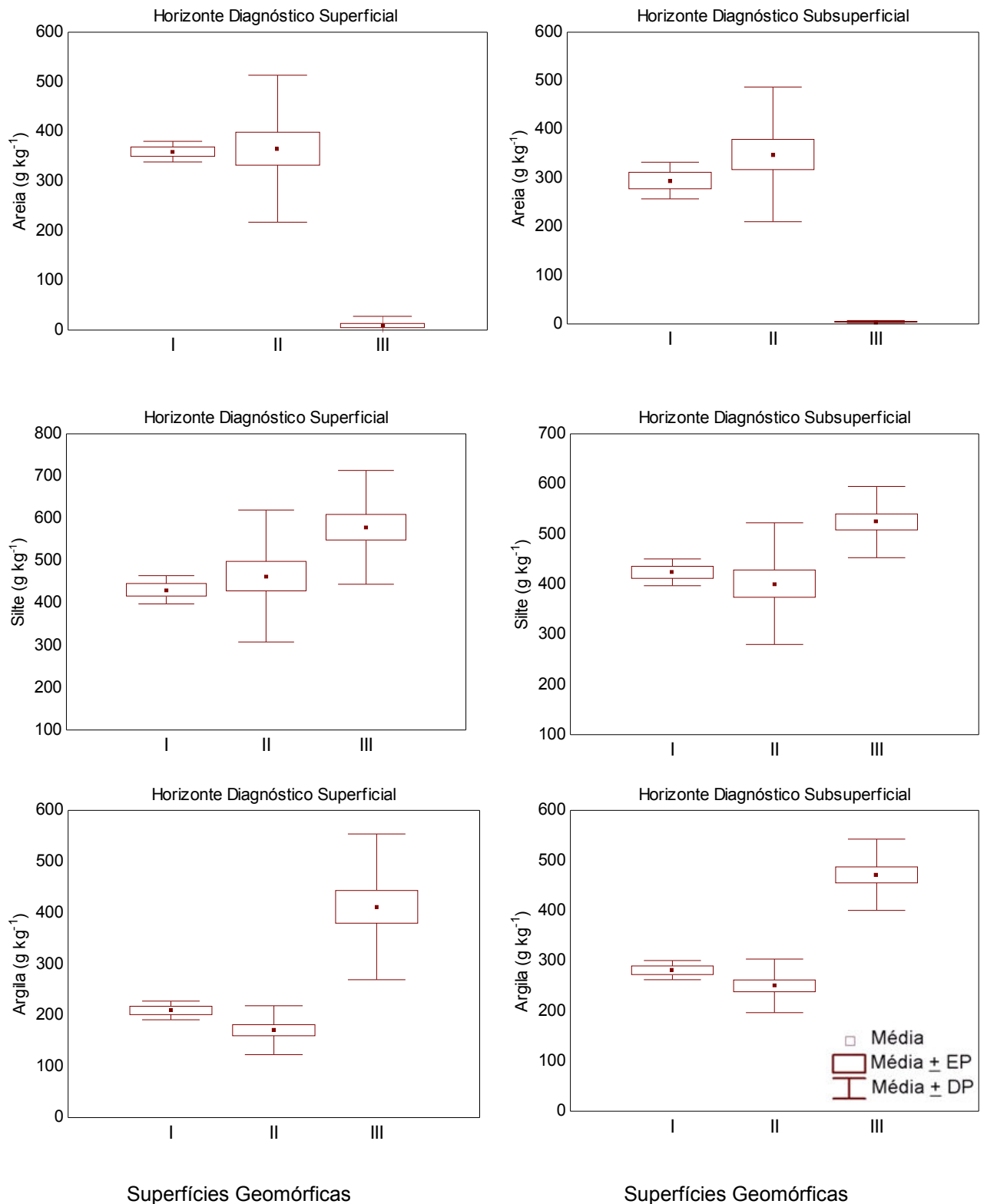


Figura 5. Médias, com respectivos intervalos de confiança, dos teores de areia, silte e argila do solo por superfície geomórfica

I = 20 pontos; II = 40 pontos; III = 40 pontos, totalizando 100 pontos.

Verificou-se que a relação silte/argila, exibiu comportamento crescente partindo dos solos da superfície geomórfica I para a III, corroborando com os

resultados encontrados por Campos et al. (2007) que afirmam que a SG I é a mais intemperizada em relação às demais superfícies. Para a densidade do solo, constatou-se que nos dois horizontes coletados, os solos da superfície geomórfica III diferiram dos solos das demais superfícies que apresentaram menores valores (Figura 6). Para a densidade de partículas, não houve diferenças estatísticas entre os ambientes estudados (Figura 6).

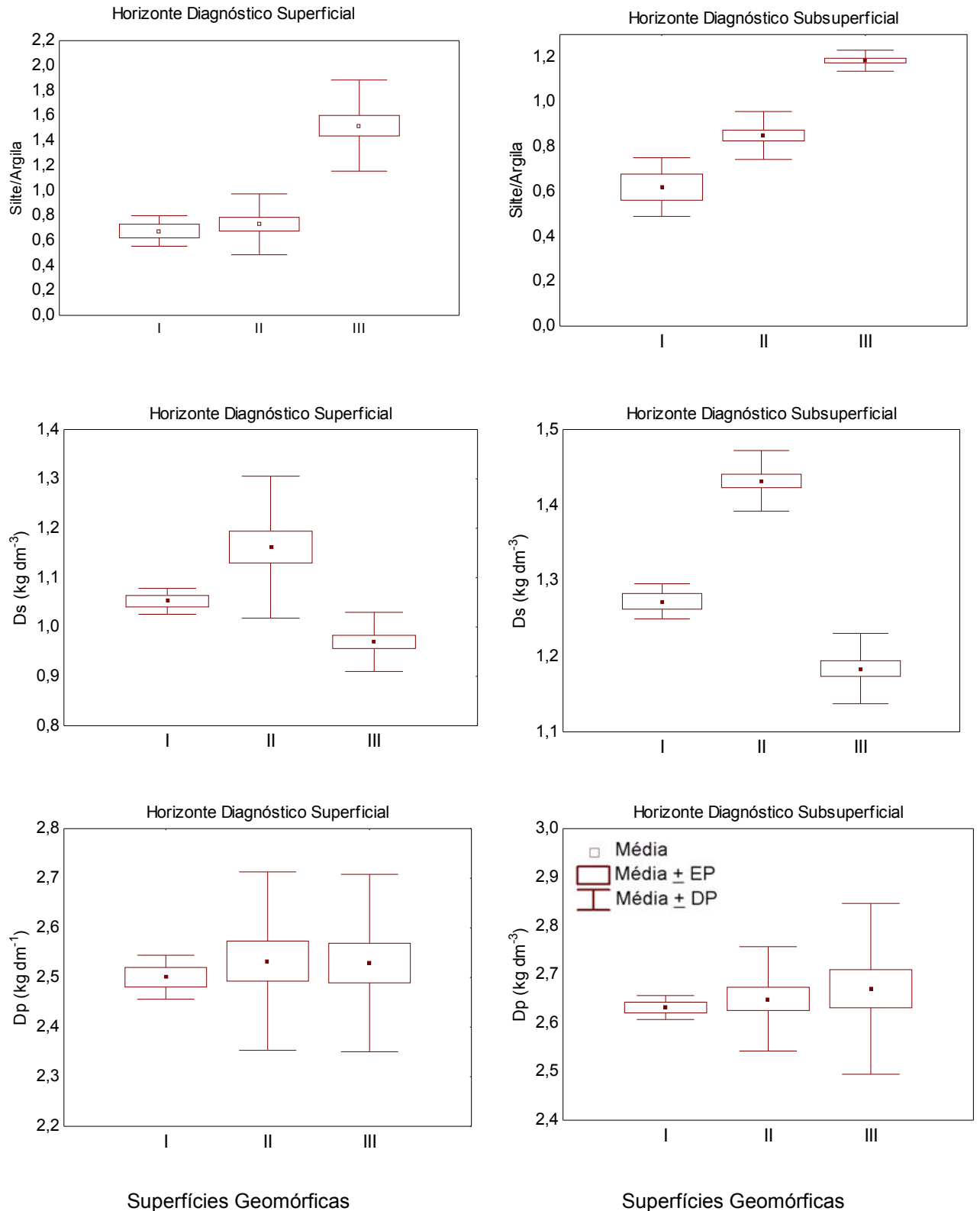


Figura 6. Médias, com respectivos intervalos de confiança, da relação Silte/Argila, Ds e Dp do solo por superfície geomórfica

S/A = silte/argila Ds = densidade do solo; Dp = densidade de partícula.
I = 20 pontos; II = 40 pontos; III = 40 pontos, totalizando 100 pontos.

Para o atributos químicos, a análise estatística dos valores de pH em água, cálcio e magnésio são apresentados na Figura 7. Observou-se que os valores de pH em água aumentaram partindo dos solos contidos na superfície geomórfica I para a superfície geomórfica III em ambos os horizontes estudados, entretanto, nos horizontes diagnósticos subsuperficiais os valores exibem um ligeiro aumento.

Para os teores de Ca^{2+} , observou-se que em subsuperfície os resultados apresentam um sensível aumento, chegando a $22 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ na superfície geomórfica III, enquanto que no horizonte superficial atingem o máximo de $14 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ também para a superfície geomórfica III. Entre as superfícies geomórficas estudadas verificou-se que os solos da SG III mostram valores bem superiores as demais, diferindo estatisticamente. O magnésio, por sua vez, apresentou comportamento similar ao Ca^{2+} , todavia, com valores de menor magnitude, variando até $1,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ nos horizontes superficiais e $1,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ nos subsuperficiais ambos na superfície geomórfica III.

Estes resultados indicam solos mais intemperizados na superfície geomórfica I e o contrário na superfície geomórfica III. Segundo Daniels et al. (1971), os solos das superfícies menos intemperizadas apresentam maiores variações nos valores dos seus atributos, fato que pode ser constatado na Figura 5, pois os desvios padrões da SG III são maiores que nas demais. De acordo com Seibert et al. (2007), essa é uma das vantagens dos estudos que incorporam os conceitos da relação solo-paisagem, pois estes concebem os aspectos topográficos como um dos que provocam maior variabilidade nos atributos do solo. Além disso, Carré & Mcbratney, (2005) e Thompson et al. (2006) ainda acrescentaram que a altitude, declividade e curvatura do terreno são os aspectos topográficos que mais promovem alterações nos processos pedogenéticos.

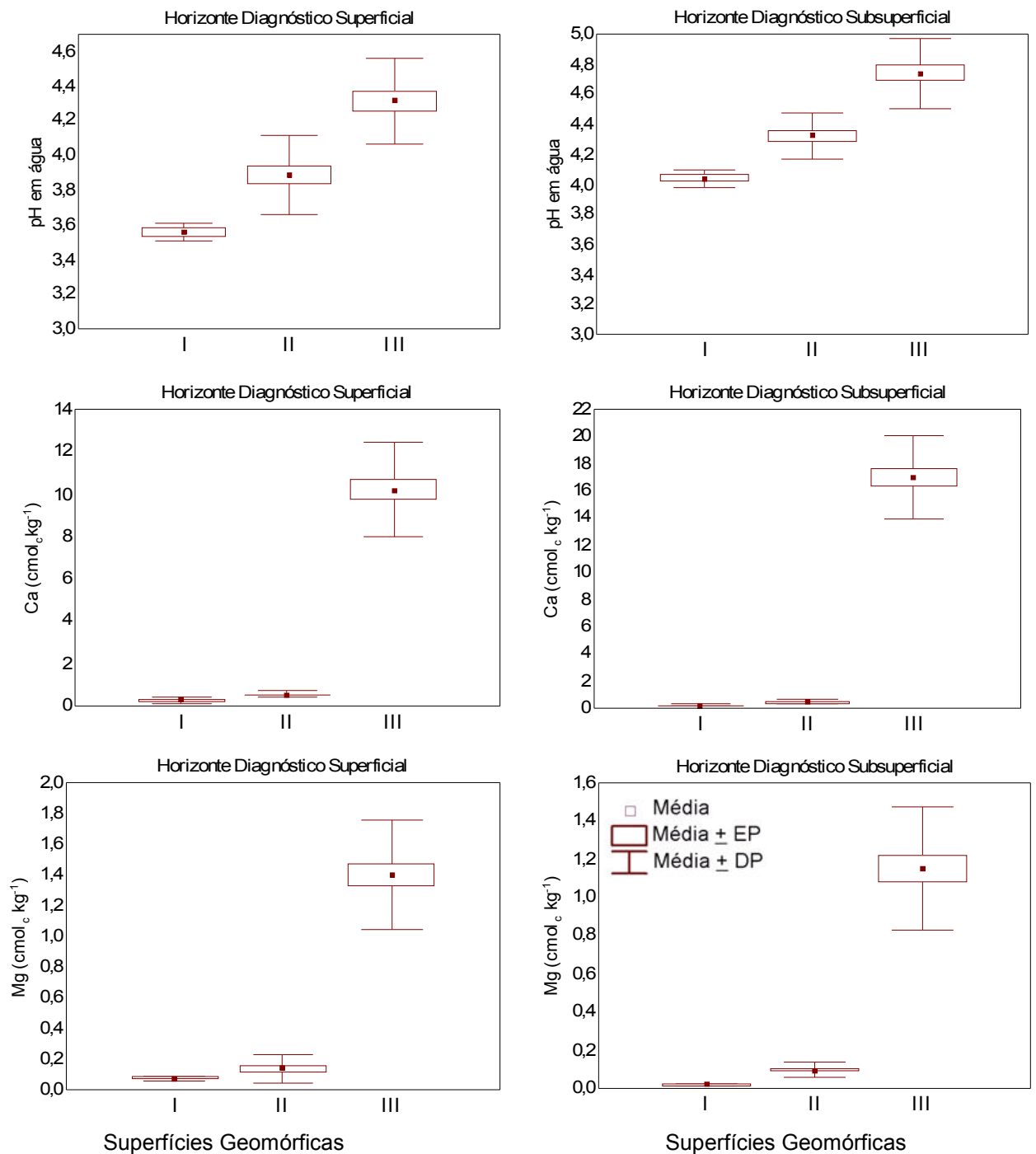


Figura 7. Médias, com respectivos intervalos de confiança, do pH em H₂O, Ca²⁺, Mg²⁺ do solo por superfície geomórfica

I = 20 pontos; II = 40 pontos; III = 40 pontos, totalizando 100 pontos.

Excetuando-se o Al³⁺ do horizonte subsuperficial, todos os demais atributos apresentaram comportamento bastante homogêneo na superfície geomórfica I, ao contrário do que foi observado na superfície geomórfica III (Figura 7, 8 e 9), corroborando com os conceitos estabelecidos por Ruhe et al. (1967). Nesse sentido, Teramoto et al. (2001) afirmam que a relação entre solos e superfícies geomórficas é representada pela tendência de que quanto mais velha e estável é a superfície,

mais homogênea ela é em relação aos solos que nela ocorrem, ou seja, a complexidade e variabilidade de solos é inversamente proporcional à idade da superfície.

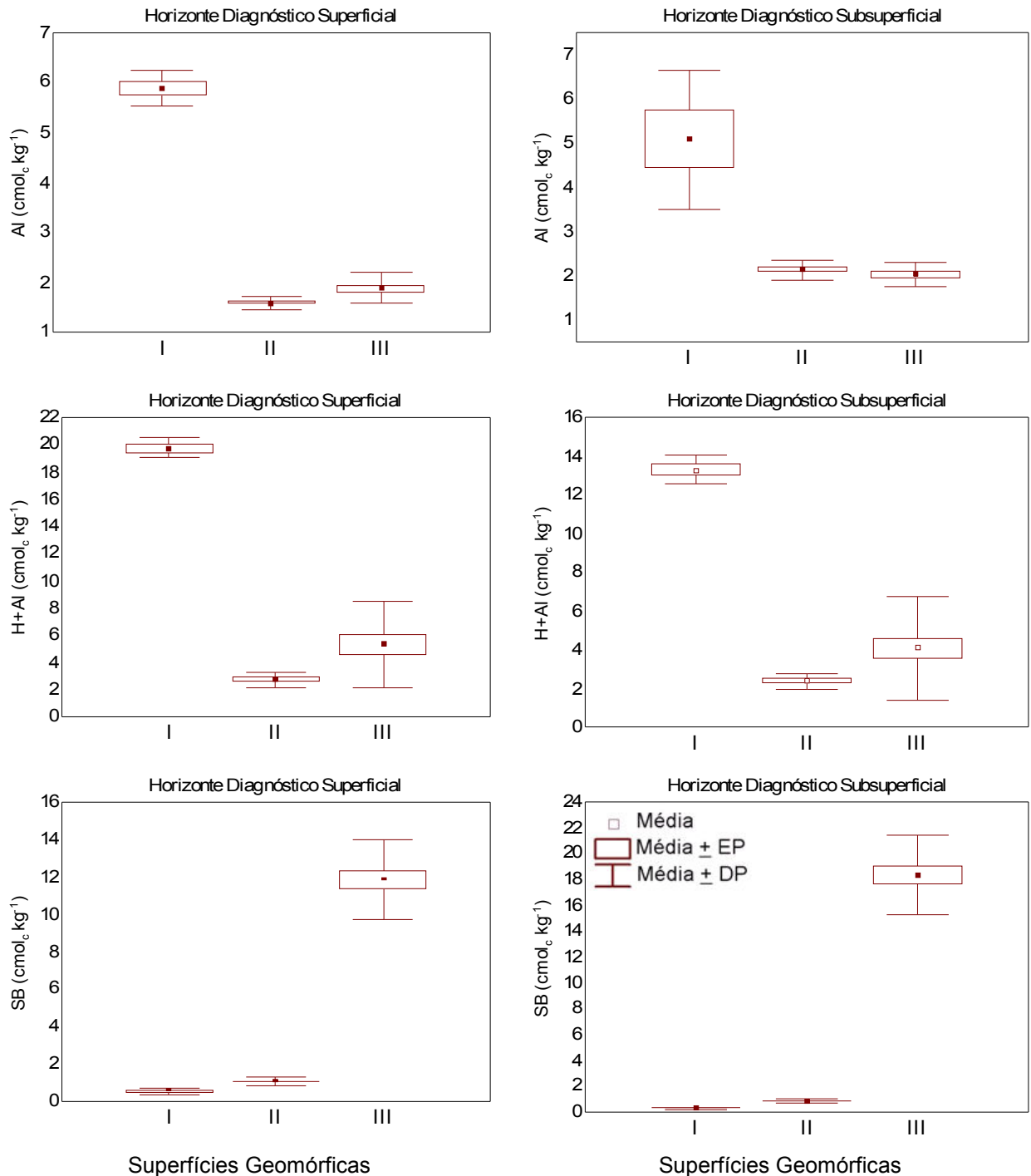


Figura 8. Médias, com respectivos intervalos de confiança do Al³⁺, H+Al e SB do solo por superfície geomórfica

I = 20 pontos; II = 40 pontos; III = 40 pontos, totalizando 100 pontos.

As análises estatísticas das variáveis Al^{3+} , H+Al e SB são apresentadas na Figura 8. Verificou-se que o Al^{3+} e H+Al comportaram-se de maneira similar, expressando maiores valores nos solos da superfície geomórfica I e resultados de menor magnitude nos solos das superfícies geomórficas II e III. Para a soma de bases os resultados revelaram-se contrários a este padrão de distribuição, corroborando com Coelho et al. (1994), e evidenciando que os solos são dependentes genética e evolutivamente das superfícies geomórficas nas quais estão inseridos (Bockheim et al., 2005).

Os resultados da capacidade de troca catiônica (CTC) variaram nos horizontes superficiais. Apesar da superfície geomórfica III ter exibido maior variabilidade dos dados, os valores são semelhantes aos da superfície geomórfica I. Para os horizontes diagnósticos subsuperficiais observou-se que a superfície geomórfica III apresenta maiores valores em relação às demais superfícies (Figura 9).

Com relação ao V% constatou-se que os resultados são crescentes da superfície geomórfica I para a III, para os dois horizontes, mostrando assim, uma SG III com solos eutróficos e uma SG I com solos distróficos. A saturação por alumínio (m%) apresentou valores contrários ao V%, que sugerem solos alumínicos na SG I, passando a eutróficos na SG III, evidenciando a maior ação dos agentes de intemperismo na superfície geomórfica I. Uberti & Klamt (1984) afirmam que a variação dos tipos de solos, assim como a estabilidade geomórfica das superfícies está estreitamente ligada aos fatores tempo e relevo. Daniels & Hammer (1992) ainda ressaltam que pela natureza bidimensional das superfícies geomórficas, os resultados de fenômenos ocorridos em determinadas épocas e processos específicos (remoção e/ou deposição de sedimentos) introduzem variações no sistema.

De maneira geral, a maioria dos atributos físicos e químicos estudados, quando analisados individualmente, exhibe valores que sugerem uma distinção nítida de duas superfícies geomórficas (Figuras 5, 6, 7, 8 e 9). Apenas a saturação por bases (V%) e a saturação por alumínio (m%) apresentaram diferenciação nas três superfícies geomórficas (Figura 9).

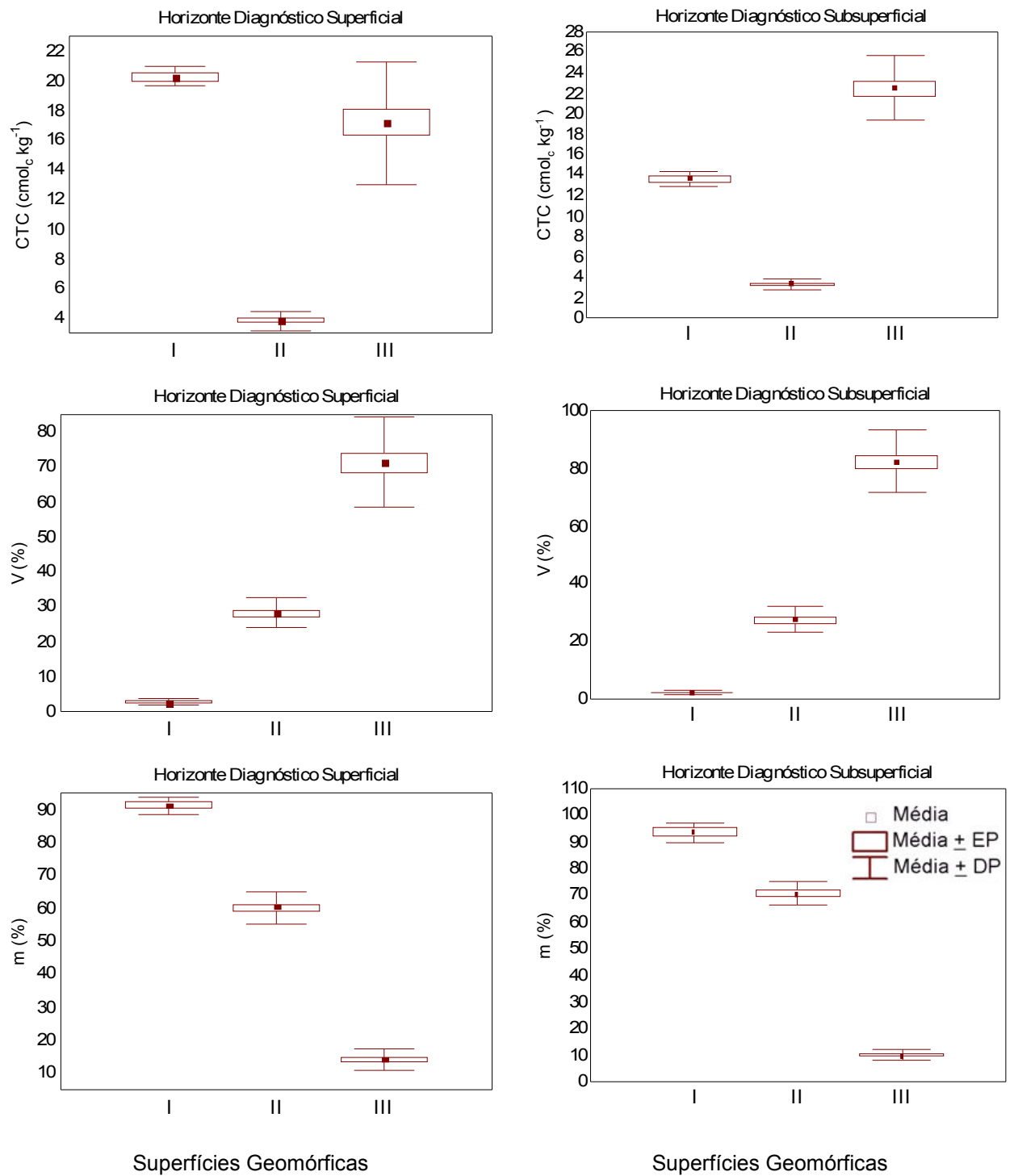


Figura 9. Médias, com respectivos intervalos de confiança, da CTC, V(%) e m(%) do solo por superfície geomórfica

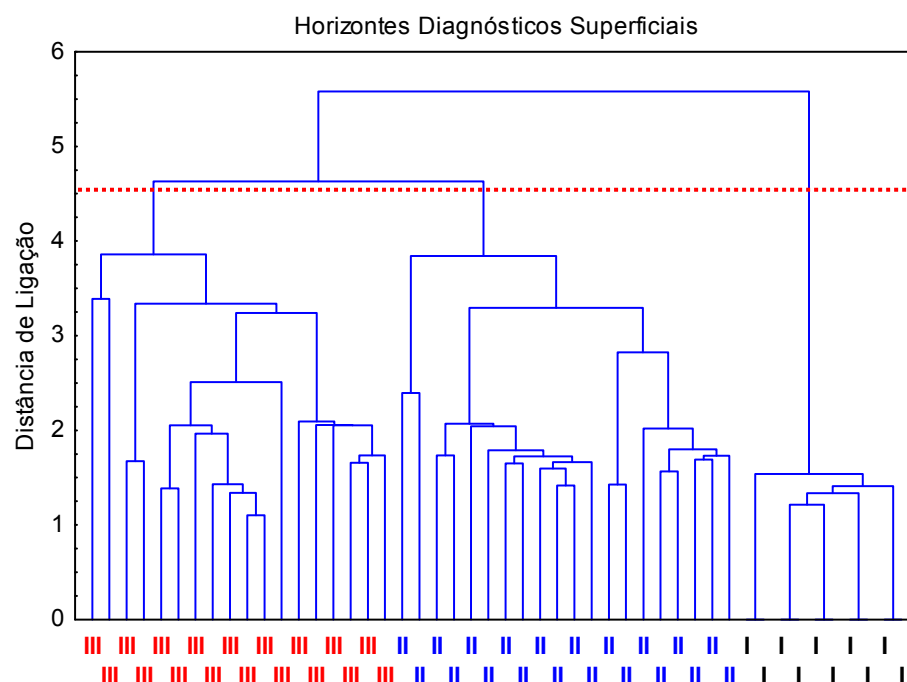
I = 20 pontos; II = 40 pontos; III = 40 pontos, totalizando 100 pontos.

Foi constatado que os métodos estatísticos univariados apresentaram limitações na distinção das superfícies geomórficas, pois avaliam os atributos do solo de forma isolada, não levando em conta a interação entre os atributos do solo, assim como as próprias variações do terreno. Dessa forma, partiu-se para a

utilização dos métodos estatísticos multivariados para a análise de atributos do solo em conjunto.

Com análise de agrupamento (Cluster) foi possível observar a formação de três grandes grupos, referentes às superfícies geomórficas mapeadas, ou seja, os atributos do solo que se expressam em uma mesma superfície geomórfica são semelhantes entre si, e diferente daqueles das superfícies geomórficas adjacentes. De acordo com Yemefack et al. (2005) esta técnica permite visualizar uma variabilidade mínima dentro de um grupo e máxima entre os grupos. Utilizando-se do sistema de classificação numérico hierárquico que revela os vários níveis das similaridades e permite conhecer um número mais seguro de grupamentos (Webster & Oliver, 1990).

Os agrupamentos formados pela análise de Cluster confirmaram o aumento da variabilidade dos atributos com a diminuição da idade dos solos das superfícies geomórficas (Figuras 10 e 11). Segundo Ogg et al. (2000), a análise estatística multivariada é uma ferramenta para a avaliação integrada de dados e pode ajudar os investigadores do solo a extrair mais informações de seus dados, já que os agrupamentos obedecem a uma lógica de ocorrência na paisagem.



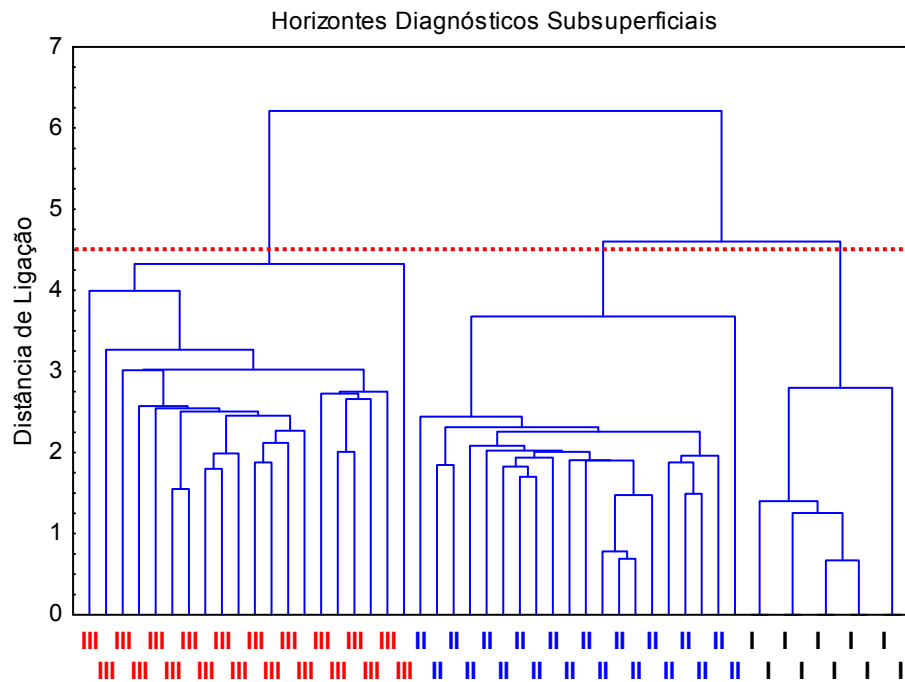


Figura 10. Dendrograma das interrelações das três superfícies geomórficas, referente ao conjunto de parâmetros físicos (areia, silte, argila, S/A, Ds, Dp, Pt) químicos (pH em água e KCl, Δ pH, Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+} , $H^+ + Al^{3+}$, P, SB, CTC, V, m, MO) nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais

I = superfície geomórfica I, com 20 pontos; II = superfície geomórfica II, com 40 pontos; III = superfície geomórfica III, com 40 pontos, totalizando 100 pontos.

A análise de componentes principais dos atributos do solo confirmaram a análise de Cluster para ambos os horizontes superficiais e subsuperficiais (Figuras 10 e 11), com a formação de três grupos, que correspondem à diferenciação das três superfícies geomórficas (Figura 11), fato que não pode ser observado com o uso da estatística univariada para os atributos estudados (Figuras 5, 6, 7, 8 e 9). Resultados semelhantes foram encontrados por Coscione et al. (2005) para dados de atributos químicos em duas toposequências de transição Argissolo/Latossolo no Estado de São Paulo.

Os grupos formados apresentaram fatores de correlação que explicaram 68,11% e 70,03% da variação total do solo, para os horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais, respectivamente (Figura 11). Estes resultados são semelhantes àqueles encontrados por Sanchez-Marañón et al. (1996) e superiores aos valores dos fatores encontrados por Splechtna & Klinka (2001), que explicam em torno de 60% da variação total do solo para o regime de nutrientes em diferentes solos florestais do litoral montanhoso canadense.

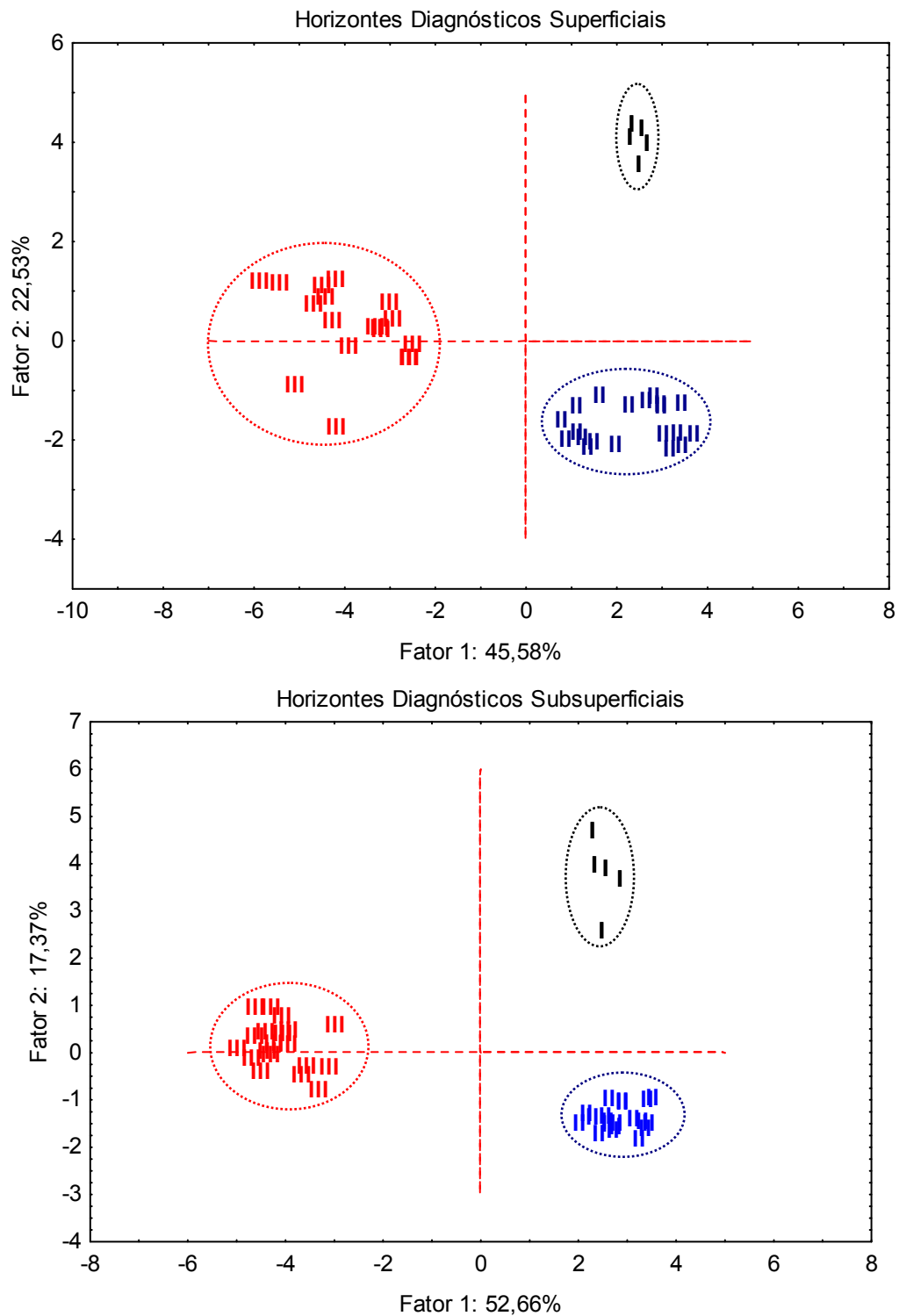


Figura 11. Análise de Componentes Principais para os atributos físicos (areia, silte, argila, S/A, Ds, Dp, Pt) e químicos (pH em água e KCl, Δ pH, Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+} , $H^+ + Al^{3+}$, P, SB, CTC, V, m, MO) separados por superfícies geomórficas, nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais

I = superfície geomórfica I, com 20 pontos; II = superfície geomórfica II, com 40 pontos; III = superfície geomórfica III, com 40 pontos, totalizando 100 pontos.

Os coeficientes de correlação entre os atributos originais e os dois primeiros componentes principais, percentagem de variância retida pelos dois fatores e a

ordem de importância das variáveis são apresentados nas Tabelas 6 e 7. Nos horizontes diagnósticos superficiais, as variáveis que mais contribuíram com o primeiro componente, com correlações positivas e em ordem decrescente foram: areia, saturação de alumínio (m%), Δ pH e densidade do solo, e com correlações negativas foram magnésio, soma de bases (SB), cálcio, saturação de bases e argila (Tabela 5). No horizonte subsuperficial, repete-se a mesma tendência do horizonte diagnóstico superficial (Tabela 6), resultados semelhantes foram encontrados por Campos (2006) em estudo de uma toplotosseqüência em Pereira Barreto, SP.

Tabela 6. Coeficientes de correlação entre os atributos originais, componentes principais (Y_1 e Y_2) e ordem de importância dos parâmetros originais para os horizontes diagnósticos superficiais nas superfícies geomórficas

Variáveis	Coeficiente de Correlação dos Componentes Principais			
	$r(Y_1, X_i)$	Ordem de Importância	$r(Y_2, X_j)$	Ordem de Importância
pH em água	-0,79	9	-0,40	8
pH em KCl	-0,14	19	-0,89	2
Δ Ph	0,83	8	0,03	18
Mg	-0,96	1	0,02	19
Ca	-0,94	3	-0,04	17
K	-0,52	13	0,60	6
Na	0,47	15	-0,75	4
Al	0,33	18	0,91	1
H+Al	0,25	19	0,88	3
P	-0,78	10	-0,01	20
SB	-0,95	2	-0,05	16
CTC	-0,46	16	0,73	5
V	-0,91	5	-0,31	13
m	0,90	6	0,37	9
MO	0,05	20	0,50	7
Areia	0,93	4	-0,01	20
Silte	-0,50	14	-0,18	15
Argila	-0,84	7	0,21	14
S/A	0,37	17	-0,40	10
Ds	0,71	11	-0,34	11
Dp	0,04	21	-0,02	19
Pt	-0,65	12	0,32	12
% variância	45,58 %		22,53 %	
% variância acumulada	68,11%			

Os atributos do solo que mais contribuíram com o segundo componente, com correlações positivas, foram a acidez trocável (Al^{3+}) e a acidez potencial (H+Al), enquanto que aqueles que mais contribuíram com correlações negativas foram o pH em KCl e Na^+ , em ambos os horizontes diagnósticos estudados (Tabela 6 e 7).

A utilização de técnicas estatísticas multivariadas (análise de Cluster e Componentes Principais) possibilitou separar três grupos heterogêneos, equivalentes às superfícies geomórficas mapeadas, corroborando com resultados encontrados por Campos (2006).

Tabela 7. Coeficientes de correlação entre os atributos originais, componentes principais (Y_1 e Y_2) e ordem de importância dos parâmetros originais para os horizontes diagnósticos subsuperficiais nas superfícies geomórficas

Variáveis	Coeficiente de Correlação dos Componentes Principais			
	$r(Y_1, X_j)$	Ordem de Importância	$r(Y_2, X_j)$	Ordem de Importância
pH em água	-0,75	11	-0,37	8
pH em KCl	0,38	16	-0,75	4
Δ pH	0,86	7	0,14	13
Mg	-0,92	4	-0,10	15
Ca	-0,98	1	-0,05	17
K	-0,78	9	-0,20	11
Na	0,41	15	-0,82	3
Al	0,36	17	0,85	2
H+Al	0,20	18	0,89	1
P	-0,66	12	-0,15	12
SB	-0,98	1	-0,07	16
CTC	-0,89	6	0,38	7
V	-0,93	3	-0,32	9
m	0,95	2	0,28	10
MO	-0,08	20	0,28	10
Areia	0,90	5	-0,07	16
Silte	-0,57	13	0,04	18
Argila	-0,89	6	0,07	16
S/A	0,42	14	-0,12	14
Ds	0,84	8	-0,48	5
Dp	-0,10	19	0,01	19
Pt	-0,77	10	0,43	6
% variância	52,66 %		17,37 %	
% variância acumulada	70,03 %			

2.3.1.7. Conclusões

As diversas análises físicas, químicas e mineralógicas indicaram que no topo, terço superior e encosta ocorreram Latossolos e no sopé de deposição os Neossolos Flúvicos;

As variáveis que melhor explicaram a evolução dos solos nas superfícies geomórficas estudadas foram realção silte/argila, Δ pH, Fe_d/Fe_t e V%, indicando solos mais intemperizados nas superfícies geomórficas I e II e comportamento contrário na superfície geomórfica III;

As análises estatística multivariada permitiram diferenciar os três ambientes distintos, equivalentes às três superfícies geomórficas. No topo (SG I) dominam os Latossolos Amarelos Alíticos típico; no terço superior e encosta (SG II) presença dos Latossolo Amarelo Distrófico plíntico e Latossolo Amarelo Distrófico argissólico e no sopé de deposição (SG III) ocorrência dos Neossolos Flúvicos Ta Eutrófico.

2.3.2. Relação solo-paisagem em uma toposseqüência sob substrato granítico em Santo Antônio do Matupi, Manicoré, AM.

2.3.2.1. Classificação e distribuição dos solos na paisagem

De maneira geral, foi observada nesta região uma fisionomia formada por platôs altos, no divisor de águas da paisagem, seguida por platôs baixos em áreas que possivelmente, devido à ação de processos erosivos intensos esculpiram este ambiente geomórfico, intercaladas por áreas de encosta e sopé de transporte, próximo aos fundos dos vales (Figura 12). Estas vertentes se repetem na região, evidenciando um processo de dissecação do relevo, propiciado principalmente pelos fluxos superficiais de água dos afluentes dos rios locais.

Partindo-se da geografia regional e utilizando-se dos conceitos de Dalrymple et al. (1968), que estabeleceram nove unidades hipotéticas de vertente, as quais podem estar parcialmente ausentes ou repetidas na encosta, foi escolhida uma toposseqüência representativa da região, e em seguida foram identificados e mapeados os segmentos existentes (Figura 12).

O topo alto corresponde ao ponto mais alto e plano da paisagem, ou seja, o divisor de águas e situa-se nas cotas de 178 a 180 m (Figura 12). Por conta de sua conformação, apresenta maior estabilidade no comportamento de seus atributos. O segundo segmento é a encosta (150 a 175 m), que se iniciou a partir das bordas do topo alto, apresentando uma configuração suavemente inclinada em direção aos cursos d'água principais, sendo originada pela dissecação do topo alto e por ciclos de erosão. A área de sopé de transporte situa-se em altitude de 130 m, com caráter erosional residual, correspondendo ao fundo dos vales que se apresentam preenchidos por sedimentos de erosão recente. Finalmente o topo baixo, que apresenta menores altitudes que o topo alto, entre 157 a 160 m, porém com características topográficas semelhantes, pode também ser considerado um ambiente geomórfico estável.

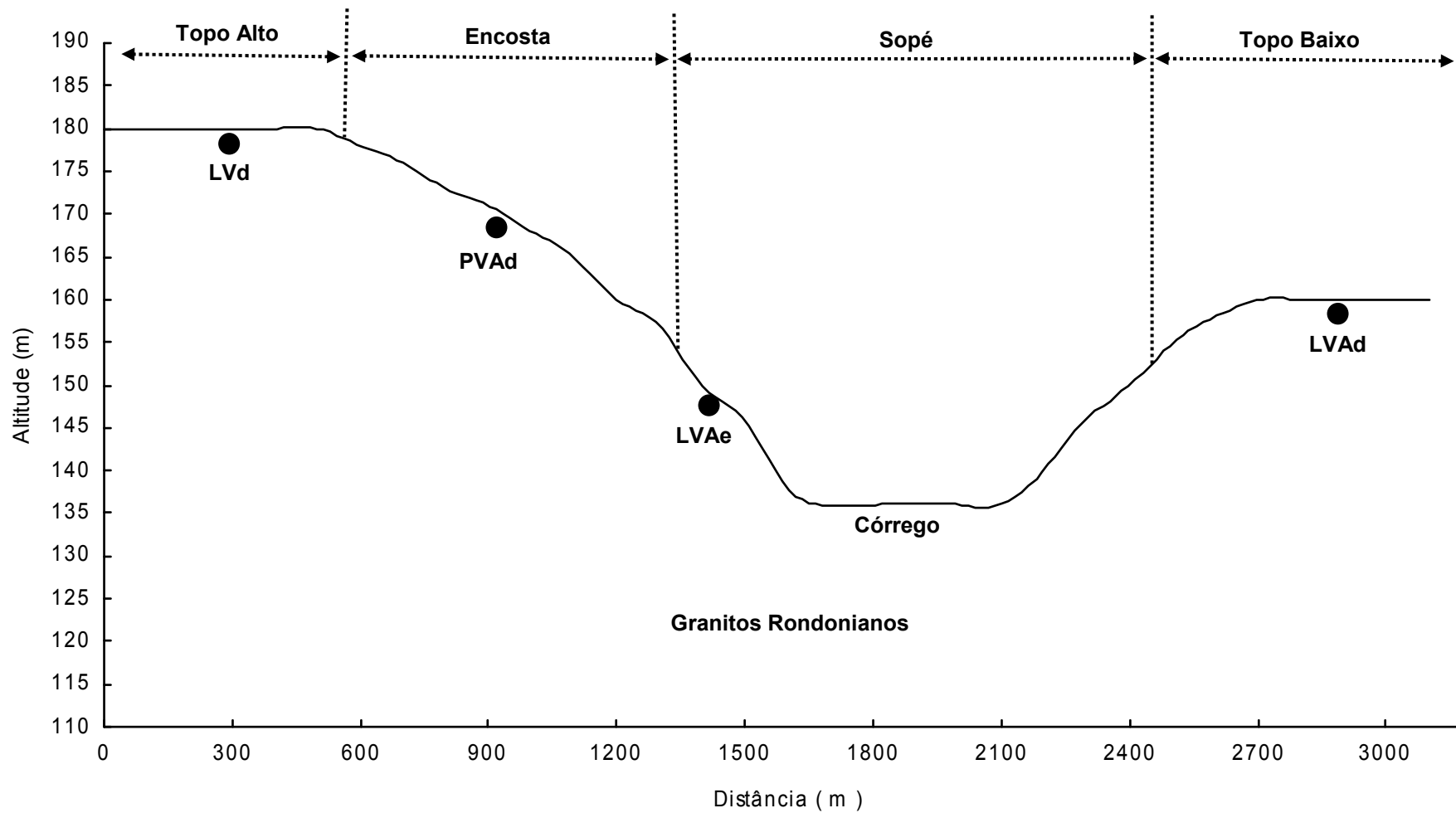


Figura 12. Perfil topográfico, superfícies geomórficas, segmentos de vertente e suas respectivas classes de solos e substrato rochoso em Santo Antônio do Matupi, Manicoré, AM

LVd=Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argilosa, A moderado; PVAd=Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abrupto, textura argilosa/muito argilosa, A moderado; LVAe=Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, muito argilosa, A moderado; LVAd=Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura muito argilosa, A moderado.

Em termos de pedogênese, as classes de solos ocorrentes na toposseqüência são muito semelhantes, exceto na encosta, considerando que as mesmas desenvolveram-se sobre um mesmo material de origem, o granito, os ambientes geomórficos são os principais causadores de alterações nos atributos do solo em magnitudes diferentes. Exemplo desse comportamento foi observado no sopé de transporte que favoreceu a ocorrência de Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico (LVAe), enquanto no topo alto verificou-se presença de Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd), ou seja, solos distróficos no topo alto e solos eutróficos no sopé de transporte, indicativo de maior intemperismo no LVd (Figura 12). Segundo Pennock & Veldkamp (2006), nestes ambientes os aspectos geomorfológicos e hidrológicos favorecem o movimento da água, transporte de solutos e controla os processos pedogenéticos, imprimindo assim, mudanças nos atributos do solo.

2.3.2.2. Atributos Morfológicos do Solo

No topo alto foi mapeado o Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argilosa, A moderado (LVd), desenvolvido a partir de granitos, com boa drenagem, profundo e com seqüência de horizontes A-AB-BA-Bw₁-Bw₂. Este solo apresentou coloração vermelha em todos os horizontes, com matiz 2,5YR, refletindo aspectos do material de origem e das boas condições de drenagem (Tabela 8).

Na encosta da paisagem foi identificado o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abrupto, textura argilosa/muito argilosa, A moderado (PVAd), originado a partir de granitos, moderadamente drenado e medianamente desenvolvido com seqüência de horizontes A-AB-Bt₁-Bt₂ e cores variando de bruno-forte a vermelho-amarelado (Tabela 8). Devido à posição de encosta estes solos parecem ter sofrido um processo de rejuvenescimento com o processo erosivo, com provável perda de argila dos horizontes superficiais, resultando em uma mudança textural abrupta.

No sopé de transporte o solo foi descrito e identificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura muito argilosa, A moderado (LVAe). Este perfil é influenciado pelas contribuições de sedimentos pré-intemperizados oriundos das partes mais a montante de sua posição e também do próprio material de origem (menores proporções). É bem drenado e apresentou caráter eutrófico, possivelmente, devido a sua natureza coluvial dominante. Tem seqüência de horizontes A-BA-Bw₁-Bw₂-Bw₃, com cor vermelho-amarelado (5YR 5/8) em todo o B (Tabela 8).

Tabela 8. Características morfológicas dos solos em uma topossequência sobre granito em Santo Antônio do Matupi, Manicoré, AM

Segmento de Vertente	Horizonte	Profundidade (cm)	Cor (úmida)	Classe Textural	¹ Estrutura	² Consistência	Transição
Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argilosa, A moderado							
Topo Alto	A	0-16	2,5YR 4/6	argila	fo., peq. a mpeq., bl.ang. e bl.sub.	dr.,mfri., plás. e peg.	gra. e pla.
	AB	16-35	2,5YR 3/6	argila	fo., peq. a mpeq., bl.sub.	mdr., fri., plás. e peg.	dif. e pla.
	BA	35-67	2,5YR 3/6	muito argilosa	mod., mpeq. a méd., bl.sub.	mdr., fri., plás. e lig.peg.	dif. e pla.
	Bw ₁	67-120	2,5YR 3/6	muito argilosa	fr., mpeq. bl.sub.	dr., fri., plás. e lig.peg.	dif. e pla.
	Bw ₂	120-150 +	2,5YR 4/6	muito argilosa	fr., mpeq. bl.sub.	dr., fri., plás. e lig.peg.	-
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abrupto, textura argilosa/muito argilosa, A moderado							
Encosta	A	0-28	7,5YR 4/6	argilo-arenosa	mod., peq. a méd., gran.	lig.dr., mfri., plás. e peg.	cla. e pla.
	AB	28-57	7,5YR 4/6	argilo-arenosa muito argilosa	mod., méd. a gr., bl.sub.	lig.dr., fri., mplás. e mpeg.	cla. e pla.
	Bt ₁	57-82	7,5YR 4/6	muito argilosa	mod., peq. a méd., bl.ang. e bl.sub.	dr., fri., mplás. e mpeg.	cla. e pla.
	Bt ₂	82-120 +	5YR 5/8	muito argilosa	mod., peq. a méd., bl.ang. e bl.sub.	dr., fir., mplás. e mpeg.	-
	Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura muito argilosa, A moderado						
Sopé de Transporte	A	0-18	7,5YR 4/6	muito argilosa	fo., peq. a méd., gran.	lig.dr., fri., plás. e peg.	gra. e pla.
	BA	18-42	5YR 5/8	argila	fr., peq. a méd., bl.sub.	lig.dr., mfri., plás. e peg.	gra. e pla.
	Bw ₁	42-71	5YR 5/8	muito argilosa	fr., peq. a méd., bl.sub.	lig.dr., fri., plás. e peg.	gra. e pla.
	Bw ₂	71-103	5YR 5/8	muito argilosa	fr., peq. a mpeq., bl.sub.	lig.dr., fri., plás. e peg.	gra. e pla.
	Bw ₃	103-170 +	5YR 5/8	muito argilosa	fr., peq. a méd., e bl.sub.	mac., fri., plás. e peg.	gra. e pla.
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura muito argilosa, A moderado							
Topo Baixo	A	0-22	7,5YR 5/6	muito argilosa	fo., peq. a méd., gran.	lig.dr., fri., plás. e lig.peg.	gra. e pla.
	BA	22-47	5YR 5/8	muito argilosa	fr., peq. a méd., bl. sub.	lig.dr., mfri., plás. e peg.	gra. e pla.
	Bw ₁	47-77	5YR 5/8	muito argilosa	fr., peq. a méd., bl. sub.	lig.dr., mfri., plás. e peg.	gra. e pla.
	Bw ₂	77-107	5YR 5/8	muito argilosa	fr., peq. a méd., bl. sub..	lig.dr., fri., plás. e peg.	gra. e pla.
	Bw ₃	107-145 +	5YR 5/8	muito argilosa	fr., peq. a méd., bl. sub.	mac., mfri., plás. e peg.	-

¹ fr.: fraca, mod.: moderada; fo.:forte; peq.: pequena, méd.: média; gr.: grande; mgr.: muito grande; mpeq.: muito pequena; gran.: granular; bl. ang.: blocos angulares; bl. sub.: blocos subangulares, prism.:prismática.

² so.: solto; mac.: macio; lig.dr.: ligeiramente duro; dr.: duro; mdr.: muito duro; ext.dr.: extremamente duro; mfri.: muito friável; fri.: friável; fir.: firme; mfr.: muito firme; ext.fir.: extremamente firme; nplás.: não plástico; lig.plás.: ligeiramente plástico; plás.: plástico; mplás.: muito plástico; npeg.: não pegajoso; lig.peg.: ligeiramente pegajoso; peg.: pegajoso; mpeg.:muito pegajoso.

³ cla.: clara; pla.: plana; gra.:gradual; ond.: ondulada; dif.: difusa; abr.:abrupta

No segmento de vertente topo baixo onde ocorre Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, com textura muito argilosa, A moderado (LVAd), constatou-se condições e características semelhante às encontradas no topo alto, com boa drenagem e grau de desenvolvimento, apresentando a seqüência de horizontes A-BA-Bw₁-Bw₂-Bw₃. Em relação à cor, este solo apresenta coloração predominante vermelho-amarelada (Tabela 8).

De maneira geral, observou-se que as cores variaram do vermelho, na área de topo alto, ao amarelo na encosta, com matiz de 7,5YR nos horizontes superficiais, passando a vermelho-amarelado nas áreas de sopé de transporte e topo baixo, concordando com a afirmativa de Peterschmitt et al. (1996), que solos vermelhos dominam as posições de topos, bem drenadas e solos amarelos são mais comuns em posições de encosta, moderadamente drenados. Segundo Demattê et al. (1991), o comportamento da cor é condicionado pelo movimento de água no sentido do declive, por ação do fluxo superficial e subsuperficial e, portanto, influenciado pela posição do solo na paisagem.

Os solos estudados apresentaram classes texturais muito semelhantes, variando entre argila e muito argilosa, exceção feita aos horizontes superficiais (A e AB) do Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abrupto que foi argilo-arenosa (Tabela 8).

Todos os solos estudados na toposseqüência apresentaram o grau de desenvolvimento de estrutura moderado a forte nos horizontes superficiais, devido aos elevados teores de matéria orgânica destes horizontes. Quanto aos tipos de estrutura verificou-se dominância de estrutura granular no horizonte superficial. Em profundidade todos os solos da seqüência apresentaram estrutura em blocos angulares e subangulares com grau de desenvolvimento de fraco a moderado (Tabela 8).

2.3.2.3. Atributos Físicos do Solo

Na Tabela 9 são apresentados os dados da caracterização física dos solos da topossequência sob granitos rodonianos. De maneira geral, as frações granulométricas apresentaram comportamento semelhante em todas as unidades de vertente estudadas, com predomínio da fração argila, em função do material de origem, concordando com Botschek et al. (1996) que estudou uma topossequência na região de Itacoatiara, AM.

Tabela 9. Caracterização física dos solos em uma topossequência sobre granito em Santo Antônio do Matupi, Manicoré, AM

¹ S V	Horiz.	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural	G. F.	S/A	Ds	Dp	Pt	CHSS
		cm			g kg ⁻¹			%		kg dm ⁻³		m ³ m ⁻³	cm h ⁻¹
Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argilosa, A moderado													
Topo Alto	A	0-16	195,5	97,8	137,4	569,2	47,4	91,66	0,24	1,06	2,70	0,61	36,57
	AB	16-35	169,1	96,1	156,1	578,6	2,7	99,47	0,27	1,11	2,74	0,60	18,10
	BA	35-67	85,6	93,5	146,0	674,8	0,9	99,86	0,22	1,00	2,78	0,64	13,25
	Bw ₁	67-120	86,8	89,6	171,4	652,1	12,9	97,96	0,26	0,99	2,78	0,64	5,63
	Bw ₂	120-150 +	85,0	89,0	177,4	648,5	6,8	98,92	0,27	1,08	2,78	0,61	4,07
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abruptico, textura argilosa/muito argilosa, A moderado													
Encosta	A	0-28	232,7	227,4	135,1	404,6	90,7	78,64	0,33	1,29	2,70	0,52	9,68
	AB	28-57	226,5	241,6	130,2	401,6	4,4	99,09	0,32	1,52	2,63	0,42	9,55
	Bt ₁	57-82	102,2	103,0	170,5	624,3	24,4	96,02	0,27	1,38	2,56	0,46	5,18
	Bt ₂	82-120 +	89,7	100,4	155,7	654,1	10,5	98,46	0,24	1,30	2,70	0,52	5,89
Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura muito argilosa, A moderado													
Sopé de Transporte	A	0-18	75,5	89,6	230,8	604,0	5,9	99,10	0,38	1,38	2,70	0,49	9,54
	BA	18-42	129,3	85,8	231,7	553,1	4,0	99,32	0,42	1,38	2,70	0,49	9,41
	Bw ₁	42-71	104,7	80,4	211,8	603,0	9,9	98,50	0,35	1,40	2,67	0,48	8,35
	Bw ₂	71-103	100,5	74,6	222,5	602,3	12,4	98,07	0,37	1,39	2,67	0,48	8,14
	Bw ₃	103-170 +	113,8	81,3	204,6	600,2	5,8	99,07	0,34	1,38	2,90	0,52	3,50
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura muito argilosa, A moderado													
Topo Baixo	A	0-22	128,8	126,3	120,0	624,8	9,6	98,46	0,19	1,27	2,67	0,52	7,41
	BA	22-47	83,7	91,4	110,0	714,8	0,3	99,96	0,15	1,11	2,74	0,60	5,75
	Bw ₁	47-77	115,4	99,7	80,0	704,8	0,7	99,90	0,11	1,09	2,63	0,59	3,49
	Bw ₂	77-107	66,7	68,4	120,0	744,8	3,6	99,52	0,16	1,12	2,70	0,58	2,86
	Bw ₃	107-145 +	85,8	69,3	100,0	744,8	0,1	99,99	0,13	1,20	2,74	0,56	1,81

¹segmento de vertente. GF = grau de floculação; S/A = relação silte/argila; Ds = densidade do solo; Dp = densidade de partícula; Pt = porosidade total; CHSS = condutividade hidráulica do solo saturado.

De acordo com Camargo et al. (1987), valores da relação silte/argila (S/A) inferiores a 0,50 indicam solos muito intemperizados, fato observado neste estudo. Entretanto, quando se comparam os valores dessa relação nos diversos segmentos de vertente, constatou-se que estes foram ligeiramente mais elevados nas áreas de encosta e sopé de transporte. Neste caso, os valores mais altos se devem ao pequeno aumento da fração silte ou perda de argila, sugerindo que as pequenas variações do relevo proporcionam perdas ou ganhos relativos e, possivelmente, não são motivadas por variações no material de origem.

Os valores de densidade do solo variaram entre 0,99 a 1,27 kg dm⁻³ para as posições de topo alto e baixo, enquanto que nas posições de encosta e sopé de transporte os valores foram mais altos e situaram-se entre 1,29 e 1,58 kg dm⁻³ (Tabela 9). A porosidade total seguiu a mesma tendência da densidade do solo, exibindo valores mais elevados nos topos alto e baixo e valores de menores magnitudes nas áreas de encosta e sopé de transporte. Já a densidade de partículas, que depende do material de origem, apresentou resultados semelhantes em todos os solos ao longo da topossequência.

A condutividade hidráulica saturada apresentou comportamento decrescente com a profundidade em todos os solos, devido as modificações estruturais, de porosidade e aumento dos teores de argila (Tabela 9). Entre os segmentos de vertente, verificou-se que as maiores taxas de condutividade hidráulica foram encontradas no ambiente geomórfico de topo alto. Hikmatullah & Prasetyo (2003) encontraram resultados semelhantes para uma topossequência de solos na Indonésia. Segundo estes autores este comportamento se deve à menor declividade e maior grau de intemperismo, que favorecem maior estabilidade estrutural ao solo, favorecendo a melhor drenagem.

2.3.2.4. Atributos Químicos do Solo

Em relação à caracterização química do solo, observou-se que os valores de pH tanto em água como em KCl apresentaram-se similares em todos os ambientes geomórficos (Tabela 10). Porém, em relação ao Δ pH, constatou-se que seus maiores valores são expressos no solo do sopé de transporte, estando de acordo com os maiores valores de K_i deste segmento (Tabelas 10 e 11), evidenciando que este segmento de vertente é o mais rejuvenescido, onde ocorrem solos com menor grau de evolução (Scatolini & Moniz, 1992).

Os teores de C orgânico total foram mais elevados nos horizontes superficiais e diminuindo em subsuperfície, resultado já esperado função da incorporação de MO pela vegetação. Entre os segmentos de vertente verificou-se que nas áreas de topo (alto e baixo) os teores são mais elevados, resultados atribuídos às melhores condições de drenagem, acumulação de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes (Boling et al., 2008), além de menor incidência de erosão. Quanto aos teores de P disponível, verificou-se que no topo alto os valores são mais baixos que nas áreas de encosta, sopé de transporte e topo baixo.

O cálcio trocável apresentou tendência de crescimento partindo do topo alto, passando pelo topo baixo e encosta, até o sopé de transporte, indicando maior teor deste elemento nos ambientes geomórficos mais jovens. Para o magnésio este comportamento somente é observado em subsuperfície. Resultados semelhantes foram encontrados por Schawe et al. (2007), que estudou uma seqüência de solos na floresta tropical úmida da Bolívia.

Se considerarmos apenas os valores médios dos conteúdos destes elementos (Ca^{2+} e Mg^{2+}) nos horizontes diagnósticos subsuperficiais, observou-se que ambos apresentaram maiores resultados no sopé de transporte da vertente (0,86 e 0,15 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ para Ca^{2+} e Mg^{2+} , respectivamente). Na encosta os valores do Ca^{2+} e do Mg^{2+} mostram valores de 0,77 e 0,11 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente. Os ambientes de topo apresentaram diferenças entre os dois ambientes, com o topo alto apresentando os valores mais baixos, de 0,43 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ para Ca^{2+} e 0,03 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ para Mg^{2+} . No topo baixo os valores foram de 0,64 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ para o Ca^{2+} e 0,07 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ para o Mg^{2+} . Estes resultados assemelham-se aos encontrados por Uberti & Klamt (1984), que estudaram as relações solo-superfície geomórfica no Nordeste do Rio Grande do Sul. Os valores de potássio foram muito baixos em todos os segmentos de vertente.

A expressão da acidez trocável (Al^{3+}) foi maior nas áreas planas, topos baixo e alto do que nas áreas de encosta e sopé de transporte. Este fato pode ser explicado pela maior penetração da água no relevo plano, favorecendo o aumento da lixiviação das bases trocáveis no perfil do solo, corroborando com Vidal-Torrado et al. (1999).

Para a acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$), verificou-se comportamento semelhante aos teores de Al^{3+} trocável, evidenciando maiores valores no topo alto, seguido pelo topo baixo e encosta, que são mais intemperizados que o ambiente de sopé de transporte. Para a soma de bases (SB) observou-se, que apesar de apresentar

valores baixos, função do alto grau de intemperismo e lixiviação do clima tropical chuvoso, há uma tendência de pequeno aumento do topo para o sopé de transporte, ou seja, das superfícies mais intemperizadas para as rejuvenescidas, comportamento contrário ao do Al^{3+} e $H^+ + Al^{3+}$ (Tabela 10), concordando com Marques Júnior & Lepsch (2000) que estabeleceram conexões entre os solos e as formas do relevo sob arenitos na região Monte Alto, SP.

A capacidade de troca catiônica apresentou valores mais elevados nos horizontes superficiais de todos os perfis, visto que a CTC dos solos amazônicos é dependente da matéria orgânica (Rocha & Cerri, 1994). A comparação entre os segmentos de vertente mostrou que a CTC das áreas de topo alto e baixo, apresentou valores maiores que a das áreas de encosta e sopé de transporte, resultado atribuído aos maiores teores de matéria orgânica das superfícies planas.

A saturação por bases (V%) apresentou comportamento inverso aos valores da saturação de alumínio (m%), nos segmentos de vertente. Verificou-se que os topos alto e baixo apresentaram os menores valores do V%, ocorrendo o oposto na encosta e no sopé de deposição, ou seja, predomínio de solos eutróficos no sopé de transporte e solos distróficos no topo da vertente. Estes resultados são similares com os encontrados por Perez et al. (1980) que estudou a relação solo geomorfologia em duas vertentes no vale do Rio Mogi-Guaçu, SP.

Os teores dos óxidos de silício, ferro e alumínio (SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3) são apresentados na Tabela 11. Verificou-se que os teores totais de Al_2O_3 e Fe_2O_3 apresentaram resultados mais expressivos nas áreas de topo, quando comparados às áreas de encosta e sopé de transporte. Esta tendência também foi encontrada por Andrade et al. (1997), que estudaram a pedogeomorfologia de uma vertente com seqüência Latossolo - Areia Quartzosa Hidromórfica sobre rochas cristalinas no Estado do Amazonas.

Em todos os ambientes geomórficos os valores de Ki foram baixos, indicando solos bastantes intemperizados, apesar disso, verificou-se que valores ligeiramente mais elevados foram encontrados na encosta e no sopé de transporte, mostrando que em vertentes sob um mesmo material de origem, os solos mais evoluídos expressam-se nas posições de topo e solos mais jovens nas áreas de encosta e sopé, concordando com os resultados encontrados por Scatolini & Moniz (1992).

Tabela 11. Teores dos óxidos do ataque sulfúrico (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3), óxidos livre extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3) e formas amorfas extraídas com oxalato ácido de amônio (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3) e relações entre eles em uma toposseqüência sobre granito em Santo Antônio do Matupi, Manicoré, AM

¹ SV	² Horiz.	Óxidos do Ataque Sulfúrico			Relações		Ditionito Citrato Bicarbonato			Oxalato Ácido de Amônio			Relações			
		SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	Ki	Kr	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	$\frac{\text{Fe}_{\text{ox}}}{\text{Fe}_d}$	$\frac{\text{Al}_{\text{ox}}}{\text{Al}_d}$	$\frac{\text{Si}_{\text{ox}}}{\text{Si}_d}$	$\frac{\text{Fe}_d}{\text{Fe}_t}$
		dag kg ⁻¹			dag kg ⁻¹			dag kg ⁻¹								
Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argiloso, A moderado																
Topo	A	0,85	6,86	3,41	0,42	0,19	0,30	3,75	1,62	0,22	0,09	0,27	0,02	0,17	0,74	0,55
Alto	AB	0,93	7,88	3,83	0,41	0,18	0,34	3,88	1,66	0,21	0,04	0,25	0,01	0,15	0,62	0,49
	Bw ₁	0,87	8,00	4,45	0,33	0,15	0,25	3,94	1,72	0,21	0,04	0,22	0,01	0,12	0,84	0,49
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abrupático, textura argilosa/muito argiloso, A moderado																
Encosta	A	0,87	4,14	1,87	0,79	0,33	0,28	1,71	0,83	0,23	0,02	0,31	0,01	0,37	0,82	0,46
	AB	1,16	4,23	2,27	0,87	0,40	0,24	1,89	0,81	0,23	0,04	0,29	0,02	0,35	0,96	0,40
	Bt ₁	1,14	4,19	2,64	0,73	0,36	0,25	1,90	0,91	0,21	0,01	0,22	0,01	0,24	0,84	0,45
Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura muito argilosa, A moderado																
Sopé	A	1,49	4,85	2,82	0,90	0,43	0,29	1,70	0,90	0,24	0,03	0,31	0,02	0,34	0,83	0,35
	BA	1,31	4,03	2,31	0,96	0,46	0,31	1,73	0,78	0,24	0,03	0,27	0,02	0,35	0,77	0,43
	Bw ₁	1,06	4,18	2,17	0,83	0,37	0,23	1,75	0,79	0,21	0,02	0,29	0,01	0,37	0,91	0,42
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura muito argilosa, A moderado																
Topo	A	1,28	5,43	2,72	0,80	0,35	0,37	2,59	1,24	0,24	0,04	0,31	0,01	0,25	0,65	0,50
Baixo	BA	1,53	5,58	3,30	0,79	0,38	0,30	2,71	1,71	0,24	0,05	0,26	0,01	0,15	0,80	0,51
	Bw ₁	1,40	4,92	3,11	0,77	0,38	0,30	2,83	1,34	0,23	0,04	0,25	0,01	0,37	0,77	0,53

¹ segmento de vertente

² horizontes

Os dados de Al_2O_3 e Fe_2O_3 extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato (DCB) evidenciaram uma distribuição semelhante àquela mostrada pelo ataque sulfúrico, ou seja, teores mais elevados de óxidos de ferro e de alumínio ocorrem nas áreas de topo, reduzindo-se nas áreas de encosta, e sopé de transporte, resultados concordantes com os encontrados por Demattê et al. (1994), que estudaram uma encosta na região de Tucuruí, PA.

Os óxidos de Fe, Si e Al extraídos com oxalato de amônio (OAA) apresentaram valores entre 0,01 a 0,09 dag kg^{-1} para o Fe, e 0,22 a 0,31 dag kg^{-1} para o Al, distribuindo-se similarmente em todos os segmentos de vertente. A relação entre o ferro extraído por DCB e por OAA, que indica o grau de cristalinidade dos óxidos de ferro, no presente estudo não mostrou variação entre os diversos solos.

Para os teores dos óxidos de Al extraídos por OAA, verificou-se um sensível aumento nas áreas de encosta e sopé de transporte em relação às áreas de topo, refletindo um maior valor na relação Al_{ox}/Al_d nas áreas de encosta e sopé de transporte em relação às posições de topo, ou seja, a relação tende a decrescer com a profundidade do perfil e aumentar ao longo da vertente, pois à medida que os óxidos vão ficando menos cristalinos, eles são mais facilmente removidos do solo e posteriormente depositados nas áreas de menores cotas, onde predominam ambientes mais úmidos (Demattê et al., 1994).

A relação (Fe_d/Fe_t) tem sido utilizada como indicador do grau de desenvolvimento do solo, sendo maior nos solos mais intemperizados. Os maiores valores dessa relação (entre 0,49 e 0,55) foram encontrados no Latossolo Vermelho Distrófico e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVd e LVAd) que ocorrem nas posições de topo da paisagem, indicando um estágio mais avançado de intemperização, em comparação ao Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abrupto (PVAd) da encosta, com valor entre 0,40 a 0,45, e ao Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (LVAe) do sopé de transporte (0,35 a 0,43). Resultados semelhantes foram encontrados por Cunha et al. (2005), que estudaram uma topossequência de transição arenito-basalto em Jaboticabal, SP.

2.3.2.5. Atributos Mineralógicos do Solo

Em relação à mineralogia da fração areia (Tabela 12), observou-se que o quartzo predomina em todos os horizontes dos solos estudados. Além desse mineral observou-se no segmento de topo alto (LVd) uma pequena quantidade de hematita e

gibbsita nos horizontes A e Bw₁, assim como presença de feldspatos e Ilmenita. No segmento de topo baixo (LVAd) verificou-se presença de hematita para os dois horizontes diagnóstico estudados (A e Bw₁) e de gibbsita e anatásio no horizonte Bw₁.

Tabela 12. Composição mineralógica das frações areia, silte e argila dos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais em uma topossequência sobre granito em Santo Antônio do Matupi, Manicoré, AM

Segmentos de Vertente	Horizonte	Areia	Silte	Argila
Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argiloso, A moderado				
Topo Alto	A	Gb, Hm e Q	Ct, Gb, Q, Gh, An, Fd e Im	Ct, Gb e Gh
	Bw ₁	Gb, Hm, Q, Fd e Im	Ct, Gb, Q, Gh, An, Fd e Im	Ct, Gb e Gh
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abruptico, textura argilosa/muito argiloso, A moderado				
Encosta	A	Q e Hm	Ct, Gb, Q, Gh, An, Fd e Im	M, Ct, Gb e Q
	Bt ₁	Q e Im	Ct, Gb, Q, Gh, An, Fd e Im	M, Ct, Gb e Q
Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura muito argilosa, A moderado				
Sopé	A	Q	M, Ct, Gb, Q, Gh e Im	M, Ct e Gb
	Bw ₁	Q	M, Ct, Gb, Q, Gh, Fd e Im	M, Ct e Gb
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura muito argilosa, A moderado				
Topo Baixo	A	Q e Hm	Ct, Gb, Q, Gh, An, Fd e Im	M, Ct e Gb
	Bw ₁	Q, Hm, Gb e An	Ct, Gb, Q, Gh, An, Fd e Im	M, Ct e Gb

Q = quartzo; Gb = gibbsita; Ct = caulinita; Hm = hematita, Gh = goethita; An = anatásio, Im = ilmenita, Fd = feldspatos, M = mica.

De acordo com Ferreira et al. (2003), a presença dos óxidos de ferro (hematita) e do hidróxido de alumínio (gibbsita), assim como dos óxidos de titânio (ilmenita) são comuns em solos de ambientes tropicais, devido às condições de intensa lixiviação. Alguns desses óxidos podem ter dominância quantitativamente importante no pedossistema, conforme a litologia dominante no material de origem e os mecanismos de pedogênese.

A fração silte apresentou uma assembléia mineralógica mais complexa que a fração areia, exibindo outros minerais além do quartzo, podendo-se destacar: gibbsita, caulinita, hematita, anatásio, ilmenita, e pequena quantidade de feldspatos para todos os segmentos de vertente (Tabela 12). Além disso, foi observada no

segmento de sopé da paisagem, a presença de mica, que pode ser originada a partir de sedimentos translocados, com posterior neoformação (Melo et al., 2006).

A composição mineralógica da fração argila mostrou-se relativamente homogênea (Tabela 12), com predominância de caulinita e gibbsita, menor proporção de mica e pouca goethita e quartzo. De acordo com Marques et al. (2002), a mineralogia mais residual é característica dos ambientes amazônicos, devido principalmente a pobreza do material de origem, excelentes condições de drenagem e maior ação do intemperismo sobre os sedimentos.

Ainda em relação à mineralogia da fração argila dos solos na topossequência, verificou-se que entre os segmentos de vertente apenas o topo alto não apresentou presença de picos de mica, diferindo assim dos demais segmentos (encosta, sopé de transporte e topo baixo). Este fato está, possivelmente, associado à maior estabilidade deste ambiente, e, conseqüentemente, com a maior ação do intemperismo. De acordo com Lima et al. (2006), as condições de drenagem favorável, resultantes das características ambientais e da permeabilidade dos materiais de origem, levam a um processo de intemperismo acentuado, o que resulta em perfis mais profundos e de menor riqueza em minerais primários.

2.3.2.6. Análises Estatísticas

Foram realizadas análises estatísticas, com amostras laterais, considerando apenas os segmentos de vertente como fontes de variação. Na Tabela 13 são apresentados os resultados referentes aos atributos físicos.

Verificou-se que os teores de areia nos horizontes diagnósticos são mais elevados na encosta e no sopé de transporte, diferindo estatisticamente das posições de topo. Este resultado é atribuído às formas do relevo destes ambientes (encosta e sopé de transporte), que favorecem o carreamento de partículas mais finas e conseqüente concentração de frações mais grosseiras, conforme destaca Vidal-Torrado et al. (1999).

No caso da fração argila o comportamento é inverso, exibindo maiores concentrações nas posições de topo em relação à encosta e sopé de transporte, fato que se deve a natureza do material de origem associado às formas do relevo mais estável, que não favorece o transporte de material para outros compartimentos da paisagem (Krasilnikov et al., 2005).

Os resultados da densidade do solo foram mais elevados no sopé de transporte do que nas outras unidades da paisagem, possivelmente em

consequência da maior instabilidade desse ambiente geomórfico. Nos topo alto e baixo, as condições de melhor drenagem, maior intemperismo e maiores teores de matéria orgânica favorecem uma maior agregação e estabilidade estrutural do solo, o que reflete, por sua vez, na maior porosidade total. Soares et al. (2005) estudando solos em uma topossequência sob cultivo de cana de açúcar encontrou valores de densidade do solo com essa mesma tendência.

Tabela 13. Médias dos atributos físicos em uma topossequência sobre granito em Santo Antônio do Matupi, Manicoré, AM

Segmentos de Vertente	Areia	Silte g kg ⁻¹	Argila	Ds kg dm ⁻³	Dp	Pt m ³ m ⁻³	CHSS cm h ⁻¹
Horizontes Diagnósticos Superficiais							
Topo Alto	261,52 b	206,52 a	532,36 b	1,07 c	2,69 a	0,60 a	7,72 a
Encosta	418,40 a	92,00 b	489,60 b	1,18 ab	2,61 b	0,54 b	2,51 b
Sopé de Transporte	454,40 a	44,00 c	501,60 b	1,22 a	2,65 ab	0,54 b	1,58 b
Topo Baixo	282,40 b	56,00 bc	661,60 a	1,11 bc	2,68 a	0,58 a	0,97 b
Horizontes Diagnósticos Subsuperficiais							
Topo Alto	178,94 c	187,75 a	633,30 ab	1,11 b	2,81 a	2,81 a	6,28 a
Encosta	230,40 bc	80,00 b	689,60 a	1,13 b	2,61 b	2,61 b	0,95 b
Sopé de Transporte	336,40 a	48,00 bc	585,60 b	1,21 a	1,21 a	2,63 b	2,08 b
Topo Baixo	262,40 b	44,00 c	693,60 a	1,14 ab	1,14 ab	2,70 ab	0,92 b

Ds = densidade do solo; Dp = densidade de partícula; PT = porosidade total; CHSS = condutividade hidráulica do solo saturado. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A condutividade hidráulica do solo saturado apresentou também valores maiores nos segmentos de topo da paisagem, influenciados pelas condições de maior estabilidade do terreno, conteúdo de matéria orgânica e agregação do solo, que favorece maior infiltração (Sobieraj et al., 2002).

Os valores do pH em água e KCl apresentaram resultados semelhantes nos horizontes diagnósticos, apresentando valores mais elevados na área de topo alto em relação às demais áreas. Em relação à matéria orgânica, observou-se que nos horizontes superficiais não houve diferenças significativas entre os ambientes, porém em subsuperfície, o sopé de transporte apresentou resultados mais altos, concordando com Reis et al. (2007) que estudou o comportamento dos atributos do solo em uma topossequência na microrregião de Marabá, PA (Tabela 14).

Tabela 14. Médias dos atributos químicos dos em uma toposseqüência sobre granito em Santo Antônio do Matupi, Manicoré, AM

¹ SG	pH em H ₂ O	pH em KCl	M.O. g kg ⁻¹	P mg kg ⁻¹	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al cmolc kg ⁻¹	SB	CTC	V %	m
Horizontes Diagnósticos Superficiais														
Topo Alto	4,8 a	4,3 a	2,2 a	0,7 b	0,89 b	0,61 a	0,11 b	0,03 b	0,35 b	10,70 a	1,64 a	12,36 a	14,09 c	17,45 c
Encosta	4,1 b	3,9 b	1,9 a	5,9 a	0,82 b	0,26 ab	0,18 a	0,26 a	0,64 a	3,22 bc	1,52 a	4,74 b	32,10 b	29,57 b
Sopé de Transporte	3,8 b	3,7 b	1,8 a	4,9 a	1,14 a	0,14 b	0,11 b	0,28 a	0,70 a	1,88 c	1,68 a	3,56 b	48,19 a	29,48 b
Topo Baixo	4,1 b	3,8 b	1,6 a	1,2 b	0,59 b	0,11 b	0,10 b	0,26 a	0,82 a	4,68 b	1,08 a	5,77 b	18,80 c	43,09 a
Horizontes Diagnósticos Subsuperficiais														
Topo Alto	4,9 a	4,8 a	0,5 ab	2,3 a	0,60 b	0,36 a	0,03 b	0,03 c	0,31 c	4,79 a	1,03 b	5,80 a	18,51 c	23,95 b
Encosta	4,5 ab	4,2 b	0,4 b	1,1 a	0,81 b	0,10 b	0,06 ab	0,34 a	0,40 c	1,70 c	1,32 ab	3,03 b	43,90 b	23,06 b
Sopé de Transporte	4,3 b	4,0 bc	1,0 a	0,9 a	1,34 a	0,09 b	0,07 ab	0,23 b	0,58 b	1,23 c	1,74 a	2,98 b	58,84 a	25,56 b
Topo Baixo	4,2 b	3,9 c	0,7 ab	0,7 a	0,79 b	0,09 b	0,09 a	0,32 ab	0,74 a	3,66 b	1,29 ab	4,95 a	24,14 c	36,43 a

¹ superfícies geomórficas

I = 40 pontos; II = 20 pontos; III = 20 pontos, totalizando 80 pontos. Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de tukey ao nível de 5%.

O fósforo disponível não apresentou diferenças estatísticas nos horizontes subsuperficiais, mas em superfície, nos ambientes de encosta e sopé de transporte os valores foram mais elevados (Tabela 14). Em relação aos teores de cálcio trocável observou-se que os maiores valores foram observados no sopé de transporte, diferindo estatisticamente dos demais ambientes geomórficos em ambos os horizontes diagnósticos.

Os valores do Mg^{2+} foram mais elevados em ambos os horizontes na área de topo alto, enquanto o K^+ e o Na^+ trocáveis apresentaram valores muito baixos, com pequenas variações em alguns ambientes (Tabela 14).

A acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) apresentou valores mais elevados no topo alto para ambos os horizontes, diferindo estatisticamente do topo baixo, encosta e sopé de transporte. A soma de bases (SB) não apresentou diferenças entre ambientes, enquanto a capacidade de troca catiônica (CTC) em ambas as profundidades apresentou comportamento semelhante, com maiores valores no topo alto, que nos demais segmentos.

A saturação de bases (V%) foi maior no segmento de sopé de transporte, seguido pela encosta, topo baixo e topo alto. Ainda em relação ao V% verificou-se que o solo do segmento sopé de transporte é eutrófico, enquanto os demais segmentos (encosta, topo alto e topo baixo) são distróficos. A saturação por alumínio (m%) nos dois horizontes diagnósticos tem comportamento inverso ao dos valores do V%, sendo maior no topo baixo, confirmando valores obtidos por Nunes et al. (2001) que estudaram a relação solo-paisagem-material de origem em solos de Minas Gerais.

Os dendrogramas obtidos pela análise de agrupamento para os horizontes superficiais e subsuperficiais são apresentados na Figura 13. Nesta análise as amostras (pontos de amostragem de solo) foram agrupadas com base no seu grau de semelhança, com o objetivo de classificá-las em grupos mais ou menos homogêneos.

Para os horizontes diagnósticos superficiais, foi admitida a variação da distância de ligação entre 3,5 e 5,5, que permitiu uma divisão exata em três grupos. Isto indica que com o uso em conjunto dos atributos físicos e químicos foi possível ordenar os dados em apenas três segmentos de vertente, o G1, correspondendo aos dados localizados no topo alto da paisagem, o G2 agrupando os dados da encosta e sopé de transporte, enquanto o G3 agrupou os dados do topo baixo (Figura 13). Estes resultados indicaram que os segmentos de vertente encosta e

sopé de transporte apresentaram semelhanças em seus atributos. Segundo Cunha et al. (2005) estes resultados podem ser explicados pelo fato de ambos ocuparem as posições mais instáveis da paisagem e por serem horizontes superficiais.

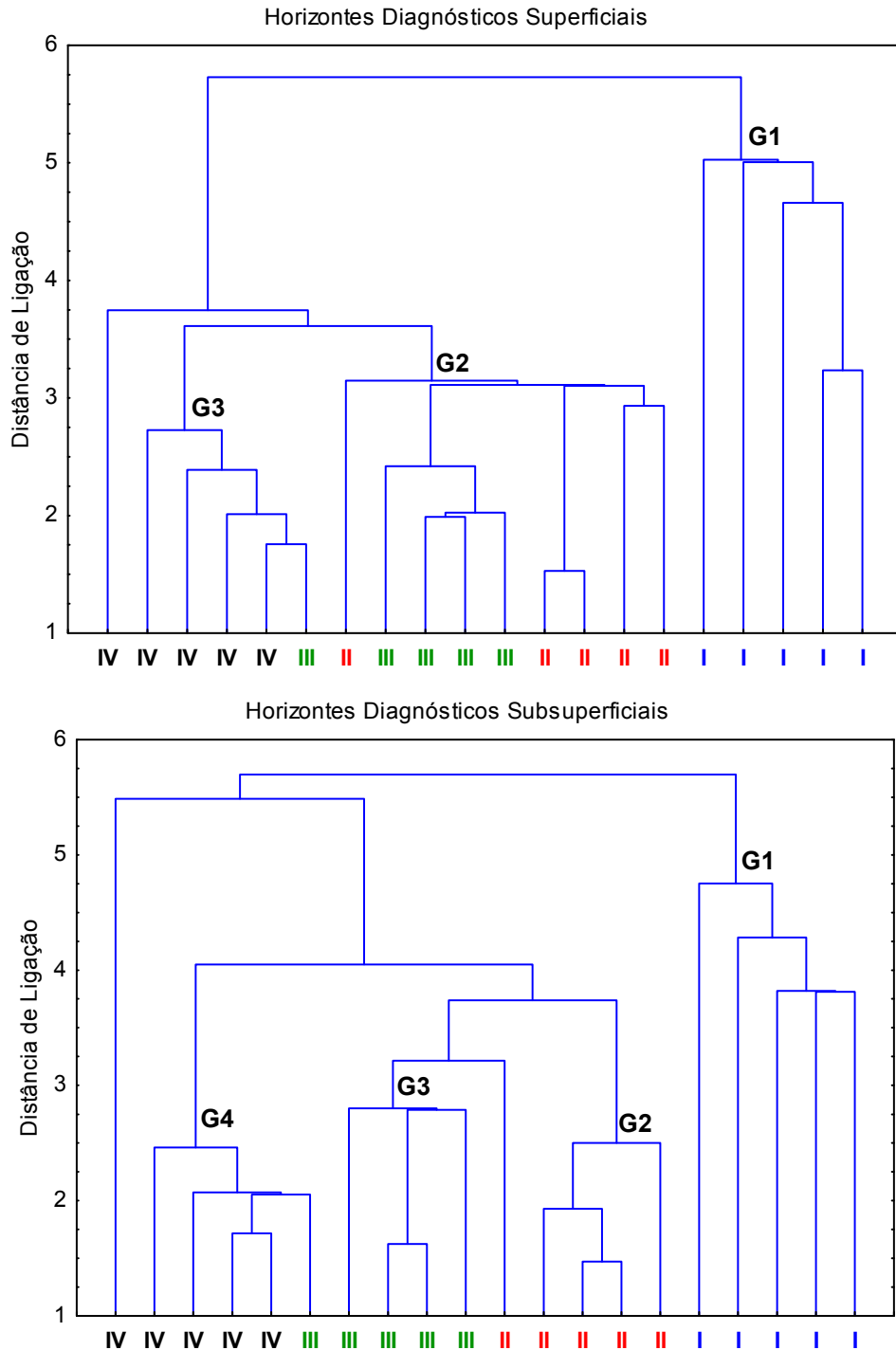


Figura 13. Dendrograma das interrelações dos segmentos de vertente, referente ao conjunto de parâmetros físicos (areia, silte, argila, S/A, Ds, Dp, Pt) químicos (pH em água e KCl, Δ pH, Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+} , $H^+ + Al^{3+}$, P, SB, CTC, V, m, MO) nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais.

I = topo alto; II = encosta; III = sopé de transporte; IV = topo baixo.

Em relação aos horizontes subsuperficiais, admitindo-se uma distância de ligação entre 2,5 e 5,0. Neste caso observou-se a formação nítida de quatro grupos, que individualizam os segmentos de vertente, topo alto, encosta, sopé de transporte e topo baixo, correspondendo aos grupos G1, G2, G3 e G4 respectivamente (Figura 13). A diferenciação dos quatro segmentos de vertente foi marcante, evidenciando assim as particularidades de cada um, o que se justifica pela posição subsuperficial, que recebe menos influência dos agentes externos (Campos et al., 2007). Por causa disso, segundo Young & Hammer (2000), as informações dos horizontes diagnósticos subsuperficiais são os mais importantes e mais utilizadas para fins taxonômicos.

A análise de componentes principais (ACP) é complementar à análise de agrupamento, ou seja, é utilizada para confirmar os resultados já obtidos na análise de agrupamento. Na Figura 14 é apresentada a ACP para o conjunto dos atributos físicos e químicos dos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais. Observou-se que nos horizontes diagnósticos superficiais os dois primeiros eixos explicaram 73,24% da variabilidade total dos dados, sendo 49,58% e 33,68% pelo 1º e 2º eixos, respectivamente (Figura 14). Para os horizontes diagnósticos subsuperficiais observou-se comportamento similar, com 63,93% explicando a variabilidade dos dados, sendo o 1º eixo responsável por 47,10%, e 2º por 18,83%.

Com base nos resultados dos horizontes subsuperficiais, constatou-se a formação de quatro grupos diferentes, referentes aos quatro segmentos de vertentes, coincidindo com a análise de agrupamento (Figura 14). Estes resultados vem confirmar que o uso da análise multivariada de componentes principais pode servir para agrupar indivíduos com características semelhantes e estudar suas correlações (Valladares et al., 2008), sendo, neste caso específico, bastante úteis para o estudo dos segmentos de vertente.

Na análise de componentes principais, foram considerados os dois primeiros componentes Fator 1 e Fator 2, que armazenaram 73,24% da variância original dos atributos do solo para os horizontes diagnósticos superficiais (Tabela 15). Observou-se que o Na, densidade do solo (Ds), areia, alumínio trocável e V% apresentaram correlações positivas enquanto o pH em água e KCl, silte, CTC e H+Al apresentaram correlações negativas para o primeiro fator. Para o segundo fator a saturação por alumínio (m%) e teor de argila apresentou correlações positivas, enquanto fósforo disponível (P) e soma de bases (SB) contribuíram com correlações negativas.

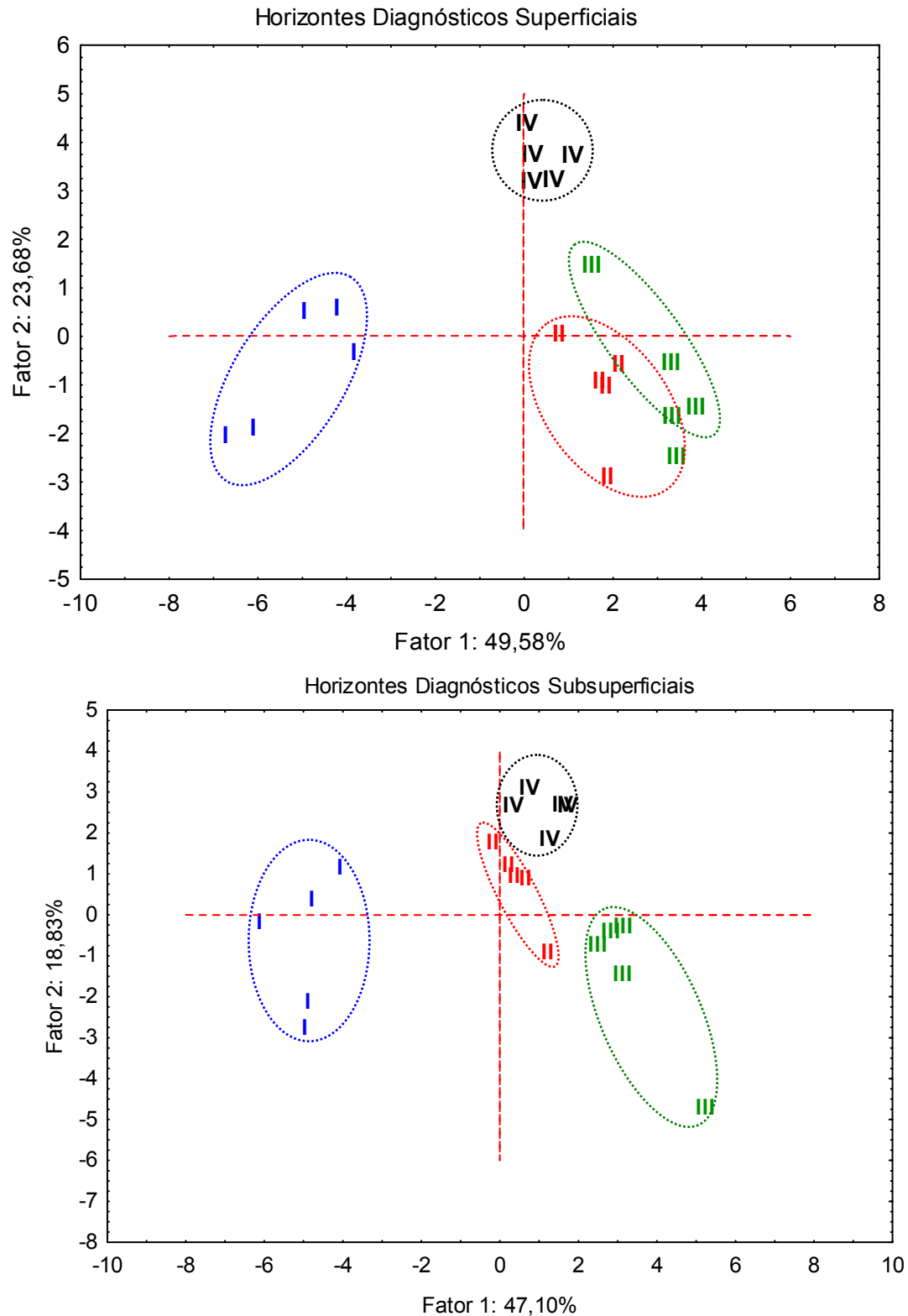


Figura 14. Análise de Componentes Principais para os atributos físicos (areia, silte, argila, S/A, Ds, Dp, Pt) e químicos (pH em água e KCl, Δ pH, Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+} , $H^+ + Al^{3+}$, P, SB, CTC, V, m, MO) separados por segmentos de vertente, nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais.

I = topo alto; II = encosta; III = sopé de transporte; IV = topo baixo.

Tabela 15. Coeficientes de correlação entre os atributos originais, componentes principais (Y_1 e Y_2) e ordem de importância dos parâmetros originais para os horizontes diagnósticos superficiais nos segmentos de vertente.

Variáveis	Coeficiente de Correlação dos Componentes Principais			
	$r(Y_1, X_j)$	Ordem de Importância	$r(Y_2, X_j)$	Ordem de Importância
pH em água	-0,93	1	-0,06	16
pH em KCl	-0,88	4	-0,27	14
Δ pH	0,70	11	-0,27	14
Mg	-0,73	8	-0,48	7
Ca	0,20	16	-0,53	6
K	0,25	14	-0,44	8
Na	0,92	2	0,20	15
Al	0,73	8	0,56	5
H+Al	-0,88	4	0,01	17
P	0,71	10	-0,61	4
SB	-0,14	14	-0,89	2
CTC	-0,88	4	-0,06	16
V	0,72	9	-0,39	11
m	0,57	12	0,77	3
MO	-0,23	15	-0,43	9
Areia	0,77	7	-0,56	5
Silte	-0,90	3	-0,32	12
Argila	-0,17	17	0,92	1
S/A	-0,85	5	-0,42	10
Ds	0,83	6	-0,42	10
Dp	-0,51	13	0,30	13
Pt	-0,83	6	0,44	8
% variância	49,58 %		23,66 %	
% variância acumulada	73,24 %			

Em relação aos horizontes diagnósticos subsuperficiais a variância acumulada foi de 65,93 % (Tabela 16), neste caso os atributos do solo que apresentaram correlações positivas para o primeiro fator foram areia, Ca, Na e V% e os que apresentaram correlações negativas foram pH em KCl, silte, S/A, e Pt. Para o segundo fator, verificou-se que as maiores correlações positivas foram com fósforo disponível (P) e m% e as negativas foram com Ca e SB.

Tabela 16. Coeficientes de correlação entre os atributos originais, componentes principais (Y_1 e Y_2) e ordem de importância dos parâmetros originais para os horizontes diagnósticos subsuperficiais nos segmentos de vertente.

Variáveis	Coeficiente de Correlação dos Componentes Principais			
	$r(Y_1, X_j)$	Ordem de Importância	$r(Y_2, X_j)$	Ordem de Importância
pH em água	-0,73	7	-0,17	17
pH em KCl	-0,89	2	-0,32	13
Δ pH	-0,49	14	-0,35	11
Mg	-0,71	8	-0,47	7
Ca	0,71	8	-0,61	3
K	0,64	13	0,13	18
Na	0,70	9	0,43	8
Al	0,65	12	0,34	12
H+Al	-0,76	5	0,22	16
P	-0,33	16	-0,51	5
SB	0,65	12	-0,59	4
CTC	-0,68	10	0,08	20
V	0,76	5	-0,41	9
m	0,21	17	0,77	2
MO	0,44	15	-0,34	12
Areia	0,86	3	-0,37	10
Silte	-0,92	1	-0,31	14
Argila	-0,17	18	0,86	1
S/A	-0,89	2	-0,37	10
Ds	0,66	11	-0,48	6
Dp	-0,75	6	-0,10	19
Pt	-0,83	4	0,30	15
% variância	47,10 %		18,83%	
% variância acumulada	65,93 %			

2.3.2.7. Conclusões

As variações do relevo favoreceram a presença de solos distróficos no topo alto (Latossolo Vermelho Distrófico típico) e solos eutróficos (Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico) no sopé de transporte;

As variáveis Δ pH, relação silte/argila, V% e relação Fe_d/Fe_t indicam solos mais intemperizados nas áreas de topo da paisagem e solos em menor grau de evolução na encosta e sopé de transporte;

Com o uso das técnicas estatísticas multivariadas (análise de agrupamento e análise de agrupamento) foi possível distinguir quatro diferentes ambientes (G1, G2, G3 e G4), que equivalem aos quatro segmentos de vertente;

2.3.3. Relação solo-vegetação em uma transição Campo/Floresta na região de Humaitá, AM

2.3.3.1. Classificação e distribuição dos solos na paisagem

Utilizando-se do critério da repetição (paisagem que mais ocorre na região) e da preservação dos ambientes (ambiente não antropizado), escolheu-se uma área com seqüência Campo/Floresta, conforme Figura 15.

Com base na vegetação e no relevo a paisagem foi subdividida em quatro unidades pedoambientais: **campo alto**: situado no platô rebaixado da paisagem, com ocorrência de gramíneas e árvores retorcidas e espaçadas (cerrado); **campo baixo**: formado por depressões que inundam durante as chuvas e secam na estiagem, com predominância de gramíneas; **zona de ecótono**: caracteriza-se por um ambiente de tensão ecológica entre os dois ecossistemas (campo/floresta), com presença de gramíneas e espécies de pequeno e médio porte (cerrado); e **florestas**: localizadas nas áreas mais elevadas e de melhor drenagem da paisagem, funcionando com um divisor de água, e exibindo uma fisiografia de floresta densa estabelecida.

Estas fisionomias assemelham-se às encontradas por Braun & Ramos (1959), que afirmam que a região apresenta o aspecto fitofisionômico de floresta – campo sujo – campo. O relevo, por sua vez, apresenta-se próximo ao tipo “tabuleiro”, com um pequeno desnível e pequenas depressões. Essas terras mais altas constituem os divisores topográficos de água entre rios da região. O desnível entre essas zonas mais elevadas e o vale dos igarapés, é da ordem de 15 a 29 metros, ocorrendo, entretanto, de maneira súbita.

De maneira geral, os solos que ocorrem nesta toposseqüência têm relação direta com a variação do relevo que condiona a drenagem e o nível do lençol freático. O grau de desenvolvimento dos perfis, a presença e a profundidade de mosqueados e horizontes plínticos e glei, comprovam esta afirmação.

Nos pedoambientes de campo baixo e zona de ecótono os horizontes gleizados (Cg), ocorrem a partir de 27 e 90 cm, respectivamente, para Gleissolo Háplico (GXalt) e Cambissolo Háplico (CXalg). Para os pedoambientes de campo alto e floresta a presença do horizonte plíntico (Cf) ocorre a partir dos 90 e 130 cm de profundidade, respectivamente, para o Cambissolo Háplico (CXalf) e o Argissolo Vermelho (PValf). Este fato evidencia o papel determinante da água nessas variações, pois a presença do horizonte glei reflete a presença do lençol freático e

condições anaeróbicas durante a maior parte do ano, coincidindo com as posições mais baixas da catena.

Por outro lado, os pedoambientes de campo alto e floresta, de posição mais alta, apresentam o horizonte plântico, também oriundo da presença de um lençol freático, mas que alterna frequentemente com condições de oxidação. Neste caso, o efeito temporário do excesso de umidade, seguido de período de aeração, favorece a segregação e concentração dos óxidos de ferro na forma de mosqueados ou coloração variegada, com cores vermelhas (Anjos et al., 2007).

Os solos dos diversos pedoambientes foram assim classificados: campo alto - Cambissolo Háplico Alítico plântico, textura média, A moderado, com seqüência de horizontes A-BA-Bi-BC-Cf; campo baixo - Gleissolo Háplico Alítico típico, textura argilosa, A moderado, com seqüência: A₁-A₂-Cg₁-Cg₂; zona de ecótono - Cambissolo Háplico Alítico gleissólico, textura siltosa, A moderado com seqüência: A-BA-Bi-BC-Cg; e floresta - Argissolo Vermelho Alítico plântico, textura média (leve)/média, A moderado, com seqüência de horizontes: A-AB-BA-Bt₁-Bt₂-BCf (Tabela 17).

Em relação à taxonomia dos solos, observou-se a formação de três grupos segundo o SiBCS: o primeiro formado pela ordem dos Argissolos (P4), o segundo pela ordem dos Cambissolos (P1 e P3) e o terceiro pela ordem dos Gleissolos (P2). O Argissolo ocorre no pedoambiente de Floresta, mais alto e conseqüentemente mais bem drenado, contribuindo para um maior desenvolvimento pedogenético, apresentando horizonte plântico a 130 cm.

Os Cambissolos ocorrem em posições mais baixas do relevo e foram enquadrados em uma mesma subordem, apesar de apresentarem diferenças de posição no relevo. O perfil do pedoambiente de campo alto tem posição mais elevada e foi classificado como Cambissolo Háplico Alítico plântico, apresentando horizonte plântico a 90 cm de profundidade. O solo da zona de ecótono tem posição mais rebaixada, é menos evoluído e foi classificado como Cambissolo Háplico Alítico gleissólico, com pior condição de drenagem, comprovada pela presença de um horizonte glei a 90 cm de profundidade.

Na posição mais baixa e de restritas condições de drenagem o solo do campo baixo foi classificado como Gleissolo, com cores de redução a partir dos 27 cm. O excesso de água retarda o desenvolvimento pedogenético, predominando o processo de gleização.

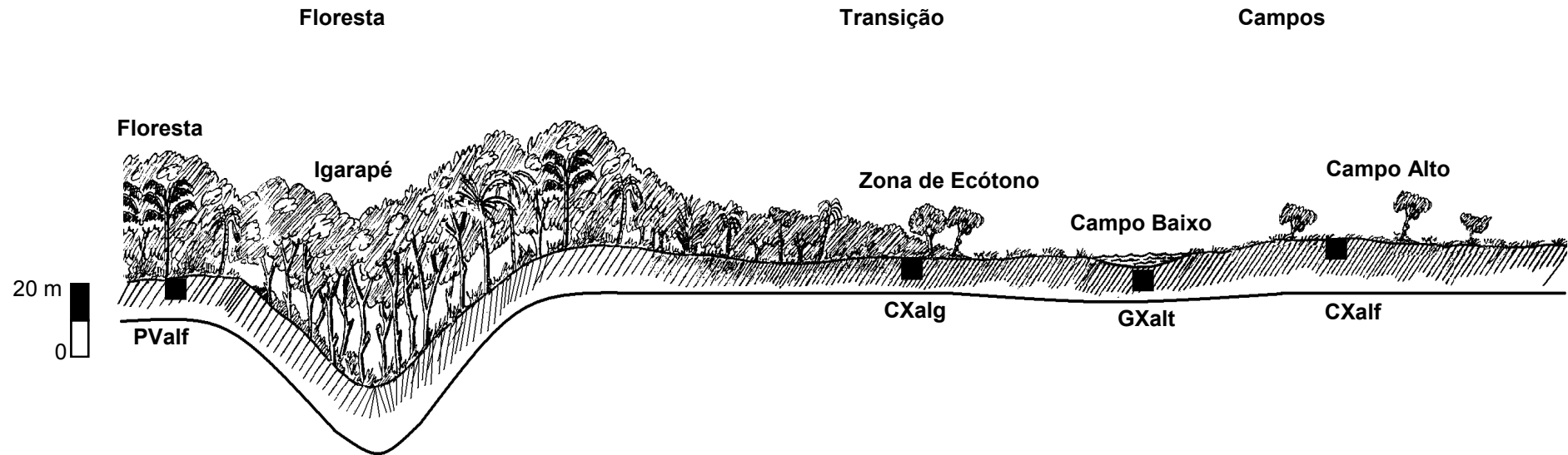


Figura 15. Perfil esquemático mostrando a vegetação, relevo e as classes de solos em toposseqüência típica da transição Campos/Floresta na região de Humaitá, AM.

Fonte: Adaptado de Braun & Ramos (1959).

Os solos de todos os pedoambientes estudados apresentaram caráter alítico, que influenciou a classificação no terceiro nível, devido aos altos teores de alumínio trocável e argila de atividade alta. Esta característica está relacionada com o material de origem aluvial, proveniente dos afluentes do rio Madeira, que trazem sedimentos com estas características.

2.3.3.2. Atributos Morfológicos do Solo

Os atributos morfológicos são apresentados na Tabela 17. Observou-se uma boa relação entre a cor do solo e as condições de drenagem dos pedoambientes, pois os pedoambientes mais altos e de melhor drenagem (campo alto e floresta) apresentaram matiz 2,5YR, predominando cores vermelhas. Para a zona de ecótono, mais baixa e com maior restrição de drenagem, foi observado matiz 10YR, com cores amareladas a acinzentadas e, no pedoambiente de campo baixo, observou-se matiz 10YR, com dominância de cores acinzentadas, ou seja, nestes dois últimos pedoambientes as cores de cromas mais baixos indicam a influência da água no comportamento dos solos.

Em relação às classes texturais, verificou-se que os solos dos pedoambientes de campo alto e floresta apresentaram textura semelhante, sendo textura franca no Cambissolo Háplico Alítico plíntico do campo alto, e textura franco-argilosa no Argissolo Vermelho Alítico plíntico da floresta. Para os pedoambientes de campo baixo e zona de ecótono, posições mais baixas e de menor desenvolvimento pedogenético a classe textural dominante foi franco-argilo-siltosa, tanto para o Gleissolo Háplico Alítico típico, como para o Cambissolo Háplico Alítico gleissólico.

A estrutura do solo exibiu grau de desenvolvimento moderado para os solos do campo alto e floresta, com tamanho de estrutura muito pequena a pequena e com estrutura em blocos angulares e subangulares. Para os solos da zona de ecótono e campo baixo, respectivamente, a estrutura apresentou grau de desenvolvimento moderado a forte para todos os horizontes, exceção feita ao horizonte A₁ do Gleissolo que apresentou arranjo maciço a moderadamente coeso. O tipo de estrutura foi predominantemente em blocos angulares e subangulares, para os Argissolos e Cambissolos e prismática no Gleissolo.

A consistência do solo quando seca variou de muito dura a extremamente dura, apresentando-se friável nos horizontes superficiais e firme a extremamente firme nos demais. A consistência molhada variou entre plástica e muito plástica e pegajosa e muito pegajosa.

Tabela 17. Características morfológicas dos solos nos diversos pedoambientes em uma seqüência de transição Campos/Floresta na região de Humaitá, AM

Horiz.	Prof. (cm)	Cor Munsell (úmida)		Textura	² Estrutura	³ Consistência	⁴ Transição
		Matriz	¹ Mosqueado				
Campo Alto – Cambissolo Háplico Alítico plíntico, textura média, A moderado							
A	0-14	7,5YR 4/6		franca	maciça coesa	ext.dr., fir., plás. e peg.	cla. e pla.
BA	14-30	2,5YR 5/8		franco-siltosa	mod., mpeq. a peq., bl.sub.	mdr., fir., plás. e peg.	gra. e pla.
Bi	30-66	2,5YR 4/8		franca	fo., mpeq., bl.ang. a bl.sub.	mdr., fir., mplás. e mpeg.	cla. e pla.
	66-90	2,5 YR 4/8	10YR 6/3, po., peq. a méd. e pro.	franca	mod., peq. a méd., bl.ang.	mdr., fir., plás. e peg.	gra. e pla.
BC							
Cf	90-160	2,5 YR 4/8	2,5YR 5/8 e 10YR 5/8	franca	fr. a mod., méd., bl.ang.	ext.dr., mfir., plás. e peg.	
Campo Baixo – Gleissolo Háplico Alítico típico, textura siltosa/argilosa, A moderado							
A ₁	0-15	10YR 3/1		franco-argilo- siltosa	maciça a moderadamente coesa	mdr., fri., plás. e peg.	gra. e ond.
	15-27	10YR 4/1	10YR 5/6, po., peq. e dif.	franco-argilo- siltosa	fr. peq. a méd., bl.sub.	mdr., fri., mplás. e mpeg.	cla. e ond.
A ₂	27-80	10YR 5/1	2,5YR 4/6, po., peq. e pro.	franco-argilo- siltosa	fo. gr. a mgr., prism. e bl.sub.	ext.dr., ext.fir., mplás. e mpeg.	dif. e pla.
Cg ₁	80-115	10YR 5/1	2,5YR 4/6, co. peq. e pro.	argilo-siltosa	fo. mgr., prism. e bl.sub.	ext.dr., ext.fir., mplás. e mpeg.	
Cg ₂							
Zona de Ecótono – Cambissolo Háplico Alítico gleissólico, textura siltosa, A moderado							
A	0-15	10YR 5/4		franco-siltosa	fr., peq. a méd., bl.sub e gran.	mdr., fir., mplás e mpeg.	gra. e pla.
BA	15-32	10YR 5/4		franco-siltosa	fr., peq. a méd., bl.sub.	ext.dr., fir., mplás e mpeg.	gra. e pla.
	32-50	10YR 5/4		franco-argilo- siltosa	fr., méd. a gr., prism. e bl.sub.	ext.dr., mfir., mplás e mpeg.	cla. e pla.
Bi	50-90	10YR 6/3	2,5YR 4/8, co., peq. e pro.	franco-argilo- siltosa	fr., peq. a méd., bl.sub.	ext.dr., mfir., mplás e mpeg.	dif. e pla.
BCg	90-140	10YR 6/3	2,5YR 4/8, co., gr. e pro.	franco-argilo- siltosa	fr., peq. a méd., bl.sub.	ext.dr., mfir., mplás e mpeg.	
Cg							

Tabela 17. Características morfológicas dos solos nos diversos pedoambientes em uma seqüência de transição Campos/Floresta na região de Humaitá, AM (CONTINUAÇÃO)

Horiz.	Prof. (cm)	Cor Munsell (úmida)		Textura	² Estrutura	³ Consistência	⁴ Transição
		Matriz	¹ Mosqueado				
Floresta – Argissolo Vermelho Alítico plíntico, textura média (leve)/média, A moderado							
A ₁	0-15	10YR 4/4		franco-siltosa	mod., peq. a méd., gran. e bl.sub.	mdr., fri., plás e peg.	gra. e pla.
AB	15-34	7,5YR 5/6		franco-siltosa	mod., mpeq. a peq., bl.ang. e bl.sub.	mdr., fir., mplás e peg.	gra. e pla.
BA	34-67	7,5YR 5/6		franca	mod., peq. a méd., bl.ang. e bl.sub.	mdr., fir., mplás e peg.	gra. e pla.
Bt ₁	67-100	2,5YR 4/8		franco-argilosa	mod., mpeq. a méd., bl.ang. e bl.sub.	mdr., fir., mplás e mpeg.	gra. e pla.
Bt ₂	100-130	2,5YR 5/8	10YR 6/8, co., peq. a méd. e pro.	franco-argilosa	mod., mpeq. a méd., bl.ang.	ext.dr., fir., mplás e mpeg	gra. e pla.
	130-200	10YR 5/8	2,5YR 5/8, co., peq. a méd. e pro.	franco-argilosa	mod., mpeq. a méd., bl.ang.	ext.dr., mfirm., mplás e mpeg	
BCf							

¹ co: comum; ab: abundante; pro: proeminente; dif: difuso; po: pouco; dis: distinto.

² fr.: fraca, mod.: moderada; fo.:forte; peq.: pequena, mpeq.: muito pequena; méd.: média: gr.: grande; mgr.: muito grande; gran.: granular; bl. ang.: blocos angulares; bl. sub.: blocos subangulares, prism.:prismática.

³ so.: solto; mac.: macio; lig.dr.: ligeiramente duro; dr.: duro; mdr.: muito duro; ext.dr.: extremamente duro; mfri.: muito friável; fri.: friável; fir.: firme; mfirm.: muito firme; ext.fir.: extremamente firme; nplás.: não plástico; lig.plás.: ligeiramente plástico; plás.: plástico; mplás.: muito plástico; npeg.: não pegajoso; lig.peg.: ligeiramente pegajoso; peg.: pegajoso; mpeg.:muito pegajoso.

⁴ cla.: clara; pla.: plana; gra.:gradual; ond.: ondulada; dif.: difusa; abr.:abrupta

2.3.3.3. Atributos Físicos do Solo

Verificou-se que os conteúdos da fração argila foram bastante semelhantes em todos os pedoambientes, apresentando valores mais altos no Gleissolo da parte mais baixa da paisagem. Em contrapartida, os teores de areia foram menores nos pedoambientes de campo baixo e zona de ecótono quando comparados aos pedoambientes de campo alto e floresta (Tabela 18).

A fração silte é dominante em todos os pedoambientes, fato justificável pela natureza aluvial dos sedimentos que constituem o material de origem (Brasil, 1978). Comparando os diversos pedoambientes, observou-se que nos pedoambientes campo baixo e zona de ecótono os teores de silte são mais elevados que nos ambientes de campo alto e floresta. Segundo Rosolen & Herpin (2008), esse comportamento se deve, principalmente, à posição rebaixada, e ocorrência em depressões topográficas que favorecem a deposição de sedimentos mais finos.

Em relação à argila natural, observou-se que os maiores teores de argila natural são encontrados nos horizontes superficiais, devido aos elevados teores de matéria orgânica da superfície em combinação com a mineralogia caulínica. Segundo Alleoni & Camargo (1994), um dos fatores que concorre para um valor mais elevado de argila natural na camada superficial é o maior teor de matéria orgânica, uma das principais fontes de carga negativa dos solos. Além disso, há relatos de que pode haver dispersão de caulinita pela ação de ânions orgânicos produzidos pela decomposição da matéria orgânica e por exsudados de raízes (Alleoni & Camargo, 1994).

O grau de floculação (GF) comportou-se de forma contrária a argila natural, com valores mais baixos nos horizontes superficiais e aumentando em profundidade em todos os solos. Os maiores teores de matéria orgânica da superfície também contribuíram para a variação da densidade do solo que comportou-se de forma semelhante, com valores menores nos horizontes superficiais e aumento em profundidade.

Tabela 18. Caracterização física dos solos nos diversos pedoambientes em uma seqüência de transição Campos/Floresta na região de Humaitá, AM

Horiz.	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural	G. F.	S/A	Ds	Dp	Pt	CHSS
	cm			g kg ⁻¹			%		kg dm ⁻³		m ³ m ⁻³	cm h ⁻¹
Campo Alto – Cambissolo Háplico Alítico plíntico, textura média, A moderado												
A	0-14	14,7	352,0	450,6	182,6	46,0	74,81	2,47	1,30	2,63	0,50	1,03
BA	14-30	7,9	259,3	528,8	203,9	11,3	94,43	2,59	1,47	2,56	0,43	1,02
Bi	30-66	38,1	221,7	411,2	328,8	20,2	93,84	1,25	1,51	2,67	0,43	0,26
BC	66-90	11,5	316,0	410,2	262,1	17,6	93,27	1,57	1,49	2,63	0,43	0,05
Cf	90-160	15,8	357,8	381,6	244,7	32,2	86,81	1,56	1,57	2,67	0,41	1,07
Campo Baixo – Gleissolo Háplico Alítico típico, textura siltosa/argilosa, A moderado												
A ₁	0-15	3,3	35,7	631,1	329,8	45,5	86,19	1,91	0,86	2,44	0,65	1,94
A ₂	15-27	5,4	42,1	632,7	319,6	29,9	90,64	1,98	1,18	2,67	0,56	1,68
Cg ₁	27-80	3,3	51,1	585,6	359,8	19,7	94,52	1,63	1,54	2,74	0,44	0,00
Cg ₂	80-115	3,5	39,8	540,4	416,1	10,0	97,60	1,30	1,65	2,70	0,39	0,00
Zona de Ecótono – Cambissolo Háplico Alítico gleissólico, textura siltosa, A moderado												
A	0-15	11,8	71,0	675,7	241,4	43,7	79,61	2,80	1,05	2,60	0,59	1,04
BA	15-32	13,9	60,8	668,8	256,4	64,8	72,55	2,61	1,35	2,63	0,49	0,07
Bi	32-50	5,6	50,9	633,2	310,1	10,9	96,47	2,04	1,49	2,67	0,44	0,00
BC	50-90	5,2	57,0	661,1	276,7	5,1	98,10	2,39	1,59	2,56	0,38	0,64
Cg	90-140	1,4	90,6	667,2	240,6	7,8	96,62	2,77	1,55	2,60	0,40	0,05
Floresta – Argissolo Vermelho Alítico plíntico, textura média(leve)/média, A moderado												
A ₁	0-15	13,1	320,5	519,7	146,6	84,2	42,56	3,55	1,02	2,60	0,61	3,12
AB	15-34	3,3	313,7	518,3	164,6	41,2	74,95	3,15	1,22	2,63	0,54	0,88
BA	34-67	2,6	284,9	498,6	213,7	10,1	95,26	2,33	1,38	2,67	0,48	0,69
Bt ₁	67-100	2,4	230,8	450,1	316,6	20,5	93,52	1,42	1,46	2,63	0,45	0,59
Bt ₂	100-130	2,7	223,3	438,4	335,5	9,8	97,07	1,31	1,45	2,67	0,46	0,46
BCf	130-200	4,0	236,5	443,5	315,8	31,1	90,16	1,40	1,51	2,67	0,43	0,37

GF = grau de floculação; Ds = densidade do solo; Dp = densidade de partícula; Pt = porosidade total; CHSS = condutividade hidráulica do solo saturado.

A condutividade hidráulica do solo saturado apresentou valores mais elevados nos horizontes superficiais decrescendo em profundidade para todos os pedoambientes, com destaque para o pedoambiente de floresta, que apresentou valores mais altos indicando uma condição mais propícia à infiltração de água no solo. Segundo Marques et al. (2008), em estudos de toposseqüência na região amazônica, as mudanças na condutividade hidráulica saturada estão mais relacionadas com alterações nas propriedades físicas do solo e posição no relevo, do que na cobertura vegetal.

2.3.3.4. Atributos Químicos do Solo

Quanto ao comportamento químico dos solos (Tabela 19). Verificou-se que os valores de pH em água e KCl apresentaram variações razoáveis, situando-se entre 3,8 a 5,2 e 3,1 a 4,4 respectivamente. Os valores de ΔpH , entretando, foram maiores nos solos dos pedoambientes de campo baixo e zona de ecótono, evidenciando solos pedogeneticamente menos evoluídos, quando comparados ao campo alto e floresta.

Os maiores teores de C orgânico estão relacionados com os horizontes superficiais. Sob influência da topografia e do hidromorfismo os teores de matéria orgânica dos solos do campo alto e floresta aumentam gradativamente em direção aos pedoambientes de campo baixo e zona de ecótono. Os teores de P disponível apresentam comportamento similar à matéria orgânica, concordando com Silva et al. (2006) que verificou que o fósforo apresenta tendência decrescente em relação à profundidade, refletindo a pouca mobilidade e a baixa solubilidade de seus compostos, sobretudo em solos de natureza ácida, com altos teores de óxidos de ferro e alumínio.

As bases trocáveis, cálcio, magnésio, sódio e potássio apresentaram valores baixos em todos os pedoambientes. Em oposição, os teores de Al^{3+} trocável, que excetuando alguns horizontes superficiais, apresentaram valores $> 4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Este fato pode estar relacionado com a natureza dos sedimentos que formaram o material de origem.

Os valores da acidez potencial (H+Al) são elevados, com comportamento crescente em profundidade em todos os pedoambientes. Entre os pedoambientes, verificou-se que a floresta apresentou os maiores valores, provavelmente, em conseqüência da maior lixiviação promovida pelo intenso regime hídrico associado às melhores condições de drenagem (Martins, 2001).

Tabela 19. Caracterização química dos solos nos diversos pedoambientes em uma seqüência de transição Campos/Floresta na região de Humaitá, AM

Horiz.	Prof.	pH H ₂ O	pH KCl	ΔpH	C	P	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
	cm				g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹					cmol _c kg ⁻¹					%
Campo Alto – Cambissolo Háplico Alítico plíntico, textura média, A moderado																
A	0-14	4,4	3,7	-0,7	12,4	0,5	0,12	0,03	0,07	0,04	2,90	7,01	0,26	7,27	3,59	91,74
BA	14-30	4,5	3,8	-0,7	5,7	0,3	0,12	0,01	0,05	0,08	3,50	7,34	0,26	7,61	3,46	93,01
Bi	30-66	4,6	3,5	-1,1	3,1	0,6	0,09	0,00	0,04	0,05	5,30	9,49	0,20	9,68	2,03	96,43
BC	66-90	4,9	3,4	-1,5	1,2	0,3	0,12	0,00	0,04	0,05	5,65	10,48	0,22	10,70	2,08	96,20
Cf	90-160	4,8	3,4	-1,4	2,0	0,1	0,09	0,03	0,05	0,04	6,30	10,81	0,21	11,02	1,94	96,72
Campo Baixo – Gleissolo Háplico Alítico típico, textura siltosa/argilosa, A moderado																
A ₁	0-15	4,4	3,5	-0,9	14,1	0,7	0,23	0,03	0,07	0,05	3,45	14,60	0,38	14,99	2,56	90,00
A ₂	15-27	4,6	3,4	-1,2	7,9	0,6	0,20	0,02	0,04	0,05	4,35	14,77	0,31	15,08	2,08	93,28
Cg ₁	27-80	4,8	3,2	-1,6	3,2	0,2	0,20	0,77	0,06	0,13	7,90	16,09	1,16	17,25	6,72	87,21
Cg ₂	80-115	5,2	3,1	-2,1	2,3	0,2	0,20	2,23	0,11	0,21	9,15	18,23	2,76	20,99	13,14	76,84
Zona de Ecótono – Cambissolo Háplico Alítico gleissólico, textura siltosa, A moderado																
A	0-15	3,8	3,1	-0,7	15,9	2,3	0,21	0,13	0,18	0,04	4,80	11,14	0,58	11,72	4,94	89,24
BA	15-32	4,5	3,6	-0,9	7,1	0,3	0,22	0,03	0,06	0,04	5,15	11,63	0,36	11,99	2,98	93,51
Bi	32-50	4,3	3,3	-1,0	3,9	0,3	0,17	0,02	0,04	0,04	5,70	11,63	0,28	11,92	2,37	95,27
BC	50-90	4,7	3,4	-1,3	2,9	0,1	0,20	0,01	0,04	0,04	5,50	12,13	0,29	12,42	2,37	94,93
Cg	90-140	4,8	3,4	-1,4	1,9	0,1	0,13	0,02	0,05	0,04	6,10	18,73	0,24	18,97	1,28	96,17
Floresta – Argissolo Vermelho Alítico plíntico, textura média(leve)/média, A moderado																
A ₁	0-15	4,0	3,5	-0,5	11,0	1,1	0,21	0,14	0,16	0,03	3,45	16,09	0,54	16,63	3,26	86,43
AB	15-34	5,0	4,4	-0,6	6,4	0,5	0,12	0,05	0,06	0,03	5,00	17,24	0,26	17,50	1,47	95,10
BA	34-67	4,6	4,3	-0,3	4,2	0,2	0,16	0,04	0,04	0,04	5,10	17,90	0,28	18,18	1,55	94,77
Bt ₁	67-100	4,9	4,1	-0,8	3,0	0,2	0,14	0,03	0,04	0,03	5,65	18,73	0,25	18,98	1,33	95,73
Bt ₂	100-130	4,8	4,1	-0,7	1,9	0,3	0,14	0,01	0,04	0,04	8,55	18,56	0,24	18,80	1,28	97,26
BCf	130-200	4,5	4,0	-0,5	1,8	0,3	0,15	0,01	0,07	0,04	8,01	18,89	0,26	19,15	1,37	96,84

Os solos apresentaram-se dessaturados, com soma de bases (SB) e saturação por bases (V) muito baixos em todos os pedoambientes. A área de floresta, entretanto, foi a que apresentou os valores menos expressivos (Tabela 19). Por outro lado, a capacidade de troca de cátions (CTC) apresentou valores mais elevados, provavelmente, em consequência da mineralogia dos solos. Em contrapartida, os valores de saturação por alumínio (m%) foram acima de 90 % para o pedoambiente de campo alto, entre 86 e 97% para os pedoambientes das zonas de ecótono e floresta, e entre 76 e 93 %, no campo baixo, valores coerentes com os encontrados por Martins et al. (2006a) que estudou os solos em uma transição campos/mata na região de Humaitá. AM.

Os teores dos óxidos de silício, ferro e alumínio apresentaram crescente em profundidade para todos os pedoambientes (Tabela 20). Os menores teores de SiO_2 foram encontrados no pedoambiente de floresta, evidenciando assim um ambiente mais intemperizado em relação aos demais. Para os teores dos óxidos de alumínio (Al_2O_3) constatou-se que o pedoambiente de campo baixo apresentou valores mais elevados em relação aos pedoambientes de campo alto, zona de ecótono e floresta. De acordo com Rosolen & Herpin (2008) em ambientes constantemente saturados por água, ocorre à mobilização, redistribuição e exportação do ferro, alumínio e outros elementos químicos.

Em relação aos teores de Fe_2O_3 , observou-se valores diferentes em relação aos pedoambientes, com resultados menores teores no campo baixo quando comparados aos demais pedoambientes. As condições de maior hidromorfismo podem provocar redução nos teores dos óxidos de ferro e argila por ferrólise. Além disso, de acordo com Schaefer & Dalrymple (1996) os elevados teores de matéria orgânica e a pobreza do material de origem podem contribuir para estes resultados.

Em relação aos óxidos extraídos por ditionito-citrato-bicarbonato, verificou-se que os valores dos óxidos de Fe, Al e Si também aumentam com a profundidade do solo (Tabela 20). Os teores dos óxidos de ferro cristalinos variaram nos pedoambientes, sendo o campo alto (CXalf) o pedoambiente com maiores teores, com o horizonte Bi apresentando os valores mais elevados, coincidindo com o início da ocorrência das concreções ferruginosas.

Tabela 20. Teores dos óxidos do ataque sulfúrico (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3), óxidos livre extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3) e formas amorfas extraídos com oxalato ácido de amônio (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3) e relações entre eles, nos diversos pedoambientes em uma seqüência de transição Campos/Floresta na região de Humaitá, AM

Pedoambientes	Horiz	Óxidos do Ataque			Ki	Kr	Ditionito Citrato			Oxalato Ácido de			Relações			
		Sulfúrico					Bicarbonato			Amônio			$\text{Fe}_{\text{ox}}/\text{Fe}_d$	$\text{Al}_{\text{ox}}/\text{Al}_d$	$\text{Si}_{\text{ox}}/\text{Si}_d$	Fe_d/Fe_t
		SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3			SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3				
		-----dag kg ⁻¹ -----					-----dag kg ⁻¹ -----									
Cambissolo Háplico Alítico plíntico, textura média, A moderado																
	A	0,57	1,07	1,06	0,91	0,56	0,26	0,50	0,55	0,26	0,03	0,52	0,06	0,94	1,00	0,47
Campo Alto	BA	0,76	1,50	1,44	0,90	0,54	0,47	0,58	0,53	0,23	0,02	0,40	0,03	0,75	0,49	0,39
	Bi	1,08	2,29	1,59	1,15	0,60	0,62	1,28	0,75	0,24	0,01	0,65	0,01	0,87	0,39	0,56
Gleissolo Háplico Alítico típico, textura siltosa/argilosa, A moderado																
	A ₁	0,88	0,62	1,41	1,06	0,83	0,22	0,12	0,37	0,20	0,10	0,27	0,83	0,73	0,90	0,19
Campo Baixo	A ₂	0,84	0,47	1,81	0,79	0,68	0,23	0,10	0,36	0,21	0,03	0,30	0,30	0,83	0,91	0,21
	Cg ₁	1,20	2,27	2,45	0,83	0,52	0,27	1,02	0,58	0,22	0,04	0,28	0,04	0,48	0,81	0,45
Cambissolo Háplico Alítico gleissólico, textura siltosa, A moderado																
	A	0,83	1,06	1,26	1,12	0,73	0,22	0,47	0,41	0,22	0,11	0,29	0,23	0,71	1,00	0,44
Zona de	BA	0,71	1,17	1,46	0,83	0,55	0,26	0,52	0,59	0,22	0,09	0,27	0,17	0,46	0,84	0,44
Ecótono	Bi	1,18	1,19	1,60	1,25	0,85	0,21	0,73	0,50	0,20	0,06	0,28	0,08	0,56	0,95	0,61
Argissolo Vermelho Alítico plíntico, textura média(leve)/média, A moderado																
	A ₁	0,53	0,84	0,76	1,19	0,70	0,25	0,42	0,37	0,20	0,05	0,31	0,12	0,84	0,80	0,50
Floresta	BA	0,68	1,01	1,21	0,96	0,62	0,22	0,58	0,51	0,21	0,03	0,30	0,05	0,59	0,95	0,57
	Bt ₁	0,83	1,65	1,64	0,86	0,52	0,23	0,92	0,58	0,21	0,03	0,32	0,03	0,55	0,91	0,56

Em oposição os teores de ferro e alumínio extraídos com oxalato ácido de amônio (OAA) foram maiores nos horizontes superficiais e decrescendo com a profundidade. Estes resultados pelo menos em parte são explicados pela ligação com a matéria orgânica que desfavorece a cristalização dos óxidos e são concordantes com os encontrados por Carvalho (1986) no estudo de solos no município de Humaitá.

Para Kampf & Schwertmann (1983) os valores da relação Fe_{ox}/Fe_d são indicadores do grau de cristalinidade dos óxidos de ferro. Nesse sentido verificou-se que estes resultados tendem a decrescer com a profundidade, indicando a maior cristalinidade nos horizontes subsuperficiais. Segundo Demattê et al. (1994), a medida que os óxidos vão ficando menos cristalinos, eles são mais facilmente removidos do solo e transportados para as partes mais baixas, onde o hidromorfismo é máximo.

Os valores da relação Fe_d/Fe_t , distribuíram-se com certa uniformidade, apresentando um aumento suave no Argissolo Vermelho Alítico plíntico, do pedoambiente de floresta, evidenciando assim, um estágio mais avançado de intemperismo (Tabela 20).

2.3.3.5. Atributos Mineralógicos do Solo

A composição mineralógica dos solos, em todas as frações analisadas, revelou uma riqueza em minerais silicatados, com pequenas variações em toda a toposseqüência estudada. A fração areia nos diferentes pedoambientes comportou-se de maneira bastante uniforme em todos os horizontes diagnósticos estudados, sendo composta exclusivamente por quartzo (Tabela 21).

Em relação à mineralogia da fração silte observou-se que, com excessão do pedoambiente de campo baixo, todos os demais apresentaram nos horizontes diagnósticos subsuperficiais (Bi e Bt_1) presença da muscovita (Tabela 21). Esta fração ainda apresentou outros componentes mineralógicos, como feldspato, anatásio e quartzo. Por outro lado, caulinita, gibbsita e ilmenita foram observados apenas nos pedoambientes de campo alto e floresta, possivelmente favorecidas pela melhor drenagem.

Tabela 21. Composição mineralógica das frações areia, silte e argila dos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais nos diversos pedoambientes em uma seqüência de transição Campo/Floresta na região de Humaitá, AM

Pedoambientes	Horizonte	Areia	Silte	Argila
Cambissolo Háptico Alítico plíntico, textura média, A moderado				
Campo Alto	A	Q	Ct, Gb, Q, e Im	V, M/II, Pf, Q, Ct, Gh, Fd e An
	Bi	Q	Ms, Q, An e Fd	E, I, V, M/II, Ct, Q, Gh, Fd e An
Gleissolo Háptico Alítico típico, textura siltosa/argilosa, A moderado				
Campo Baixo	A	Q	Q, An e Fd	V, M/II, Pf, Ct, Q, Fd e An
	Cg ₁	Q	Q, An e Fd	E, M/II, Ct, Fd e An
Cambissolo Háptico Alítico gleissólico, textura siltosa, A moderado				
Zona de Ecótono	A	Q	Q, An e Fd	E, M/II, Pf, Ct, Q, Gh, Fd e An
	Bi	Q	Ms, Q, An e Fd	E, M/II, Pf, Ct, Q, Fd e An
Argissolo Vermelho Alítico plíntico, textura média(leve)/média, A moderado				
Floresta	A ₁	Q	Q, An e Fd	E, M/II, Pf, Ct, Q, Gh, Fd e An
	Bt ₁	Q	Ms, Ct, Q, An e Fd	V, M/II, Pf, Ct, Q, Fd e An

Ms = muscovita; Ct = caulinita; Gb = gibbsita; Q = quartzo; An = anátasio; Fd = feldspatos; Im = Ilmenita, I = interestratificados, Pf = pirofilita, V = vermiculita, E = esmectita, M/II = mica(ilita), Gh = goethita.

A fração argila apresentou composição mineralógica semelhante, com caulinita, mica (ilita), quartzo, feldspatos e anátasio. Foi observada a presença de pirofilita em todos os horizontes de todos os solos, exceto no Bi do campo alto e no Cg₁ do campo baixo. De acordo com Lips & Duivenvoorden (1996), que estudou solos da Amazônia Colombiana, este mineral é bastante encontrado em rochas e saprolitos dos Andes, porém normalmente ocorre em quantidades muito reduzidas em solos. Esta constatação é um indicativo de que estes solos receberam contribuições de materiais andinos. Apesar destas áreas não receberem atualmente contribuições do Rio Madeira. Segundo Brasil (1978), como estes solos são formados a partir de sedimentos Aluviais Antigos oriundos do Holoceno e provenientes de sedimentação plúvio-fluvial ou sedimentação lacustrina, é possível que em algum momento os sedimentos andinos adentraram estas áreas, o que explicaria a presença desse mineral.

Foi observada a presença de mica/ilita em todos os horizontes dos solos estudados, independentemente dos pedoambientes (Tabela 21). Segundo Brasil (1978) este argilomineral foi provavelmente formado a partir do intemperismo dos sedimentos micáceos contidos nas frações mais grossas do solo, já que a fração silte de todos eles apresenta muscovita em sua constiuição (Tabela 21).

De acordo com Kampf & Curi (2003) a vermiculita pode ser originada a partir das micas, fato que pode explicar a presença de vermiculita nos solos dos pedoambientes de campo alto, campo baixo e floresta (Tabela 21). Com relação às esmectitas, verificou-se que ocorreram em todos os pedoambientes, estando coerente com os resultados encontrados por Horbe et al. (2007), que estudou a mineralogia de perfis da bacia do Solimões, na região de Coari – AM. Entretanto a possível explicação para a presença na esmectita está associada com a drenagem restrita, o suprimento de soluções ricas em Si, Al, Mg e Fe, e a lixiviação mínima, que condicionam a sua formação e preservação (Kampf & Curi 2003). Neste caso específico, possivelmente, o tipo de esmectita encontrado seria a beidelita, já que podem ser originadas do intemperismo das micas.

2.3.3.6. Análise Estatística

Foram coletadas amostras laterais aos perfis modais, nos diversos pedoambientes, em profundidades definidas de acordo com a presença dos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais, visando o tratamento estatístico. Os resultados para as propriedades físicas estão apresentados na Tabela 22.

Verificou-se que os conteúdos da fração areia foram elevados na área campo alto e floresta, diferindo estatisticamente dos demais pedoambientes. Para a fração silte as áreas de campo baixo e zona de ecótono apresentaram maiores valores em relação aos demais pedoambientes, concordando com Carvalho (1986), que trabalhou com solos da região de Humaitá, AM.

A densidade do solo apresentou pequenas variações, constatando-se que apenas os solos do campo alto e floresta, na profundidade superficial, apresentaram valores que diferiram estatisticamente dos demais solos.

A porosidade total apresentou diferenças significativas apenas para os horizontes diagnósticos superficiais, exibindo valores mais elevados nas áreas de campo baixo e zona de ecótono, coincidindo aos ambientes com maiores conteúdos de matéria orgânica, corroborando assim com os resultados encontrados por Martins et al. (2006a) na região sul do Amazonas.

Tabela 22. Médias dos atributos físicos nos diversos pedoambientes em uma seqüência de transição Campo/Floresta na região de Humaitá, AM

Pedoambientes	Areia	Silte	Argila	Ds	Dp	Pt	CHSS
	g kg ⁻¹			kg dm ⁻³		m ³ m ⁻³	cm h ⁻¹
Horizontes Diagnósticos Superficiais							
Campo Alto	337,29 a	460,31 c	202,40 c	1,22 a	2,61 a	0,52 b	0,83 b
Campo Baixo	49,31 b	621,69 b	329,00 a	0,99 c	2,50 a	0,60 a	3,84 a
Zona de Ecótono	79,70 b	663,56 a	256,74 b	1,08 b	2,57 a	0,58 a	1,08 b
Floresta	402,00 a	407,77 d	189,28 c	1,21 a	2,64 a	0,54 b	1,19 b
Horizontes Diagnósticos Subsuperficiais							
Campo Alto	255,29 b	426,80 b	317,90 a	1,32 a	2,72 a	0,51 a	1,42 a
Campo Baixo	118,11 c	630,93 a	250,96 b	1,27 b	2,66 a	0,52 a	0,61 b
Zona de Ecótono	70,58 d	607,65 a	321,76 a	1,32 a	2,74 a	0,51 a	0,02 c
Floresta	339,26 a	415,20 b	245,54 b	1,31 ab	2,69 a	0,51 a	0,91 b

Campo Alto = 20 pontos; Campo Baixo = 20 pontos; Zona de Ecótono = 20 pontos; Floresta = 20 pontos, totalizando 80 pontos. Ds = densidade do solo; Dp = densidade de partícula; Pt = porosidade total; CHSS = condutividade hidráulica do solo saturado.

Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de tukey ao nível de 5%.

No horizonte superficial, a condutividade hidráulica saturada apresentou valores mais elevados no pedoambiente de campo baixo, diferindo estatisticamente dos demais pedoambientes. Este comportamento foi atribuído aos elevados teores de matéria orgânica (Tabela 22).

O tratamento estatístico dos atributos químicos está apresentado na Tabela 23. Os valores do pH em água em superfície não apresentaram diferenças estatísticas entre os ambientes. Em subsuperfície constatou-se que o campo baixo apresentou valores mais altos em relação aos demais pedoambientes. Em relação ao pH em KCl notou-se que o solo (GXal) do campo baixo apresentou os maiores resultados. Já em subsuperfície os pedoambientes de floresta e campo alto apresentaram os valores mais elevados em relação ao campo baixo e zona de ecótono.

Os teores de matéria orgânica nos horizontes superficiais foram maiores no Gleissolo Háptico Alítico típico do campo baixo, diferindo estatisticamente dos demais pedoambientes, não havendo diferenças estatísticas entre os horizontes subsuperficiais (Tabela 23). Para os teores de P disponível nos horizontes diagnósticos superficiais, os maiores teores foram observados nos pedoambientes de campo baixo e zona de ecótono.

Tabela 23. Médias dos atributos químicos nos diversos pedoambientes em uma seqüência de transição Campo/Floresta na região de Humaitá, AM

¹ PA	pH		MO	P	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
	H ₂ O	KCl	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmolc kg ⁻¹									%
Horizontes Diagnósticos Superficiais														
C. Alto	4,28 a	3,78 b	1,9 b	0,8 b	0,37 a	0,22 a	0,06 b	0,04 b	3,04 c	4,19 b	0,69 a	4,89 a	34,84 a	81,43 b
C. Baixo	4,40 a	3,88 a	3,0 a	1,1 a	0,37 a	0,21 a	0,04 b	0,06 a	2,79 c	10,74 a	0,68 a	11,42 a	6,21 b	80,49 b
Z. Ecótono	4,34 a	3,48 d	2,0 b	1,0 a	0,28 ab	0,13 a	0,11 a	0,05 ab	5,38 a	8,74 a	0,57 a	9,31 a	10,08 ab	90,31 a
Floresta	4,02 a	3,58 c	1,3 c	0,6 b	0,27 b	0,23 a	0,09 a	0,04 b	3,85 b	8,72 a	0,64 a	9,36 a	7,98 ab	85,84 ab
Horizontes Diagnósticos Subsuperficiais														
C. Alto	4,50 b	3,66 a	0,8 a	1,2 a	0,43 a	0,27 ab	0,04 b	0,04 b	5,24 ab	3,36 b	0,79 ab	4,16 b	29,28 a	86,77 bc
C. Baixo	4,96 a	3,56 b	0,7 a	1,2 a	0,34 b	0,47 a	0,04 b	0,09 a	5,05 ab	5,92 ab	0,95 a	6,89 ab	18,08 ab	83,79 c
Z. Ecótono	4,44 b	3,56 b	0,8 a	1,0 a	0,31 c	0,22 b	0,06 a	0,06 b	6,24 a	10,21 a	0,66 b	10,87 a	6,09 b	90,50 a
Floresta	4,42 b	3,66 a	0,7 a	0,7 b	0,26 c	0,30 ab	0,05 ab	0,05 b	4,74 b	9,78 a	0,67 b	10,45 a	6,54 b	87,61 ab

¹Pedoambientes

Campo Alto = 20 pontos; Campo Baixo = 20 pontos; Zona de Ecótono = 20 pontos; Floresta = 20 pontos, totalizando 80 pontos. Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de tukey ao nível de 5%.

Os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ trocáveis, apesar de muito baixos em todos os pedoambientes estudados, apresentaram algumas diferenças entre si, podendo-se destacar, por exemplo, que em superfície o Ca foi mais baixo no pedoambiente de floresta, enquanto, em subsuperfície, foi significativamente mais alto no campo alto. O magnésio por sua vez não apresentou diferenças estatísticas em superfície.

De maneira geral os valores da acidez trocável (Al^{3+}) foram elevados, apresentando na superfície valores menores que em subsuperfície, devido aos maiores teores de matéria orgânica conforme destaca Martins et al. (2006b).

Considerando os quatro pedoambientes estudados (I=Campo Alto; II=Campo Baixo; III=Zona de Ecótono; IV= Floresta), aplicou-se o método de agrupamentos para a confirmação da ordenação via análise hierárquica de agrupamentos. Para esta análise foram utilizados o conjunto dos parâmetros físicos e químicos nos horizontes superficiais e subsuperficiais, apresentados na Figura 16.

Admitindo uma distância de ligação de 4,2 a 5,2 para os horizontes diagnósticos superficiais, foi observada a formação de três grupos com características distintas. Neste caso o G1 refere-se à zona de ecótono, o G2 ao campo baixo e o G3 contempla os pedoambientes de floresta e campo alto, que neste caso apresentaram características semelhantes (Figura 16).

Para os horizontes diagnósticos subsuperficiais, considerando uma distância de ligação entre 3 e 4,8, foi verificada a formação nítida de quatro grupos (G1, G2, G3, e G4) referentes aos quatro pedoambientes, sendo, dessa forma, uma ferramenta eficiente para a distinção de solos. Considerando, por exemplo, que para a maioria das classes de solos constantes no SiBCS (Embrapa, 2006) a definição e distinção entre as ordens de solos é feita com base nos horizontes diagnósticos subsuperficiais, estudos desta natureza ganham ainda mais magnitude, pois contemplam estas premissas.

Segundo Boruvka & Kozak, (2001) as análises de distribuição espacial, que consideram os diferentes solos nas paisagens com o uso da estatística multivariada, podem contribuir para a obtenção de um melhor entendimento do ambiente. As técnicas de estatística multivariada levam em consideração a totalidade das variáveis, pois uma depende da outra e as informações são fornecidas pelo conjunto e não individualmente (Freddi et al. 2008).

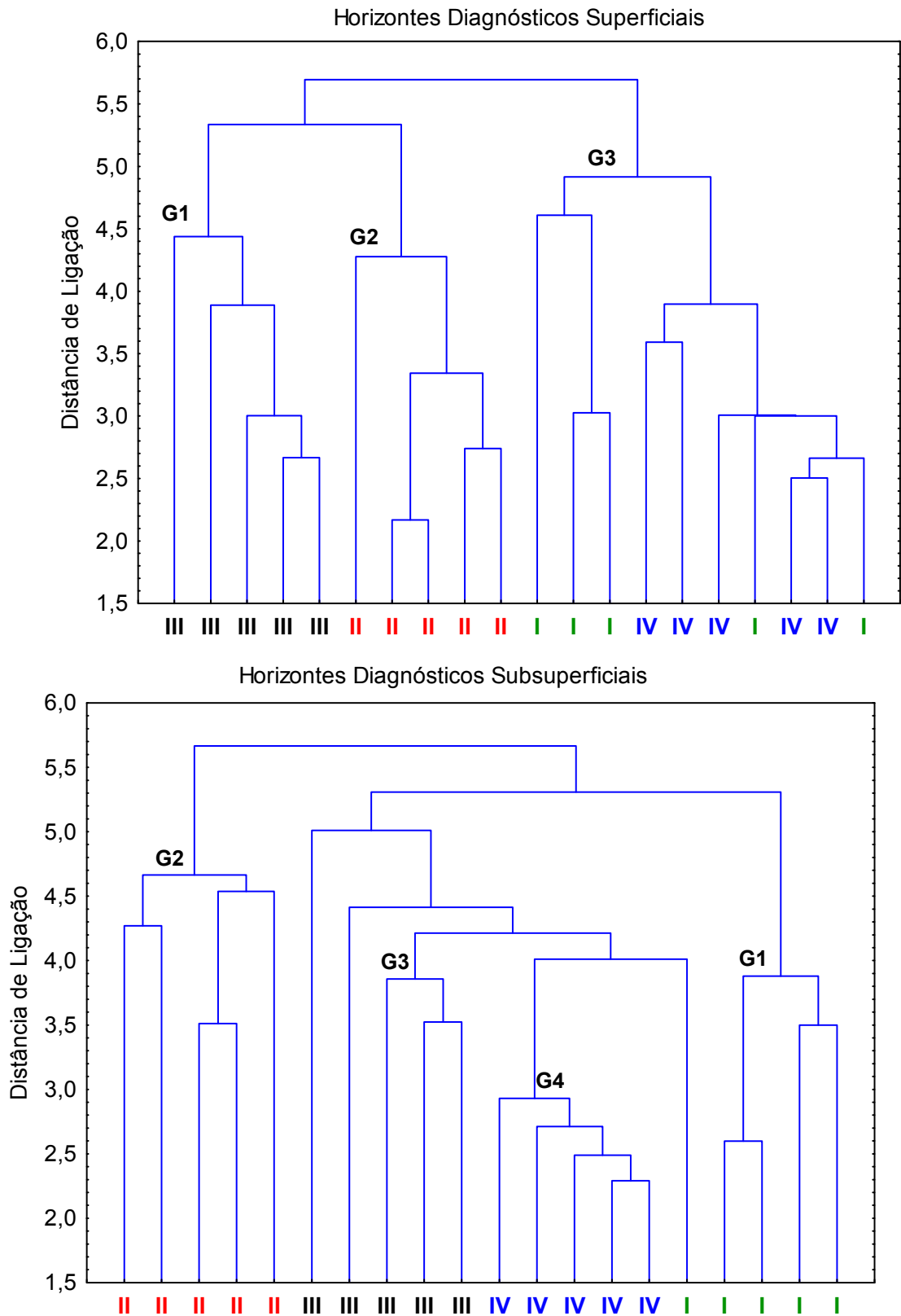


Figura 16. Dendrograma das interrelações dos quatro pedoambientes, referente ao conjunto de parâmetros físicos e químicos na em uma seqüência de transição Campo/Floresta

I = Campo Alto; II = Campo Baixo; III = Zona de Ecotóno; IV = Floresta

Em complemento a análise de agrupamento, foi realizada a análise de componentes principais (ACP) com o conjunto dos atributos físicos e químicos para ambos os horizontes estudados. Os horizontes diagnósticos superficiais apresentaram nos dois primeiros eixos uma variância que explica 60,67% da variabilidade total dos dados, sendo 35,24 e 25,43% pelo 1º e 2º eixos, respectivamente (Figura 17).

Ainda em relação aos horizontes superficiais, constatou-se que eixo 1 foi influenciado, especialmente, pela densidade do solo e das partículas e teor de areia, apresentando autovetores negativos, por outro lado, o Na^+ , MO, pH em água, teor de argila, Pt, CTC, $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$, silte e P apresentaram autovetores positivos (Figura 17). O pH em água é influenciada pela fração argila e a CTC é influenciada pelo $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$, fato demonstrado pela aproximação dos autovetores.

O eixo 2 foi influenciado por Al^{3+} , K^+ , m% e S/A e exibiram autovetores positivos, enquanto V%, pH em KCl, Ca^{2+} , Mg^{2+} , SB e ΔpH com autovetores negativos. De maneira geral, observou-se que as variáveis que apresentaram autovetores positivos (Al^{3+} , K^+ , m% e S/A) apresentaram-se sobrepostas e em alguns casos próximas indicando influências de umas sobre as outras. Para as variáveis com autovetores negativos verificou-se que pH em KCl e Ca^{2+} exibiram sobreposição (Figura 17).

Em relação aos horizontes diagnósticos subsuperficiais verificou-se que os dois primeiros eixos apresentaram uma variância que explica 53,36% da variabilidade total dos dados, com 31,80 para o primeiro eixo, e 21,56% para o segundo eixo (Figura 17). Considerando o primeiro eixo constatou-se que as variáveis que mais influenciaram com autovetores negativos foram P, SB, Na^+ , pH em H_2O e Ca^{2+} , já as variáveis com autovetores positivos foram densidade de partícula e do solo, m%, MO, argila e delta pH (Figura 17).

O segundo eixo foi influenciado pelo V% e Mg^{2+} com autovetores positivos enquanto que Al^{3+} , CTC e $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ influenciaram com autovetores negativos (Figura 17). Além disso, algumas variáveis tais como: pH em KCl, silte, areia, K^+ , S/A e Pt apresentaram posições intermediárias (Figura 17), possivelmente em razão da baixa variabilidade desses dados nas amostras estudadas (Vendrame et al., 2007).

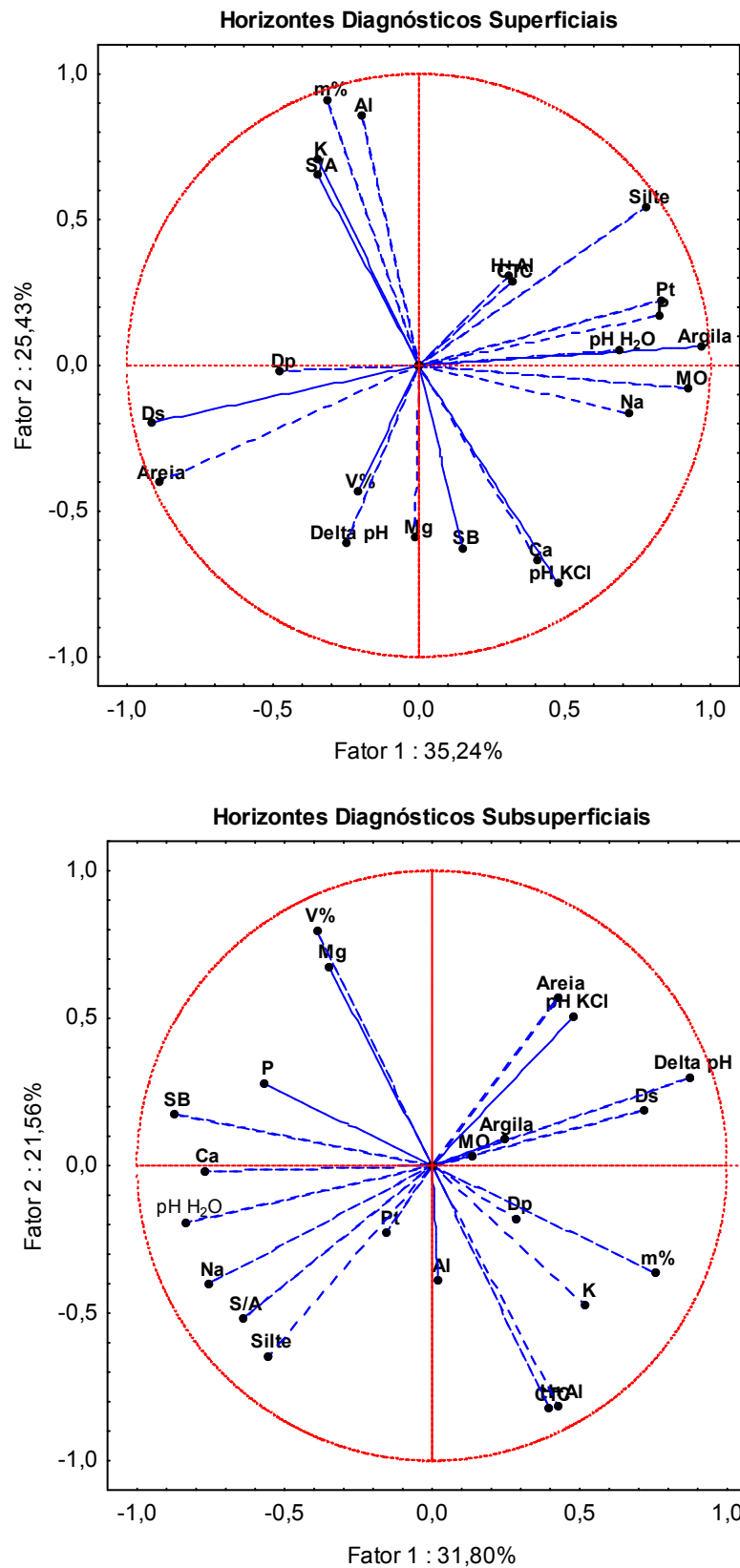


Figura 17. Círculo de correlações entre as variáveis físicas e químicas dos quatro pedoambientes na em uma seqüência de transição Campo/Floresta

I = Campo Alto; **II** = Campo Baixo; **III** = Zona de Ecotóno; **IV** = Floresta

2.3.3.7. Conclusões

A variação dos solos na toposseqüência mostrou relação direta com a variação do relevo, que condiciona a drenagem e o nível do lençol freático;

Verificou-se dominância da fração silte em relação às demais frações em todos os pedoambientes estudados, possivelmente devido a natureza aluvial do material de origem;

Os conteúdos dos cátions trocáveis foram muito baixos em todos os pedoambientes, que apresentaram, em contrapartida, elevados valores para a acidez trocável e acidez potencial, definindo o caráter alítico para todos os solos;

Observou-se presença de pirofilita em todos os horizontes dos solos estudados, exceto no Bi do campo alto e no Cg₁ do campo baixo, é um indicativo de que estes solos receberam contribuições de materiais andinos;

A análise multivariada de agrupamento para o conjunto dos atributos físicos e químicos permitiu o agrupamento dos solos em três grandes grupos com base nos horizontes superficiais e em quatro grupos com base nos horizontes subsuperficiais, que correspondem aos quatro pedoambientes;

A análise de componentes principais para os horizontes diagnósticos, superficiais e subsuperficiais mostrou-se uma ferramenta útil no estudo das relações entre os atributos do solo e os pedoambientes estudados, auxiliando na escolha de variáveis representativas dessas relações.

2.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEONI, L.R.F. CAMARGO, O.A. Atributos físicos de latossolos ácricos do norte paulista. **Scientia Agricola**. 51:321-326, 1994.

ANDRADE, H.; SCHAEFER, C.E.; DEMATTÉ, J.L.I.; ANDRADE, F.V. Pedogeomorfologia e micropedologia de uma seqüência Latossolo - Areia Quartzosa Hidromórfica sobre rochas cristalinas do Estado do Amazonas. **Geonomos**. 1:55-66, 1997.

ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; PÉREZ, D.V.; RAMOS, D.P. Caracterização e classificação de plintossolos no município de Pinheiro-MA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 31:1035-1044, 2007.

BARTHOLD, F.K.; STALLARD, R.F.; ELSENBEEER, H. Soil nutrient-landscape relationships in a lowland tropical rainforest in Panama. **Forest Ecology and Management**. 255:1135-1148, 2008.

BOCKHEIM, J.G.; GENNADIYEV, A.N.; HAMMER, R.D.; TANDARICH, J.P. Historical development of key concepts in pedology. **Geoderma**. 124:23-36, 2005.

BOLING, A.A.; TUONG, T.P.; SUGANDA, H.; KONBOON, Y.; HARNPICHITVITAYA, D. BOUMAN, B.A.M.; FRANCO, D.T. The effect of toposequence position on soil properties, hydrology, and yield of rainfed lowland rice in Southeast Asia. **Field Crops Research**. 106:22-33, 2008.

BORUVKA, L.; KOZAK, J. Geostatistical investigation of a reclaimed dumpsite soil with emphasis on aluminum. **Soil Tillage Research**. 59:115-126, 2001.

BOTSCHEK, J.; FERRAZ, J.; JAHNEL, M.; SKOWRONEK, A. Soil chemical properties of a toposequence under primary rain forest in the Itacoatiara vicinity (Amazonas, Brazil). **Geoderma**. 72:119-1321, 1996.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto Radambrasil, folha SB. 20, Purus**. Rio de Janeiro, 1978. 561 p.

- CAMPOS, M. C. C. Caracterização e gênese de solos do Médio Rio...
- BRAUN, E.H.G.; RAMOS, J.R.A. Estudo agroecológico dos campos Puciarí-Humaitá (Estado do Amazonas e Território Federal de Rondônia). **Revista Brasileira de Geografia**. 21:443-497, 1959.
- BUI, E.N., LOUGHEAD, A., CORNER, R. Extracting soil-landform rules from previous soil surveys. **Australian Journal of Soil Research**. 37:495–508. 1999.
- CAMARGO, M.N; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J.H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. 12:11-33, 1987.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do IAC**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1986. 94p. (Boletim Técnico, 106).
- CAMPOS, M. C.C. **Relação solo-paisagem em uma área de transição arenito-basalto na região de Pereira Barreto (SP)**. Jaboticabal, 2006. 133f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.
- CAMPOS, M.C.C.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T.; MONTANARI, R.; CAMARGO, L.A. Relações solo-paisagem em uma litossequência arenito-basalto na região de Pereira Barreto, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 31:519-529, 2007.
- CANTÓN, Y.; SOLÉ-BENET, A.; LÁZARO, R. Soil–geomorphology relations in gypsiferous materials of the Tabernas Desert (Almería, SE Spain). **Geoderma**. 115:193-222, 2003.
- CARRÉ, F.; MCBRATNEY, A. B. Digital terrain mapping. **Geoderma**. 128:340–353, 2005.
- CARVALHO, A. M. **Caracterização física, química e mineralógica dos solos do município de Humaitá-AM**. 1986. 166 f. Tese (Livre Docência) Universidade do Estado de São Paulo, Botucatu, 1986.

COELHO, R.M.; LEPSCH, I.F.; MENK, J.R.F. Relação solo-relevo em uma encosta com transição arenito-basalto em Jaú, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 18:125-137, 1994.

CORRÊA, M.M. **Óxidos de ferro e tipificação de caulinitas na gênese de solos coesos do ambiente dos tabuleiros costeiros**. Viçosa, 2005. 194f. Tese (Doutorado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas)) - Universidade Federal de Viçosa.

COSCIONE A.R.; MONIZ A.C.; PEREZ D.V.; FERREIRA M.M.C.; CAMARGO O.A. Chemical and electrochemical properties of an Oxisol-Ultisol transition in the state of São Paulo, Brazil. **Geoderma**. 126:375-388, 2005.

CPRM. Centro de Pesquisa de Recursos Minerais. **Hidroclimatologia, geologia, recursos minerais, geomorfologia e unidades de paisagens**. (Relatório Técnico) Manaus, 2001. 93p.

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

CURI, N.; FRANZMEIER, D.P. Toposequence of Oxisols from Central Plateau of Brazil. **Soil Science Society American Journal**. 48:341-6, 1984.

DALRYMPLE, J.B.; BLONG, R.J.; CONACHER, A.J. A hypothetical nine unit land a surface model. **Z. Geomorphology**. 12:60-76, 1968.

DANIELS, R. B.; HAMMER, R. D. **Soil Geomorphology**. John Wiley & Sons, Toronto. 1992.

DANIELS, R.B.; GAMBLE, E.F.; CADY, J.G. The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. **Advances in Agronomy**. 23:51-87, 1971.

- CAMPOS, M. C. C. Caracterização e gênese de solos do Médio Rio...
- DEMATTE, J.A.M.; ALOISI, R.R.; DEMATTE, J.L.I. Seqüência Latossolo Amarelo - Podzólico Amarelo - Areias Quartzosas sob material da formação barreiras na região de Tucuruí, estado do Pará. **Scientia Agricola**. 51:345-356, 1994.
- DEMATTE, J.L.I.; MARCONI, A.; SPAROVEK, G.; VIDAL-TORRADO, P. Estimativa da evolução do intemperismo mediante ganhos e perdas de íons numa seqüência de solos desenvolvidos de diabásio e influenciados pela drenagem em Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 15:69-73, 1991.
- 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. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979.
- FERREIRA, B.A.; FABRIS, J.D.; SANTANA, D.P.; CURI, N. Óxidos de ferro das frações areia e silte de um Nitossolo desenvolvido de basalto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 27:405-413, 2003.
- FERREIRA, S.J.F.; REICHARDT, K.; MIRANDA, S.A.F. Características físicas de sedimentos e solos de dois lagos de Várzea na Amazônia Central. **Acta Amazônica**. 29:277-292, 1999.
- FREDDI, O.S.; FERRAUDO, A.S.; CENTURION, J.F. Análise multivariada na compactação de um latossolo vermelho cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 32:953-961, 2008.
- GOBIN, A.; CAMPLING, P.; FEYEN J. Soil-Landscape modelling to quantify spatial sariability of soil texture. **Physics and Chemistry of the Earth**. 26:41-45, 2001.

HIKMATULLAH, H.S.; PRASETYO, B.H. Soil properties of the eastern toposequence of Mount Kelimutu, Flores Island, East Nusa Tenggara and their potential for agricultural use. **Indonesian Journal of Agricultural Science**. 4:1-11, 2003.

HORBE, A.M.C.; PAIVA, M.R.P.; MOTTA, M. B.; HORBE, M.A. Mineralogia e geoquímica dos perfis sobre sedimentos neógenos e quaternários da bacia do Solimões na região de Coari - AM. **Acta Amazônica**. 37:81-90, 2007.

JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis** – Advanced course. Madison: Department of Soil Science, University of Wisconsin. 1969. 895p.

JACOMINE, P. K. T. Origem e evolução dos conceitos e definições de atributos, horizontes diagnósticos e das classes de solos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; SILVA, A. P. da; CARDOSO, E. J. (Ed.) **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.4, p.193-231, 2005.

KÄMPF, N. & SCHWERTMANN, U. Relações entre óxidos de ferro e a cor de solos cauliniticos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 7: 27-31, 1983.

KÄMPF, N.; CURI, N. Óxidos de ferro: indicadores de atributos de ambientes pedogênicos e geoquímicos. In: NOVAIS, R.F. de; ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. (Ed.) **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. v.1, p.107-138, 2000.

KÄMPF, N.; CURI, N. Argilominerais em solos brasileiros. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S. & ALVAREZ V., V.H., eds. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. v.3. p.1-54, 2003.

KLAMT, N.; BEATTY, M.T. Gênese de uma seqüência de solos da região do Planalto médio Riograndense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 7:99-109, 1972.

- CAMPOS, M. C. C. Caracterização e gênese de solos do Médio Rio...
- KRASILNIKOV, P.V.; CALDERÓN. N.E.G.; SEDOV, S.N.; GÓMEZ, E.V.; BELLO, R.R. The relationship between pedogenic and geomorphic processes in mountainous tropical forested area in Sierra Madre del Sur, Mexico. **Catena**. 62:14-44, 2005.
- LEPSCH, I.F.; BUOL, S.W.; DANIELS, R.B.; Soil-landscape relationships in Occidental Plateau of São Paulo State, Brazil: I. Geomorphic surfaces and soil mapping units. **Soil Science Society American Journal**. 41:104-9, 1977.
- LIMA, H.N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. Viçosa, 2001. 176p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa.
- LIMA, H. N.; MELLO, J.W.V.; SCHAEFER, C.E.G. R.; KER, J.C. Dinâmica da mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação. **Acta Amazônica**. 35:317-330, 2005.
- 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 toposseqüência da Bacia Sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 30:59-68, 2006.
- LIPS, J.M.; DUIVENVOORDEN, J.F. Regional patterns of well drained upland soil differentiation in the middle Caquetá basin of Colombian Amazonia. **Geoderma**. 72:219-257, 1996.
- MARQUES JÚNIOR, J.; LEPSCH, I.F. Depósitos superficiais neoceno-zóicos, superfícies geomórficas e solos em Monte Alto, SP. **Geociências**. 19:90-106, 2000.
- MARQUES, J.D.O.; TEIXEIRA, W.G.; REIS, A.M.; CRUZ JUNIOR. O.F.; MARTINS, G.C. Avaliação da condutividade hidráulica do solo saturada utilizando dois métodos de laboratório numa toposseqüência com diferentes coberturas vegetais no Baixo Amazonas. **Acta Amazônica**. 38:193-206, 2008.

MARQUES, J.J.G.S.M.; TEIXEIRA, W.G.; SCHULZE, D.G.; CURI, N. Mineralogy of soils with unusually high exchangeable Al from the western Amazon Region. **Clay Mineralogy**. 37:651-661, 2002.

MARTINS, A.K.E.; SCHAEFER, C.E.G.R.; SILVA, E.; SOARES, V.P.; CORREA, G.R.; MENDONÇA, B.A.F. . Relações solo-geoambiente em áreas de ocorrência de Ipucas na planície do Médio Araguaia - Estado de Tocantins. **Revista Árvore**. 30:297-310, 2006b.

MARTINS, G. C. **Matas e Campos naturais da região de Humaitá (AM): atributos diferenciais dos solos e implicações do uso e manejo**. Lavras, 2001. 65f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras.

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**. 30: 221-227, 2006a.

MEHRA, O.P.; JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: **National conference on clays and clays minerals**. 7., Washington, 1958. Proceedings. New York, 1960. p.317-327.

MELO, V.F.; SCHAEFER, C.E.R.G.; FONTES, L.E.F.; CHAGAS, A.C.; LEMOS JÚNIOR, J.B.; ANDRADE, R.P. Caracterização física, química e mineralógica de solos da colônia agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia), sob diferentes usos e após queima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 30:1039-1050, 2006.

MINASNY, B.; McBRATNEY, A.B. Mechanistic soil-landscape modelling as an approach to developing pedogenetic classifications. **Geoderma**. 133:138-149, 2006.

MOORE, I.D.; GRAYSON, R.B.; LADSON, A.R. Digital terrain modeling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. **Hydrological Processes**. 5:3–30, 1991.

MOTTA, P.E.F.; CARVALHO FILHO, A.; KER, J.C.; PEREIRA, N.R.; CARVALHO JUNIOR, W.; BLANCANEUX, P. Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 37:869-878, 2002.

NUNES, W.A.G.A.; KER, J.C.; SCHAEFFER, C.E.G.R.; FERNANDES FILHO, E.I.; GOMES, F.H. Relação solo-paisagem-material de origem e gênese de alguns solos no domínio do Mar de Morros, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 25:341-354, 2001.

OGG, C.M.; EDMONDS, W.J.; BAKER, J.C. Statistical verification of soil discontinuities in Virginia. **Soil Science**. 165:170-183, 2000.

PAI, C.W.; WANG, M.K.; CHIU, C.Y. Clay mineralogical characterization of a toposequence of perhumid subalpine forest soils in northeastern Taiwan. **Geoderma**. v.138, p.177-184, 2007.

PENNOCK, D.J.; VELDKAMP, A. Advances in landscape-scale soil research. **Geoderma**. 133:1-5, 2006.

PEREZ, A.; DONZELLI, J.L.; LEPSCH, I.F. Relação solos geomorfologia em várzea do Rio Mogi Guaçu, (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 4:181-187, 1980.

PETERSCHMITT, E.; FRITSCH, E.; RAJOT, J.L.; HERBILLON, A.J. Yellowing, bleaching and ferritisation processes in soil mantle of the Western Ghâts, South India. **Geoderma**. 74:235-253, 1996.

PHILLIPS, J.D. Geogênese, pedogênese, and multiple causality in the formation of texture-contrast soils. **Catena**. 58:275–295, 2004.

REIS, M.S.; FERNANDES, A.R.; GRIMALDI, C.; SARRAZIN, M.; GRIMALDI, M. Variação da composição granulométrica e orgânica do solo em uma toposseqüência da microrregião de Marabá-PA. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. 2:33-44, 2007.

ROCHA, G.C.; CERRI, C.C. Características e organização de uma topossequencia de solos sobre rocha básica na Amazônia brasileira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 18:117-123, 1994.

RODRIGUES, T.E.; OLIVEIRA, R.C. Solos de várzeas da Amazônia: uso e potencialidade. In.: **Amazônia: agricultura sustentável**. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.215-221, 1997.

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

RUHE, R.V. Geomorphic surfaces and the nature of soils. **Soil Science**. 82:441-445, 1956.

SAMOUËLIAN, A.; CORNU S. Modelling the formation and evolution of soils, towards an initial synthesis. **Geoderma**. 145:401-409, 2008.

SANCHEZ-MARAÑÓN, M.; DELGADO, R.; PÁRRAGA, J.; DELGADO, G. Multivariate analysis in the quantitative evaluation of soils for reforestation in the Sierra Nevada (southern Spain). **Geoderma**. 69:233-248, 1996.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 5.ed. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.

SCATOLINI, F.M.; MONIZ, A.C. Influencia do material de origem, lençol freático surgente e da posição topográfica nos solos de uma encosta em Mococa (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 16:379-388, 1992.

SCHAEFER, C.E.R.G.; DALRYMPLE, J.B. Pedogenesis and relict properties of soil with columnar structure. **Geoderma**. 71:1-17, 1996.

- CAMPOS, M. C. C. Caracterização e gênese de solos do Médio Rio...
- SCHAWWE, M.; GLATZEL, S.; GEROLD, G. Soil development along an altitudinal transect in a Bolivian tropical montane rainforest: Podzolization vs. hydromorphy. **Catena**. 69:83-90, 2007.
- SEIBERT, J.; STENDAHL, J.; SØRENSEN, R. Topographical influences on soil properties in boreal forests. **Geoderma**. 141:139-148, 2007.
- SILVA, G.E.; SILVA JÚNIOR, M.L.; MELO, V.S. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um Latossolo Amarelo do Estado do Pará. **Acta Amazônica**. 36:151–158, 2006.
- SILVA, M.B.; ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; NASCIMENTO, R.A.M. Estudo de toposseqüência da baixada litorânea fluminense: efeitos do material de origem e posição topográfica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 25:965-976, 2001.
- SOARES, J.L.N.; ESPINDOLA, C.R.E.; PEREIRA, W.L.M.. Physical properties of soils under intensive agricultural management. **Scientia Agricola**. 62:165-172, 2005.
- SOBIERAJ, J.A.H.; ELSENBEER, R.M.; COELHO, B.N. Spatial variability of soil hydraulic conductivity along a tropical rainforest catena. **Geoderma**. 108:79-90, 2002.
- SOMMER, M. Influence of soil pattern on matter transport in and from terrestrial biogeosystems—A new concept for landscape pedology. **Geoderma**. 133:107–123, 2006.
- SPLECHTNA, B.E.; KLINKA, K. Quantitative characterization of nutrient regimes of high-elevation forest soils in the southern coastal region of British Columbia, Canada. **Geoderma**. 102:153-174, 2001.
- STATISTICA. **Statistica 7.0, EUA Software**. Tucksá: StatSof, 2005.
- TERAMOTO, E.R.; LEPSCH, I.F.; VIDAL-TORRADO, P. Relações solo, superfície geomórfica e substrato geológico na microbacia do ribeirão Marins (Piracicaba - SP). **Scientia Agrícola**. 58:361-371, 2001.

- CAMPOS, M. C. C. Caracterização e gênese de solos do Médio Rio...
- THOMPSON, J.A.; PENA-YEWTUKHIW, E.M.; GROVE, J.H. Soil-landscape modeling across a physiographic region: Topographic patterns and model transportability. **Geoderma**. 133:57-70, 2006.
- UBERTI, A.A.; KLAMT, E. Relações solos-superfícies geomórficas na encosta inferior do nordeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 8:229-234, 1984.
- VALLADARES, G.S.; GOMES, E.G.; MELLO, J.C.C.B.S.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; EBELING, A.G.; BENITES, V.M. Análise dos componentes principais e métodos multicritério ordinais no estudo de organossolos e solos afins. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 32:285-296, 2008.
- VENDRAME, P.R.S.; BRITO, O.R.; QUANTIN, C.; BECQUER, T. Disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco em solos sob pastagens na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 42:859-864, 2007.
- VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I.F. Relações material de origem/solo e pedogênese em uma seqüência de solos predominantemente argilosos e latossólicos sobre psamitos na Depressão Periférica Paulista. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 23:357-369, 1999.
- VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I.F.; CASTRO, S.S.; COOPER, C. Pedogênese em uma seqüência Latossolo-Podzólico na borda de um platô na Depressão Periférica Paulista. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 23:909-921, 1999.
- WADT, P.G.S. **Manejo de solos ácidos do Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2002, p.29 (Embrapa Acre. Documento Técnico 79).
- WEBSTER, R.; OLIVER, M. A. **Statistical Methods in Soil and Land resource survey**. Spatial Information Systems, Oxford University Press, New York, 1990. 316p.

YEMEFACK, M.; ROSSITER, D.G.; NJOMGANG, R. Multi-scale characterization of soil variability within an agricultural landscape mosaic system in southern Cameroon. **Geoderma**. 125:117-143, 2005.

YOEMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communication Soil Science Plant Anal.** 19:1467-1476, 1988.

YOUNG, F.J.; HAMMER, R.D. Defining geographic soil bodies by landscape position, soil taxonomy, and cluster analysis. **Soil Science Society American Journal.** 64:989-998, 2000.

ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO DO SUL-SUDESTE DO AMAZONAS – ZEE, AM. **Zoneamento Ecológico Econômico do Sul-Sudeste do Amazonas.** IPAAM, 53p. 2008.

CAPÍTULO III – CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE TERRAS PRETAS ARQUEOLÓGICAS NA REGIÃO DO MÉDIO RIO MADEIRA

3.1. INTRODUÇÃO

As Terras Pretas Arqueológicas ou de Índio são classes de solos que apresentam como característica marcante a coloração escura e a presença de fragmentos de cerâmica e/ou líticos e artefatos indígenas incorporados à matriz dos horizontes superficiais do solo (Kampf & Kern, 2005). De acordo com Glaser (2007) estes solos normamente apresentam elevada fertilidade natural, com altos teores de P, Ca, Mg e matéria orgânica estável, além de intensa atividade biológica quando comparados aos solos adjacentes. Segundo Cunha et al. (2007), a fertilidade destes solos é fortemente relacionada com as características moleculares da fração alcalino-solúvel do carbono orgânico, as substâncias húmicas.

A formação destes solos ainda não é bem explicada, mas a hipótese mais aceita se baseia em evidências pedológicas e arqueológicas sugerindo que as Terras Pretas Arqueológicas (TPA) teriam sido formadas não intencionalmente pelo homem pré-colombiano (Kern & Kampf, 1989). Sobre esse assunto Lima et al. (2002) afirmam que as TPAs localizam-se em antigos assentamentos contendo artefatos culturais, cuja coloração escura se deve ao material orgânico decomposto, em parte na forma de carvão, como resíduo de fogueiras domésticas e de queimadas para uso agrícola do solo.

Quanto a sua distribuição, German (2003) afirmou que estes solos distribuem-se na forma de manchas descontínuas por toda a Amazônia, estando normalmente associados aos cursos de água e localizando-se em ambientes bem drenados ou em áreas com posição topográfica que permita boa visualização espacial. Segundo Sombroek et al. (2003) as TPAs ocupam de 0,1 a 0,3% da Bacia Amazônica, entretanto, as informações a respeito do tamanho dos sítios variam de menos de um hectare, em terraços elevados paralelos aos rios, a 400 hectares. Para Kämpf e Kern (2005) grandes extensões de TPA apoiam a concepção de grandes sítios de assentamento pré-histórico ocupados por longos períodos de tempo.

Estudos desenvolvidos por Kern et al. (2003) relataram que foram registrado sítios de TPA circundados por solos de cores buno-acinzentadas e alto teor de matéria orgânica, porém com teores de Ca e P mais baixos e com poucos ou ausência de artefatos de cerâmica. Estes solos apresentam características diferentes dos solos não perturbados adjacentes, sendo resultantes da atividade

agrícola pré-histórica, permanente ou semi-permanente, sendo identificados como Terra Mulata (TM).

Em termos de taxonomia de solos, as TPAs e TMs, apresentam como principal particularidade, a presença do horizonte A antrópico, que normalmente exibe elevado conteúdo de P, coloração escura e presença de fragmentos de artefatos cerâmicos e/ou líticos (Embrapa, 2006), independentemente da ordem a que pertencem.

Apesar de muitas pesquisas sobre estes solos, constatou-se que poucos são os trabalhos que tem procurado entender e esclarecer dúvidas sobre a gênese e o comportamento dos mesmos. Dessa maneira o objetivo deste trabalho foi caracterizar e classificar Terras Pretas Arqueológicas na Região do Vale Médio do Rio Madeira.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. Caracterização do meio físico

A área de estudo localizou-se ao Sul do Estado do Amazonas, nas imediações da comunidade Santo Antônio de Matupi, as margens da BR 319, rodovia Transamazônica, município de Manicoré. As coordenadas geográficas são 07° 59' 77,1" S e 061° 39' 51,2" W, com altitude média variando entre 60 a 150 metros acima do nível do mar (Figura 1).

O material de origem é proveniente de saprolito de granitos Rondonianos, do Pré-Cambriano Superior, sedimentos coluviais, depositados nas partes mais baixas da paisagem e coberturas terciárias (Brasil, 1978). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical chuvoso, apresentando um período seco de pequena duração (Am), com temperaturas variando entre 25°C e 27°C e com precipitações pluviométricas entre 2.250 e 2.750 mm, com chuvas concentradas no período de outubro a junho.

A configuração do relevo é marcada pela presença de platôs que exibem superfícies topográficas planas, sendo a zona de borda marcada por colinas e cristas alinhadas e localmente escarpadas, com desníveis entre 50 e 100 m, enquanto que as áreas de planícies têm como principais características a presença de uma superfície pediplanada, localmente interrompida por colinas de topo plano (CPRM, 2001). A vegetação característica desta região é a Floresta Tropical Densa

constituída por árvores adensadas e multiestratificadas entre 20 a 50 metros de altura, com clima úmido, elevadas temperaturas e alta precipitação.

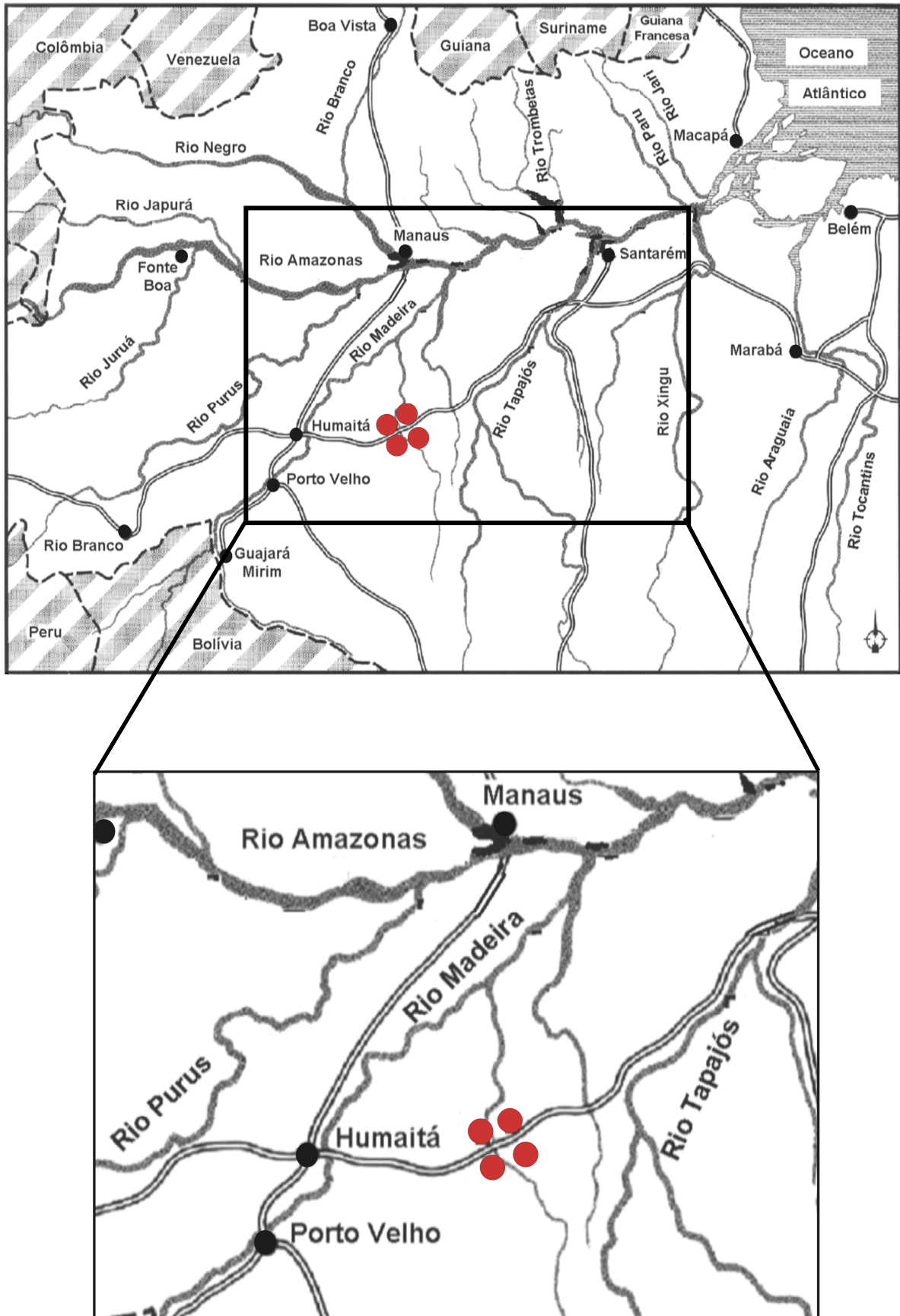


Figura 1. Mapa com a localização das áreas de ocorrência das Terras Pretas de Índio (TPA), na região do Médio Rio Madeira, Amazonas.

3.2.2. Levantamento de campo

Foram selecionados quatro locais situados em posições distintas da paisagem. Os perfis P1 e P3 localizou-se em posições de topo, sendo o P1 sob vegetação secundária (capoeira) e o P3, sob vegetação primária de floresta densa. O perfil P2 localizou-se no sopé da vertente, sob formação secundária de capoeira, e o P4 em posição de meia encosta, estava recentemente desmatado e queimado para implantação de pastagem (Tabela 1).

Tabela 1. Identificação dos perfis, segmentos de vertente, coordenadas, município e sistema de manejo.

Perfis	Segmento de Vertente	Coordenadas	Município	Sistema de Manejo
P1	Topo	07° 59' 77,1" S 061° 39' 51,2" W	Manicoré	Capoeira
P2	Sopé	07° 59' 23,1" S 061° 33' 89,3" W	Manicoré	Capoeira
P3	Topo	08° 04' 21,1" S 061° 31' 23,3" W	Manicoré	Floresta Primária
P4	Meia Encosta	07° 55' 42,2" S 061° 30' 35,6" W	Manicoré	Queimada

Nesses locais foram abertas trincheiras e os perfis foram caracterizados morfológicamente e coletados por horizonte segundo Santos et al. (2005). Nas amostras coletadas foram realizadas análises físicas, químicas e mineralógicas. Em seguida os solos foram classificados segundo critérios estabelecidos pelo SiBCS (Embrapa, 2006).

3.2.3. Análises físicas e químicas dos solos

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta, utilizando uma solução de NaOH 0,1 N como dispersante químico, e agitação mecânica em aparato de alta rotação por 10 minutos. A fração argila foi separada por sedimentação, as areias grossa e fina por tamisação e o silte calculado por diferença. Foi determinada a argila dispersa em água e feito o cálculo do grau de flocculação, segundo metodologia da Embrapa (1997).

A densidade do solo foi obtida pelo método do anel volumétrico e a densidade de partícula pelo método do balão volumétrico conforme metodologia da Embrapa (1997). A porosidade total foi calculada a partir dos dados obtidos das densidades do solo e de partícula, empregando-se a seguinte expressão: $P_t = 100(1 - D_s/D_p)$.

A condutividade hidráulica saturada dos solos foi determinada em amostras deformadas (TFSA), utilizando-se cilindro plástico com 23 cm de altura e 2,5 cm de

diâmetro, com permeâmetro de carga constante. A condutividade hidráulica foi calculada conforme a lei de Darcy e expressa em cm h^{-1} .

Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram extraídos com $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$; o potássio, sódio e fósforo disponível, foram extraídos com solução de *Mehlich-1*; e a acidez potencial (H+Al) foi extraída com solução tamponada a pH 7,0 de acetato de cálcio, utilizando-se metodologia proposta pela Embrapa (1997). Com base nos resultados das análises químicas, foram calculadas a soma de bases (SB), a capacidade de troca catiônica (CTC), a saturação por bases (V%) e alumínio.

O pH foi determinado potenciométricamente utilizando-se relação 1:2,5 de solo: em água e KCl (Embrapa, 1997).

3.2.4. Carbono orgânico total e Fracionamento químico da MOS

O carbono orgânico total foi determinado pelo método de oxidação via úmida, com aquecimento externo (Yeomans & Bremner, 1988), e a matéria orgânica foi estimada com base no carbono orgânico total.

O fracionamento químico das substâncias húmicas foi executado com base na solubilidade em meio ácido e alcalino, utilizando-se $\text{NaOH } 0,1 \text{ mol L}^{-1}$ na relação solo:extrator de 1:20 p/v, separando-se as frações: ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e humina (HUM), conforme método de Swift (1996), com posterior determinação do carbono orgânico em cada fração através da oxidação utilizando solução de dicromato de potássio $0,167 \text{ mol L}^{-1}$ e ácido sulfúrico concentrado, com aquecimento em bloco digestor (Yeomans & Bremner, 1988). A relação AH:AF foi obtida por cálculo.

3.2.5. Óxidos do ataque sulfúrico e formas cristalinas e amorfas

Na terra fina seca ao ar (TFSA) foram determinados os óxidos do ataque sulfúrico (Al_2O_3 e Fe_2O_3) foram determinados após digestão com H_2SO_4 1:1, seguido de dissolução alcalina para SiO_2 , segundo método descrito por Embrapa (1979).

As formas cristalinas de ferro (Fe_d), alumínio (Al_d) e Silício (Si_d) foram extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB), segundo metodologia de Mehra & Jackson (1960). Para extração dos óxidos mal cristalizados de ferro (Fe_o), alumínio (Al_o) e silício (Si_o) foi utilizado o oxalato de amônio (Camargo et al., 1986).

3.2.6. Análises Mineralógicas

A separação das frações areia (2,0 - 0,05 mm), silte (0,05 - 0,002 mm) e argila (<0,002 mm) foi realizada por meio de tratamentos físicos e químicos. Para tanto, foram retirados 50 g de terra fina seca ao ar (TFSA) e colocados em contato com água e 4 g L⁻¹ de hidróxido de sódio, submetendo à agitação rápida. Após essa etapa, o material foi passado em peneira de malha de 0,05 mm, para separação da fração areia. As frações silte e argila foram separadas por sedimentação, segundo a lei de Stokes. A fração argila foi seca em estufa a temperaturas inferiores a 60°C.

Foi realizado o tratamento do material visando eliminar a matéria orgânica e os óxidos de ferro, com vistas melhorar os estudos por difração de raios-X. Esses tratamentos prévios foram executados submetendo-se a fração argila à ação da água oxigenada e ditionito-citrato-bicarbonato para remoção dos revestimentos orgânicos ou oxiferruginosos, respectivamente.

Os difratogramas foram obtidos empregando-se difratômetro Shimadzu, operando a uma tensão de 40 kv, com corrente de 20 mA, radiação de Cuk α , com monocromador de grafite. A amplitude de varredura foi de 5 a 70° (2 θ) e uma velocidade de registro de 3° 2 θ min⁻¹ para areia e silte; amplitude de 3 a 70° (2 θ) e mesma velocidade para a argila pó. Para as amostras saturadas com KCl (temperatura ambiente e aquecidas a 550 °C) e saturadas com MgCl₂ com posterior solvatação com glicerol, a amplitude de varredura foi de 3 a 35° (2 θ) e uma velocidade de registro de 2° 2 θ min⁻¹.

As amostras desorientadas (em pó) foram trituradas em almofariz de ágata, sendo o conjunto montado em suporte de metal, após pressão suave da amostra sobre papel rugoso, de forma a minimizar a orientação preferencial das partículas.

As amostras de silte e areia foram preparadas em pó (não orientadas) para análise de DRX.

As amostras de argila foram preparadas inicialmente em pó (não orientadas) e posteriormente em lâminas de vidro (orientadas) para análise em DRX. Para as amostras orientadas foi realizado tratamento com saturação com K⁺ a temperatura ambiente (25 °C) e aquecidas durante 3 horas a temperatura de 550 °C. Além disso, foi realizada saturação com Mg²⁺ e magnésio mais solvatação com glicerol (Mg-G) (Jackson, 1969).

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Classificação dos Solos

Com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (Embrapa, 2006) os quatro perfis foram classificados, com base nos seus atributos morfológicos, físicos e químicos, até o 4º nível categórico, sendo utilizados no 5º nível o grupamento textural e tipo de horizonte A. No grupamento textural, a textura média foi subdividida em média (leve), para separar os solos com teor de argila menor que 20%, e média para os solos com teor de argila igual ou maior que 20%.

Dessa maneira, os solos foram assim classificados: P1 - Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico antrópico abrupto, textura média/argilosa; P2 – Argissolo Acinzentado Eutrófico antrópico, textura média (leve)/argilosa; P3 – Argissolo Amarelo Eutrófico antrópico abrupto, textura média (leve)/argilosa e P4 – Argissolo Amarelo Eutrófico antrópico, textura argilosa/muito argilosa. As classes de solos encontradas são concordantes com as identificadas por Lima (2001), que afirma que as TPAs taxonomicamente enquadram-se nas ordens dos Argissolos, Latossolos, Cambissolos e Neossolos.

3.3.2. Atributos Morfológicos

As Terras Pretas Arqueológicas, de maneira geral, apresentam como características marcantes a coloração escura, associada à presença de fragmentos cerâmicos e líticos incorporados a massa dos horizontes superficiais (Tabela 2), permitindo a sua diferenciação de outros solos adjacentes.

Verificou-se que os horizontes superficiais apresentaram cores variando de bruno-acinzentado muito escuro a preto, com matiz de 10YR, valores entre 2 e 3 e cromas entre 1 e 2, enquanto os horizontes subsuperficiais apresentam cores amareladas ou avermelhadas, marcando uma nítida diferenciação entre o horizonte A escuro (antropogênico) e os horizontes diagnósticos subsuperficiais (Tabela 2). De acordo com Kern & Kampf (1989) e Glaser et al. (2000) a cor escura destes horizontes se deve aos elevados teores de matéria orgânica acumulada, somados aos elevados teores de resíduos queimados.

Tabela 2. Características morfológicas dos perfis de Terras Pretas Arqueológicas na região do Médio Rio Madeira

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor (úmida)	Textura	¹ Estrutura	² Consistência (seco, úmido, molhado)	Transição
P1 - Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico antrópico abrupto, textura média/argilosa						
A ₁	0-19	10YR 2/2	franca	Fo., peq. a mpeq. gran.	mac., mfri, lig.plás. lig.peg.	gra. e pla.
A ₂	19-37	10YR 3/2	franca	Fo., peq. a méd. gran.	mac., fri., lig.plás, lig.peg.	gra. e pla.
Bt ₁	37-70	5YR 4/6	argila	fo. peq. a méd. bl. ang. e sub.	mac., mfri., lig.plás, lig.peg.	cla. e pla.
Bt ₂	70-100	5YR 4/6	argila	mod. méd. a gr. bl. ang. e sub.	lig.dr., mfri., lig.plás, lig.peg.	cla. e pla.
BC	100-120	-	-	-	-	-
P2 – Argissolo Acinzentado Eutrófico antrópico, textura média (leve)/argilosa						
A ₁	0-32	10YR 2/1	franco-arenosa	fo. mpeq. gran.	lig.dr., mfri, lig.plás. lig.peg.	gra. e pla.
A ₂	32-50	10YR 3/1	franco-arenosa	fo. mpeq. gran.	lig.dr., mfri, lig.plás. lig.peg.	gra. e pla.
AB	50-75	10YR 4/2	franco-arenosa	maçica moderadamente coesa	-	gra. e pla.
Bt	75-105+	10YR 6/3	argilo-arenosa	maçica moderadamente coesa	-	-
P3 – Argissolo Amarelo Eutrófico antrópico abrupto, textura média (leve)/argilosa						
A ₁	0-20	10YR 2/1	franco-arenosa	Fo. mpeq. a peq. gran.	lig.dr., mfri, lig.plás. lig.peg.	gra. e pla.
A ₂	20-40	10YR 3/1	franco-arenosa	Fo. mpeq. a peq. gran.	lig.dr., mfri, lig.plás. lig.peg.	gra. e pla.
BA	40-70	10YR 5/6	franco-argilo-arenosa	Maçica a moderadamente coesa	mdr., fir, lig.plás. lig.peg.	gra. e pla.
Bt ₁	70-110	10YR 5/6	argila	Maçica a moderadamente coesa	ext.dr., fir, plás. peg.	dif. e pla.
Bt ₂	110-150+	10YR 5/6	argila	Maçica a moderadamente coesa	ext.dr., fir, plás. peg.	-
P4 – Argissolo Amarelo Eutrófico antrópico, textura argilosa/muita argilosa						
A ₁	0-20	10YR 3/1	franco argilosa	Fo. mpeq. a peq. gran.	lig.dr., mfri, lig.plás. lig.peg.	cla. e pla.
A ₂	20-42	10YR 3/2	franco argilosa	fo. mpeq. a peq. gran. e bl. ang.	lig.dr., mfri, lig.plás. lig.peg.	gra. e pla.
AB	42-63	10YR 4/3	franco argilosa	mod. mpeq. a peq. gran. e bl. sub.	dr., mfri, lig.plás. lig.peg.	gra. e pla.
BA	63-108	10YR 4/6	argila	fr. mpeq. a peq. bl. sub.	dr., fri, plás. peg.	dif. e pla.
Bt ₁	108-153	10YR 5/6	muito argilosa	fr. mpeq. a peq. bl. sub.	dr., fri, plás. peg.	-
Bt ₂	153-170	10YR 6/6	muito argilosa	-	-	-

¹ fr.: fraca, mod.: moderada; fo.:forte; peq.: pequena, mpeq.: muito pequena; méd.: média; gr.: grande; mgr.: muito grande; gran.: granular; bl. ang.: blocos angulares; bl. sub.: blocos subangulares, prism.:prismática.

² so.: solto; mac.: macio; lig.dr.: ligeiramente duro; dr.: duro; mdr.: muito duro; ext.dr.: extremamente duro; mfri.: muito friável; fri.: friável; fir.: firme; mfri.: muito firme; ext.fir.: extremamente firme; nplás.: não plástico; lig.plás.: ligeiramente plástico; plás.: plástico; mplás.: muito plástico; npeg.: não pegajoso; lig.peg.: ligeiramente pegajoso; peg.: pegajoso; mpeg.:muito pegajoso.

³ cla.: clara; pla.: plana; gra.:gradual; ond.: ondulada; dif.: difusa; abr.: abrupta.

De acordo com Denevan (1996) a intensidade da cor e a profundidade de ocorrência dos horizontes antropogênicos são produtos do tempo e continuidade da ocupação dos sítios. No trabalho em questão, foi constatada pouca variação na profundidade de ocorrência dos horizontes antropogênicos, entre 37 e 50 cm, sugerindo que esses sítios apresentam semelhança entre si, refletindo tempo de ocupação e densidade populacional similares. Segundo Kern et al. (2003) a grande maioria das TPAs possui a espessura do horizonte A variando entre 30 a 60 cm.

Segundo Lima (2001) as TPAs são bem drenadas e com textura variando de arenosa a muito argilosa. Nesta pesquisa foi observado, que os horizontes antropogênicos variaram entre as texturas franco-arenosa, franca e argila, enquanto que nos horizontes diagnósticos subsuperficiais foram encontradas texturas argilo-arenosa, argila e muito argilosa.

Os horizontes antropogênicos apresentaram estrutura granular com grau de desenvolvimento forte, variando de pequena a muito pequena. Este comportamento deve-se principalmente a ação do carbono pirogênico (particulada, livre, protegida e em complexos organo-minerais) que tem papel importante na formação e estabilização dos agregados (Cunha et al., 2007). Para os demais horizontes, observou-se que a estrutura variou, com presença de blocos angulares e subangulares nos solos P1 e P4, enquanto nos solos P2 e P3 foi observada estrutura maciça moderadamente coesa.

A consistência do solo seco nos horizontes antropogênicos variou de macia a ligeiramente dura, aumentando nos horizontes subsuperficiais para muito dura a extremamente dura, em decorrência da presença de frações mais finas. Para a consistência do solo úmido, observou-se nos horizontes antrópicos uma variação de friável a muito friável, enquanto nos horizontes subsuperficiais predomina a consistência firme.

Para a consistência do solo molhado, observou-se que os horizontes antrópicos foram ligeiramente plásticos, em função do conteúdo de argila, sendo este mesmo comportamento observado para a pegajosidade. Nos horizontes subsuperficiais, tanto a plasticidade como a pegajosidade tenderam a aumentar conforme conteúdo das frações finas.

3.3.3. Atributos Físicos

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados referentes aos atributos físicos, apresentados na Tabela 3. Constatou-se que todos os horizontes

antropogênicos do presente estudo apresentaram certa quantidade de material lítico e fragmentos cerâmicos, que tende a decrescer com a profundidade, resultados similares com os encontrados por Kern & Kampf (1989) em áreas de TPA no Pará.

Em relação às frações granulométricas das TPA, notou-se dominância da fração areia, em particular da areia grossa no horizonte antrópico em todos os perfis estudados. Entretanto, verificou-se uma nítida variação da textura em função da posição de ocorrência da TPA no relevo. No caso do P2, a textura mais arenosa se deve a influência de materiais coluviais no terço inferior da encosta. Esta posição de sopé de encosta também é responsável pela coloração acinzentada do horizonte Bt, influenciando na classificação do solo como Argissolo Acinzentado. Para os demais sítios de TPA (P1, P3 e P4) há contribuições de pequenos fragmentos líticos e cerâmicos, corroborando com German (2003). Para os horizontes diagnósticos subsuperficiais, excetuando-se o P2, que reflete a sua natureza pedogenética, predomina a fração argila (Tabela 3).

De acordo com Lima et al. (2002), apesar das condições climáticas favoráveis à destruição dos agregados do solo, o estado de organização da estrutura é tão fortemente desenvolvido que não propicia este comportamento, de maneira que observou-se maior expressão do grau de flocculação nos horizontes A antrópicos.

A relação silte/argila apresentou valores semelhantes, exceto no P1 que apresentou valores mais elevados. Entretanto, se observarmos de forma mais geral, constata-se que todos os horizontes antrópicos exibiram valores da relação silte/argila (mais elevados em relação aos horizontes subsuperficiais (Tabela 3).

A densidade do solo apresentou valores mais baixos para os horizontes antropogênicos em todos os perfis estudados. No perfil estes valores tendem aumentar com a profundidade. Segundo Neves Júnior (2008) estes comportamento são resultantes dos elevados teores de carbono orgânico.

Com relação aos valores da porosidade total, notou-se que nos horizontes antropogênicos os valores são mais elevados que nos demais horizontes subsuperficiais, tendência também observado por Teixeira & Martins (2003). Resultados com essa mesma tendência também são observados para a condutividade hidráulica do solo saturado, e estes resultados são devidos aos elevados teores de matéria orgânica.

Tabela 3. Caracterização física dos perfis de Terras Pretas Arqueológicas na região do Médio Rio Madeira

Horiz.	Prof.	Material lítico	Fragmentos de Cerâmicas	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural	G. F.	S/A	Ds	Dp	Pt	CHSS
	cm			g kg ⁻¹				%			kg dm ⁻³		m ³ m ⁻³	cm h ⁻¹
P1 - Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico antrópico abrupto, textura média/argilosa														
A ₁	0-19	14,8	310	232,4	148,5	448,4	170,6	27,7	83,75	2,63	0,76	2,50	0,69	19,79
A ₂	19-37	11,8	110	267,3	152,5	343,5	236,6	27,9	88,18	1,45	0,84	2,74	0,69	14,87
Bt ₁	37-70	0	0	123,0	95,2	260,9	520,7	36,4	93,00	0,50	0,99	2,82	0,65	12,23
Bt ₂	70-100	0	0	105,1	91,9	248,0	554,9	7,7	98,61	0,45	1,04	2,82	0,63	11,62
BC	100-120	0	0								-	-	-	
P2 – Argissolo Acinzentado Eutrófico antrópico, textura média(leve)/argilosa														
A ₁	0-32	74	112	528,2	138,5	146,5	186,7	29,2	84,32	0,79	1,02	2,56	0,60	21,44
A ₂	32-50	53	96	564,6	171,0	104,7	159,6	36,5	77,12	0,66	1,11	2,56	0,57	22,22
AB	50-75	0	0	534,3	173,8	99,7	192,0	95,8	50,10	0,52	nd	2,53	nd	23,61
Bt	75-105+	0	0	447,4	117,4	80,5	354,5	168,7	52,39	0,23	nd	2,70	nd	32,10
P3 – Argissolo Amarelo Eutrófico antrópico abrupto, textura média(leve)/argilosa														
A ₁	0-20	33	120	577,3	106,8	140,1	175,6	35,3	79,86	0,80	1,05	2,67	0,61	30,66
A ₂	20-40	23	65	553,2	144,3	128,8	173,6	56,4	67,47	0,74	1,29	2,63	0,51	30,24
BA	40-70	0	0	352,4	127,4	144,1	376,0	136,3	63,74	0,38	1,51	2,67	0,43	29,70
Bt ₁	70-110	0	0	221,5	73,4	140,2	564,8	15,7	97,22	0,25	1,41	2,70	0,48	28,13
Bt ₂	110-150+	0	0	229,3	69,7	115,6	585,3	19,0	96,74	0,20	-	2,63	-	25,32
P4 – Argissolo Amarelo Eutrófico antrópico, textura argilosa/muita argilosa														
A ₁	0-20	59	185	235,5	104,0	247,3	413,1	21,6	94,76	0,60	0,84	2,67	0,68	24,63
A ₂	20-42	51	165	277,0	94,6	280,0	348,3	26,4	92,42	0,80	0,85	2,67	0,68	24,35
AB	42-63	0	0	195,1	103,6	306,6	394,6	23,6	94,00	0,78	1,03	2,60	0,60	12,46
BA	63-108	0	0	155,5	61,7	182,5	600,1	36,2	93,95	0,30	1,12	2,74	0,59	9,32
Bt ₁	108-153	0	0	121,2	53,3	188,7	636,7	14,9	97,66	0,30	1,15	2,78	0,59	7,77
Bt ₂	153-170	0	0	121,1	52,7	145,3	680,8	131,2	80,73	0,21	-	2,74	-	7,49

3.3.4. Atributos Químicos

Os atributos químicos são apresentados na Tabela 4. Os valores de pH em água variaram de 5,9 a 7,0 nos horizontes antropogênicos, enquanto que o pH em KCl os resultados foram menores, variando entre 4,8 a 6,9 (Tabela 4). Estes valores são similares com os encontrados por Solomon et al. (2007), porém contrariam os valores encontrados por Moreira (2007) evidenciando a natureza heterogênea de ocorrência das TPAs, propiciado pelas condições pedoambientais e as atividades humanas de cada local (Woods, 2003).

Os teores de fósforo disponível foram elevados nos horizontes antropogênicos, entretanto com valores muito dispersos. Foram encontrados teores de 143,5 a 230,7 mg kg⁻¹ no P1, 15,5 a 16,9 mg kg⁻¹ no P2, 26,1 a 35,4 mg kg⁻¹ no P3 e 24,0 a 25,7 mg kg⁻¹ no P4. Estes valores são superiores aos encontrados nos horizontes superficiais adjacentes, visto que são provenientes da incorporação de detritos pelos antigos habitantes, corroborando assim com os resultados encontrados por Ribeiro (2006) que comparou solos de TPAs ao solos adjacentes.

Os valores do Ca²⁺ e Mg²⁺ trocáveis foram elevados nos horizontes superficiais, o que está de acordo com Steiner et al. (2004), que afirmaram que as TPAs exibem elevados níveis de nutrientes, principalmente Ca e P, altos teores de matéria orgânica e atividade biológica mais elevada que os solos adjacentes. Além disso, verificou-se que os teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ variaram entre as áreas estudadas, o que pode ser um reflexo da variação do tempo e da densidade da ocupação humana nas áreas.

Os teores de K⁺ e o Na⁺ por sua vez apresentaram teores baixos, variando entre 0,01 a 0,15 cmol_c kg⁻¹ para o K, e 0,01 a 0,22 cmol_c kg⁻¹ para o Na, estando de acordo com os resultados aos encontrados por Lehmann et al. (2003b).

Os teores de Al³⁺ trocável foram baixos em todos os horizontes (Tabela 4), assemelhando-se aos observados por Ribeiro (2006). Os níveis de acidez potencial (H⁺+Al³⁺) nos horizontes antropogênicos foram mais elevados que nos horizontes subsuperficiais, corroborando resultados observados por Moreira (2006). Segundo Falcão & Borges (2006), a elevada acidez potencial se deve à presença da matéria orgânica que, no seu processo de decomposição libera hidrogênio (H⁺).

Tabela 4. Caracterização química dos perfis de Terras Pretas Arqueológicas na região do Médio Rio Madeira

Hor.	Prof.	pH H ₂ O	pH KCl	ΔpH	P	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
	cm				mg kg ⁻¹					cmol _c kg ⁻¹				%	
P1 - Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico antrópico abrupto, textura média/argilosa															
A ₁	0-19	7,0	6,9	-0,1	143,5	9,31	4,95	0,10	0,10	0,10	4,79	14,46	19,25	75,12	0,69
A ₂	19-37	6,5	5,1	-1,4	230,7	5,25	3,62	0,08	0,22	0,20	5,69	9,17	14,86	61,69	2,14
Bt ₁	37-70	5,8	5,3	-0,5	23,8	6,81	2,30	0,06	0,19	0,20	3,80	9,36	13,15	71,15	2,09
Bt ₂	70-100	5,6	5,4	-0,2	11,5	3,35	1,98	0,06	0,21	0,20	2,15	5,59	7,74	72,28	3,45
BC	100-120														
P2 – Argissolo Acinzentado Eutrófico antrópico, textura média (leve)/argilosa															
A ₁	0-32	6,1	5,4	-0,7	15,5	26,58	3,16	0,09	0,02	0,10	9,16	29,86	39,02	76,53	0,33
A ₂	32-50	6,0	4,9	-1,1	16,9	14,42	1,40	0,02	0,02	0,10	9,98	15,86	25,84	61,37	0,63
AB	50-75	5,9	4,8	-1,1	13,4	6,34	1,15	0,02	0,02	0,10	3,71	7,52	11,23	66,95	1,31
Bt	75-105+	5,6	4,5	-1,1	6,1	2,56	0,61	0,01	0,01	0,12	2,72	3,19	5,91	53,97	3,62
P3 – Argissolo Amarelo Eutrófico antrópico abrupto, textura média (leve)/argilosa															
A ₁	0-20	6,0	5,2	-0,8	35,4	25,34	0,83	0,15	0,03	0,20	7,18	26,35	33,53	78,59	0,75
A ₂	20-40	5,9	4,8	-1,1	26,1	13,25	0,51	0,05	0,03	0,16	8,83	13,85	22,68	61,07	1,14
BA	40-70	5,9	4,9	-1,0	15,7	6,92	0,48	0,07	0,03	0,16	3,88	7,50	11,38	65,92	2,09
Bt ₁	70-110	5,6	4,9	-0,7	8,4	2,70	0,44	0,02	0,01	0,05	3,05	3,18	6,23	50,99	1,55
Bt ₂	110-150+	5,7	5,2	-0,5	1,7	2,43	0,51	0,02	0,02	0,10	2,72	2,99	5,71	52,32	3,24
P4 – Argissolo Amarelo Eutrófico antrópico, textura argilosa/muita argilosa															
A ₁	0-20	6,0	5,0	-1,0	25,7	14,72	1,21	0,04	0,01	0,15	11,14	15,99	27,13	58,95	0,93
A ₂	20-42	6,1	5,0	-1,1	24,0	13,59	1,82	0,04	0,02	0,05	10,64	15,48	26,12	59,26	0,32
AB	42-63	5,8	4,6	-1,2	14,0	9,62	0,20	0,02	0,01	0,16	9,32	9,86	19,18	51,40	1,60
BA	63-108	5,7	4,7	-1,0	11,9	4,70	0,29	0,01	0,01	0,10	5,86	5,02	10,87	46,13	1,95
Bt ₁	108-153	5,5	4,9	-0,6	8,8	1,98	0,27	0,01	0,01	0,15	4,37	2,28	6,66	34,30	6,16
Bt ₂	153-170	5,5	5,3	-0,2	1,2	1,52	0,07	0,01	0,02	0,10	3,55	1,62	5,17	31,40	5,80

Os maiores valores de soma de bases foram observados nos horizontes antropogênicos quando comparados aos horizontes subsuperficiais, entretanto, também houve diferenciações entre os sítios de TPAs estudados, com valores mais elevados nos perfis P2 e P3, 29,86 e 26,35 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente e 15,99 e 14,46 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, para os perfis P4 e P1, concordando com os resultados encontrados por Lehmann et al. (2003a).

Com relação à CTC, verificou-se também que os perfis P2 e P3 apresentaram os maiores valores quando comparados aos perfis P1 e P4. Para todos os perfis dos sítios estudados há uma nítida tendência de decréscimo de CTC com a profundidade do solo, comportamento resultante da presença de teores mais elevados de matéria orgânica altamente reativa que, pelo menos parcialmente, se origina do carbono pirogênico nestes solos (Glaser et al. 2000). A percentagem de saturação de bases apresentou valores mais elevados nos horizontes antrópicos dos sítios estudados, valendo ressaltar que nos perfis P1, P2 e P3 os valores do V% foram também elevados nos horizontes subsuperficiais, comportamento que não foi observado para o perfil P4, provando que o impacto da ação antrópica não se limita aos horizontes superficiais, mas pode alterar significativamente o solo até grandes profundidades, contando com a contribuição de processos pedogênicos (melanização, lessivagem e bioturbação) (Kampf & Kern, 2005).

Em relação à saturação por alumínio observou-se um comportamento inverso ao da saturação por bases, com os maiores valores nos horizontes subsuperficiais.

Os óxidos de Fe, Al e Si são apresentados na Tabela 5. Constatou-se que os teores totais de Fe_2O_3 e Al_2O_3 apresentaram comportamento semelhante, com valores mais proeminentes nos perfis P1, P3 e P4, nos sítios de ocorrência dos solos mais intemperizados (Argissolos Amarelos e Vermelho-Amarelos) enquanto que estes valores diminuem na área de ocorrência do P2 (Argissolo Acinzentado).

Os teores totais de Fe_2O_3 para os perfis P1 e P4 são semelhantes aos encontrados por Lima (2001), sendo menores para os perfis P2 e P3.

Os teores dos óxidos de Fe e Al extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato foram crescentes em profundidade para todos os perfis. Lima (2001) estudando solos antropogênicos em área na Amazônia Ocidental observou-se comportamento semelhante.

Tabela 5. Teores dos óxidos do ataque sulfúrico (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3), óxidos livre extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3) e formas amorfas extraídos com oxalato ácido de amônio (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3) e relações entre eles, dos perfis de Terras Pretas Arqueológicas na região do Médio Rio Madeira

Horiz.	Óxidos do Ataque Sulfúrico			Relações		Ditionito Citrato Bicarbonato			Oxalato Ácido de Amônio			Relações				
	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	Ki	Kr	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	$\frac{\text{Fe}_{\text{ox}}}{\text{Fe}_d}$	$\frac{\text{Al}_{\text{ox}}}{\text{Al}_d}$	$\frac{\text{Si}_{\text{ox}}}{\text{Si}_d}$	$\frac{\text{Fe}_d}{\text{Fe}_t}$	
	dag kg ⁻¹						dag kg ⁻¹			dag kg ⁻¹						
P1 - Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico antrópico abruptico, textura média/argilosa																
A ₁	0,52	5,99	3,46	0,26	0,12	0,42	1,69	1,24	0,26	0,09	0,22	0,05	0,18	0,62	0,28	
A ₂	0,58	6,38	3,45	0,29	0,13	0,27	2,01	1,32	0,23	0,07	0,21	0,03	0,16	0,85	0,32	
Bt ₁	0,67	7,23	4,02	0,28	0,13	0,30	1,99	1,07	0,24	0,04	0,32	0,02	0,30	0,80	0,28	
P2 - Argissolo Acinzentado Eutrófico antrópico, textura média (leve)/argilosa																
A ₁	0,51	0,98	0,98	0,88	0,54	0,88	0,34	0,51	0,48	0,04	0,20	0,12	0,39	0,55	0,35	
A ₂	0,50	0,84	1,01	0,84	0,55	0,29	0,25	0,35	0,25	0,03	0,25	0,12	0,71	0,86	0,30	
Bt	0,63	0,79	1,18	0,91	0,64	0,21	0,16	0,32	0,27	0,02	0,28	0,13	0,87	0,81	0,20	
P3 - Argissolo Amarelo Eutrófico antrópico abruptico, textura média (leve)/argilosa																
A ₁	0,52	1,52	1,06	0,83	0,44	0,39	0,53	0,38	0,30	0,03	0,23	0,06	0,61	0,76	0,35	
A ₂	0,59	1,82	1,40	0,72	0,39	0,34	0,59	0,48	0,26	0,04	0,28	0,07	0,58	0,76	0,32	
Bt ₁	1,43	2,71	3,48	0,70	0,47	0,34	0,96	0,38	0,21	0,01	0,26	0,01	0,68	0,61	0,35	
P4 - Argissolo Amarelo Eutrófico antrópico, textura argilosa/muito argilosa																
A ₁	1,13	5,05	3,85	0,50	0,27	0,34	1,30	1,02	0,31	0,07	0,24	0,05	0,24	0,91	0,26	
A ₂	1,15	5,09	4,06	0,48	0,27	0,33	1,78	1,20	0,28	0,08	0,25	0,04	0,21	0,84	0,35	
Bt ₁	1,31	5,69	4,33	0,51	0,28	0,29	1,98	1,13	0,23	0,03	0,26	0,02	0,23	0,79	0,35	

Os valores dos óxidos extraídos por oxalato ácido de amônio foram baixos e muito semelhantes para todos os perfis. Os valores da relação Fe_{ox}/Fe_d distribuíram-se semelhantemente para todos os perfis estudados, exceção feita ao P2 que apresentou valores mais elevados, o que se explica pela ação da matéria orgânica que dificulta a cristalização dos óxidos de Fe, e que neste solo apresenta maiores resultados (Tabela 5). Quanto aos valores da relação Al_{ox}/Al_d verificou-se relações similares, com maiores valores da relação no P2, indicando conteúdo de Al ainda na estrutura dos óxidos de ferro. A relação Fe_d/Fe_t também apresentou valores semelhantes em todos os solos.

3.3.5. Atributos Mineralógicos

A mineralogia da fração areia das TPAs é apresentada na Tabela 6. Verificou-se que os perfis P2 e P3 apresentaram comportamento semelhante, com presença de caulinita, quartzo e fedspatos no horizonte A_1 , enquanto no horizonte Bt foi observado apenas o quartzo.

Tabela 6. Composição mineralógica das frações areia, silte e argila dos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais dos perfis de Terras Pretas Arqueológicas na região do Médio Rio Madeira

Horizonte	Areia	Silte	Argila
P1 - Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico antrópico abruptico, textura média/argilosa			
A_1	Ct, Gb, Q e Gh	Ct, Gb, Q, An, Fd e Im	Ct, Gb e Gh
Bt_1	Ct, Gb, Q, Gh, Hm e Fd	Ct, Gb, Q, An, Fd e Im	Ct, Gb e Gh
P2 - Argissolo Acinzentado Eutrófico antrópico, textura média (leve)/argilosa			
A_1	Ct, Q e Fd	Ct, Gb, Q, Gh, An, Fd e Im	Ct e Gb
Bt	Ct, Q e Fd	Ct, Gb, Q, Gh, An, Fd e Im	Ct e Gb
P3 - Argissolo Amarelo Eutrófico antrópico abruptico, textura média (leve)/argilosa			
A_1	Ct, Q e Fd	Ct, Gb, Q, An, Fd e Im	Ct e Gb
Bt_1	Ct e Q	Ct, Gb, Q, An, Fd e Im	Ct, Gb e M
P4 - Argissolo Amarelo Eutrófico antrópico, textura argilosa/muita argilosa			
A_1	Ct, Gb, Q e Gh	Ct, Gb, Q, Gh, An, e Im	Ct, Gb e Gh
Bt_1	Ct, Gb, Q e Gh	Ct, Gb, Q, Gh, An, Fd e Im	Ct, Gb, Gh e Q

Q = quartzo; Gb = gibbsita; Ct = caulinita; Hm = hematita, Gh = goethita; An = anatásio, Im = ilmenita, Fd = fedspatos; M = mica.

Para os perfis P1 e P4 observou-se presença de caulinita e quartzo associados à presença de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, tais como goethita e gibbsita no horizonte superficial, enquanto que nos horizontes subsuperficiais foi

constatada, além dos minerais acima citados, presença de feldspatos e goethita e/ou hematita para o Bt₁ do P1.

A composição mineralógica da fração silte mostrou-se bastante semelhante, com presença marcante de quartzo, gibbsita e anatásio, e menores reflexos de caulinita, goethita, feldspatos e ilmenita. Esta composição mineralógica dos solos reflete, de certo modo, a pobreza do material de origem (granitos e sedimentos terciários) (Brasil, 1979), associada ao intenso intemperismo químico, que predomina na região amazônica.

A mineralogia da fração argila das TPAs é também bastante semelhante, com dominância nítida de caulinita e gibbsita, além de traços de mica e goethita (Tabela 6) não diferindo dos resultados encontrados por Couceiro & Santana (1999) que estudaram a mineralogia de solos da Amazônia.

A caulinita foi identificada através dos picos 0,718 e 0,359 nm, para todos os solos estudados, os quais colapsaram quando aquecidos a temperatura de 550°C (Tabela 6). A gibbsita foi evidenciada em dois picos para o P1, com intensidade de 0,485 e 0,438 nm, enquanto nos demais perfis (P2, P3 e P4) foi observada apenas um pico, variando entre 0,484 a 0,491 nm. Para Horbe & Costa (1997) essa mineralogia se repete na grande maioria dos solos bem drenados da região Amazônica brasileira, e é reflexo da pobreza do material de origem, das boas condições de drenagem e do maior tempo de exposição dos sedimentos aos agentes bioclimáticos.

Vale uma ressalva em relação à presença de goethita nos perfis P1 e P4, fato que se deve, provavelmente, à não eficácia dos tratamentos de desferrificação.

3.3.6. Carbono orgânico total e fracionamento químico da MOS

Os resultados do fracionamento da matéria orgânica humificada das amostras de solo estão apresentados na Tabela 7. De uma forma geral, os teores de carbono orgânico total (COT) acumularam-se nos horizontes antrópicos, diminuindo com a profundidade. Nos horizontes antropogênicos os teores oscilaram entre 43,76 e 80,38 g kg⁻¹, entre os sítios, verificando-se que P2, P1 e P3 apresentaram maiores valores de COT, quando comparados ao solo do P4. De acordo com Cunha et al. (2007), o conteúdo elevado de COT nos solos antropogênicos, mesmo estando em ambiente favorável à decomposição e lixiviação, pode ser atribuído à formação de complexos matéria orgânica-cálcio de alta estabilidade (elevados teores de Ca), associados ao carbono pirogênico (carvão) provenientes de atividades dos povos

indígenas pré-colombianos (Glaser, 2000) ou a dominância de estruturas aromáticas com baixo grau de substituição de oxigênio (Zech et al., 1990).

Tabela 7. Teores do carbono total e frações das substâncias húmicas: fração ácido fúlvico (FAF), fração ácido húmico (FAH) e fração humina (FH) e a relação FAH/FAF nas Terras Pretas Arqueológicas, na região do Médio Rio Madeira, AM

Horizonte	Prof. cm	FAF	FAH	FH	COT	FAH/FAF
g kg ⁻¹						
P1 – Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico antrópico abrupto, textura média/argilosa						
A ₁	0-19	9,48	16,53	27,99	77,28	1,74
A ₂	19-37	5,83	15,09	12,47	62,40	2,59
Bt ₁	37-70	4,74	7,55	9,43	19,20	1,59
Bt ₂	70-100	2,55	4,67	8,06	18,00	1,83
P2 – Argissolo Acinzentado Eutrófico antrópico, textura média (leve)/argilosa						
A ₁	0-32	5,47	9,34	11,86	80,38	1,71
A ₂	32-50	3,28	8,63	8,67	45,93	2,63
BA	50-75	2,19	6,47	8,37	34,14	2,95
Bt	75-105+	1,09	2,16	7,45	19,45	1,98
P3 – Argissolo Amarelo Eutrófico antrópico abrupto, textura média (leve)/argilosa						
A ₁	0-20	6,11	7,29	15,52	71,07	1,19
A ₂	20-40	3,28	5,03	11,86	56,79	1,53
BA	40-70	2,19	3,59	8,52	18,00	1,64
Bt ₁	70-110	1,82	2,16	7,15	5,38	1,18
Bt ₂	110-150+	1,09	0,72	6,24	4,50	0,66
P4 – Argissolo Amarelo Eutrófico antrópico, textura argilosa/muita argilosa						
A ₁	0-20	8,38	16,53	17,19	43,76	1,97
A ₂	20-42	6,92	13,30	13,84	44,07	1,92
AB	42-63	4,37	9,34	10,19	28,24	2,14
BA	63-108	3,28	5,03	8,06	18,41	1,53
Bt ₁	108-153	2,19	2,88	6,08	10,97	1,31
Bt ₂	153-170	0,73	2,16	4,87	8,07	2,95

Referindo-se ao comportamento das substâncias húmicas, observou-se predominância das frações ácido húmico (AH) e humina (FH) que são as mais estáveis, em detrimento da fração mais solúvel e móvel, ácido fúlvico (AF) (Tabela 7). Quanto aos valores da relação AH/AF verificou-se que oscilam entre 1 a 2,5. Segundo Moreira (2006), quanto maiores os valores desta relação AH/AF, maior a predominância de características favoráveis ao húmus, demonstrando a melhor qualidade do solo mesmo em condições favoráveis para rápida mineralização, possivelmente em razão da maior atividade biológica, promovendo a síntese de substâncias mais condensadas (Canellas et al., 2001).

Ainda em relação à estabilidade e acúmulo das substâncias húmicas estáveis, Cunha (2005) enfatiza que aspectos relacionados às condições de temperatura e precipitação elevadas, boas condições de drenagem e caráter eutrófico dos solos antropogênicos também favorecem o acúmulo de matéria orgânica mais estável à decomposição.

De forma geral constatou-se que todas as frações orgânicas apresentaram decréscimo com a profundidade do solo, seguindo a tendência do COT. Individualmente os teores das substâncias húmicas apresentam o seguinte comportamento: a) os maiores valores das três frações (AH, AF e FH) foram encontrados nos perfis P1 e P4 e b) os menores valores foram observados nos perfis P2 e P3. Estes resultados estão acima dos encontrados por Lima et al. (2002) e foram similares aos apresentados por Cunha et al. (2007) que estudou solos antropogênicos da Amazônia.

Estes resultados mostram valores substanciais das frações ácidos húmicos e humina em relação aos ácido fúlvicos. Neste sentido Novotny et al. (2007) afirmaram que especialmente os AH e FH, podem melhorar diversos fatores limitantes da fertilidade, tais como deficiência e disponibilidade de macro e micronutrientes, toxidez por alumínio e baixa capacidade de troca de cátions. No caso das TPAs este fato deve-se a presença do carvão pirogênico, que por sofrer lenta oxidação (química e bioquímica), formam grupos carboxílicos que são responsáveis tanto pelo potencial de formação de complexos organo-minerais, bem como pela CTC do solo (Cunha, 2005).

3.4. Conclusões

As TPAs foram adequadamente enquadradas nos diversos níveis categóricos do SiBCS;

Na área estudada as TPAs apresentaram similaridades nas características químicas e profundidade do horizonte A antrópico, sugerindo que o tempo de ocupação e a densidade populacional destas áreas foram semelhantes;

A fração humina (FH) foi a mais abundante das três frações, e a fração ácidos húmicos (AH) foi a dominante nas frações alcalino-solúveis.

3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto Radambrasil, folha SB. 20, Purus**. Rio de Janeiro, 1978. 561 p.

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do IAC**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1986. 94p. (Boletim Técnico, 106).

CANELLAS, L.P.; SANTOS, G.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**. 36:1529-1538, 2001.

COUCEIRO, P.R.C.; SANTANA, G.P. Caulinita em solo da Amazônia: caracterização e permutabilidade. **Acta Amazônica**. 29:267-275,1999.

CPRM. Centro de Pesquisa de Recursos Minerais. **Hidroclimatologia, geologia, recursos minerais, geomorfologia e unidades de paisagens**. (Relatório Técnico) Manaus, 2001. 93p.

CUNHA, T.J.F. **Ácidos Húmicos de Solos Escuros da Amazônia (Terra Preta do Índio)**. Seropédica, 2005. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

CUNHA, T.J.F.; MADARI, B.E.; BENITES, V.M.; CANELAS, 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 Amazonica**, 37:91-98, 2007.

DENEVAN, W.M. A bluff model of riverine settlement in prehistoric Amazonia. **Annals of the American Geographers**. 86: 654–681. 1996.

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. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979.

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**. 36:401-406, 2006.

GERMAN, L.A. Historical contingencies in the coevolution of environment and livelihood: contributions to the debate on Amazonian Black Earth. **Geoderma**. 111:307–331, 2003.

GLASER, B. Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. **Philosophical Transactions the Royal Society B**. 362:187–196, 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**. 31:669-678, 2000.

HORBE, A.M.C.; COSTA, M.L. Solos gerados a partir do intemperismo de crostas lateríticas sílicoferruginosas. **Acta Amazonica**. 27:241-256, 1997.

JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis** – Advanced course. Madison: Department of Soil Science, University of Wisconsin. 1969. 895p.

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, 5: 277-320.

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, 2003, 1:51-76.

KERN, D.C.; KÄMPF, N. O efeito de antigos assentamentos indígenas na formação de solos com terra preta arqueológicas na região de Oriximiná – PA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 13:219-225, 1989.

LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GERMAN, L.A.; McCANN, J.; MARTINS, G.C.; MOREIRA, A. Soil fertility and production potential. In: LEHMANN, J., KERN, D.C., GLASER, B.; WOODS, W.I. (Ed.). **Amazonian dark earths; origin, properties and management**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003a. p.105-124.

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

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

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**. 110:1-17, 2002.

MEHRA, O.P.; JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: **National conference**

on clays and clays minerals. 7. Washington, 1958. Proceedings. New York, 1960. p.317-327.

MOREIRA, A. Fertilidade, matéria orgânica e substâncias húmicas em solos antropogênicos da Amazônia Ocidental. **Bragantia**. 66:307-315, 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 Pulo.

NOVOTNY, E.H.; DEAZEVEDO, E.R.; BONAGAMBA, T.J.; CUNHA, T.J.F.; MADARI, B.E.; BENITES, V.M.; HAYES, M.H.B. Studies of the compositions of humic acids from Amazonian dark earth soils. **Environmental Science & Technology**. 41:400-405, 2007.

RIBEIRO, G.A.A. **Produção e teor de nutrientes da liteira fina de capoeiras em Terra Preta de Índio e solos adjacentes**. Manaus, 2006. 98f. Dissertação (Mestrado em Agricultura no Trópico Úmido) – Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas/Universidade Federal do Amazonas.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 5.ed. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.

SOLOMON, D.; LEHMANN, J.; THIES, J.; SCHAFER, T.; LIANG, B.; KINYANGI, J.; NEVES, E.G.; PETERSEN, J.; LUIZÃO, F.J.; SKJEMSTAD, J. Molecular signature and sources of biochemical recalcitrance of organic C in Amazonian Dark Earths. **Geochimica et Cosmochimica Acta**. 71:2285-2298, 2007.

SOMBROEK, W.G.; RUIVO, M.L.; FEARNside, P.M.; GLASER, B.; LEHMANN, J. Amazonian Dark Earths as carbon stores and sinks. In.: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B.; WOODS, W.I. (Ed.). **Amazonian Dark Earths: origin, properties, and management**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. p.125–139.

STEINER, C.; TEIXEIRA, W.G.; LEHMANN, J.; ZECH, W. Microbial response to charcoal amendments of highly weathered soils and Amazonian dark earths in Central Amazonia – preliminary results. In: GLASER, B.; WOODS, W.I. (Ed.). **Amazonian dark earths; explorations in space and time**. New York: Springer, 2004. p.195-212.

SWIFT, R.S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H.; SOLTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C.T.; SUMNER, M.E. (Eds.) **Methods of soil analysis: chemical methods**. Vol. 3. Soil Science Society of America; American Society of Agronomy, Madison. (SSSA. Book Series, 5). 1996. p.1011-1020.

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

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

YOEMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communication Soil Science Plant Anal.** 19:1467-1476, 1988.

ZECH, W.; HAUMAIER, L.; HEMPFLING, R. Ecological aspects of soil organic matter in tropical land use. In: MCCARTHY, P.; CLAPP, C.E.; MALCOLM, R.L.; BLOMM, P.R. (Eds.). **Humic substances in soil and crop sciences: selected Readings.**: ASA: SSSA, Madison, USA. 1990. p.187-201.

CAPITULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos das relações solo-paisagem apresentam-se como uma técnica importante para identificar solos, pois permitem compreender e entender as relações entre as condições do solo e os aspectos topográficos do terreno, que por sua vez são importantes indicadores da variação dos atributos do solo, principalmente em locais onde há variação do material de origem.

A aplicação de modelos de paisagem com vistas à compreensão do comportamento dos atributos do solo apresenta-se como uma alternativa eficiente nos estudos das relações solo-geomorfologia. Visto que esses modelos permitem vislumbrar o solo no sentido conceitual como corpo natural, ao mesmo tempo em que inter-relaciona todas as possíveis causas de variação.

O uso dos conceitos de superfícies geomórficas e unidades de vertentes nos estudos de paisagem são extremamente importantes quando se pretende obter um maior detalhamento das informações do solo. E suas aplicações são fundamentais para estudos de gênese, levantamento e classificação de solos, com vistas ao estabelecimento de manejo, planejamento e uso do solo.

De maneira geral os atributos do solo distribuíram-se obedecendo o padrão morfológico do terreno. Em ambientes amazônicos, a compartimentação da paisagem em superfícies geomórficas, a identificação das unidades de vertente e unidades pedoambientais permitiram o entendimento do comportamento dos atributos do solo.

Em função da grande necessidade de classificar e agrupar dados relacionados aos atributos do solo e de se buscar elucidar os processos responsáveis pela variabilidade do solo. A utilização de técnicas estatísticas multivariadas apresenta-se como uma ferramenta importante, pois está técnica fundamenta-se no sistema de classificação numérica e hierárquica, favorecendo a identificação e agrupamento de variáveis do solo que se interrelacionam o que permite o entendimento dos processos pedogenéticos.

Nos últimos anos as Terras Pretas Arqueológicas tem sido objeto de muitos estudos, entretanto pouquíssimos estudos procuraram entender a gênese e classificação destes solos. De maneira geral sabe-se que estes solos apresentam como características marcantes a coloração escura, fragmentos de cerâmica e/ou líticos e artefatos indígenas incorporados à matriz dos horizontes superficiais do solo.

APÊNDICE 1

**Descrição morfológica, análises físicas e químicas dos solos da
transição Várzea/Terra Firme, Humaitá, AM.**

A - DESCRIÇÃO GERAL**PERFIL: FLONA-1**

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO AMARELO Alítico típico, textura argilosa, A moderado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Lado esquerdo do Rio Madeira, no sentido de Porto Velho, a aproximadamente 4.200 m da Comunidade Salomão, município de Humaitá, (AM), 07°40'81,1" S e 062°53'21,6" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado na Terra Firme, no topo, área sob Floresta Tropical Subperenifolia com declive entre 0 a 2,5 %.

ALTITUDE: 71 metros.

LITOLOGIA: Sedimentos terciários da Formação Solimões

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Solimões

PERÍODO: Pleistoceno Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO: sedimentos terciários.

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Plano.

RELEVO REGIONAL: Plano.

SUPERFÍCIE GEOMÓRFICA: Superfície Geomórfica I.

POSIÇÃO DA PAISAGEM: Topo.

EROSÃO: Nula.

DRENAGEM: Acentuada.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subperenifolia.

USO ATUAL: Floresta Tropical Subperenifolia.

CLIMA: Am segundo a classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO: CAMPOS, M.C.C.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0 – 16 cm, bruno (10YR 4/3, úmido), bruno-amarelado escuro (10YR 4/4, seco); franco-argilosa; forte média a grande granular; macia, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

AB - 16 – 30 cm; bruno (10YR 4/3, úmido), bruno-amarelado (10YR 5/4, seco); franco-argilosa; forte média a grande granular; macia, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

BA - 30 – 48 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6, úmido); franco-argilosa; moderada pequena e média blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

Bw₁ - 48 – 79 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido); franco-argilosa; moderada pequena e média blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.

Bw₂ – 79 – 115 cm; amarelo-brunado (10YR 6/8, úmido); franco-argilosa; moderada pequena e média blocos subangulares e granular; ligeiramente dura, friável, muito plástica e muito pegajosa; transição difusa e plana.

Bw₃ – 115 – 149 cm; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmida); argila; moderada pequena e média blocos subangulares e granular; ligeiramente dura, friável, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

Bw₄ – 149 – 180 cm+; vermelho amarelado (5YR 5/8, úmido); argila; moderada pequena e média blocos subangulares e granular; dura, firme, muito plástica e muito pegajosa.

RAÍZES – Abundantes nos horizontes A e AB, muitas em BA, comuns em Bw₁ e Bw₂, comuns no Bw₃ e raras em Bw₄.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Granulométrica				ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade	Porosidade	
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)	g.kg ⁻¹				%			kg dm ⁻³		%
A	0-16	21,3	285,3	240,1	453,3	52,3	86,72	0,53	0,91	2,60	0,65
AB	16-30	16,4	282,5	231,5	469,6	10,8	97,27	0,49	1,13	2,53	0,55
BA	30-48	16,6	250,0	251,1	482,3	2,0	99,47	0,52	1,30	2,50	0,48
Bw ₁	48-79	10,1	236,7	250,1	503,1	2,0	99,50	0,50	1,47	2,70	0,46
Bw ₂	79-115	14,6	183,4	230,4	571,6	0,5	99,88	0,40	1,37	2,67	0,49
Bw ₃	115-149	10,3	186,1	290,4	513,1	0,2	99,96	0,57	1,37	2,70	0,49
Bw ₄	149-180 +	9,0	152,6	311,5	526,9	2,4	99,47	0,59	1,37	2,70	0,49

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA BASES	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P
Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺							
cmolc kg ⁻¹							%		%		g dm ⁻³		
4,6	4,2	-0,4	0,13	0,05	0,08	0,03	0,30	4,40	12,46	12,75	2,31	93,71	0,9
5,0	4,1	-0,9	0,15	0,02	0,03	0,03	0,23	5,10	13,20	13,43	1,73	95,65	0,7
4,5	4,1	-0,4	0,18	0,00	0,03	0,03	0,25	5,45	12,79	13,03	1,88	95,70	0,5
4,6	3,9	-0,7	0,25	0,00	0,03	0,02	0,31	5,50	11,96	12,27	2,52	94,68	0,2
5,3	4,4	-0,9	0,26	0,00	0,03	0,03	0,33	6,10	11,96	12,29	2,70	94,83	0,3
4,5	4,3	-0,2	0,19	0,00	0,03	0,03	0,26	6,20	12,46	12,71	2,01	96,05	0,3
4,7	4,1	-0,6	0,24	0,00	0,04	0,03	0,32	6,40	11,96	12,28	2,61	95,22	0,2

ATAQUE SULFURICO (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Carbono Orgânico	Matéria Orgânica
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ki	Kr		g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹
dag kg ⁻¹							
0,58	1,05	1,05	0,94	0,58	0,64	13,8	23,8
0,61	0,90	1,17	1,14	0,63	0,49	7,1	12,3
0,69	1,15	1,19	1,02	0,62	0,62	5,3	9,2
0,81	1,60	1,22	0,86	0,58	0,84	4,3	7,5
0,94	1,63	1,92	0,98	0,56	0,54	3,7	6,4
1,20	1,76	2,21	1,16	0,65	0,51	3,5	6,1
1,28	1,96	2,95	1,11	0,57	0,42	3,0	5,3

A - DESCRIÇÃO GERAL**PERFIL: FLONA-2**

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO AMARELO Distrófico plíntico, textura muito argilosa, A moderado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Lado esquerdo do Rio Madeira, no sentido de Porto Velho, a aproximadamente 3900 m da Comunidade Salomão, município de Humaitá, (AM), 07°40'35,2" S e 062°53'21,1" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado na Terra Firme, na meia encosta, área sob Floresta Tropical Subperenifolia com declive entre 0 a 2,5 %.

ALTITUDE: 68 metros.

LITOLOGIA: Sedimentos terciários da Formação Solimões

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Solimões

PERÍODO: Pleistoceno Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO: sedimentos terciários.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

RELEVO LOCAL: Plano.

RELEVO REGIONAL: Plano.

SUPERFÍCIE GEOMÓRFICA: Superfície Geomórfica II.

POSIÇÃO DA PAISAGEM: Terço Superior.

EROSÃO: Nula.

DRENAGEM: Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subperenifolia.

USO ATUAL: Floresta Tropical Subperenifolia.

CLIMA: Am segundo a classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO: CAMPOS, M.C.C.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0 – 13 cm; bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido), bruno-amarelado (10YR 5/4, seco); argila; moderada média a grande granular; macia, muito friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.

AB - 13 – 30 cm; bruno (10YR 5/3, úmido), bruno-amarelado (10YR 5/4, seca); argila; moderada média a grande granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

BA - 30 – 44 cm; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido); argila; moderada pequena a média blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

Bw - 44 – 70 cm; bruno-forte (7,5YR 5/8, úmido), mosqueado pouco, pequeno e distinto vermelho amarelado (5YR 4/6, úmido); muito argilosa; moderada pequena e média blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

Bwf₁ – 70 – 96 cm; amarelo avermelhado (7,5YR 6/8, úmido), mosqueado abundante médio e distinto vermelho (2,5YR 4/6, úmido); muito argilosa; fraca pequena e média blocos subangulares; muito dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bwf₂ – 96 – 124 cm; amarelo avermelhado (7,5YR 6/8, úmido), mosqueado abundante grande e proeminente vermelho (2,5YR 5/8, úmido); muito argilosa; fraca pequena a média blocos subangulares; extremamente dura, firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bwf₃ – 124 – 190 cm+; amarelo avermelhado (7,5YR 6/8, úmido), mosqueado abundante grande e proeminente vermelho (2,5YR 4/8, úmido); muito argilosa; fraca média blocos subangulares; extremamente dura, extremamente firme, plástica e pegajosa.

RAÍZES – Abundantes nos horizontes A, AB e BA, muitas em Bw, comuns em Bwf₁ e ausentes no Bwf₂ e Bwf₃.

OBSERVAÇÕES – Presença de plintita a partir de 70 cm.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Granulométrica				ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)	g.kg ⁻¹					%		kg dm ⁻³		%
A ₁	0-13	14,2	170,1	313,9	501,7	23,0	95,42	0,63	1,03	2,44	0,58
AB	13-30	32,8	121,2	343,8	502,0	46,6	90,70	0,69	1,07	2,53	0,58
BA	30-44	14,5	130,6	304,8	550,0	22,7	95,86	0,55	1,07	2,74	0,61
Bw	44-70	22,6	144,4	218,6	614,3	0,1	99,99	0,36	1,48	2,70	0,45
Bwf ₁	70-96	21,2	97,5	262,2	618,9	1,9	99,68	0,42	1,43	2,63	0,46
Bwf ₂	96-124	24,3	84,1	270,3	621,2	7,4	98,81	0,44	1,45	2,56	0,43
Bwf ₃	124-190 +	40,7	139,1	192,6	627,5	9,6	98,46	0,31	1,47	2,67	0,45

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P
Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	BASES						
			cmolc kg ⁻¹								%	%	g dm ⁻³
4,3	3,9	-0,4	0,55	0,25	0,10	0,16	1,06	1,70	8,49	9,54	11,06	61,69	3,3
4,5	3,9	-0,6	0,78	0,33	0,04	0,13	1,27	1,50	8,49	9,76	13,03	54,12	0,6
4,5	3,8	-0,7	0,69	0,25	0,03	0,11	1,08	1,40	4,62	5,70	18,91	56,51	0,1
4,3	3,7	-0,6	0,73	0,24	0,03	0,16	1,16	1,70	3,71	4,87	23,80	59,45	0,2
4,4	3,8	-0,6	0,43	0,26	0,03	0,15	0,88	1,80	4,37	5,26	16,79	67,10	0,1
4,5	3,8	-0,7	0,56	0,39	0,04	0,09	1,08	1,90	5,28	6,36	16,98	63,75	0,1
4,6	3,9	-0,7	0,11	0,29	0,10	0,09	0,59	1,80	4,95	5,54	10,60	75,41	0,3

ATAQUE SULFURICO (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Carbono Orgânico	Matéria Orgânica
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃					
dag kg ⁻¹			Ki	Kr		g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹
0,56	0,78	1,34	0,71	0,52	0,37	21,6	37,2
0,51	0,71	0,89	1,22	0,68	0,51	13,8	23,8
0,49	0,89	0,84	0,99	0,59	0,68	5,5	9,4
0,69	1,30	0,99	1,18	0,64	0,84	3,9	6,7
0,89	1,68	1,71	0,91	0,55	0,63	5,4	9,3
0,97	1,81	2,00	0,91	0,53	0,58	3,3	5,7
0,87	1,70	1,62	0,87	0,54	0,67	1,4	2,4

A - DESCRIÇÃO GERAL**PERFIL: FLONA-3**

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO AMARELO Distrófico argissólico, textura média/argilosa, A moderado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Lado esquerdo do Rio Madeira, no sentido de Porto Velho, a aproximadamente 2000 m da Comunidade Salomão, município de Humaitá, (AM), 07°40'03" S e 062°53'54" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado na Terra Firme, no ombro, área sob Floresta Tropical Subperenifolia com declive entre 5 a 12 %.

ALTITUDE: 63 metros.

LITOLOGIA: Sedimentos areníticos da Formação Solimões

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Solimões

PERÍODO: Pleistoceno Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO: sedimentos terciários.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

RELEVO LOCAL: suave ondulado.

RELEVO REGIONAL: suave ondulado.

SUPERFÍCIE GEOMÓRFICA: Superfície Geomórfica II.

POSIÇÃO DA PAISAGEM: Ombro.

EROSÃO: Laminar moderada.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subperenifólia.

USO ATUAL: Floresta Secundária.

CLIMA: Am segundo a classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO: CAMPOS, M.C.C.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap - 0 – 10 cm; bruno-forte (7,5YR 5/6, úmido), amarelo-avermelhado (7,5YR 7/6, seco); franco-argilo-arenosa; moderada pequena granular; ligeiramente dura, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição ondulada e gradual.

BA - 10 – 30 cm; bruno-forte (7,5YR 5/6, úmido); franco-argilo-arenosa; fraca pequena blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

Bw₁ - 30 – 55 cm; bruno-forte (7,5YR 5/6, úmido); argila; moderada pequena e média blocos angulares e subangulares; dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e difusa.

Bw₂ - 55 – 94 cm; bruno-forte (7,5YR 5/8, úmido); argila; moderada pequena blocos angulares e subangulares; ligeiramente dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bw₃ - 94 – 136 cm; bruno-forte (7,5YR 5/6, úmido); argilo-arenosa; fraca média blocos angulares e subangulares; macio, friável, ligeiramente plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

2BC - 136 cm+; bruno-forte (7,5YR 5/6, úmido); franco-arenosa; fraca média blocos subangulares; macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajoso.

RAÍZES - Abundantes nos horizontes Ap e, BA, muitas no Bw₁, comuns no Bw₂ e ausente em Bw₃ e BC.

OBSERVAÇÕES - Presença de carvão no horizonte A. Linha de seixo rolado no horizonte Bw₃ à profundidade de 136 cm.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Granulométrica				ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)	g.kg ⁻¹				%			kg dm ⁻³		%
A _p	0 -10	258,4	280,8	195,8	265,0	42,8	83,83	0,74	1,06	2,56	0,59
BA	10-30	233,8	250,1	183,8	332,2	72,0	78,30	0,55	1,31	2,50	0,48
Bw ₁	30-55	233,2	205,7	105,5	455,5	119,4	73,77	0,23	1,35	2,70	0,50
Bw ₂	55-94	200,4	207,5	150,8	441,2	10,6	97,58	0,34	1,49	2,70	0,45
Bw ₃	94-136	260,7	216,9	157,4	364,9	8,2	97,75	0,43	1,56	2,67	0,41
2BC	136 +	414,6	280,6	140,9	163,8	10,1	93,80	0,86	1,61	2,67	0,39

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P
Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	BASES				%	%	g dm ⁻³
							cmolc kg ⁻¹						
4,0	3,5	-0,5	0,75	0,51	0,13	0,28	1,66	1,40	7,59	9,25	17,98	45,70	7,0
4,2	3,6	-0,6	0,74	0,32	0,08	0,22	1,36	1,90	6,44	7,80	17,47	58,24	2,2
4,8	3,6	-1,2	0,50	0,26	0,05	0,16	0,97	1,90	6,27	7,24	13,38	66,23	1,2
4,9	3,6	-1,3	0,48	0,30	0,03	0,12	0,93	2,20	5,94	6,87	13,58	70,22	0,7
4,8	3,8	-1,0	0,27	0,37	0,04	0,14	0,82	1,20	3,05	3,87	21,08	59,54	0,7
4,9	3,9	-1,0	0,36	0,21	0,03	0,09	0,69	1,10	2,23	2,92	23,68	61,41	1,1

ATAQUE SULFURICO (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Carbono orgânico	Matéria Orgânica
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ki	/Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃		g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹
dag kg ⁻¹							
0,61	0,90	1,24	0,84	0,57	0,46	12,7	21,9
0,76	1,20	1,06	1,22	0,71	0,72	9,0	15,5
0,62	1,25	1,21	0,87	0,53	0,66	4,5	7,8
1,00	1,84	1,36	0,92	0,63	0,86	3,2	5,5
0,71	1,27	1,21	0,95	0,59	0,67	1,7	3,0
0,67	1,56	1,35	0,73	0,47	0,74	1,4	2,5

A - DESCRIÇÃO GERAL**PERFIL: FLONA-4**

CLASSIFICAÇÃO: NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico, textura siltosa/argilosa, A moderado

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Lado esquerdo do Rio Madeira, no sentido de Porto Velho, a aproximadamente 800 m da Comunidade Salomão, município de Humaitá, (AM), 07°40'.193" S e 062°54'.335" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado na Várzea Alta, no sopé de deposição, área sob Floresta Tropical Hidrófila de Várzea com aproximadamente 2,5 % de declive.

ALTITUDE: 48 metros.

LITOLOGIA: Sedimentos aluviais

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Aluviões Atuais

PERÍODO: Holoceno

MATERIAL ORIGINÁRIO: sedimentos inconsolidados de planície fluvial.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

RELEVO LOCAL: Plano.

RELEVO REGIONAL: Plano.

SUPERFÍCIE GEOMÓRFICA: Superfície Geomórfica III.

POSIÇÃO DA PAISAGEM: Sopé Alto.

EROSÃO: Não aparente.

DRENAGEM: Moderadamente/imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Hidrófila de Várzea.

USO ATUAL: Floresta Tropical Hidrófila de Várzea

CLIMA: Am segundo a classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO: CAMPOS, M.C.C.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0 – 18 cm; cinzento-avermelhado-escuro (5YR 4/2, úmido), cinzento-rosado (5YR 7/2, seca); franco-argilo-siltosa; fraca pequena a média granular; muito dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

AC - 18 – 51 cm; bruno-claro (7,5YR 6/3, úmido), mosqueado pouco, médio e difuso vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido) franco-argilo-siltosa; fraca, média prismática; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

C₁ - 51 – 89 cm; bruno (10YR 5/3, úmido), mosqueado pouco médio e difuso bruno-forte; (7,5YR 5/6, úmido) franco-argilo-siltosa; fraca média blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

C₂ - 89 – 120 cm; bruno (10YR 5/3, úmido), mosqueado abundante médio proeminente bruno-forte (7,5YR 5/6, úmido) argilo-siltosa; fraca média blocos angulares e subangulares; ligeiramente dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e ondulada.

C₃ - 120 – 150 cm; bruno (10YR 5/3, úmida), mosqueado abundante médio proeminente bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido) argilo-siltosa; moderada grande prismática; muito dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e ondulada.

C₄ - 150 – 200 cm; bruno-amarelado-claro (10YR 6/4, úmida), mosqueados abundante médio proeminente bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido) argilo-siltosa; fraca grande prismática; muito dura, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

RAÍZES – Abundantes nos horizontes A e AC, muitas em C₁, comuns em C₂ e C₃, ausentes no C₄.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Granulométrica				ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade	Porosidade	
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)	g.kg ⁻¹					%		kg dm ⁻³		%
A	0-18	1,4	3,5	626,3	368,7	120,4	67,34	1,75	1,06	2,50	0,58
AC	18-51	1,6	3,0	658,1	337,3	57,9	82,84	1,95	1,24	2,78	0,56
C ₁	51-89	3,1	3,8	653,9	339,1	14,4	95,77	1,93	1,19	2,78	0,57
C ₂	89-120	2,2	12,0	500,3	485,4	18,9	96,10	1,03	1,45	2,67	0,46
C ₃	120-150	4,3	13,5	506,0	476,1	19,7	96,13	1,06	1,28	2,63	0,51
C ₄	150-200	6,7	24,3	501,8	467,1	10,7	97,70	1,07	1,40	2,78	0,50

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P
H ₂ O	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	BASES						
							cmolc kg ⁻¹				%	%	g dm ⁻³
4,4	3,6	-0,8	12,88	2,59	0,23	0,25	15,95	1,7	5,69	21,65	73,70	9,63	11,9
4,5	3,7	-0,8	10,33	0,95	0,09	0,22	11,58	1,8	3,71	15,29	75,73	13,45	14,8
4,6	3,6	-1,0	11,64	1,55	0,09	0,30	13,58	1,3	2,39	15,97	85,02	8,74	14,9
4,6	3,6	-1,0	11,71	1,29	0,10	0,31	13,40	1,7	5,61	19,01	70,49	11,26	4,5
4,7	3,5	-1,2	15,81	0,99	0,11	0,35	17,27	2,5	6,85	24,12	71,61	12,65	3,6
4,8	3,6	-1,2	12,62	0,38	0,08	0,35	13,43	1,4	3,63	17,06	78,72	9,44	5,8

ATAQUE SULFURICO (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Carbono orgânico	Matéria Orgânica
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃		/Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃			
dag kg ⁻¹			Ki	Kr		g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹
1,29	1,60	2,79	1,37	0,65	0,37	15,6	26,9
1,13	1,62	2,19	1,18	0,63	0,47	4,1	7,0
1,18	1,55	2,10	1,29	0,69	0,47	2,9	4,9
1,25	1,89	2,28	1,12	0,64	0,53	3,8	6,5
1,31	2,24	2,09	1,00	0,63	0,68	3,5	6,0
0,77	1,17	1,58	1,12	0,60	0,47	1,1	2,0

A- DESCRIÇÃO GERAL**PERFIL: FLONA-5**

CLASSIFICAÇÃO: NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico gleissólico, textura argilosa, A moderado

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Lado esquerdo do Rio Madeira, no sentido de Porto Velho, a aproximadamente 1100 m da Comunidade Salomão, município de Humaitá, (AM), 07°40'.18" S e 062°54'.24,5" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado na Várzea Baixa, no sopé de deposição, área sob Floresta Tropical Hidrófila de Várzea com aproximadamente 2,5 % de declive

ALTITUDE: 43 metros.

LITOLOGIA: Sedimentos aluviais

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Aluviões Atuais

PERÍODO: Holoceno

MATERIAL ORIGINÁRIO: sedimentos inconsolidados de planície fluvial.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

RELEVO LOCAL: Plano.

RELEVO REGIONAL: Plano.

SUPERFÍCIE GEOMÓRFICA: Superfície Geomórfica III.

POSIÇÃO DA PAISAGEM: Sopé Baixo.

EROSÃO: Não aparente.

DRENAGEM: Imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Hidrófila de Várzea.

USO ATUAL: Floresta Tropical Hidrófila de Várzea

CLIMA: Am segundo a classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO: CAMPOS, M.C.C.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0 – 23 cm; bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido), cinzento claro (10YR 7/2, seco), mosqueado pouco, pequeno e distinto vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido); argilo-siltosa; fraca pequena e média granular; dura, firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

AC - 23 – 58 cm; bruno (10YR 4/3, úmido), mosqueado abundante, médio e distinto vermelho-amarelado (5YR 5/6, úmido); argilo-siltosa; fraca média blocos angulares; ligeiramente dura, firme, plástica e pegajosa; transição clara e plana.

C - 58 – 91 cm; bruno (7,5YR 5/3, úmido), mosqueado abundante, grande proeminente vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido); argilo-siltosa; moderada grande blocos angulares; extremamente dura, extremamente firme, plástica e pegajosa; transição clara e plana.

Cg₁ - 91 – 123 cm; cinzento-claro (10YR 7/1, úmido), mosqueado abundante, grande e proeminente bruno-forte (7,5YR 5/6, úmido); argilo-siltosa; moderada grande blocos angulares; extremamente dura, extremamente firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

Cg₂ - 123 – 165 cm; bruno-claro-acinzentado (7,5YR 6/3, úmido), mosqueado abundante, grande e proeminente vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido); argilo-siltosa; moderada grande blocos angulares e subangulares; extremamente dura, extremamente firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

Cg₃ - 165 cm+; bruno (10YR 4/3, úmido), mosqueado abundante, grande e proeminente vermelho (2,5YR 5/8, úmido) argilo-siltosa; moderada grande blocos angulares; extremamente dura, extremamente firme, plástica e pegajosa.

RAÍZES – Abundantes nos horizontes A e AC, comuns em C e Cg₁ e ausentes em Cg₂ e Cg₃.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Granulométrica				ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)			g.kg ⁻¹			%		kg dm ⁻³		%
A	0-23	0,9	1,6	463,9	533,5	124,6	74,76	0,87	1,02	2,82	0,64
AC	23-58	0,7	1,0	468,9	529,4	51,0	90,18	0,89	1,03	2,82	0,63
C	58-91	1,6	4,8	446,6	546,9	27,8	95,34	0,82	1,18	2,86	0,59
Cg ₁	91-123	1,9	3,1	414,7	580,2	31,3	95,50	0,71	1,15	2,78	0,59
Cg ₂	123-165	2,3	6,0	412,4	579,2	22,8	96,25	0,71	1,18	2,78	0,57
Cg ₃	165 +	4,3	9,9	404,0	581,7	16,5	97,20	0,70	1,35	2,70	0,50

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P
Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	BASES				%	%	g dm ⁻³
cmolc kg ⁻¹													
4,3	3,5	-0,8	10,21	0,88	0,12	0,26	11,47	2,9	6,85	18,32	62,62	20,18	19,7
4,5	3,6	-0,9	16,33	0,82	0,13	0,23	17,50	2,6	6,52	24,02	72,87	12,93	21,0
4,6	3,6	-1,0	24,42	0,97	0,14	0,39	25,91	2,6	8,58	34,49	75,12	9,12	15,2
4,6	3,4	-1,2	31,00	1,12	0,16	0,20	32,48	3,6	8,66	41,14	78,94	9,98	4,8
4,8	3,4	-1,4	39,43	0,77	0,14	0,22	40,56	3,2	8,42	48,97	82,82	7,31	1,9
5,2	3,7	-1,5	40,48	0,79	0,11	0,35	41,73	0,8	3,14	44,86	93,01	1,88	3,2

ATAQUE SULFURICO (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Carbono orgânico	Matéria Orgânica
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃					
dag kg ⁻¹			Ki	Kr		g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹
1,24	1,66	2,29	1,26	0,68	0,46	7,9	13,7
1,21	1,96	2,52	1,05	0,58	0,50	4,8	8,2
1,27	1,87	2,56	1,15	0,62	0,47	3,8	6,6
1,27	1,88	2,54	1,15	0,62	0,47	3,5	6,1
1,14	2,60	2,94	0,75	0,43	0,57	2,8	4,9
1,03	1,62	2,23	1,08	0,58	0,46	2,1	3,7

APÊNDICE 2

**Descrições morfológicas, análises físicas e químicas dos solos do
sob substrato granítico, Santo Antônio do Matupi, Manicoré, AM.**

A- DESCRIÇÃO GERAL**PERFIL: SAM-1**

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura muito argilosa, A moderado

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: BR – 230, Km 180, Linha do Pito Aceso, lado esquerdo direito do Ramal Grazilino a 500 m da sede da fazenda, Distrito de Santo Antonio do Matupi, município de Manicoré, (AM), 07°59'84,4" S e 061°34'22,8" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em topo de elevação, praticamente plano, área sob Floresta Tropical Subperenifolia com declive entre 0 a 2,5.

ALTITUDE: 179 metros.

LITOLOGIA: Granitos rondonianos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Granitos Rondonianos

PERÍODO: Pré-Cambriano Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO: produtos de alteração dos granitos.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: não rochoso.

RELEVO LOCAL: Plano.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado.

POSIÇÃO DA PAISAGEM: Topo Alto.

EROSÃO: Nula.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subperenifolia.

USO ATUAL: Floresta Tropical Subperenifolia.

CLIMA: Am segundo a classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO: RIBEIRO, M. R.; CAMPOS, M.C.C.

B- DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0 – 16 cm; vermelho (2,5YR 4/6, úmido), vermelho-amarelado (5YR 4/6, seco); argila; forte pequena e muito pequena blocos angulares e subangulares; dura, muito friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual .

AB - 16 – 35 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido), vermelho amarelado (5YR 5/6, seco); argila; forte pequena e muito pequena blocos subangulares; dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e difusa.

BA - 35 – 67 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido); muito argilosa; moderada muito pequena a média blocos subangulares; muito dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

Bw₁ - 67 – 120 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido); muito argilosa; fraca muito pequena blocos subangulares; dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

Bw₂ - 120 – 150 cm+; vermelho (2,5YR 4/6, úmida), vermelho (2,5YR 5/8, seca); muito argilosa; fraca muito pequena blocos subangulares, com aspecto maciço poroso *in situ*; dura, friável, plástico e ligeiramente pegajoso.

RAÍZES – Muitas nos horizontes A e AB; comuns no BA; poucas no Bw₁; raras no Bw₂.

C- ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Granulométrica				ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)	g.kg ⁻¹				%			kg dm ⁻³		%
A	0,0-0,16	195,5	97,8	137,4	569,2	47,5	91,66	0,24	1,06	2,70	0,61
AB	0,16-0,35	169,1	96,1	156,1	578,6	2,7	99,47	0,27	1,11	2,74	0,60
BA	0,35-0,67	85,6	93,5	146,0	674,8	0,9	99,86	0,22	1,00	2,78	0,64
Bw ₁	0,67-120	86,8	89,6	171,4	652,1	12,9	97,96	0,26	0,99	2,78	0,64
Bw ₂	120-150+	85,0	89,0	177,4	648,5	6,8	98,92	0,27	1,08	2,78	0,61

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P
Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	BASES						
			cmolc kg ⁻¹								%	%	g dm ⁻³
4,6	4,3	-0,30	0,84	0,64	0,10	0,02	1,60	0,85	12,79	11,10	14,09	28,85	0,2
4,6	4,2	-0,40	0,43	0,27	0,06	0,01	0,77	0,60	8,66	9,44	8,20	43,69	0,3
4,5	4,3	-0,20	0,33	0,24	0,01	0,01	0,59	0,40	6,52	7,11	8,27	40,51	0,3
4,8	4,8	0,00	0,40	0,04	0,01	0,01	0,47	0,25	4,37	4,84	9,64	34,90	0,3
5,1	4,8	-0,30	0,46	0,02	0,02	0,01	0,51	0,20	5,36	5,87	8,71	28,11	0,6

ATAQUE SULFURICO (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Carbono	Matéria Orgânica
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃		/Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃		Orgânico	
dag kg ⁻¹			Ki	Kr		g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹
0,85	3,41	6,86	0,42	0,19	0,32	24,8	42,8
0,93	3,83	7,88	0,41	0,18	0,31	12,8	22,1
0,91	4,44	8,25	0,34	0,16	0,34	7,5	12,9
0,87	4,45	8,00	0,33	0,15	0,36	5,1	8,8
1,03	2,47	8,09	0,71	0,23	0,20	4,0	7,0

A- DESCRIÇÃO GERAL**PERFIL: SAM-2**

CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico abruptico, textura argilosa/muito argilosa, A moderado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: BR – 230, Km 180, Linha do Pito Aceso, lado esquerdo do Ramal Grazilino a 1000 m da sede da fazenda, Distrito de Santo Antonio do Matupi, município de Manicoré, (AM), 07°59'85,9" S e 061°34'60,7" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em posição de encosta, área sob Floresta Tropical Subperenifolia com declive entre 2,5 a 5%.

ALTITUDE: 168 metros.

LITOLOGIA: Granitos Rondonianos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Granitos Rondonianos.

PERÍODO: Pré-Cambriano Superior.

MATERIAL ORIGINÁRIO: produtos de alteração dos granitos.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: Ligeiramente rochoso.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado.

POSIÇÃO DA PAISAGEM: Encosta.

EROSÃO: Laminar moderada.

DRENAGEM: Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subperenifolia.

USO ATUAL: Floresta Tropical Subperenifolia.

CLIMA: Am segundo a classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO: CAMPOS, M.C.C.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0 – 28 cm; bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido), amarelo avermelhado (7,5YR 6/6, seco); argilo-arenosa; moderada pequena e média granular; ligeiramente dura, muito friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.

AB - 28 – 57 cm; bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido), amarelo avermelhado (7,5YR 6/8, seco); argilo-arenosa; moderada média a grande blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, muito plástica e muito pegajosa; transição plana e clara.

Bt₁ - 57 – 82 cm; bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido); muito argilosa; moderada pequena e média blocos angulares e subangulares; dura, friável, muito plástica e muito pegajosa; transição plana e clara.

Bt₂ - 82 – 120 cm+; vermelho amarelado (5YR 5/8, úmida); muito argilosa; moderada pequena e média blocos angulares e subangulares; dura, firme, muito plástica e muito pegajosa.

RAÍZES – Abundantes nos horizontes A e, AB; comuns no Bt₁; poucas no Bt₂.

C- ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Granulométrica				ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)	g.kg ⁻¹				%		kg dm ⁻³		%	
A	0-28	232,7	227,4	135,1	404,7	90,7	78,64	0,33	1,29	2,70	0,52
AB	28-57	226,5	241,6	130,2	401,6	4,4	99,09	0,32	1,52	2,63	0,42
Bt ₁	57-82	102,2	103,0	170,5	624,3	24,4	96,02	0,27	1,38	2,56	0,46
Bt ₂	82-120 +	89,7	100,4	155,7	654,1	10,5	98,46	0,24	1,30	2,70	0,52

pH		Delta pH	BASES TROCÁVEIS				SOMA BASES	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P
Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺							
cmolc kg ⁻¹							%		%		g dm ⁻³		
4,5	4,1	-0,40	0,86	0,37	0,12	0,20	1,54	0,40	3,06	4,60	33,48	20,61	2,9
5,0	4,7	-0,30	0,96	0,12	0,06	0,13	1,27	0,40	3,63	4,90	25,85	24,02	0,8
4,0	3,8	-0,20	0,82	0,10	0,05	0,12	1,09	0,90	3,28	4,38	24,98	45,16	1,2
5,0	4,6	-0,40	0,71	0,12	0,04	0,12	0,99	0,40	1,24	2,23	44,39	28,82	0,9

ATAQUE SULFURICO (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Carbono Orgânico	Matéria Orgânica
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃					
dag kg ⁻¹			Ki	Kr		g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹
0,87	1,87	4,14	0,79	0,33	0,29	10,1	17,5
1,16	2,27	4,23	0,87	0,40	0,34	5,2	9,0
1,14	2,64	4,19	0,73	0,36	0,40	5,8	10,0
1,23	2,80	4,76	0,75	0,36	0,38	4,6	7,9

A- DESCRIÇÃO GERAL**PERFIL: SAM-3**

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, textura muito argilosa, A moderado

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: BR – 230, Km 180, Linha do Pito Aceso, lado esquerdo do Ramal Grazilino, a 1800 m da sede da fazenda, Distrito de Santo Antonio do Matupi, município de Manicoré (AM), 07°59'85,9" S e 061°34'60,7" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado no terço inferior da encosta, área sob Floresta Tropical Subperenifolia com declive entre 5 a 12%.

ALTITUDE: 137 metros.

LITOLOGIA: granitos rondonianos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Granitos Rondonianos

PERÍODO: Pré-Cambriano Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO: produtos da alteração dos granitos.

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado.

POSIÇÃO DA PAISAGEM: Sopé de transporte.

EROSÃO: Laminar moderada.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subperenifolia.

USO ATUAL: Floresta Tropical Subperenifolia.

CLIMA: Am segundo a classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO: CAMPOS, M.C.C.

B- DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0 – 18 cm; bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido), amarelo avermelhado (7,5YR 7/6, seco); muito argiloso; forte pequena a média granular; ligeiramente dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

BA - 18 – 42 cm; vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido); argila; fraca, pequena a média blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bw₁ - 42 – 71 cm; vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido); muito argilosa; fraca pequena a média blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, muito plástica e muito pegajosa; transição plana e difusal.

Bw₂ - 71 – 103 cm; vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido); muito argilosa; fraca pequena e muito pequena blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, muito plástica e muito pegajosa; transição plana e gradual.

Bw₃ - 103 – 170 + cm; vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido); muito argilosa; fraca pequena a média blocos subangulares; macia, friável, plástica e pegajosa.

RAÍZES – Abundantes nos horizontes A e, BA; comuns em Bw₁ e Bw₂.

C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Granulométrica				ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade	Porosidade	
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)	g.kg ⁻¹					%		kg dm ⁻³		%
A	0-18	75,5	89,7	230,8	604,0	5,9	99,10	0,38	1,38	2,70	0,49
BA	18-42	129,3	85,8	231,7	553,1	4,0	99,32	0,42	1,38	2,70	0,49
Bw ₁	42-71	104,7	80,5	211,8	603,0	9,9	98,50	0,35	1,40	2,67	0,48
Bw ₂	71-103	100,5	74,6	222,5	602,3	12,4	98,07	0,37	1,39	2,67	0,48
Bw ₃	103-170 +	113,8	81,3	204,6	600,2	5,8	99,07	0,34	1,38	2,90	0,52

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P
Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	BASES				%	%	g dm ⁻³
							cmolc kg ⁻¹						
5,1	4,4	-0,70	0,62	0,03	0,02	0,12	0,79	0,40	1,32	2,11	37,44	33,61	1,6
4,7	4,0	-0,70	1,05	0,15	0,04	0,12	1,36	0,70	1,48	2,84	47,85	34,01	1,2
4,9	4,1	-0,80	1,31	0,16	0,03	0,12	1,62	0,50	1,49	3,11	52,19	23,57	0,8
4,8	4,2	-0,60	0,99	0,15	0,02	0,13	1,29	0,40	1,24	2,53	51,08	23,64	1,4
5,0	4,3	-0,70	0,27	0,12	0,02	0,13	0,54	0,50	0,99	1,53	35,09	48,30	1,3

ATAQUE SULFURICO (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Carbono	Matéria Orgânica
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ki	/Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	Kr	Orgânico	
dag kg ⁻¹						g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹
1,49	2,82	4,85	0,90	0,43	0,37	6,4	11,0
1,31	2,31	4,03	0,96	0,46	0,37	4,0	6,8
1,06	2,17	4,18	0,83	0,37	0,33	3,2	5,5
1,36	2,95	4,55	0,79	0,40	0,41	2,4	4,1
1,36	2,96	4,58	0,78	0,39	0,41	1,7	2,9

A - DESCRIÇÃO GERAL**PERFIL: SAM-4**

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura muito argilosa, A moderado

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: BR – 230, Km 180, Linha do Pito Aceso, lado esquerdo do Ramal Grazilino, a 2700 m da sede da fazenda, Distrito de Santo Antonio do Matupi, município de Manicoré, (AM), 07°59'96,7" S e 061°34'38,5" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em posição de topo baixo, área sob Floresta Tropical Subperenifolia, com declive entre 0 a 2,5%.

ALTITUDE: 162 metros.

LITOLOGIA: Granitos rondonianos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Granitos Rondonianos

PERÍODO: Pré-Cambriano Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO: produtos da alteração dos granitos.

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Plano.

RELEVO REGIONAL: Plano.

POSIÇÃO DA PAISAGEM: Topo Baixo.

EROSÃO: Laminar ligeira.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subperenifolia.

USO ATUAL: Floresta Tropical Subperenifolia.

CLIMA: Am segundo a classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO: CAMPOS, M.C.C.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0 – 22 cm; bruno-forte (7,5YR 5/6, úmido), amarelo avermelhado (7,5YR 6/6, seca); muito argilosa; forte pequena a média granular; ligeiramente dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

BA - 22 – 47 cm; vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido); muito argilosa; fraca pequena e média blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bw₁ - 47 – 77 cm; vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido); muito argilosa; fraca pequena a média blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, muito plástica e muito pegajosa; transição plana e difusa.

Bw₂ - 77 – 107 cm; vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido); muito argilosa; fraca pequena a média blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, muito plástica e muito pegajosa; transição plana e difusa.

Bw₃ - 107 – 145 cm+; vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido); muito argilosa; fraca pequena e média blocos subangulares; macia, muito friável, plástica e pegajosa.

RAÍZES – Abundantes nos horizontes A, BA, Bw₁, Bw₂; ausentes no Bw₃.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Granulométrica				ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)	g.kg ⁻¹					%		kg dm ⁻³		%
A	0-22	128,8	126,3	120,0	624,8	9,6	98,46	0,19	1,27	2,67	0,52
BA	22-47	83,7	91,5	110,0	714,8	0,3	99,96	0,15	1,11	2,74	0,60
Bw ₁	47-77	115,4	99,8	80,0	704,8	0,7	99,90	0,11	1,09	2,63	0,59
Bw ₂	77-107	66,8	68,4	120,0	744,8	3,6	99,52	0,16	1,12	2,70	0,58
Bw ₃	107-145	85,9	69,3	100,0	744,8	0,1	99,99	0,13	1,20	2,74	0,56

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P
Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	BASES				%	%	g kg ⁻¹
							cmolc kg ⁻¹						
4,2	3,9	-0,30	0,58	0,06	0,06	0,10	0,80	1,10	4,79	5,59	14,34	57,86	3,4
4,6	4,3	-0,30	0,73	0,06	0,03	0,13	0,94	0,70	3,47	4,41	21,37	42,64	1,4
4,6	4,2	-0,40	0,55	0,05	0,03	0,10	0,72	0,80	3,50	4,22	17,13	52,51	1,0
4,8	4,4	-0,40	0,58	0,09	0,03	0,11	0,80	0,70	2,48	3,28	24,50	46,57	1,6
4,6	4,3	-0,30	0,70	0,09	0,03	0,11	0,93	0,40	2,15	3,08	30,33	29,99	1,1

ATAQUE SULFURICO (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Carbono	Matéria Orgânica
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ki	/Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	Kr	Orgânico	
dag kg ⁻¹						g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹
1,28	2,72	5,43	0,80	0,35	0,32	10,6	18,2
1,53	3,30	5,58	0,79	0,38	0,38	8,8	15,1
1,40	3,11	4,92	0,77	0,38	0,40	5,5	9,4
1,42	3,20	5,91	0,75	0,35	0,35	4,8	8,3
1,43	3,19	6,08	0,76	0,34	0,34	3,8	6,5

APÊNDICE 3

**Descrições morfológicas, análises físicas e químicas dos solos da
transição Campos/Florestas, Humaitá, AM.**

A – DESCRIÇÃO GERAL**PERFIL: CF-1**

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO HÁPLICO Alítico plíntico, textura média, A moderado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Entrada ao lado da BR – 230, sentido Porto Velho, RO, distando 5 km da sede do município de Humaitá, AM, em área do 54º Batalhão de Infantaria de Selva, coordenadas de 07º30'33,5" S e 063º04'92,6" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado no campo alto, topo de elevação, área sob Campo Natural (Cerrado), com declive entre 0 e 2,5%.

ALTITUDE: 58 metros.

LITOLOGIA: Aluviões Indiferenciados ou Antigos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Aluviões Indiferenciados ou Antigos

PERÍODO: Holoceno

MATERIAL ORIGINÁRIO: Sedimentos Aluviais

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Plano.

RELEVO REGIONAL: Plano.

POSIÇÃO DA PAISAGEM: Campo Alto.

EROSÃO: Laminar ligeira.

DRENAGEM: Moderada a imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Campos Naturais (Cerrado).

USO ATUAL: Campos Naturais (Cerrado).

CLIMA: Am segundo a classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO: RIBEIRO, M.R.; CAMPOS, M.C.C.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0 – 14 cm; bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido), amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6, seco); franca; maciça coesa; extremamente dura, firme, plástica e pegajosa; transição plana e clara.

BA - 14 – 30 cm; vermelho (2,5YR 5/8, úmido); franco-siltosa; moderada muito pequena e pequena blocos subangulares; muito dura, firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bi - 30 – 66 cm; vermelho (2,5YR 4/8, úmido); franco-argilosa; forte muito pequena blocos angulares e subangulares, cerosidade fraca e comum; muito duro, firme, plástica e pegajosa; transição plana e clara.

BC - 66 – 90 cm; vermelho (2,5YR 4/8, úmido), mosqueado pouco, pequeno a médio e proeminente bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3); franca; moderada pequena a média blocos angulares; muito dura, firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Cf - 90 – 160 cm+; coloração variegada, composta de vermelho (2,5YR 5/8, úmido) e bruno-amarelado (10YR 5/8); franca; fraca a moderada média blocos angulares; extremamente dura, muito firme, plástica e pegajosa.

OBSERVAÇÃO - Presença de pequenas concreções no BA

C- ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Granulométrica				ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)	g.kg ⁻¹				%			kg dm ⁻³		%
A	0-14	14,8	352,0	450,7	182,6	46,0	74,81	2,47	1,30	2,63	0,50
BA	14-30	7,9	259,3	528,8	203,9	11,3	94,43	2,59	1,47	2,56	0,43
Bi	30-66	38,1	221,7	411,2	328,8	20,2	93,84	1,25	1,51	2,67	0,43
BC	66-90	11,5	316,1	410,2	262,1	17,6	93,27	1,57	1,49	2,63	0,43
Cf	90-160+	15,8	357,8	381,6	244,7	32,2	86,81	1,56	1,57	2,67	0,41

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P
Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	BASES				%	%	g dm ⁻³
							cmolc kg ⁻¹						
4,4	3,7	-0,7	0,12	0,03	0,07	0,04	0,26	2,90	7,01	7,27	3,59	91,74	0,5
4,5	3,8	-0,7	0,12	0,01	0,05	0,08	0,26	3,50	7,34	7,61	3,46	93,01	0,3
4,6	3,5	-1,1	0,09	0,00	0,04	0,05	0,20	5,30	9,49	9,68	2,03	96,43	0,6
4,9	3,4	-1,5	0,12	0,00	0,04	0,05	0,22	5,65	10,48	10,70	2,08	96,20	0,3
4,8	3,4	-1,4	0,09	0,03	0,05	0,04	0,21	6,30	10,81	11,02	1,94	96,72	0,1

ATAQUE SULFURICO (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Carbono Orgânico	Matéria Orgânica
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃					
dag kg ⁻¹			Ki	Kr		g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹
0,57	1,06	1,07	0,91	0,56	0,63	12,4	21,3
0,76	1,44	1,50	0,90	0,54	0,61	5,7	9,9
1,08	1,59	2,29	1,15	0,60	0,44	3,0	5,2
0,97	1,63	2,14	1,01	0,55	0,49	1,8	3,2
0,96	1,43	1,83	1,11	0,62	0,50	2,0	3,5

A – DESCRIÇÃO GERAL**PERFIL: CF-2**

CLASSIFICAÇÃO: GLEISSOLO HÁPLICO Alítico típico, textura siltosa/argilosa, A moderado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Entrada ao lado da BR – 230 sentido Porto Velho, RO, distando 5 km da sede do município de Humaitá, AM, em área do 54º Batalhão de Infantaria de Selva, coordenadas de 07°30'11,2" S e 061°04'88,3" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado no campo baixo, área levemente deprimida, sob Campo Natural com declive entre 0 a 2,5%.

ALTITUDE: 52 metros.

LITOLOGIA: Aluviões Indiferenciados ou Antigos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Aluviões Indiferenciados ou Antigos

PERÍODO: Holoceno

MATERIAL ORIGINÁRIO: Sedimentos Aluviais

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Plano.

RELEVO REGIONAL: Plano.

POSIÇÃO DA PAISAGEM: Campo Baixo.

EROSÃO: Nula.

DRENAGEM: Mal drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Campos Naturais.

USO ATUAL: Campos Naturais.

CLIMA: Am segundo a classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO: RIBEIRO, M.R.e CAMPOS, M.C.C.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A₁ - 0 – 15 cm; cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmido), cinzento (10YR 5/1, seco); franco-argilo-siltosa; maciça moderadamente coesa; muito dura, friável, plástica e pegajosa; transição ondulada e gradual (12-19 cm).

A₂ - 15 – 27 cm; cinzento-escuro (10YR 4/1, úmido), cinzento (10YR 6/1, seco), mosqueado pouco, pequeno e difuso bruno-amarelado (10YR 5/6); franco-argilo-siltosa; fraca pequena a média blocos subangulares; muito dura, friável, muito plástica e pegajosa; transição ondulada e clara (8-16 cm).

Cg₁ - 27 – 80 cm; cinzento (10YR 5/1, úmido), mosqueado pouco, pequeno e proeminente vermelho (2,5YR 4/6); franco-argilo-siltosa; forte grande e muito grande prismática, composta de moderada grande e muito grande blocos angulares; superfície de compressão comum e fraca; extremamente dura, extremamente firme, muito plástica e muito pegajosa; transição plana e difusa.

Cg₂ - 80 – 115 cm+; cinzento (10YR 5/1, úmida), mosqueado comum, pequeno a médio e proeminente vermelho (2,5YR 4/6); argilo-siltosa; forte muito grande prismática, composta de moderada muito grande blocos angulares; superfície de compressão comum e fraca; extremamente dura, extremamente firme, muito plástica e muito pegajosa.

RAÍZES – Muitas nos horizontes A₁ e A₂; raras no Cg₁.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Granulométrica				ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)	g.kg ⁻¹				%			kg dm ⁻³		%
A ₁	0-15	3,3	35,7	631,1	329,8	45,6	86,19	1,91	0,86	2,44	0,65
A ₂	15-27	5,5	42,2	632,8	319,6	29,9	90,64	1,98	1,18	2,67	0,56
Cg ₁	27-80	3,4	51,2	585,6	359,8	19,7	94,52	1,63	1,54	2,74	0,44
Cg ₂	80-115+	3,5	39,9	540,5	416,1	10,0	97,60	1,30	1,65	2,70	0,39

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS			SOMA	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P	
Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	BASES						
cmolc kg ⁻¹									%	%	g dm ⁻³		
4,4	3,5	-0,9	0,23	0,03	0,07	0,05	0,38	3,45	14,60	14,99	2,56	90,00	0,7
4,6	3,4	-1,2	0,20	0,02	0,04	0,05	0,31	4,35	14,77	15,08	2,08	93,28	0,6
4,8	3,2	-1,6	0,20	0,77	0,06	0,13	1,16	7,90	16,09	17,25	6,72	87,21	0,2
5,2	3,1	-2,1	0,20	2,23	0,11	0,21	2,76	9,15	18,23	20,99	13,14	76,84	0,2

ATAQUE SULFURICO (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Carbono Orgânico	Matéria Orgânica
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃					
dag kg ⁻¹			Ki	Kr		g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹
0,88	1,41	0,62	1,06	0,83	1,45	14,2	24,4
0,84	1,81	0,47	0,79	0,68	2,46	7,9	13,7
1,20	2,45	2,27	0,83	0,52	0,69	3,2	5,4
1,23	2,43	1,60	0,86	0,60	0,97	2,3	3,9

A – DESCRIÇÃO GERAL**PERFIL: CF-3**

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO HÁPLICO Alítico gleissólico, textura siltosa, A moderado

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Entrada ao lado da BR – 230, sentido Porto Velho, RO, distando 5 km da sede do município de Humaitá, AM, em área do 54° Batalhão de Infantaria de Selva, coordenadas de 07°29'96,0" S e 063°04'80,9" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado na área de transição entre os Campos Naturais (Cerrado) e a Floresta Mista de Babaçu, encosta muito suave, com declividade entre 0 e 3%.

ALTITUDE: 55 metros.

LITOLOGIA: Aluviões Indiferenciados ou Antigos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Aluviões Indiferenciados ou Antigos

PERÍODO: Holoceno

MATERIAL ORIGINÁRIO: Sedimentos Aluviais

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Plano.

RELEVO REGIONAL: Plano.

POSIÇÃO DA PAISAGEM: Zona de Ecótono

EROSÃO: Laminar ligeira.

DRENAGEM: Imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Mista de Babaçu.

USO ATUAL: Floresta Mista de Babaçu.

CLIMA: Am segundo a classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO: RIBEIRO, M.R. e CAMPOS, M.C.C.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0 – 15 cm; bruno-amarelado (10YR 5/4, úmido), bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3, seco); franco-siltosa; fraca pequena e média granular e blocos subangulares; muito dura, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

BA - 15 – 32 cm; bruno-amarelado (10YR 5/4, úmido); franco-siltosa; fraca pequena e média blocos subangulares; extremamente dura, firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bi - 32 – 50 cm; bruno-amarelado (10YR 5/4, úmido); franco-argilo-siltosa; fraca média a grande prismática, composta de fraca média blocos subangulares; extremamente duro, muito firme, plástica e pegajosa; transição plana e clara.

BC - 50 – 90 cm; bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3, úmida), mosqueado comum, pequeno e proeminente vermelho (2,5YR 4/8); franco-argilo-siltosa; fraca pequena e média blocos angulares; extremamente dura, muito firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Cg - 90 – 140 cm+; bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3, úmido), mosqueado comum, grande e proeminente vermelho (2,5YR 4/8); franco-siltosa; fraca pequena e média blocos angulares; extremamente dura, muito firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

RAÍZES – Muitas no horizonte A; comuns no BA; poucas em Bi e BC; raras no Cg.

C- ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Granulométrica				ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)	g.kg ⁻¹				%			kg dm ⁻³		%
A	0-15	11,8	71,0	675,7	241,4	43,7	79,61	2,80	1,05	2,60	0,59
BA	15-32	13,9	60,8	668,8	256,4	64,8	72,55	2,61	1,35	2,63	0,49
Bi	35-50	5,6	50,9	633,2	310,1	10,9	96,47	2,04	1,49	2,67	0,44
BC	50-90	5,2	57,0	661,0	276,7	5,0	98,10	2,39	1,59	2,56	0,38
Cg	90-140+	1,5	90,6	667,2	240,6	7,8	96,62	2,77	1,55	2,60	0,40

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS			SOMA		Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P
Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	BASES						
			cmolc kg ⁻¹								%	%	g dm ⁻³
3,8	3,1	-0,7	0,21	0,13	0,18	0,04	0,58	4,80	11,14	11,72	4,94	89,24	2,3
4,5	3,6	-0,9	0,22	0,03	0,06	0,04	0,36	5,15	11,63	11,99	2,98	93,51	0,3
4,3	3,3	-1,0	0,17	0,02	0,04	0,04	0,28	5,70	11,63	11,92	2,37	95,27	0,3
4,7	3,4	-1,3	0,20	0,01	0,04	0,04	0,29	5,50	12,13	12,42	2,37	94,93	0,1
4,8	3,4	-1,4	0,13	0,02	0,05	0,04	0,24	6,10	18,73	18,97	1,28	96,17	0,1

ATAQUE SULFURICO (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Carbono Orgânico	Matéria Orgânica
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ki	Kr		g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹
dag kg ⁻¹							
0,83	1,26	1,06	1,12	0,73	0,76	15,9	27,4
0,71	1,46	1,17	0,83	0,55	0,80	7,1	12,2
1,18	1,60	1,19	1,25	0,85	0,86	3,9	6,8
0,80	1,46	1,21	0,93	0,61	0,77	2,9	5,1
0,73	1,08	1,05	1,15	0,71	0,66	1,9	3,3

A - DESCRIÇÃO GERAL**PERFIL: CF-4**

CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO VERMELHO Alítico plíntico, textura média(leve)/média, A moderado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Entrada ao lado da BR – 230, sentido Porto Velho, RO, distando 5 km da sede do município de Humaitá, AM, em área do 54° Batalhão de Infantaria de Selva, coordenadas de 07°29'89,3" S e 063°04'83,3" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em topo plano, área sob Floresta, com declividade de 0 a 2,5%.

ALTITUDE: 57 metros.

LITOLOGIA: Aluviões Indiferenciados ou Antigos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Aluviões Indiferenciados ou Antigos

PERÍODO: Holoceno

MATERIAL ORIGINÁRIO: Sedimentos Aluviais

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Plano.

RELEVO REGIONAL: Plano.

POSIÇÃO DA PAISAGEM: Floresta.

EROSÃO: Laminar ligeira.

DRENAGEM: Moderada a imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Mista de babaçu.

USO ATUAL: Floresta Mista de babaçu.

CLIMA: Am segundo a classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO: RIBEIRO, M.R.; CAMPOS, M.C.C.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0–15 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido), bruno-amarelado-claro (10YR 6/4, seco); franco-siltosa; moderada pequena a média granular e blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

AB - 15–34 cm; bruno-forte (7,5YR 5/6, úmido), amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6, seco); franco-siltosa; moderada muito pequena e pequena blocos angulares e subangulares; muito dura, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

BA - 34–67 cm; amarelo avermelhado (7,5YR 5/6, úmido), amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6, seco); franca; moderada pequena e média blocos angulares e subangulares; muito dura, firme, plástica e pegajosa; transição plana e clara.

Bt₁ - 67 – 100 cm; vermelho (2,5YR 4/8, úmido); franco-argilosa; moderada muito pequena a média blocos angulares e subangulares; muito dura, firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bt₂ - 100 – 130 cm; vermelho (2,5YR 5/8, úmido), mosqueado comum, pequeno e proeminente amarelo-brunado (10YR 6/8); franco-argilosa; moderada muito pequena a média blocos angulares; extremamente dura, firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

BCf - 130 – 200 cm+; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido), mosqueado comum, pequeno e proeminente vermelho (2,5YR 5/8); franco-argilosa; moderada muito pequena a média blocos angulares; extremamente dura, muito firme, plástica e pegajosa.

RAÍZES – Muitas nos horizontes A e AB; comuns no BA; poucas no Bt₁; e raras em Bt₂ e BCf.

C- ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Granulométrica				ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)	g.kg ⁻¹				%			kg dm ⁻³		%
A	0-15	13,1	320,5	519,7	146,6	84,2	42,56	3,55	1,02	2,60	0,61
AB	15-34	3,3	313,7	518,3	164,6	41,2	74,95	3,15	1,22	2,63	0,54
BA	34-67	2,6	284,9	498,6	213,7	10,1	95,26	2,33	1,38	2,67	0,48
Bt ₁	67-100	2,4	230,8	450,1	316,6	20,5	93,52	1,42	1,46	2,63	0,45
Bt ₂	100-130	2,7	223,3	438,4	335,5	9,8	97,07	1,31	1,45	2,67	0,46
BCf	130-200+	4,1	236,5	443,5	315,8	31,1	90,16	1,40	1,51	2,67	0,43

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P
Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	BASES				%	%	g dm ⁻³
							cmolc kg ⁻¹						
4,0	3,5	-0,5	0,21	0,14	0,16	0,03	0,54	3,45	16,09	16,63	3,26	86,43	1,1
5,0	4,4	-0,6	0,12	0,05	0,06	0,03	0,26	5,00	17,24	17,50	1,47	95,10	0,5
4,6	4,3	-0,3	0,16	0,04	0,04	0,04	0,28	5,10	17,90	18,18	1,55	94,77	0,2
4,9	4,1	-0,8	0,14	0,03	0,04	0,03	0,25	5,65	18,73	18,98	1,33	95,73	0,2
4,8	4,1	-0,7	0,14	0,01	0,04	0,04	0,24	8,55	18,56	18,80	1,28	97,26	0,3
4,5	4,0	-0,5	0,15	0,01	0,07	0,04	0,26	8,01	18,89	19,15	1,37	96,84	0,3

ATAQUE SULFURICO (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Carbono Orgânico	Matéria Orgânica
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃					
dag kg ⁻¹			Ki	Kr		g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹
0,53	0,76	0,84	1,19	0,70	0,58	11,1	19,1
0,50	1,01	0,80	0,85	0,57	0,81	6,4	11,0
0,68	1,21	1,01	0,96	0,62	0,77	4,2	7,2
0,83	1,64	1,65	0,86	0,52	0,64	3,0	5,2
1,12	2,17	2,18	0,87	0,53	0,64	1,7	3,4
1,19	2,22	2,12	0,91	0,56	0,67	1,8	3,0

APÊNDICE 4

Descrições morfológicas, análises físicas e químicas das Terras Pretas Arqueológicas, Manicoré, AM.

A - DESCRIÇÃO GERAL**PERFIL: TPA-1**

CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico antrópico abrupto, textura média/argilosa.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: BR – 230, Km 180, Linha do Pito Aceso, lado esquerdo do Ramal Grazilino, a 600 m da sede da fazenda, Distrito de Santo Antonio do Matupi, município de Manicoré, (AM), coordenadas de 07°59'77,1" S e 061°39'51,2" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado no espigão da paisagem, topo, área sob Floresta Tropical Subperenifolia com declive entre 0 a 2,5 %.

ALTITUDE: 180 metros.

LITOLOGIA: Granitos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Granitos Rondonianos

PERÍODO: Pré-Cambriano Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO: produtos de alteração dos granitos.

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Plano.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado.

POSIÇÃO DA PAISAGEM: Topo.

EROSÃO: Nula.

DRENAGEM: Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subperenifolia.

USO ATUAL: Floresta Secundária - Capoeira.

CLIMA: Am segundo a classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO: CAMPOS, M.C.C.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A₁ - 0 – 19 cm; bruno muito escuro (10YR 2/2, úmido), bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, seco); franca; forte pequena e muito pequena granular; macio, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

A₂ - 19 – 37 cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido), bruno-escuro (10YR 3/3, seco); franca; forte pequena a média granular; macio, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

Bt₁ - 37 – 70 cm; vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido); argila; forte pequena a média blocos angulares e subangulares; duro, friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bt₂ - 70 – 100 cm; vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido); argila; moderada média a grande blocos angulares e subangulares; dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara.

BC – 100 – 120 cm+, material com muitos minerais primários.

RAÍZES – Abundantes nos horizontes A₁ e A₂; muitas no Bt₁; comuns em Bt₂; e ausentes no BC.

OBSERVAÇÕES – Presença de restos de cerâmica e material lítico nos horizontes A₁ e A₂. Presença de saprolito de granito no horizonte BC, a partir dos 100 cm.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Material	Fragmentos	Composição Granulométrica				ADA	GF	S/A	Densidade		
Simbolo	Prof.	lítico	(cerâmicas)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	Porosidade
	(cm)			g kg ⁻¹				%			kg dm ⁻³		
A ₁	0-19	14,8	310	232,4	148,5	448,4	170,6	27,7	83,75	2,63	0,76	2,50	0,69
A ₂	19-37	11,8	110	267,3	152,5	343,5	236,6	27,9	88,18	1,45	0,84	2,74	0,69
Bt ₁	37-70	0	0	123,1	95,2	260,9	520,7	36,4	93,00	0,50	0,99	2,82	0,65
Bt ₂	70-100	0	0	105,1	91,9	248,0	554,9	7,7	98,61	0,45	1,04	2,82	0,63
BC	100-120+										-	-	-

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P
Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	BASES						
			cmolc kg ⁻¹								%	%	g dm ⁻³
7,0	6,9	-0,1	9,31	4,95	0,10	0,10	14,46	0,10	4,79	19,25	75,12	0,69	143,5
6,5	5,1	-1,4	5,25	3,62	0,08	0,22	9,17	0,20	5,69	14,86	61,69	2,14	230,7
5,8	5,3	-0,5	6,81	2,30	0,06	0,19	9,36	0,20	3,80	13,15	71,15	2,09	23,8
5,6	5,4	-0,2	3,35	1,98	0,06	0,21	5,59	0,20	2,15	7,74	72,28	3,45	11,5

ATAQUE SULFURICO (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Carbono Orgânico	Matéria Orgânica
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃					
	dag kg ⁻¹		Ki	Kr		g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹
0,52	3,46	5,99	0,26	0,12	0,37	77,5	133,2
0,58	3,45	6,38	0,29	0,13	0,35	62,4	107,6
0,67	4,02	7,23	0,28	0,13	0,36	19,2	33,1
0,69	3,62	6,87	0,33	0,15	0,34	18,0	31,0

A - DESCRIÇÃO GERAL**PERFIL: TPA-2**

CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO ACINZENTADO Eutrófico antrópico, textura média (leve)/argilosa.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: BR – 230, Km 180, a 3.000 m do Distrito de Santo Antonio do Matupi, lado esquerdo da Linha do Pito Aceso, município de Manicoré, (AM), nas coordenadas de 07°59'23,1" S e 061°33'89,3" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em área de sopé de encosta, sob Floresta Secundária (Capoeira) com declive entre 0 a 2,5 %.

ALTITUDE: 101 metros.

LITOLOGIA: Granitos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Granitos Rondonianos

PERÍODO: Pré-Cambriano Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO: sedimentos coluviais.

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Plano.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado.

POSIÇÃO DA PAISAGEM: Sopé de encosta.

EROSÃO: Nula.

DRENAGEM: Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subperenefolia.

USO ATUAL: Floresta Secundária - Capoeira.

CLIMA: Am segundo a classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO: RIBEIRO, M.R.; CAMPOS, M.C.C.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A₁ - 0 – 32 cm; preto (10YR 2/1, úmido), cinzento muito escuro (10YR 3/1, seco); franco-arenosa; forte muito pequena granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

A₂ - 32 – 50 cm, cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmido), bruno (10YR 5/3, seco); franco-arenosa; forte muito pequena granular; ligeiramente dura, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição plana e gradual

AB - 50 – 75 cm; bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido), cinzento (10YR 6/1, seco); franco-arenosa; maciça moderadamente coesa; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

Bt - 75 – 105 cm+; bruno-claro acinzentado (10YR 6/3, úmido); argilo-arenosa; maciça moderadamente coesa; dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa.

RAÍZES – Abundantes nos horizontes A₁ e A₂; comuns no AB; e raras no Bt.

OBSERVAÇÕES – Presença de restos de cerâmica e material lítico nos horizontes A₁ e A₂.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Material	Fragmentos	Composição Granulométrica				ADA	GF	S/A	Densidade		
Simbolo	Prof.	lítico	(cerâmicas)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	Porosidade
	(cm)			g kg ⁻¹				%			kg dm ⁻³		
A ₁	0-32	74	112	528,2	138,5	146,5	186,7	29,2	84,32	0,79	1,02	2,56	0,60
A ₂	32-50	53	96	564,6	171,0	104,7	159,6	36,5	77,12	0,66	1,11	2,56	0,57
AB	50-75	0	0	534,3	173,8	99,7	192,0	95,8	50,10	0,52	nd	2,53	nd
Bt	75-105+	0	0	447,4	117,4	80,5	354,5	168,7	52,39	0,23	nd	2,70	nd

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P
Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	BASES						
			cmolc kg ⁻¹								%	%	g dm ⁻³
6,1	5,4	-0,7	26,58	3,16	0,09	0,02	29,86	0,10	9,16	39,02	76,53	0,33	15,5
6,0	4,9	-1,1	14,42	1,40	0,02	0,02	15,86	0,10	9,98	25,84	61,37	0,63	16,9
5,9	4,8	-1,1	6,34	1,15	0,02	0,02	7,52	0,10	3,71	11,23	66,95	1,31	13,4
5,6	4,5	-1,1	2,56	0,61	0,01	0,01	3,19	0,12	2,72	5,91	53,97	3,62	6,1

ATAQUE SULFURICO (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Carbono Orgânico	Matéria Orgânica
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃					
	dag kg ⁻¹		Ki	Kr		g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹
0,51	0,98	0,98	0,88	0,54	0,64	80,4	138,6
0,50	1,01	0,84	0,84	0,55	0,77	45,9	79,2
0,63	1,18	0,79	0,91	0,64	0,95	34,1	58,8
1,02	2,43	0,78	0,72	0,59	1,99	19,5	33,5

A - DESCRIÇÃO GERAL**PERFIL: TPA-3**

CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO AMARELO Eutrófico antrópico abrupto, textura média (leve)/argilosa.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: BR – 230, Km 180, a 9.000 m do Distrito de Santo Antonio do Matupi, lado direito da Linha do Pito Aceso, município de Manicoré, (AM), nas coordenadas de 08°04'21,1" S e 061°31'23,3" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em topo de elevação, sob Floresta Primária Densa, com declive entre 0 a 2,5 %.

ALTITUDE: 117 metros.

LITOLOGIA: Granitos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Granitos Rondonianos

PERÍODO: Pré-Cambriano Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO: produto da alteração de granitos.

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Plano.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado.

POSIÇÃO DA PAISAGEM: Topo.

EROSÃO: laminar ligeira.

DRENAGEM: Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Perenifolia.

USO ATUAL: Floresta Tropical Perenifolia.

CLIMA: Am segundo a classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO: RIBEIRO, M.R.; CAMPOS, M.C.C.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A₁ - 0 – 20 cm; preto (10YR 2/1, úmido), cinzento-escuro (10YR 4/1, seco); franco-arenosa; forte muito pequena e pequena granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

A₂ - 20 – 40 cm; cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmido), cinzento-escuro (10YR 4/1, seco); franco-arenosa; forte muito pequena e pequena granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual

BA - 40 – 70 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido); argilo-arenosa; maçica moderadamente coesa; muito dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

Bt₁ - 70 – 110 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido); maçica moderadamente coesa; extremamente dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e difusa.

Bt₂ – 110 – 150 cm+; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido); argila; maçica moderadamente coesa; extremamente dura, friável, plástica e pegajosa.

RAÍZES – Abundantes nos horizontes A₁ e A₂; comuns no BA; e raras no Bt₁.

OBSERVAÇÕES – Presença de restos de cerâmica e material lítico nos horizontes A₁ e A₂.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Material	Fragmentos	Composição Granulométrica				ADA	GF	S/A	Densidade		Porosidade
Simbolo	Prof.	lítico	(cerâmicas)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)			g kg ⁻¹				%			kg dm ⁻³		%
A ₁	0-20	33	120	577,3	106,9	140,1	175,6	35,3	79,86	0,80	1,05	2,67	0,61
A ₂	20-40	23	65	553,2	144,3	128,8	173,6	56,4	67,47	0,74	1,29	2,63	0,51
AB	40-70	0	0	352,4	127,4	144,1	376,0	136,3	63,74	0,38	1,51	2,67	0,43
Bt ₁	70-110	0	0	221,5	73,4	140,2	564,8	15,7	97,22	0,25	1,41	2,70	0,48
Bt ₂	110-150+	0	0	229,3	69,7	115,6	585,3	19,0	96,74	0,20	-	2,63	-

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P
Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	BASES						
			cmolc kg ⁻¹										g dm ⁻³
6,0	5,2	-0,8	25,34	0,83	0,15	0,03	26,35	0,20	7,18	33,53	78,59	0,75	35,3
5,9	4,8	-1,1	13,25	0,51	0,05	0,03	13,85	0,16	8,83	22,68	61,07	1,14	26,0
5,9	4,9	-1,0	6,92	0,48	0,07	0,03	7,50	0,16	3,88	11,38	65,92	2,09	15,7
5,6	4,9	-0,7	2,70	0,44	0,02	0,01	3,18	0,05	3,05	6,23	50,99	1,55	8,3
5,7	5,2	-0,5	2,43	0,51	0,02	0,02	2,99	0,10	2,72	5,71	52,32	3,24	1,7

ATAQUE SULFURICO (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Carbono Orgânico	Matéria Orgânica
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃					
dag kg ⁻¹			Ki	Kr		g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹
0,52	1,06	1,52	0,83	0,44	0,45	71,0	122,5
0,59	1,40	1,82	0,72	0,39	0,49	56,7	97,9
1,10	2,41	2,08	0,78	0,51	0,74	18,0	31,0
1,43	3,48	2,71	0,70	0,47	0,82	5,4	9,2
1,43	3,69	2,53	0,66	0,46	0,93	4,5	7,7

A - DESCRIÇÃO GERAL**PERFIL: TPI-4**

CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO AMARELO Eutrófico antrópico, textura argilosa/muita argilosa.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: BR – 230, Km 180, a 9.000 m do Distrito de Santo Antonio do Matupi no sentido Apuí, lado direito na Vicinal do Zé Alegre, município de Manicoré, (AM), nas coordenadas de 07°55'42,2" S e 061°30'35,6" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em área de meia encosta da paisagem, sob Floresta Primária Densa recém-queimada, com declividade entre 2,5 a 5%.

ALTITUDE: 131 metros.

LITOLOGIA: Granitos

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Granitos Rondonianos

PERÍODO: Pré-Cambriano Superior

MATERIAL ORIGINÁRIO: Cobertura do terciário.

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Suave Ondulado.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado.

POSIÇÃO DA PAISAGEM: Meia Encosta.

EROSÃO: laminar ligeira.

DRENAGEM: Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Densa.

USO ATUAL: Área derrubada e queimada para implantação de pastagem..

CLIMA: Am segundo a classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO: RIBEIRO, M.R.; CAMPOS, M.C.C.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A₁ - 0 – 20 cm; cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmido), bruno-escuro (10YR 3/3, seco); argila; forte muito pequena e pequena granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

A₂ - 20 – 42 cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido), bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4, seco); franco-argilosa; forte muito pequena e pequena granular e blocos angulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual

AB - 42 – 63 cm; bruno (10YR 4/3, úmido), bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6, seco); franco-argilosa; moderada muito pequena e pequena granular e blocos subangulares; dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

BA - 63 – 108 cm; bruno-amarelado escuro (10YR 4/6, úmido), bruno-amarelado (10YR 5/6, seco); muito argilosa; fraca muito pequena e pequena blocos subangulares; dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e difusa.

Bt₁ – 108 – 153 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido), amarelo (10YR 7/6, seco); muito argilosa; fraca muito pequena e pequena blocos subangulares; dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e difusa.

Bt₂ – 153 – 170 cm+; amarelo-brunado (10YR 6/6, úmido), amarelo (10YR 7/6, seco); muito argilosa; fraca muito pequena e pequena blocos subangulares; dura, friável, plástica e pegajosa.

RAÍZES – Abundantes no horizontes A₁; muitas no A₂; comuns em AB e BA; e raras no Bt₁.

OBSERVAÇÕES – Presença de restos de cerâmica e material lítico nos horizontes A₁ e A₂.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

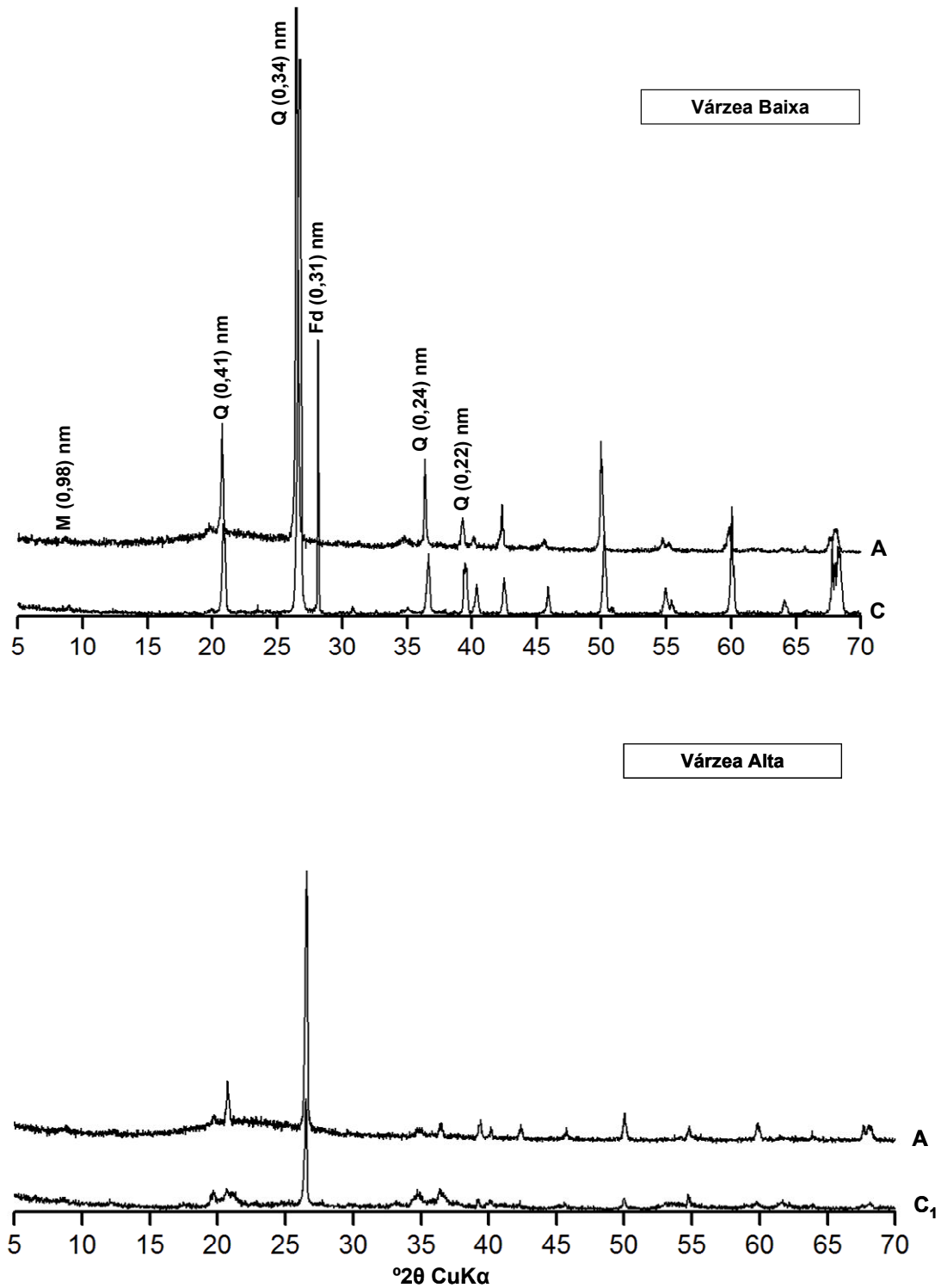
Horizonte		Material	Fragmentos	Composição Granulométrica				ADA	GF	S/A	Densidade		Porosidade
Simbolo	Prof.	lítico	(cerâmicas)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)			g kg ⁻¹				%			kg dm ⁻³		%
A ₁	0-20	59	185	235,5	104,1	247,3	413,1	21,6	94,76	0,60	0,84	2,67	0,68
A ₂	20-42	51	165	277,0	94,6	280,0	348,3	26,4	92,42	0,80	0,85	2,67	0,68
AB	42-63	0	0	195,1	103,6	306,6	394,6	23,6	94,00	0,78	1,03	2,60	0,60
BA	63-108	0	0	155,5	61,7	182,5	600,1	36,2	93,95	0,30	1,12	2,74	0,59
Bt ₁	108-153	0	0	121,2	53,3	188,7	636,7	14,9	97,66	0,30	1,15	2,78	0,59
Bt ₂	153-170+	0	0	121,1	52,7	145,3	680,8	131,2	80,73	0,21	-	2,74	-

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA BASES	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P
Água	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺							
			cmolc kg ⁻¹								%	%	g dm ⁻³
6,0	5,0	-1,0	14,72	1,21	0,04	0,01	15,99	0,15	11,14	27,13	58,95	0,93	25,7
6,1	5,0	-1,1	13,59	1,82	0,04	0,02	15,48	0,05	10,64	26,12	59,26	0,32	24,0
5,8	4,6	-1,2	9,62	0,20	0,02	0,01	9,86	0,16	9,32	19,18	51,40	1,60	14,0
5,7	4,7	-1,0	4,70	0,29	0,01	0,01	5,02	0,10	5,86	10,87	46,13	1,95	11,8
5,5	4,9	-0,6	1,98	0,27	0,01	0,01	2,28	0,15	4,37	6,66	34,30	6,16	8,7
5,5	5,3	-0,2	1,52	0,07	0,01	0,02	1,62	0,10	3,55	5,17	31,40	5,80	1,2

ATAQUE SULFURICO (H ₂ SO ₄ 1:1)			SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Carbono Orgânico	Matéria Orgânica
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃					
dag kg ⁻¹			Ki	Kr		g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹
1,13	3,85	5,05	0,50	0,27	0,49	43,8	75,4
1,15	4,06	5,09	0,48	0,27	0,51	44,0	75,9
1,92	4,03	5,28	0,50	0,27	0,49	28,2	48,6
1,27	4,10	5,80	0,53	0,28	0,45	18,4	31,7
1,31	4,33	5,69	0,51	0,28	0,49	10,9	18,9
1,40	3,92	5,82	0,62	0,31	0,43	8,0	13,9

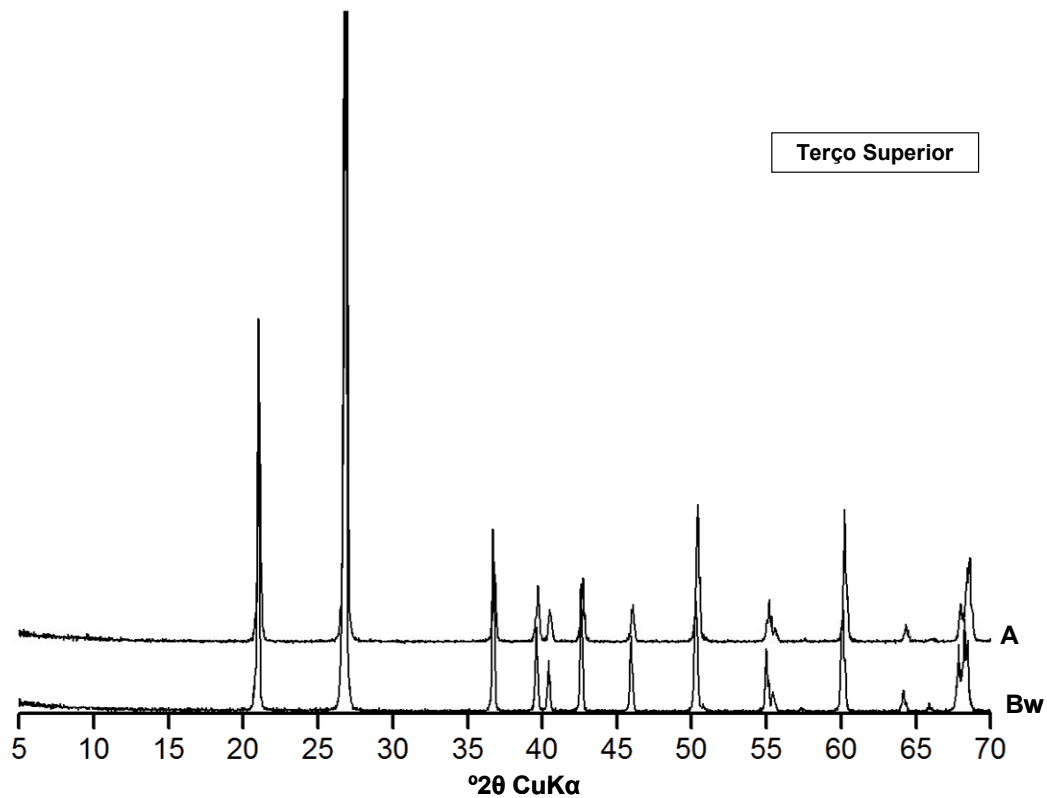
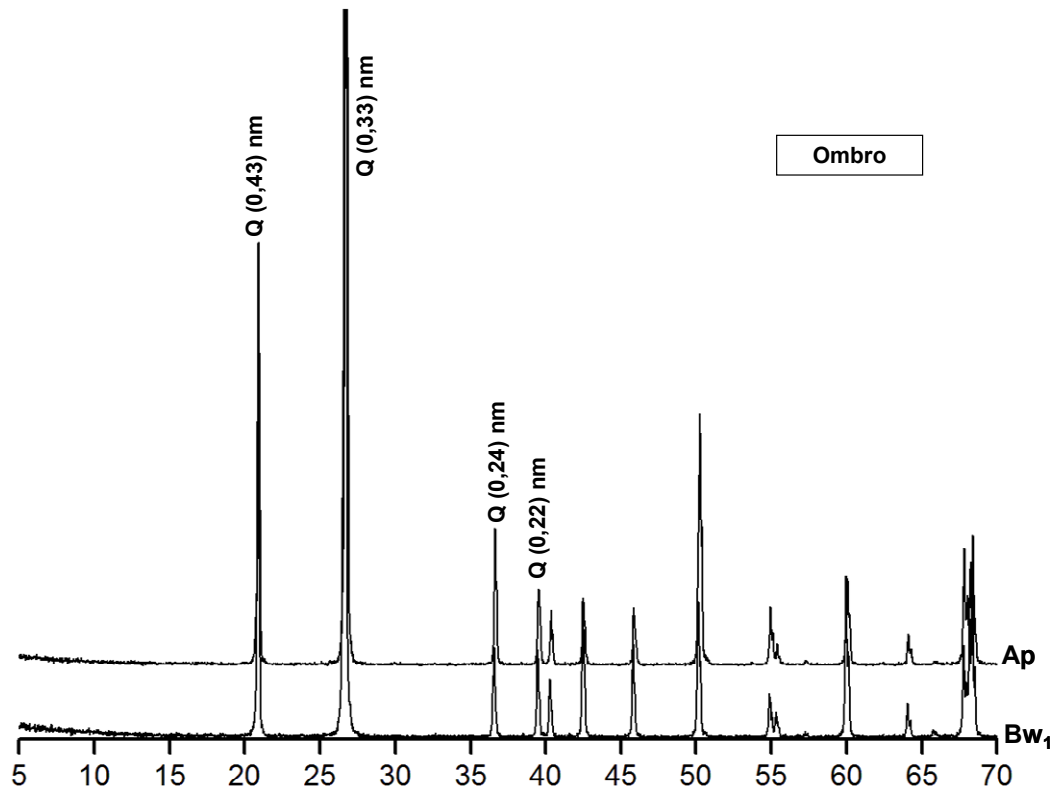
APÊNDICE 5

Difratogramas de Raioss-X das frações areia, silte e argila dos solos da transição Várzea/Terra Firme, Humaitá, AM.



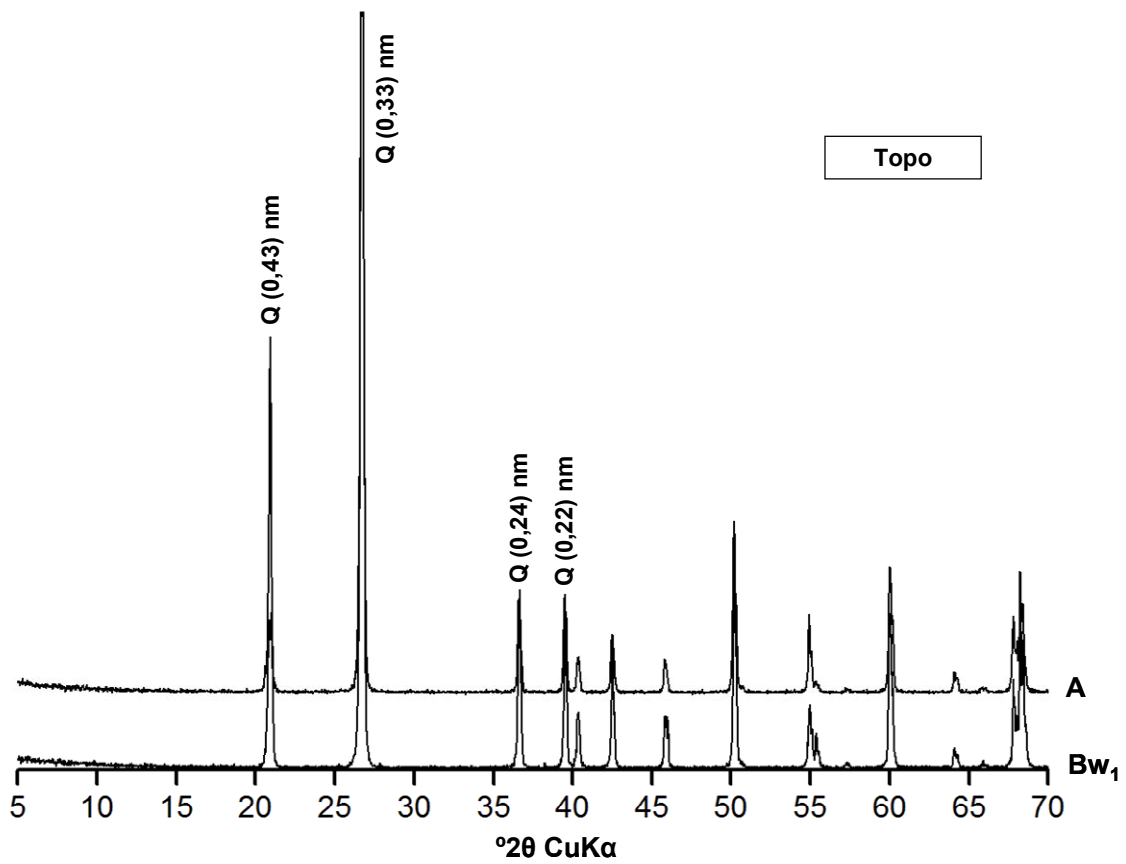
Apêndice 5.1. Difratomogramas de Raios-X da fração areia sem tratamento químico nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais em diferentes segmentos de vertente (Várzea Baixa e Várzea Alta).

Q = quartzo, Fd = fedspatos, M = mica.



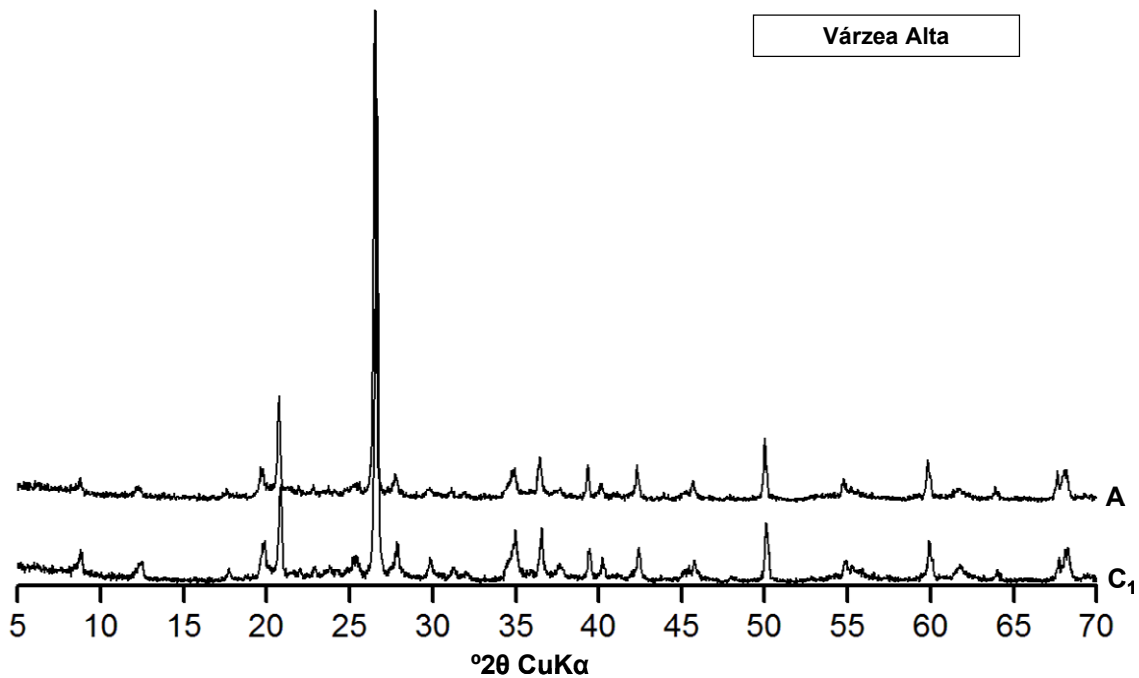
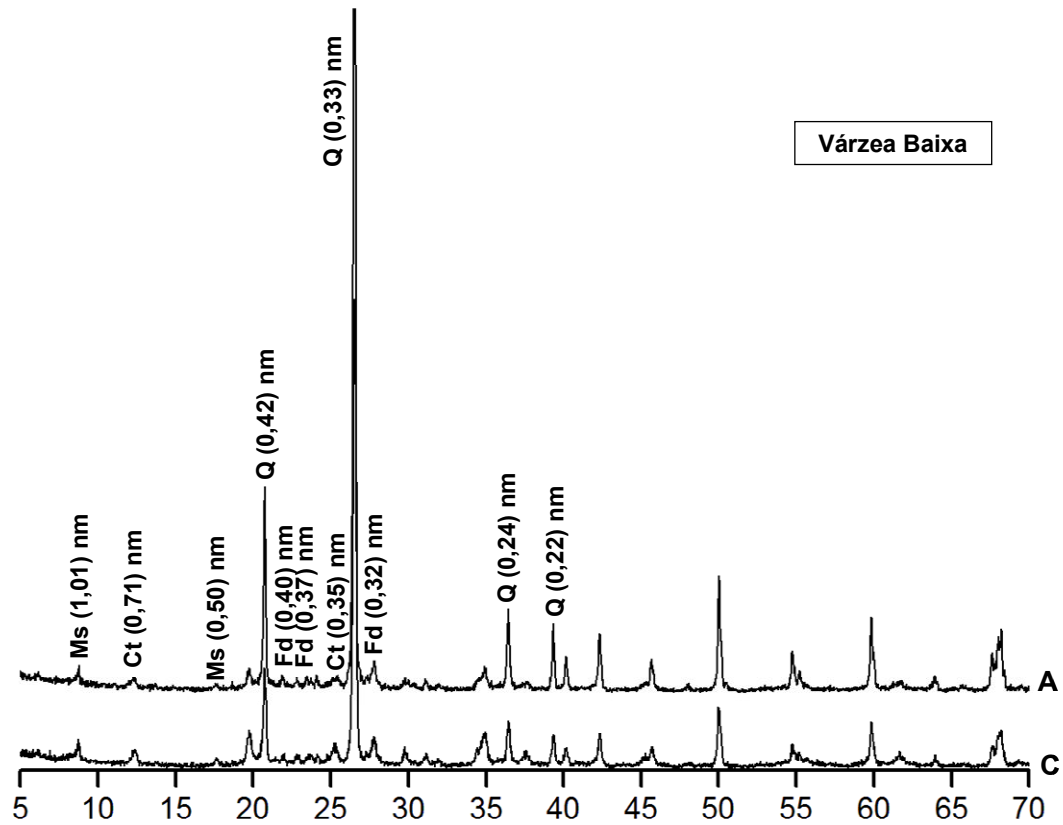
Apêndice 5.2. Difratogramas de Raios-X da fração areia sem tratamento químico nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais em diferentes segmentos de vertente (Ombro e Terço Superior).

Q = quartzo.



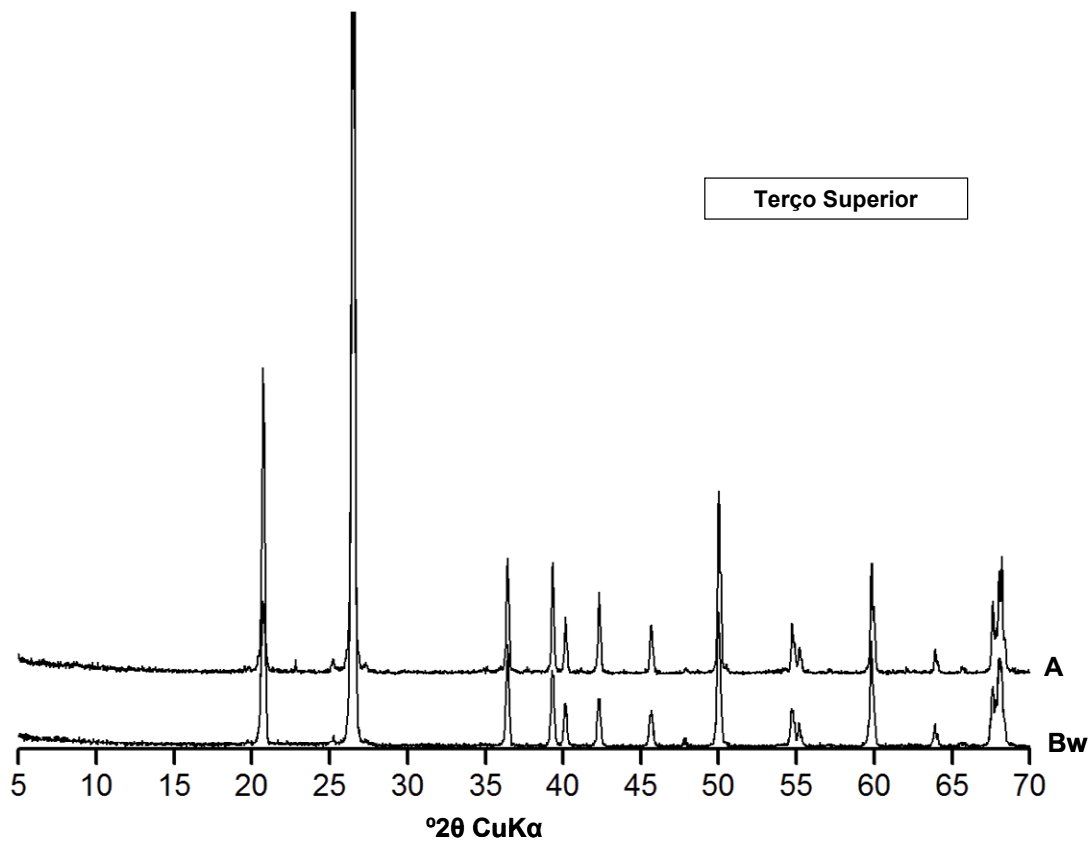
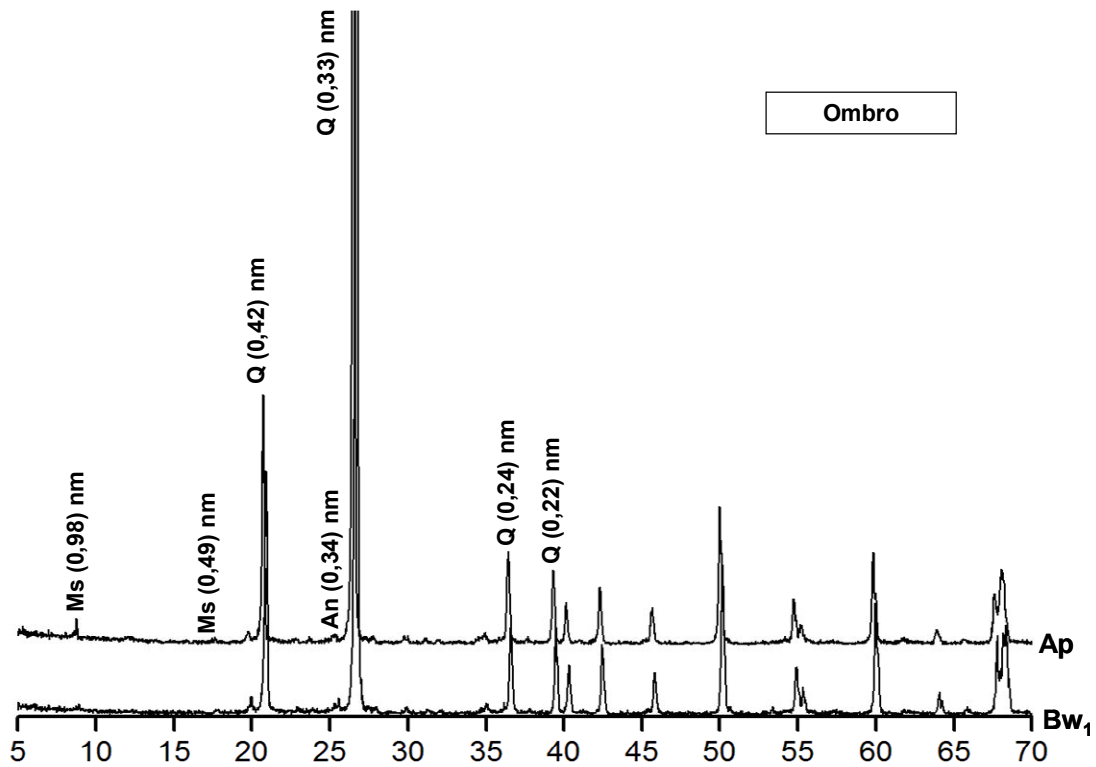
Apêndice 5.3. Difractogramas de Raios-X da fração areia sem tratamento químico nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais em diferentes segmentos de vertente (Topo).

Q = quartzo.



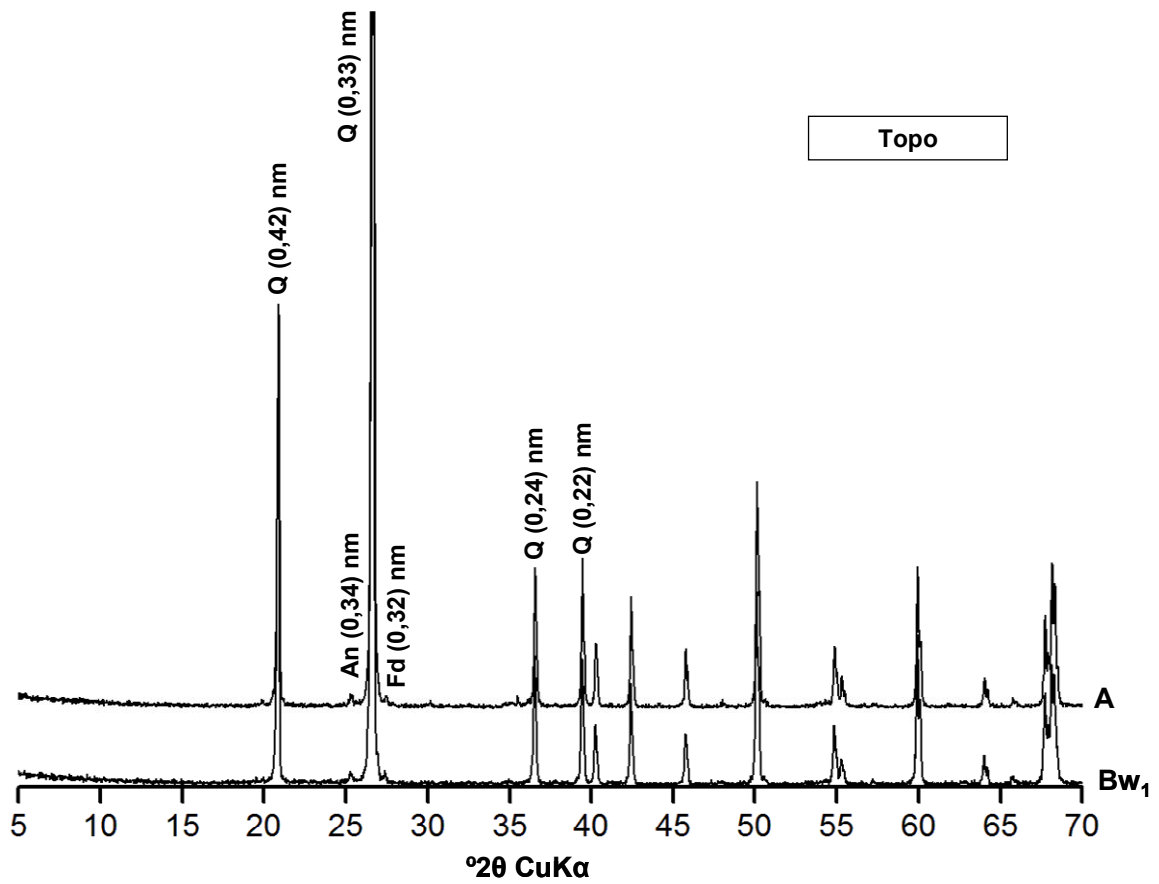
Apêndice 5.4. Difractogramas de Raios-X da fração silte sem tratamento químico nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais em diferentes segmentos de vertente (Várzea Baixa e Várzea Alta).

Q = quartzo, Ms = muscovita, Fd = fedspatos, Ct = caulinita.



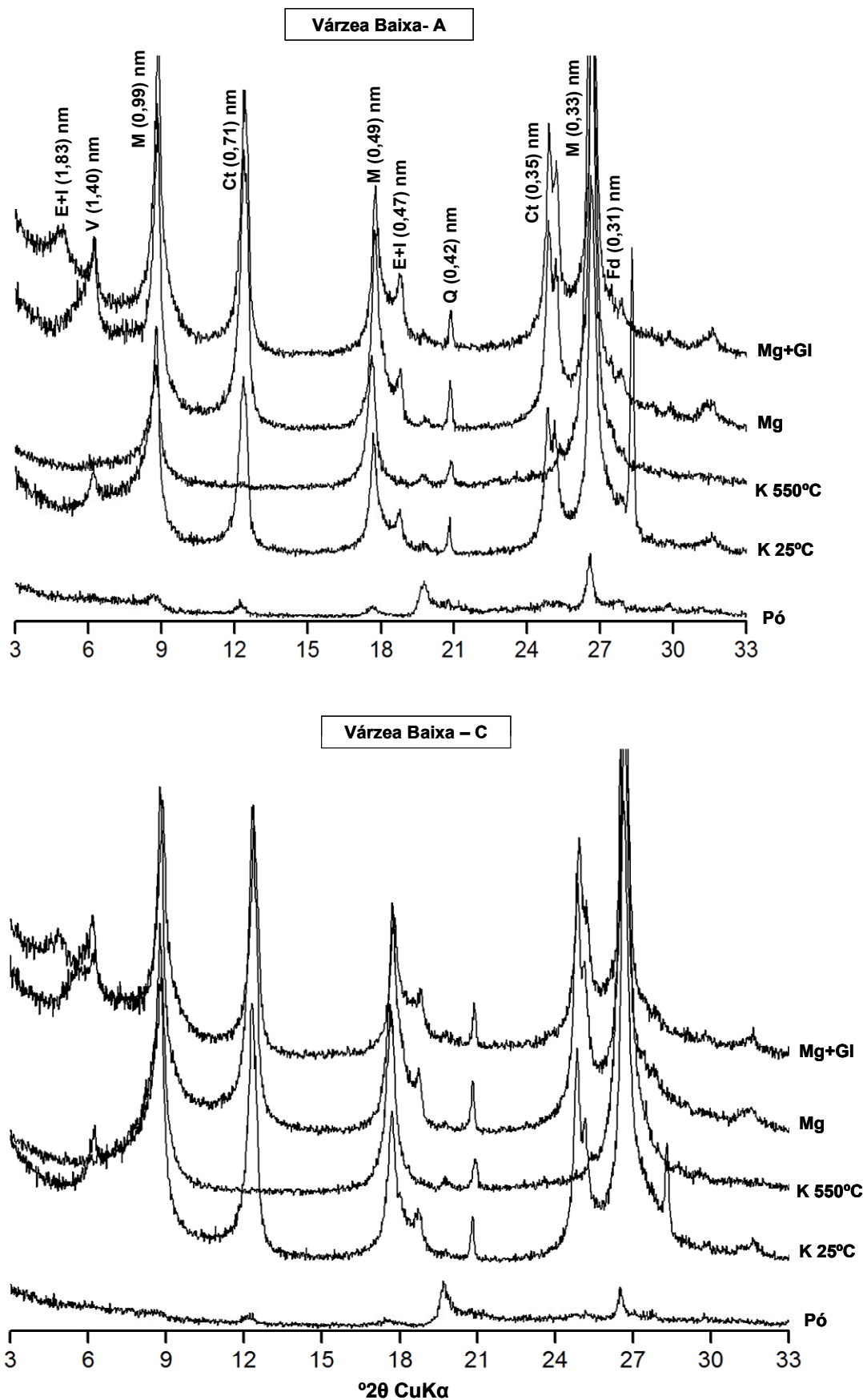
Apêndice 5.5. Difractogramas de Raios-X da fração silte sem tratamento químico nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais em diferentes segmentos de vertente (Ombro e Terço Superior).

Q = quartzo, Ms = muscovita, An = anatásio.



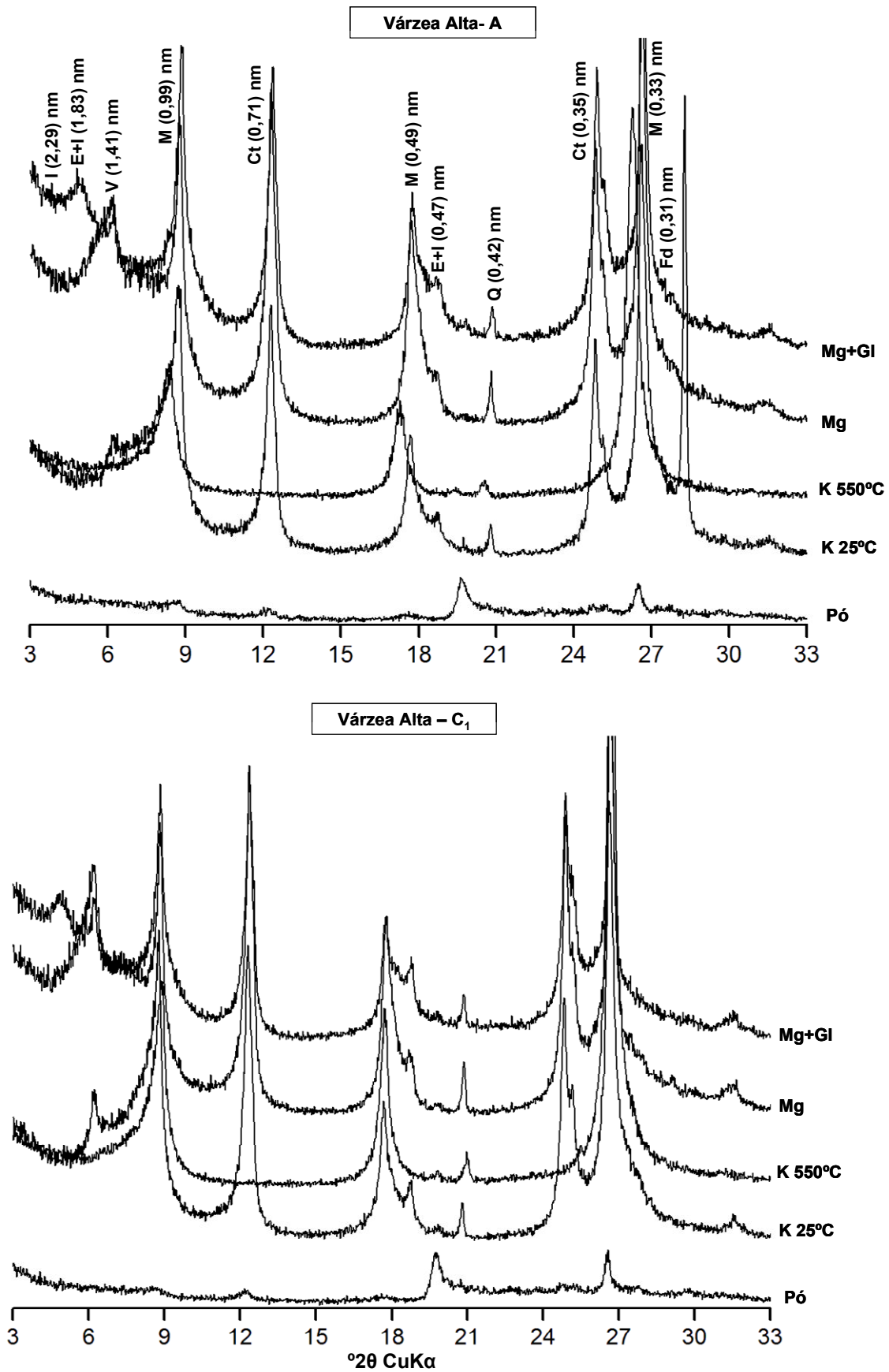
Apêndice 5.6. Difratoformas de Raios-X da fração silte sem tratamento químico nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais em diferentes segmentos de vertente (Topo).

Q = quartzo, An = anatásio, Fd = feldspatos.



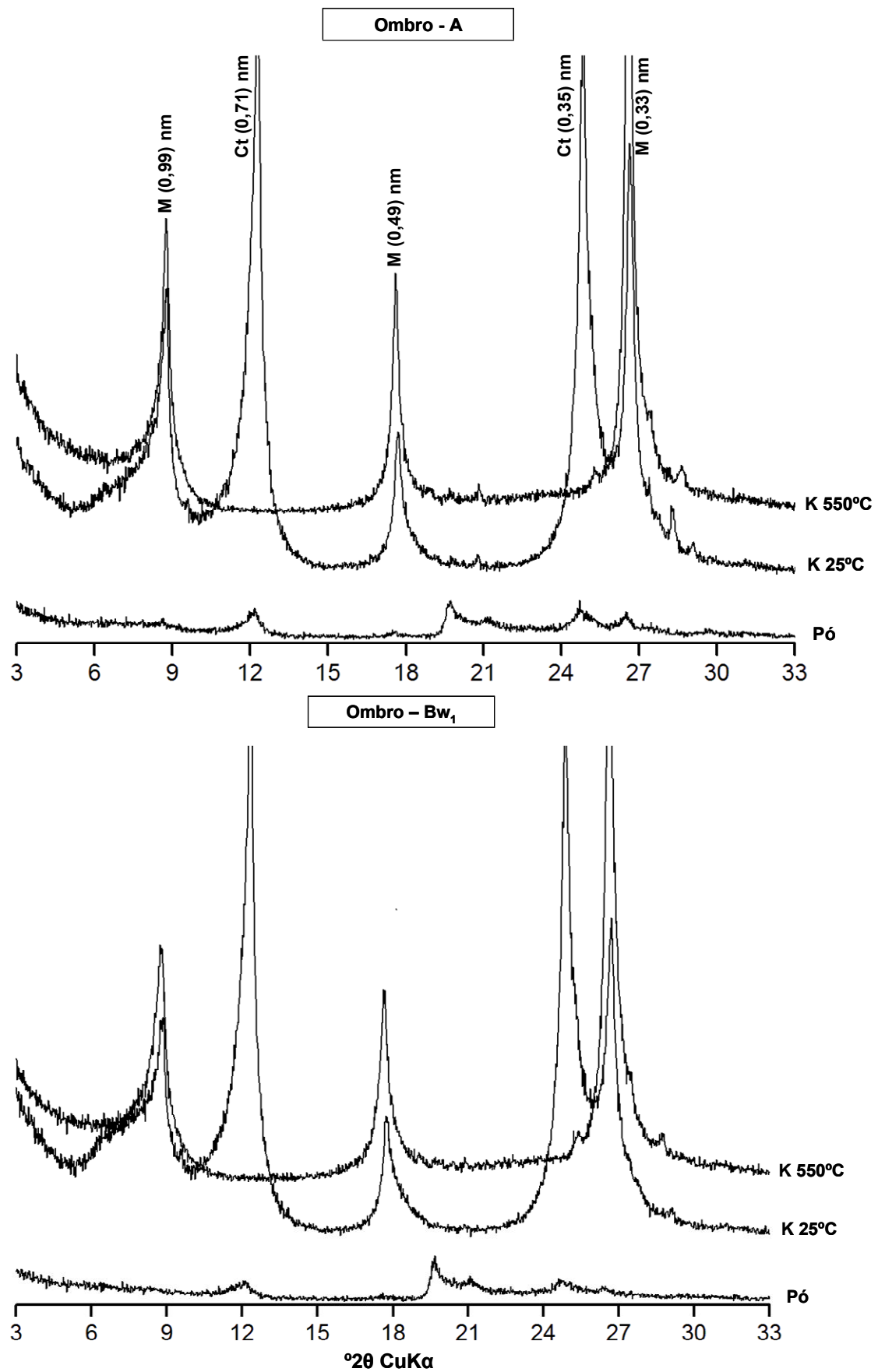
Apêndice 5.7. Difratogramas de Raios-X da fração argila (desferrificada e pó) do horizonte superficial e subsuperficial do segmento de vertente de várzea baixa.

E+I = esmectita + minerais interestratificado, V = vermiculita, Ct = caulinita, Q = quartzo, M = mica(ilita), Fd = feldspato, An = anatásio.



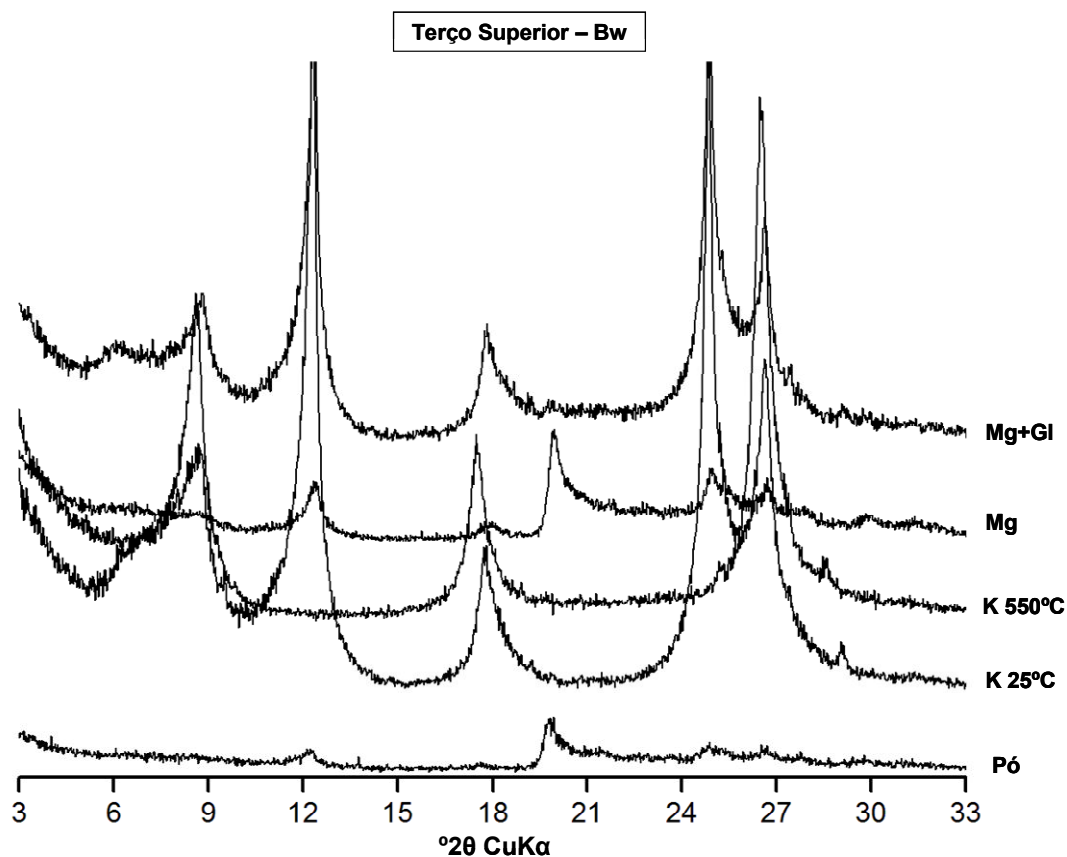
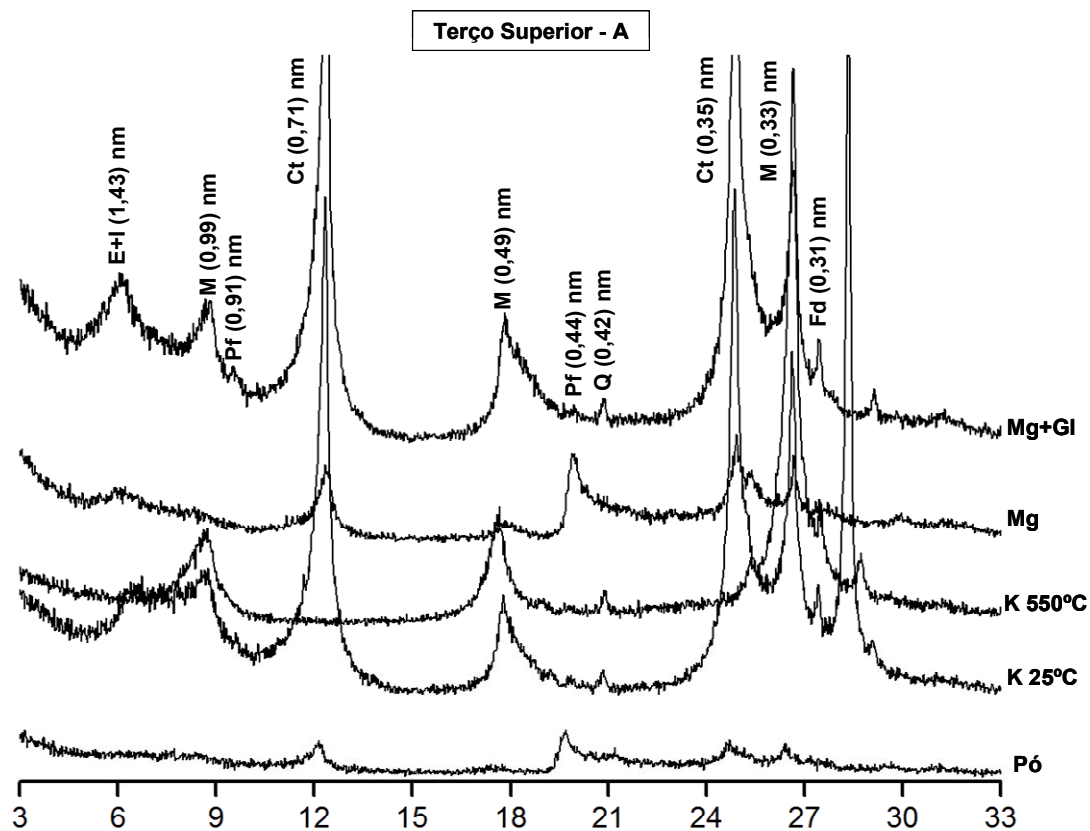
Apêndice 5.8. Difratogramas de Raios-X da fração argila (desferrificada e pó) do horizonte superficial e subsuperficial do segmento de vertente de várzea alta.

I = minerais interestratificado, E+I = esmectita + minerais interestratificado, V = vermiculita, Ct = caulinita, Q = quartzo, M = mica(ilita), Fd = feldspato, An = anatásio.



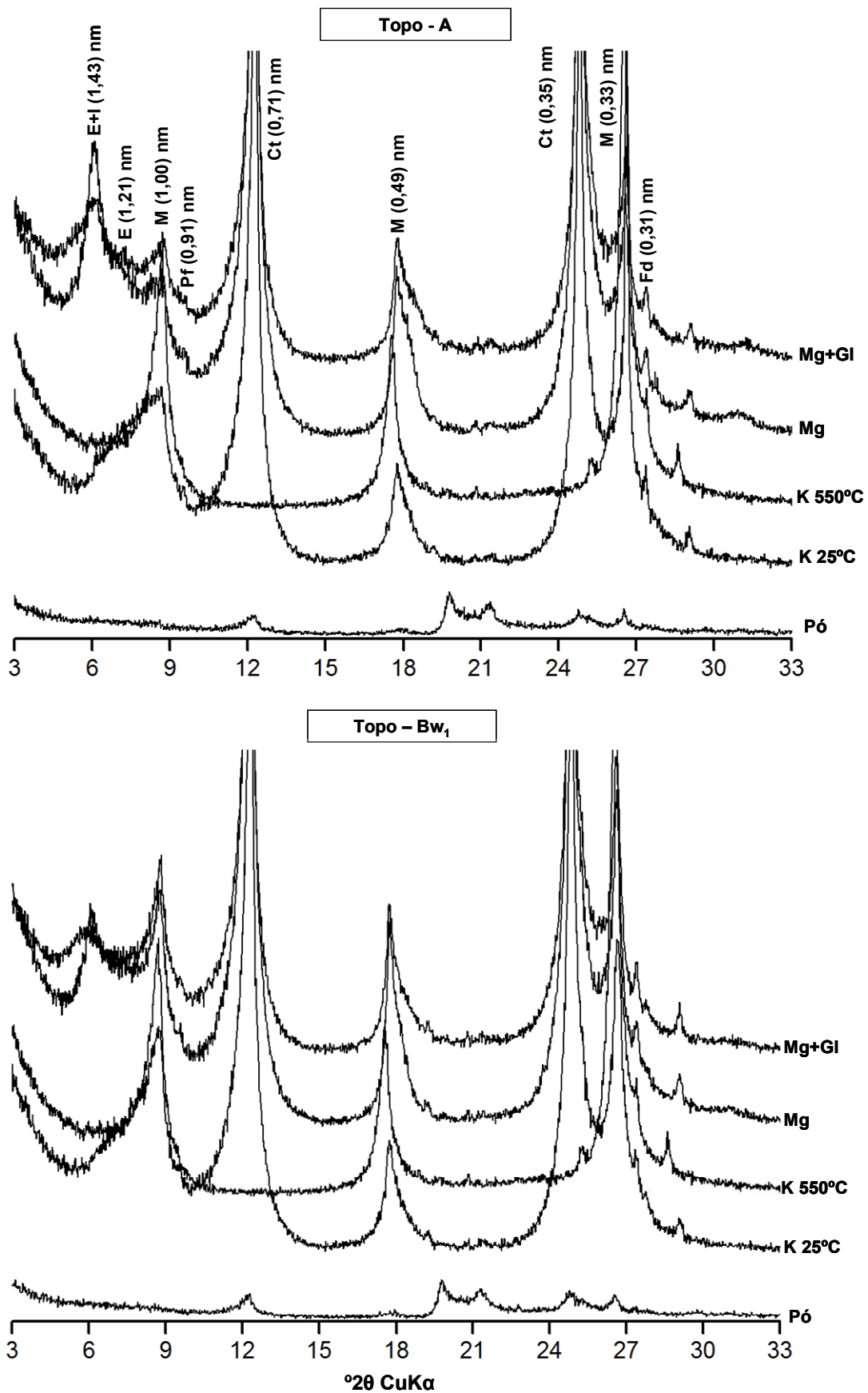
Apêndice 5.9. Difratogramas de Raios-X da fração argila (desferrificada e pó) do horizonte superficial e subsuperficial do segmento de vertente de ombro.

K = caulinita, M = mica(ilita)



Apêndice 5.10. Difratogramas de Raios-X da fração argila (desferrificada e pó) do horizonte superficial e subsuperficial do segmento de vertente de terço superior.

E+I = esmectita + minerais interestratificados, Pf = pirofilita, Ct = caulinita, Q = quartzo, M = mica(ilita), Fd = feldspato.

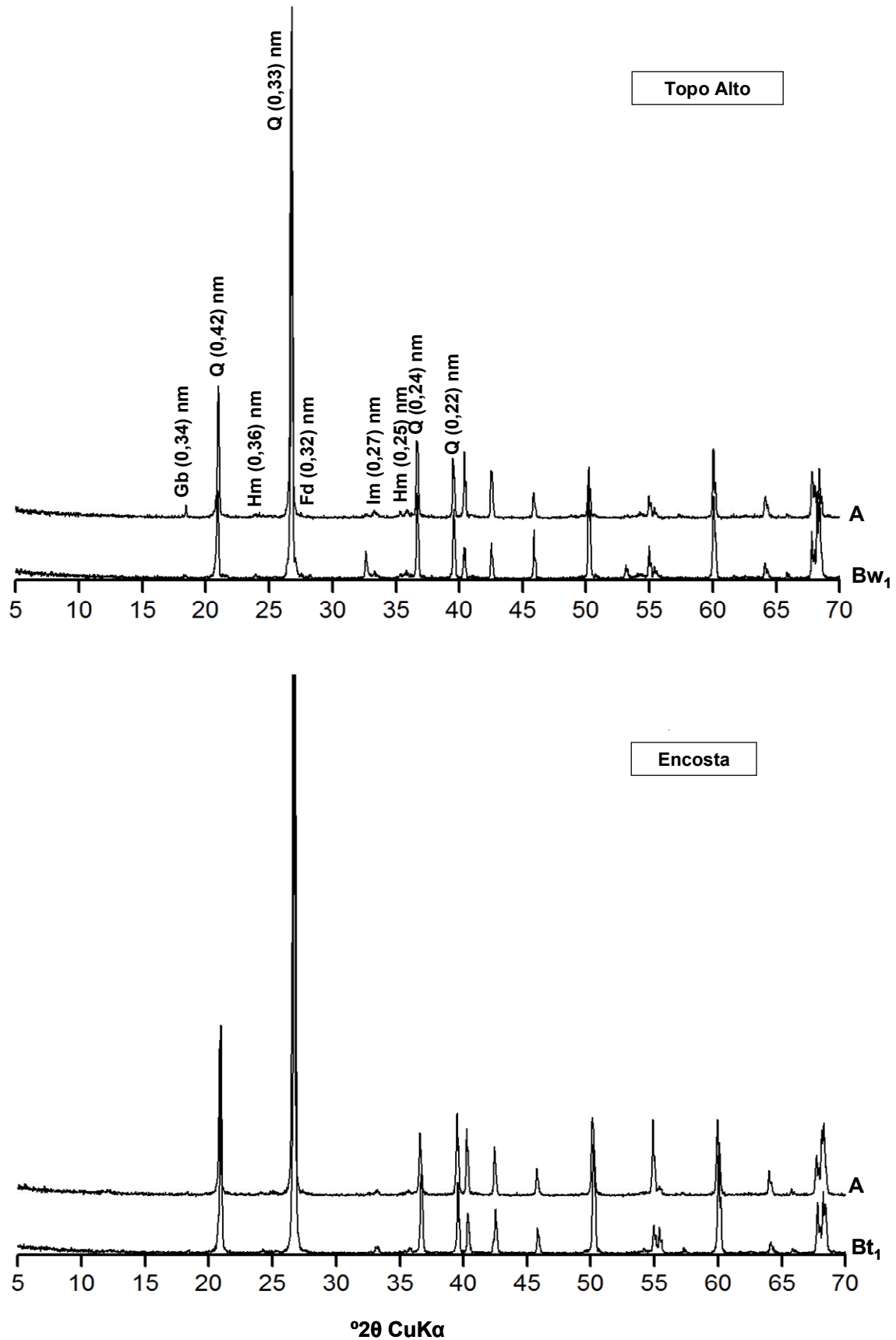


Apêndice 5.11. Difratogramas de Raios-X da fração argila (desferrificada e pó) do horizonte superficial e subsuperficial do segmento de vertente de topo.

E+I = esmectita + minerais interestratificados, E = esmectita, Pf = pirofilita, Ct = caulinita, Q = quartzo, M = mica(ilita), Fd = feldspato.

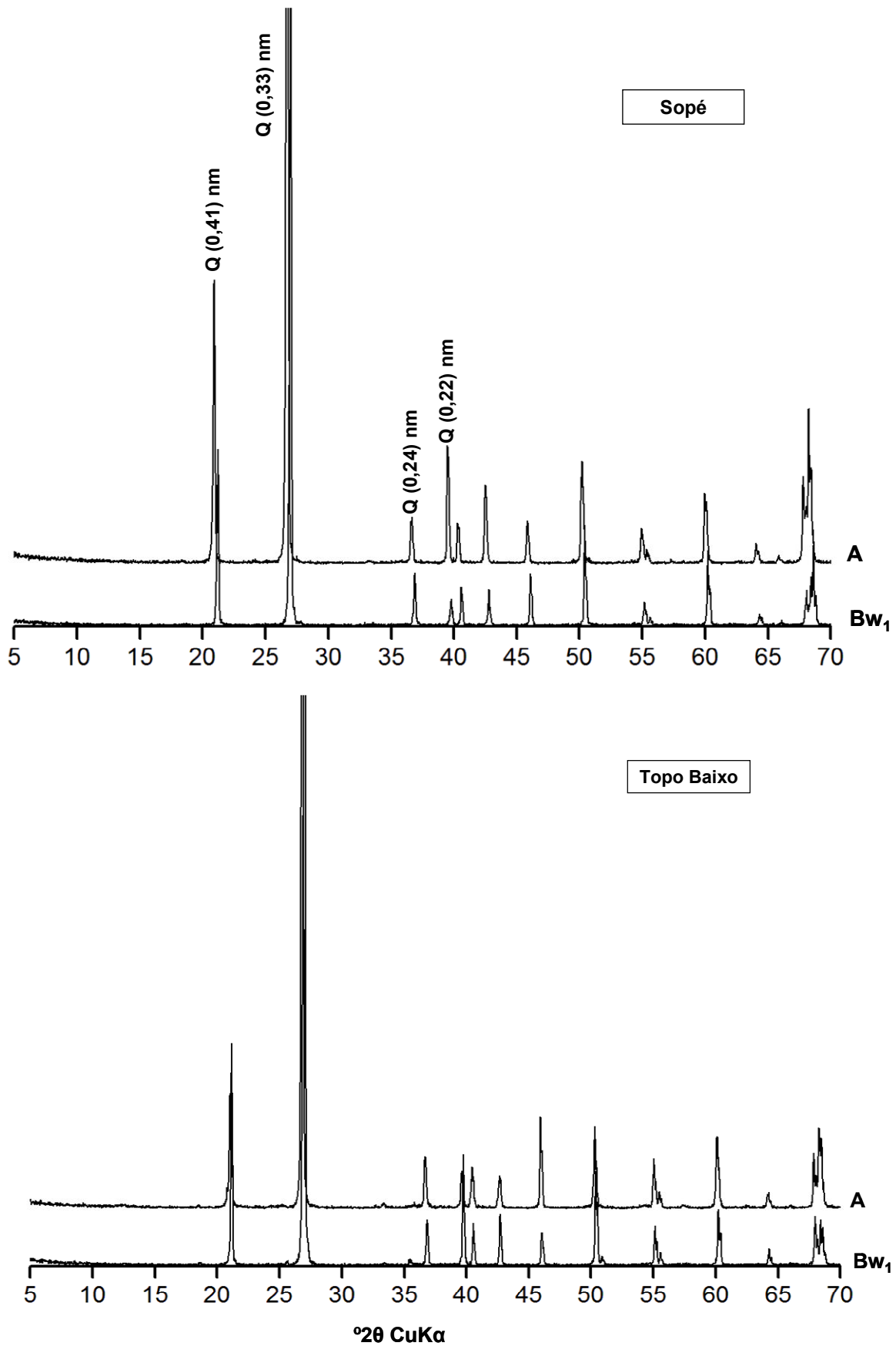
APÊNDICE 6

Difratogramas de Raios-X das frações areia, silte e argila dos solos do sob substrato granítico, Santo Antônio do Matupi, Manicoré, AM.



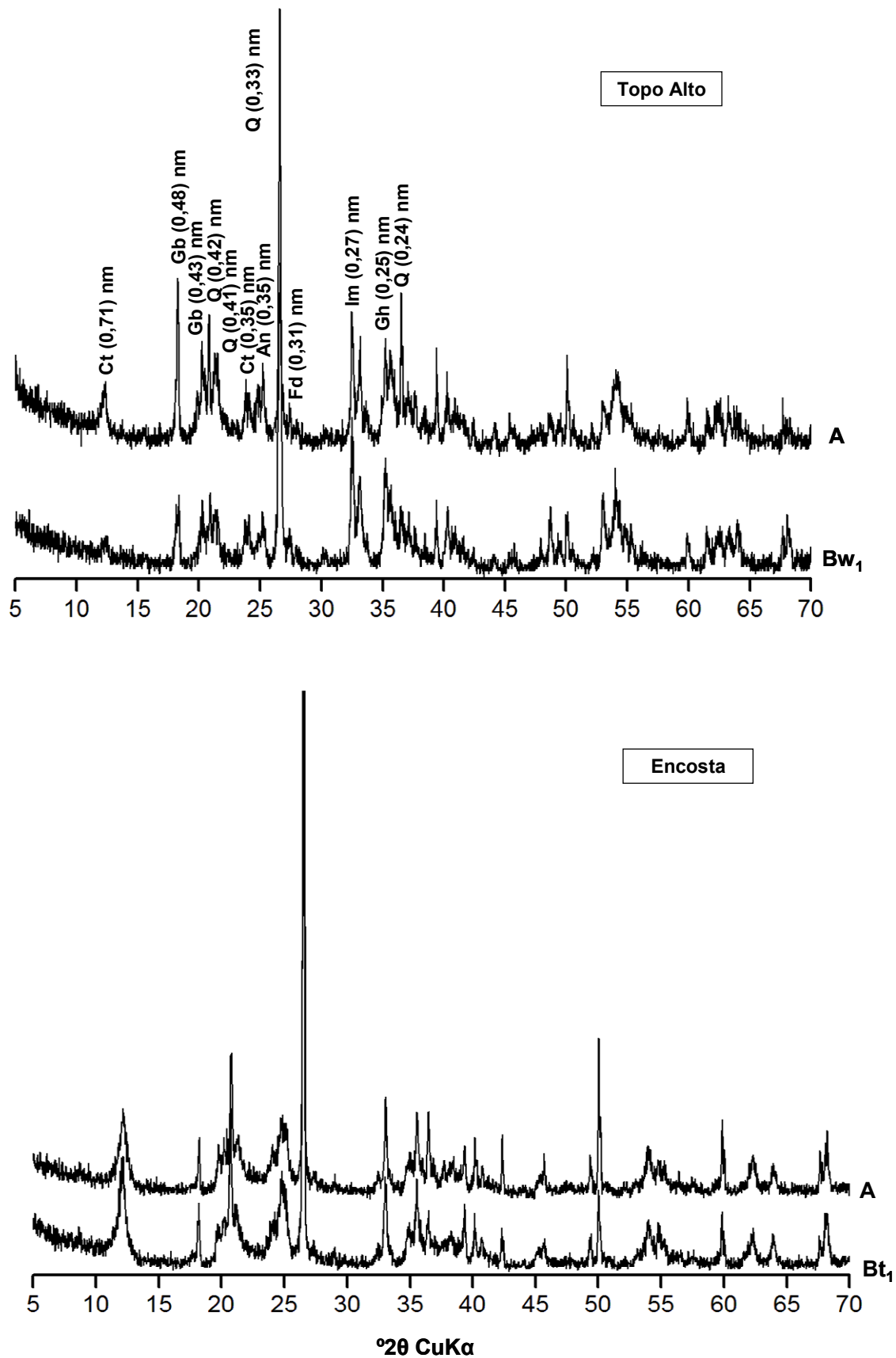
Apêndice 6.1. Difratomogramas de Raios-X da fração areia sem tratamento químico nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais em diferentes segmentos de vertente (Topo Alto e Encosta).

Q = quartzo, Gb = gibbsita, Hm = hematita, Im = ilmenita, Fd = feldspatos.



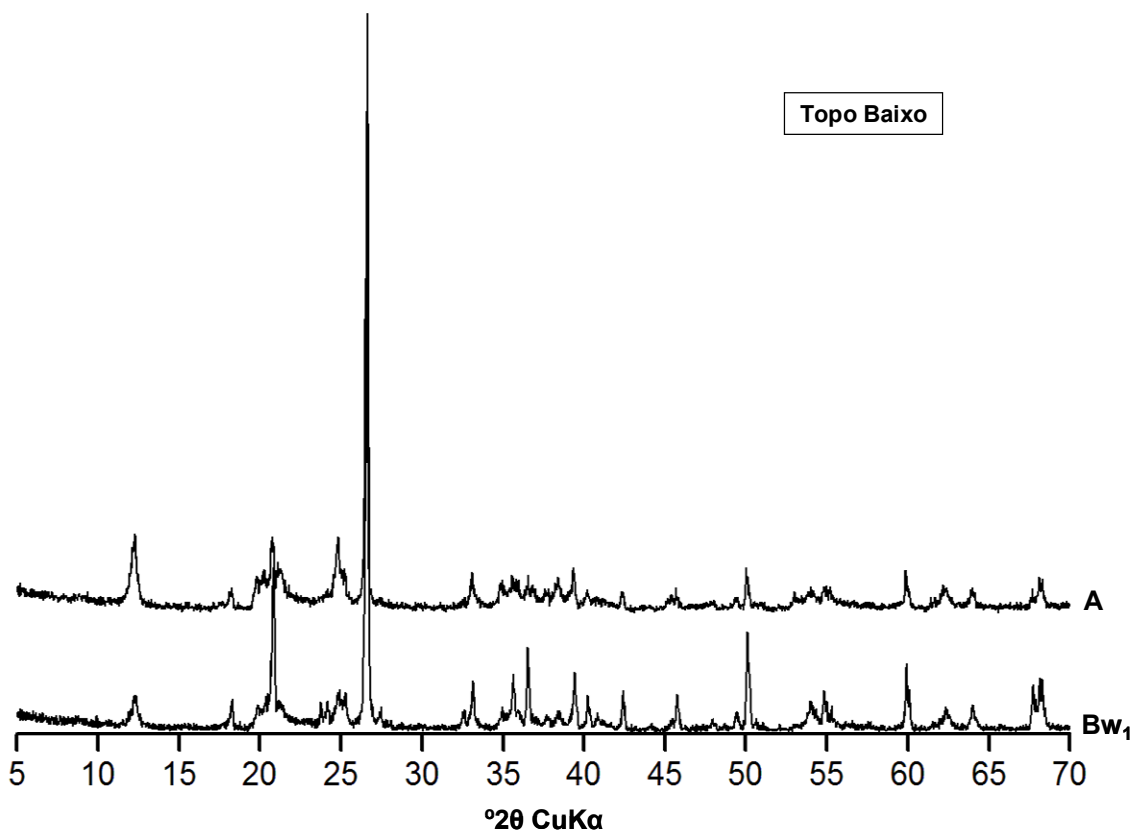
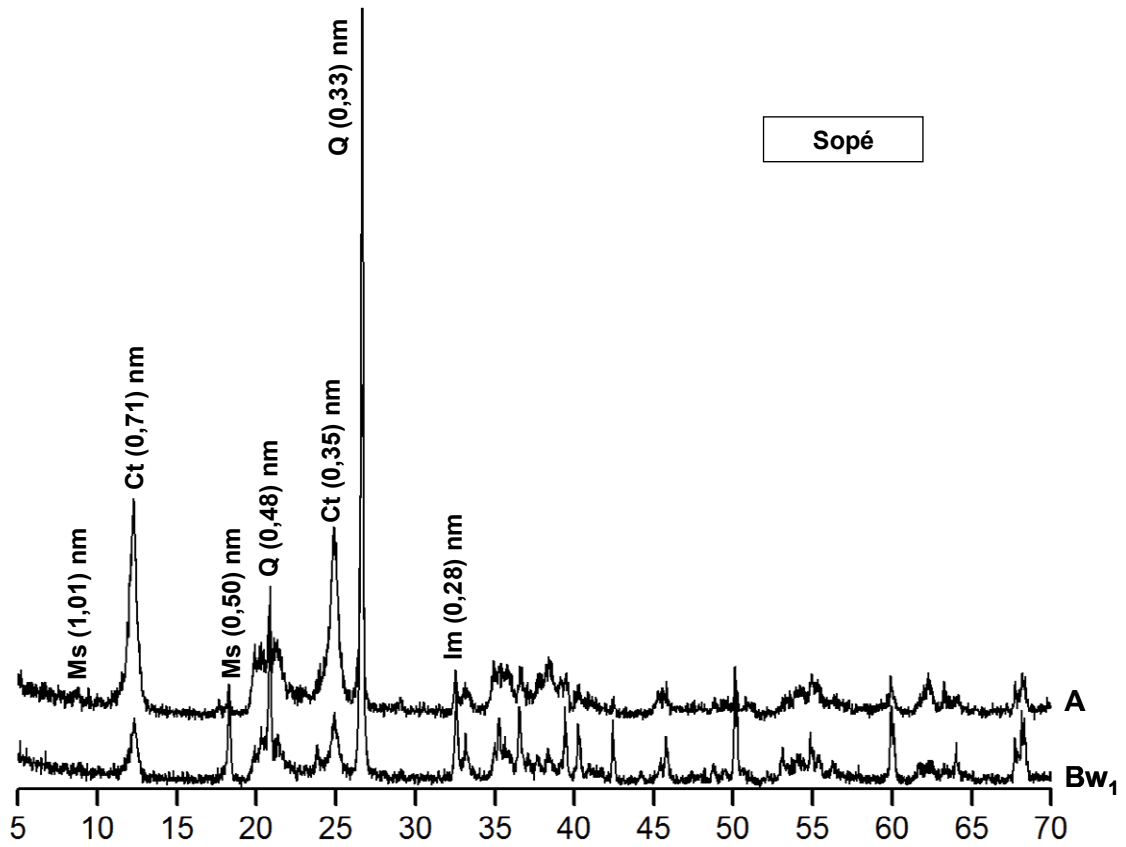
Apêndice 6.2. Difratogramas de Raios-X da fração areia sem tratamento químico nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais em diferentes segmentos de vertente (Sopé e Topo Baixo).

Q = quartzo.



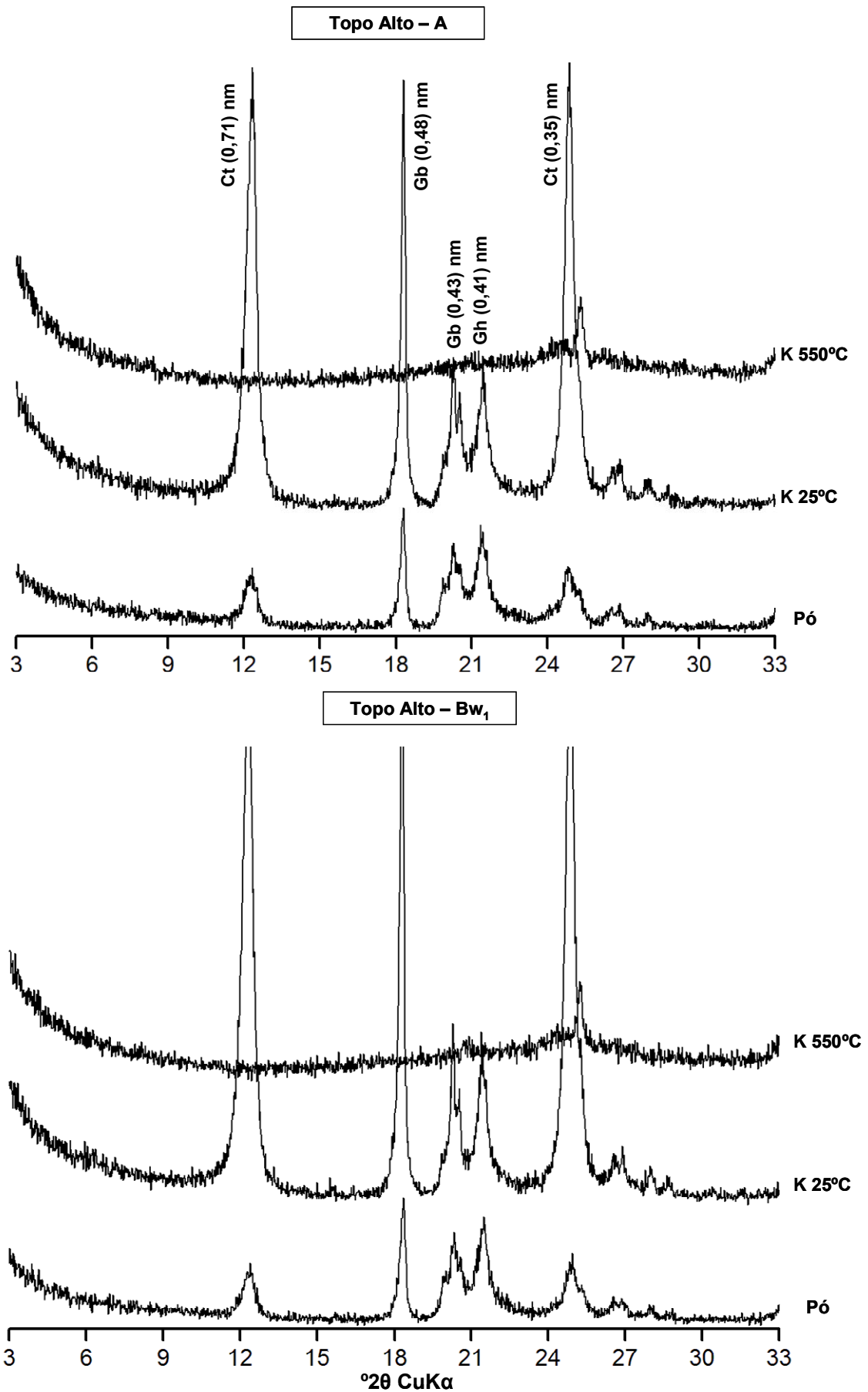
Apêndice 6.3. Difratogramas de Raios-X da fração silte sem tratamento químico nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais em diferentes segmentos de vertente (Topo Alto e Encosta).

Q = quartzo, Gh = goethita, Gb = gibbsita, Ct = caulinita, An = anatásio, Im = ilmenita, Fd = fedspatos.



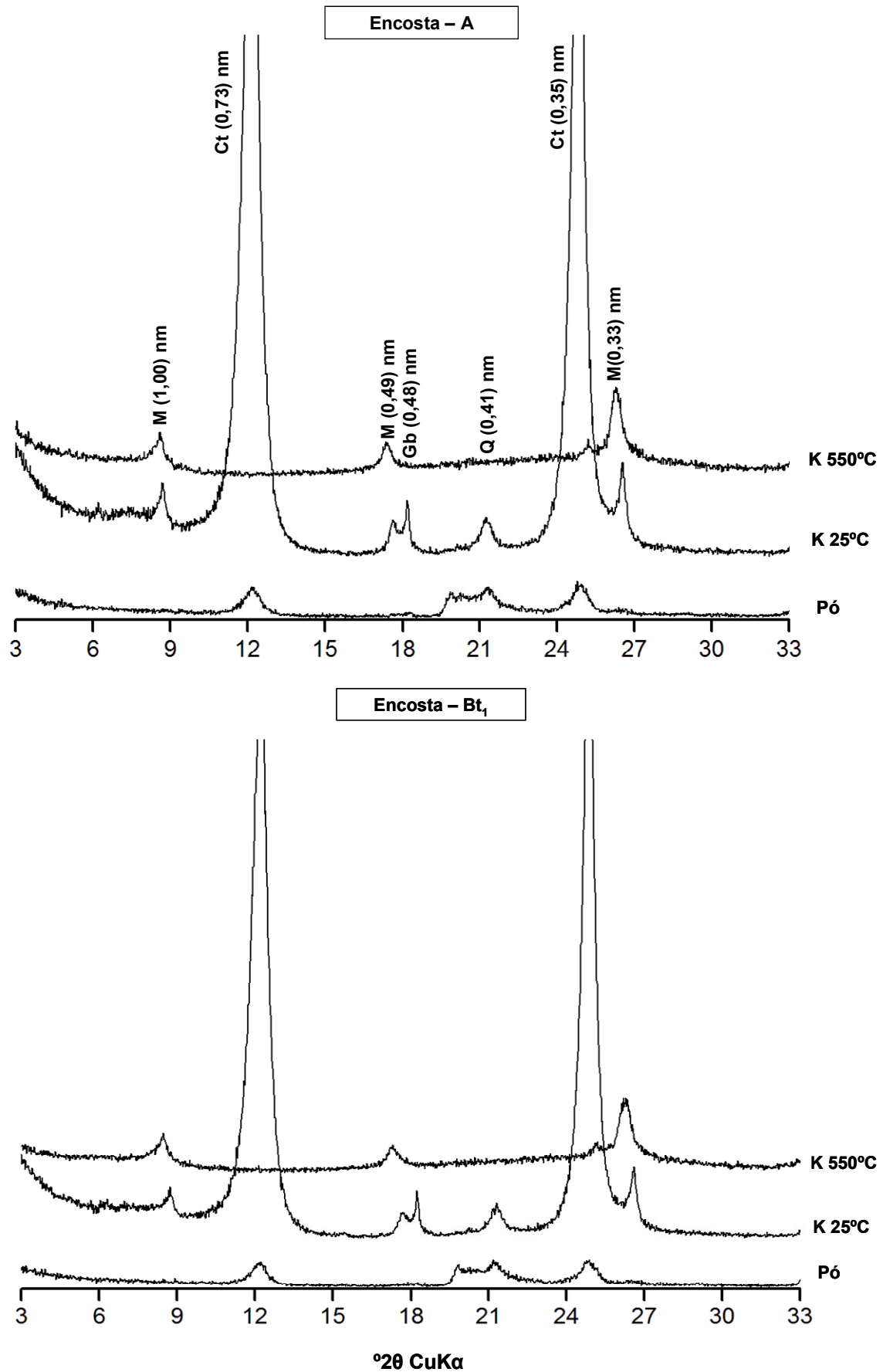
Apêndice 6.4. Difractogramas de Raios-X da fração silte sem tratamento químico nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais em diferentes segmentos de vertente (Sopé e Topo Baixo).

Q = quartzo, Ct = caulinita, Im = ilmenita, Ms = muscovita.



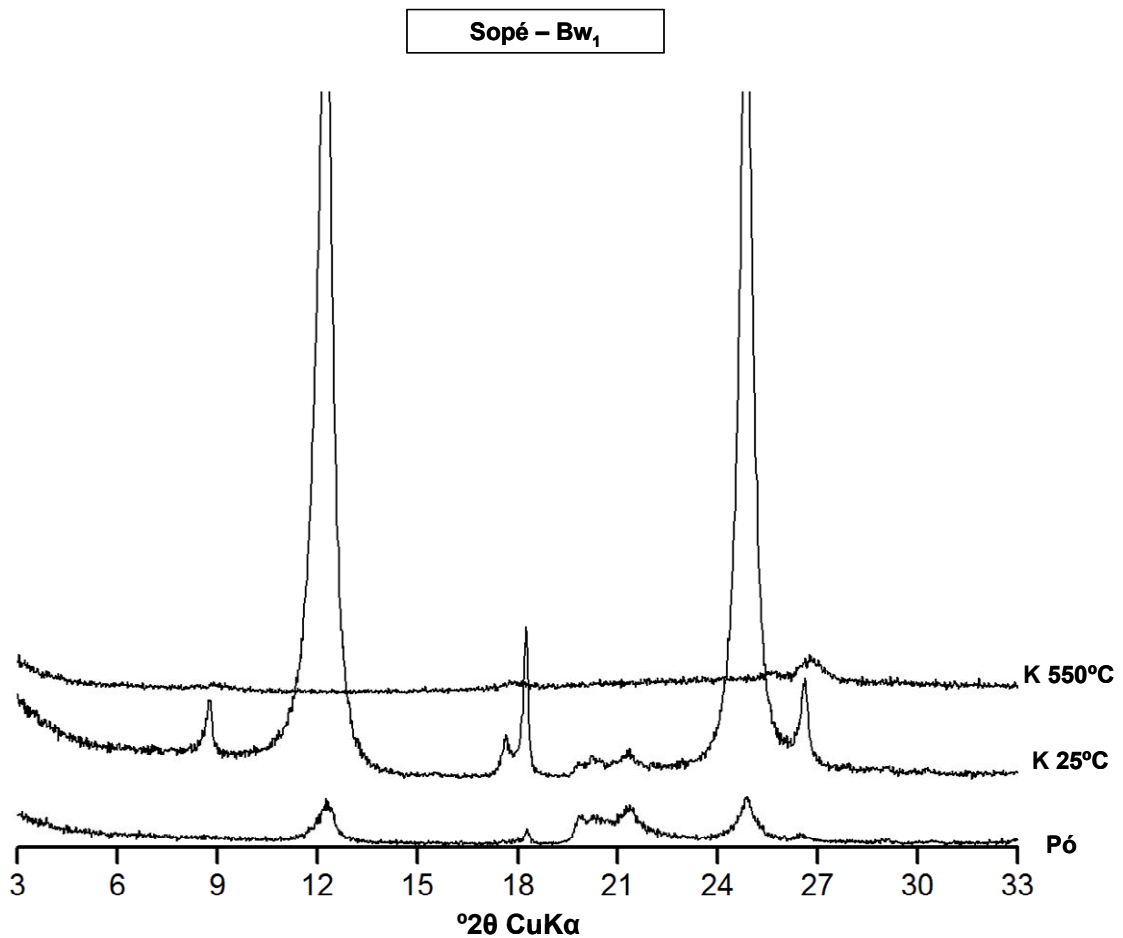
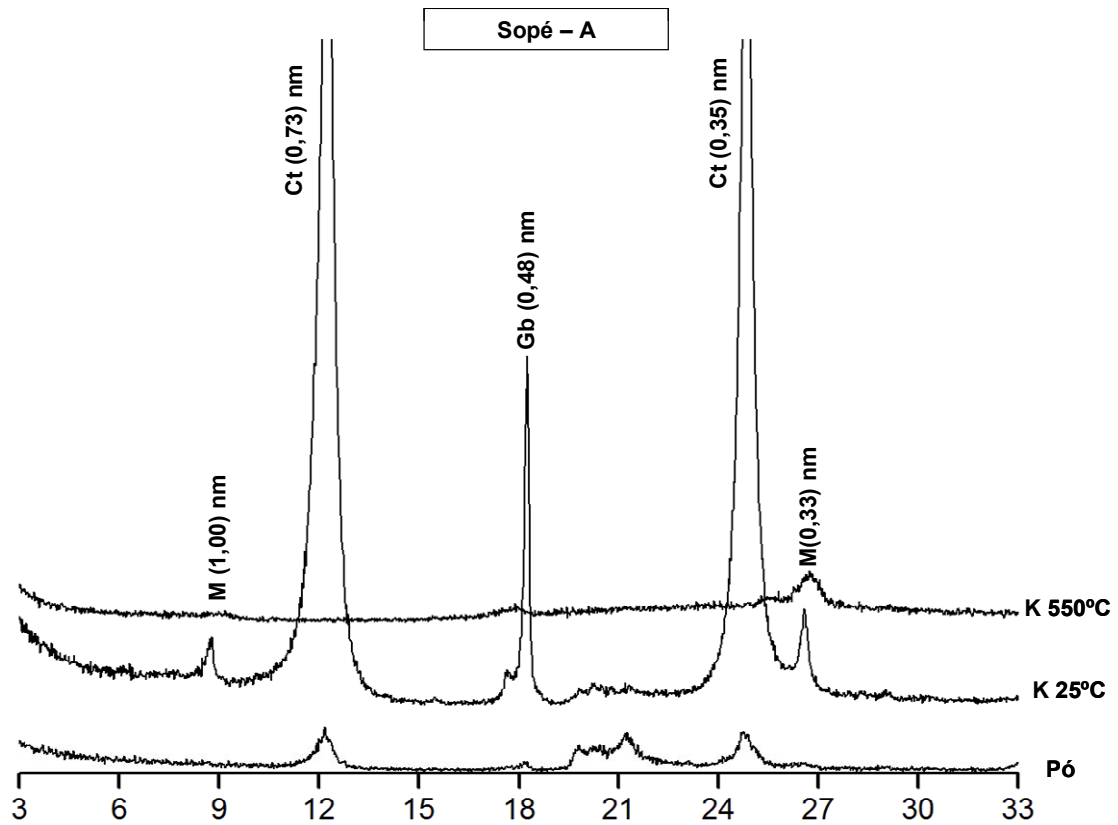
Apêndice 6.5. Difratogramas de Raios-X da fração argila (desferrificada e pó) dos horizontes superficiais e subsuperficiais no topo alto submetida a diferentes tratamentos.

Gb = gibbsita, Ct = caulinita, Gh = goethita.



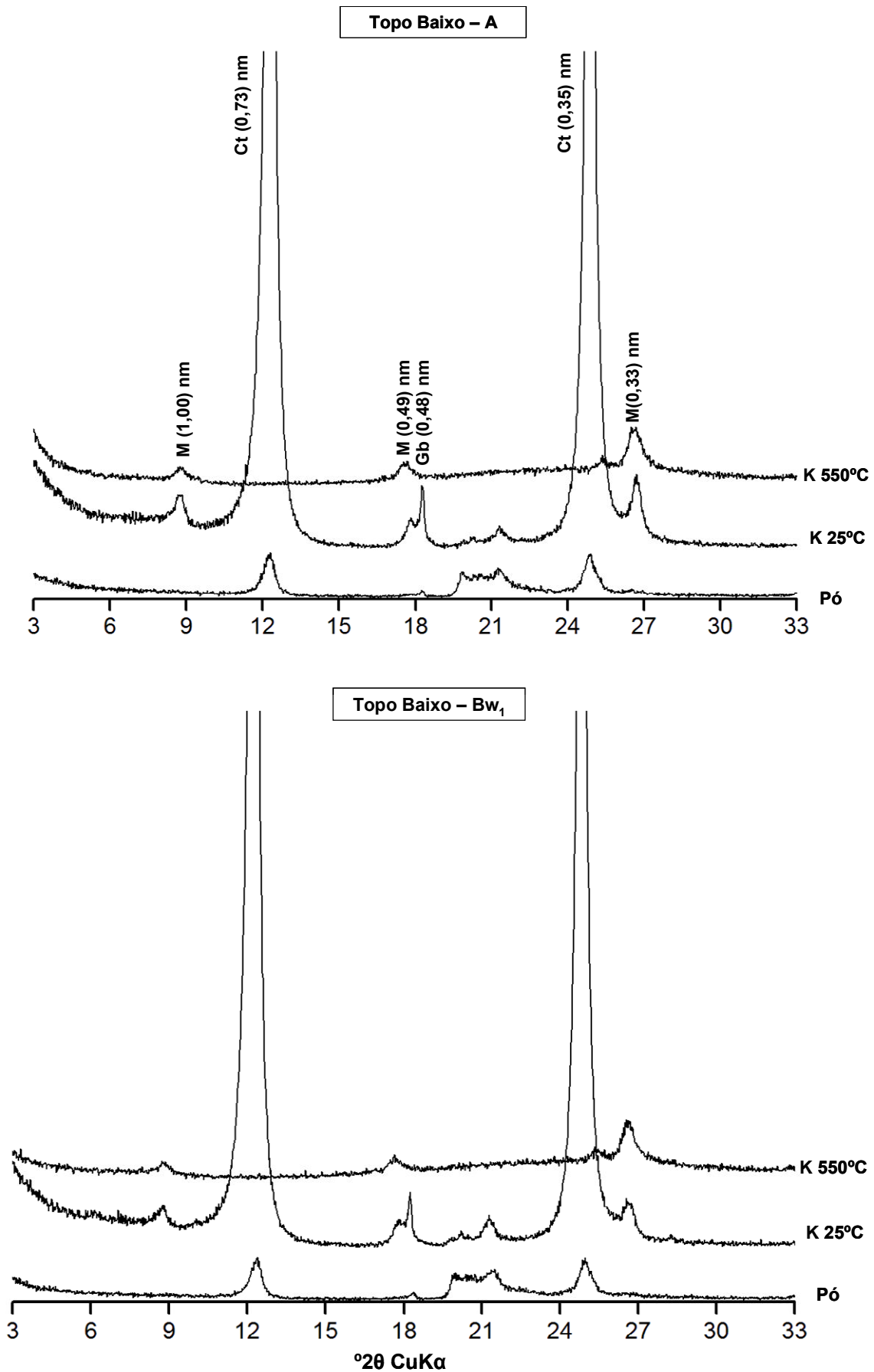
Apêndice 6.6. Difratogramas de Raios-X da fração argila (desferrificada e pó) dos horizontes superficiais e subsuperficiais na encosta submetida a diferentes tratamentos.

M = mica, Q = quartzo, Gb = gibbsita; Ct = caulinita.



Apêndice 6.7. Difractogramas de Raios-X da fração argila (desferrificada e pó) dos horizontes superficiais e subsuperficiais no sopé submetida a diferentes tratamentos.

M = mica; Gb = gibbsita; Ct = caulinita.

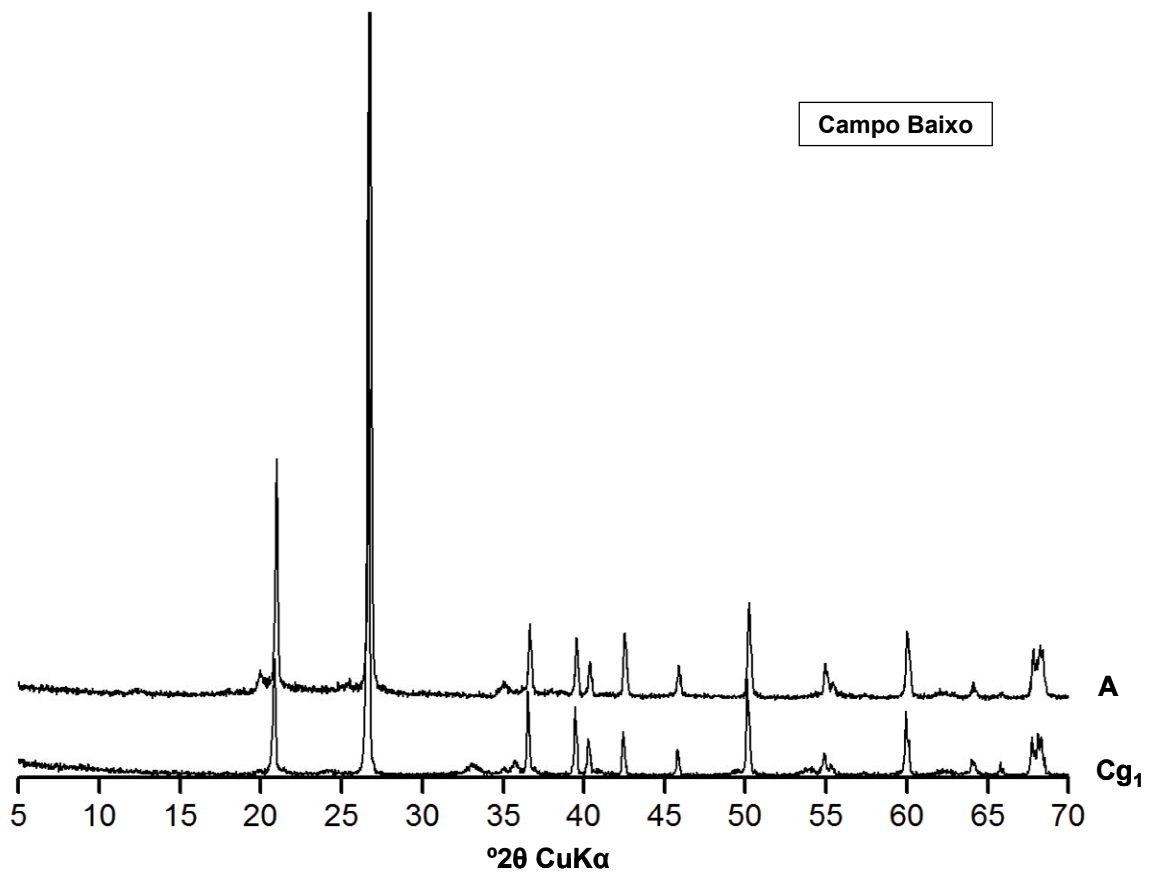
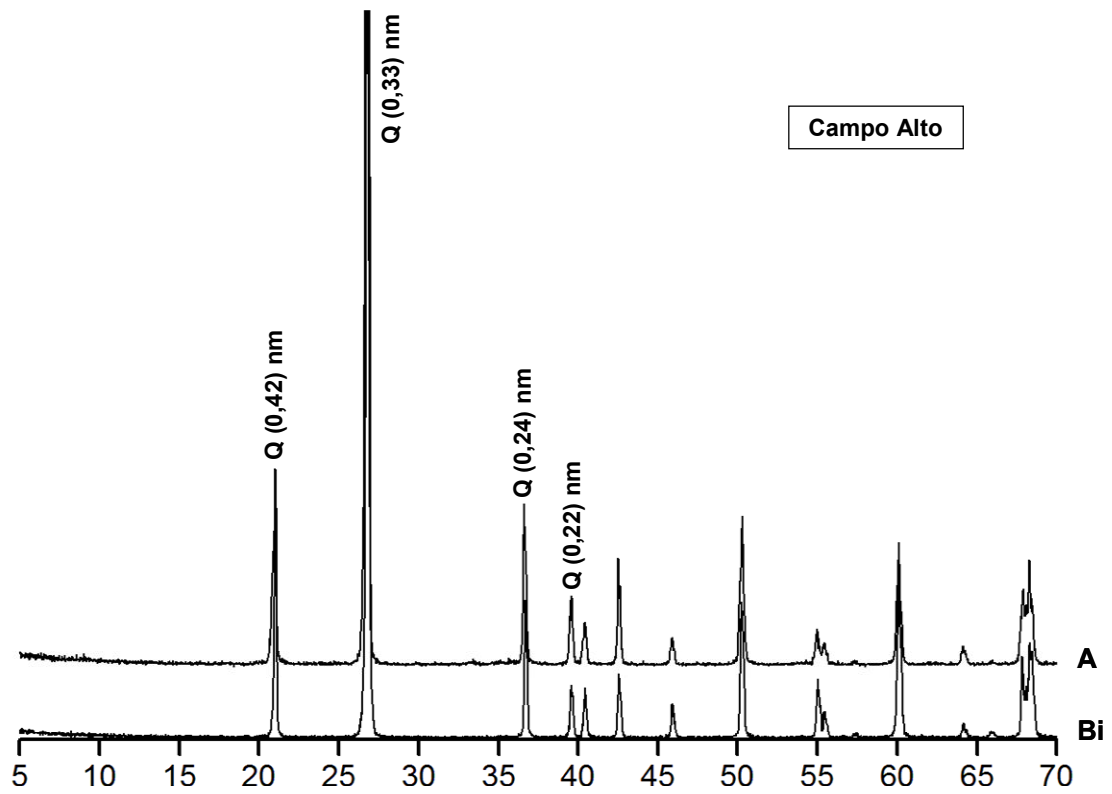


Apêndice 6.8. Difratogramas de Raios-X da fração argila (desferrificada e pó) dos horizontes superficiais e subsuperficiais no topo baixo submetida a diferentes tratamentos.

M = mica, Gb = gibbsita, Ct = caulinita.

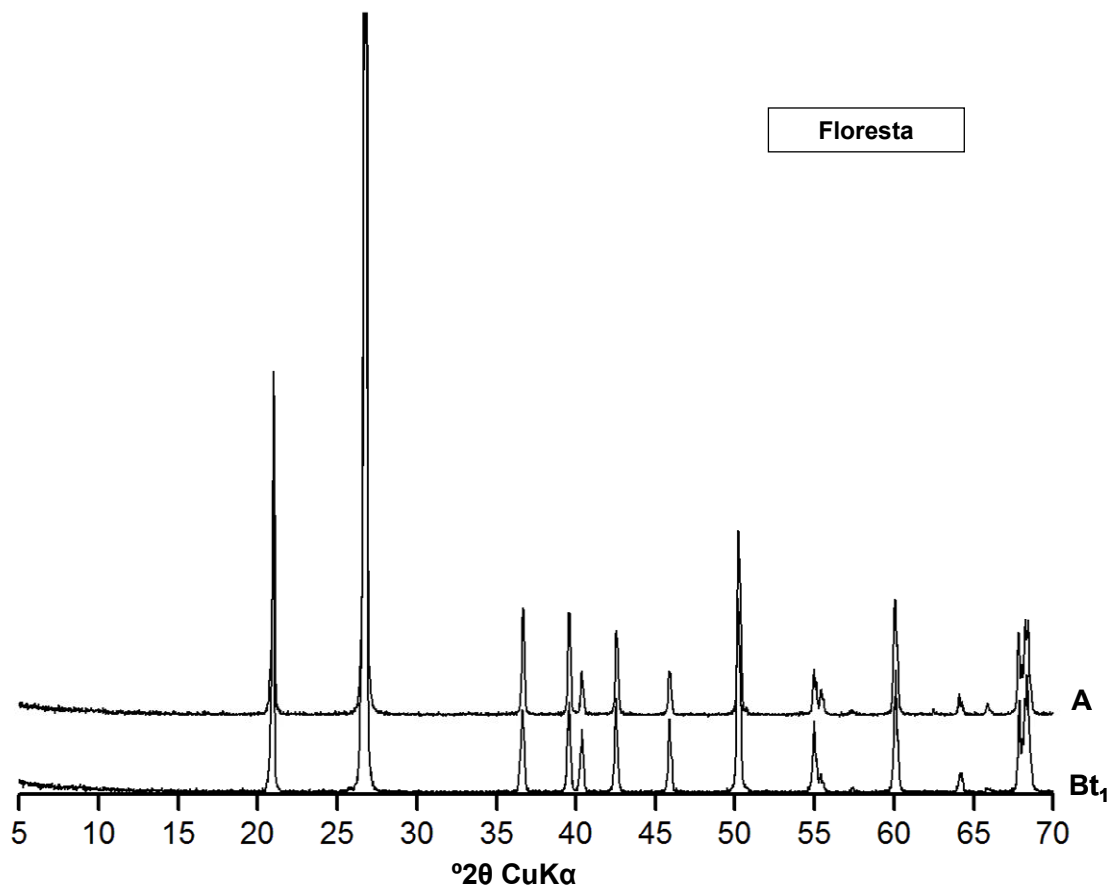
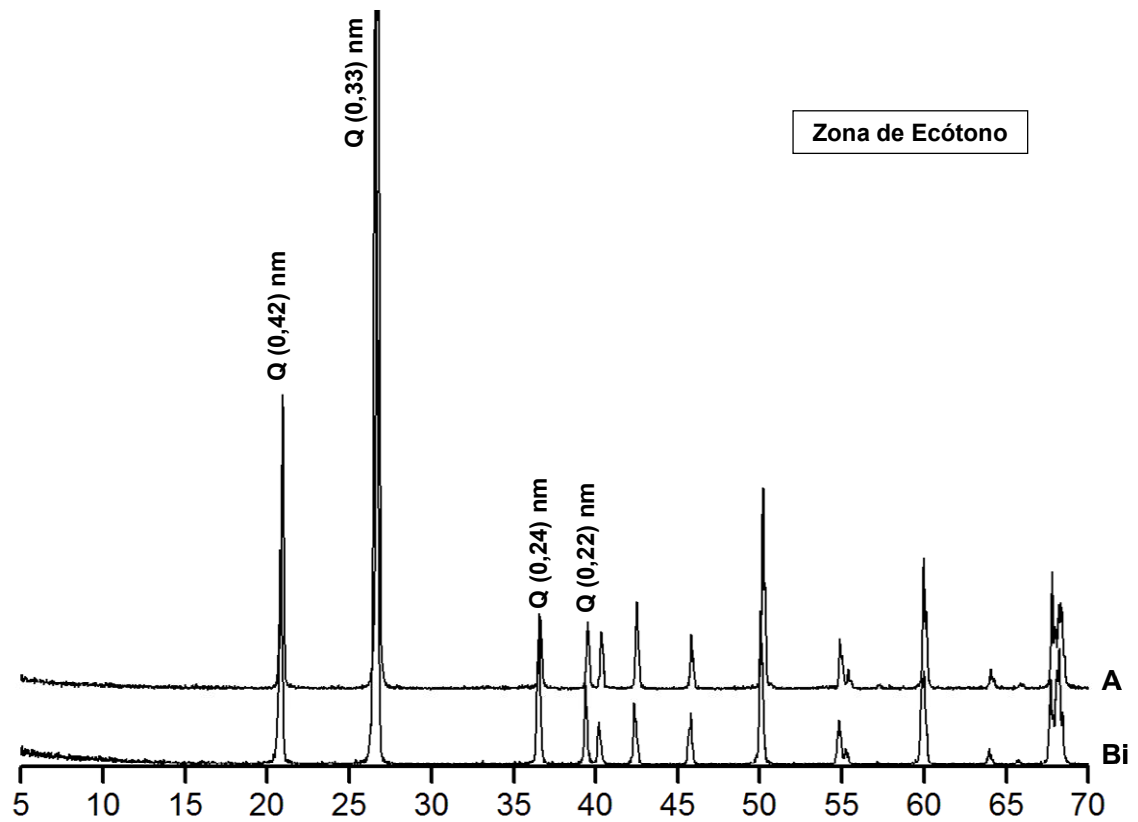
APÊNDICE 7

Difratogramas de Raios-X das frações areia, silte e argila dos solos da sequência Campos/Floresta, Humaitá, AM.



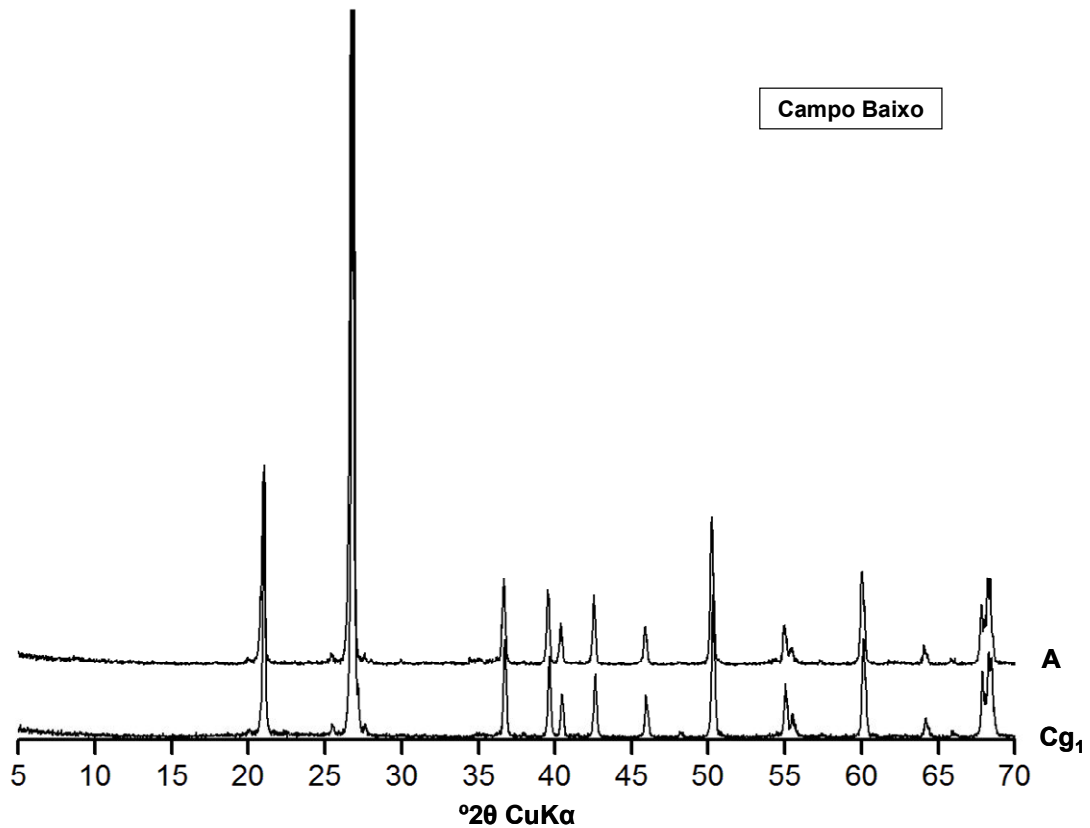
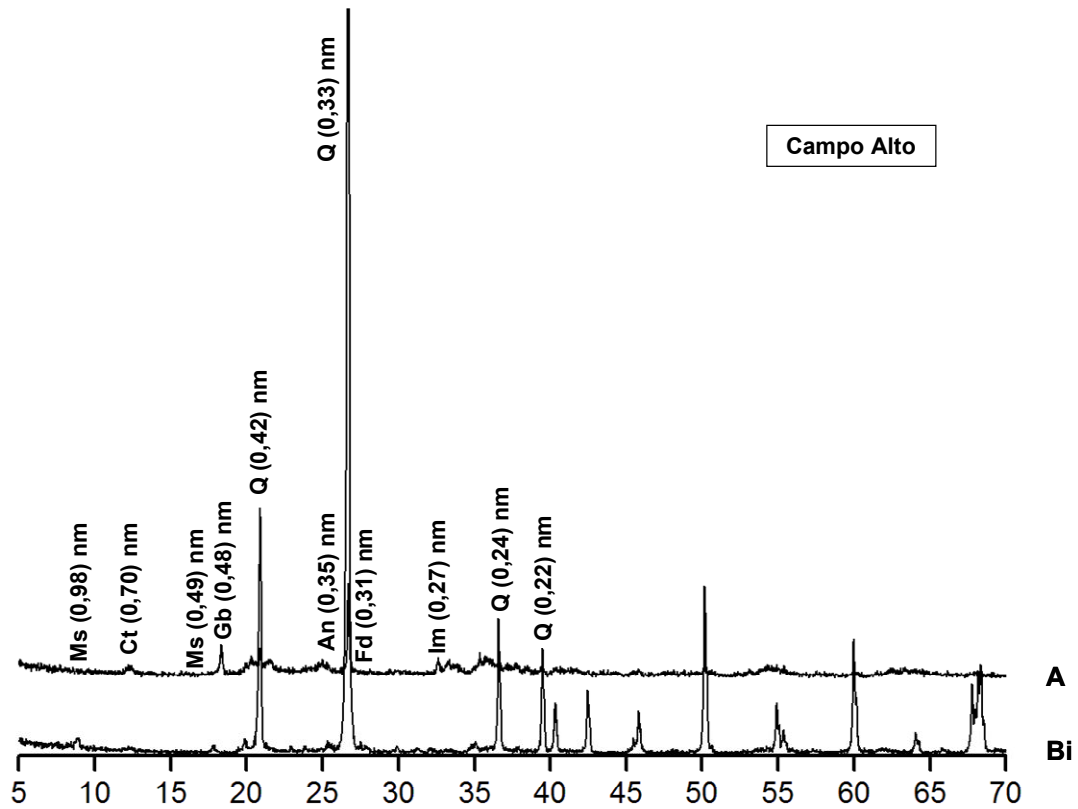
Apêndice 7.1. Difratogramas de Raios-X da fração areia sem tratamento químico nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais em diferentes pedoambientes (campo alto e campo baixo).

Q = quartzo.



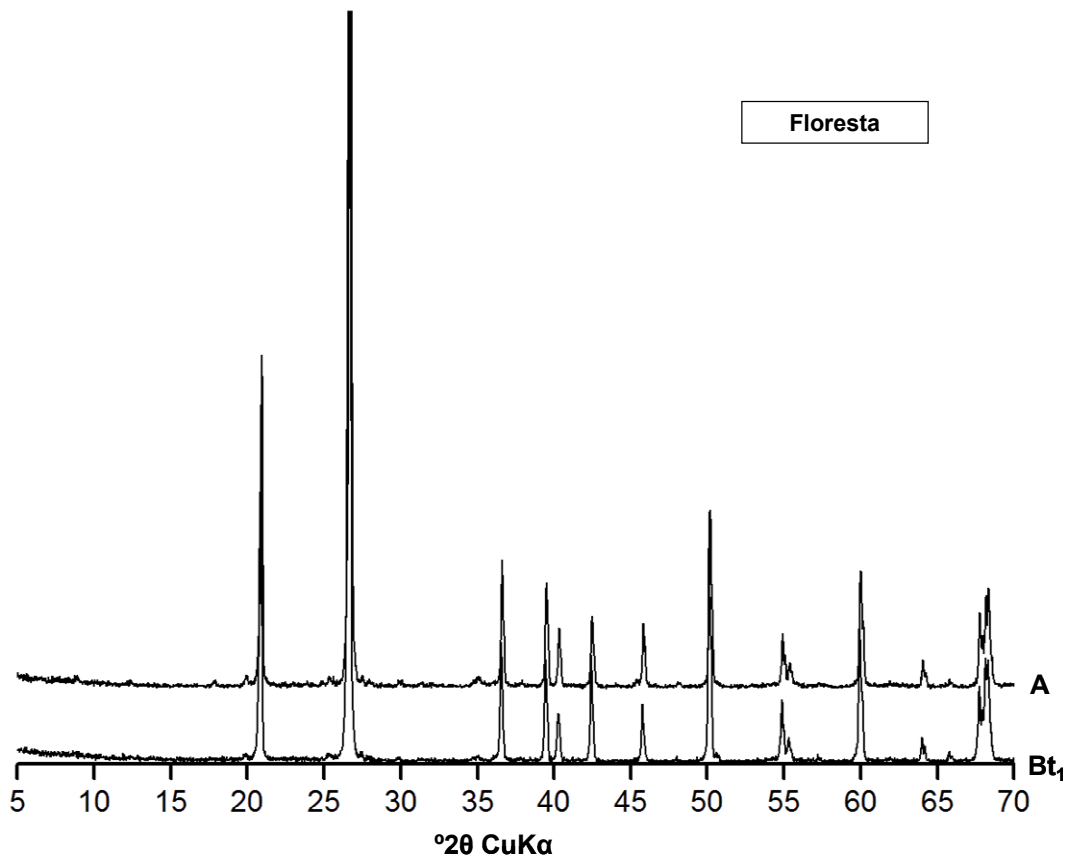
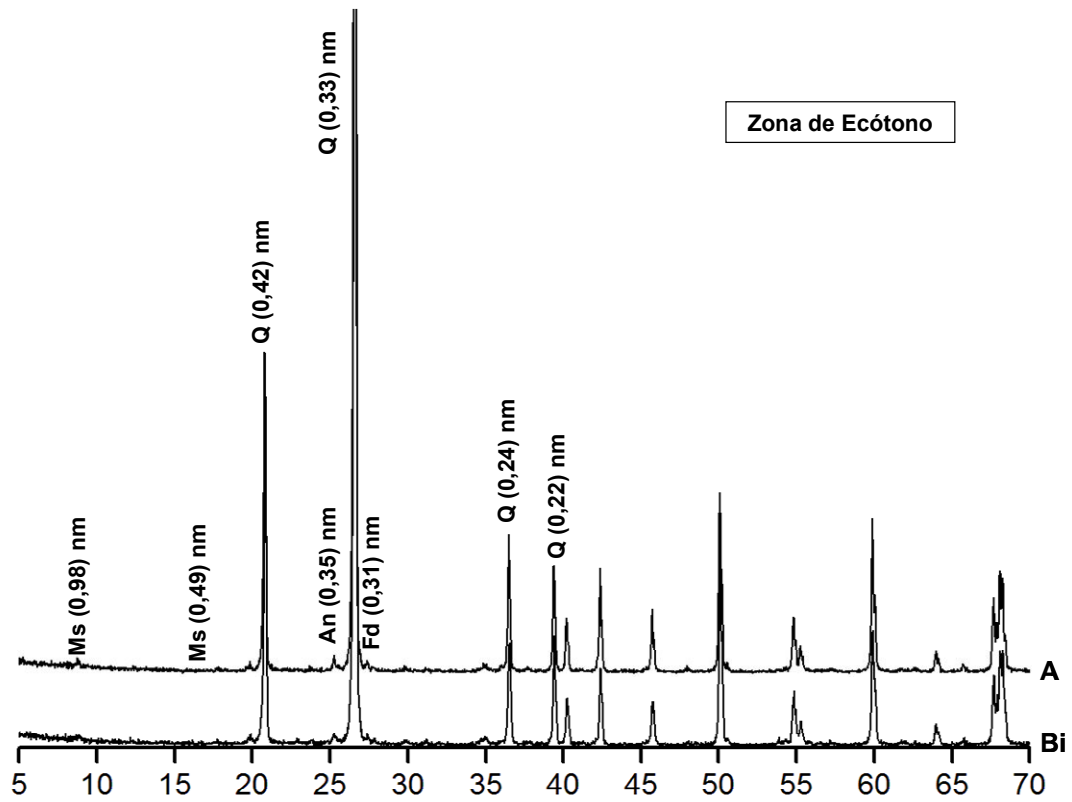
Apêndice 7.2. Difractogramas de Raios-X da fração areia sem tratamento químico nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais em diferentes pedoambientes (zona de ecótono e floresta).

Q = quartzo.



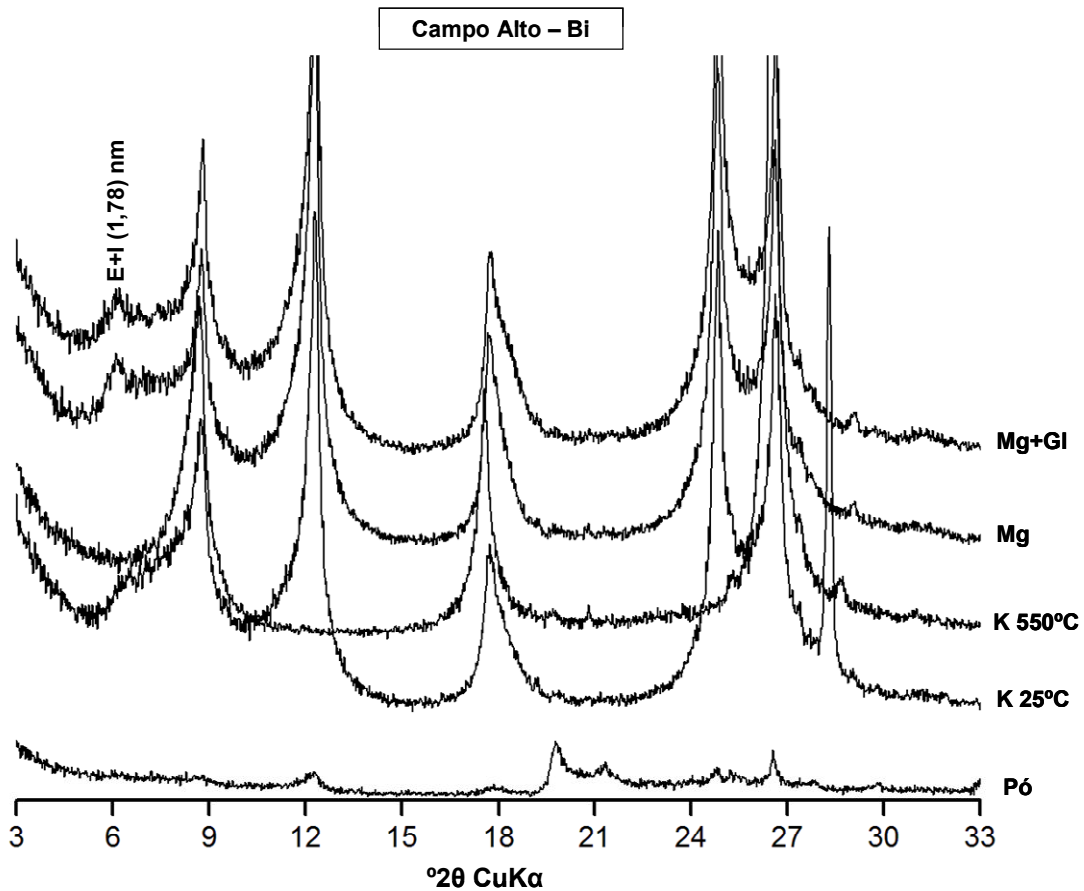
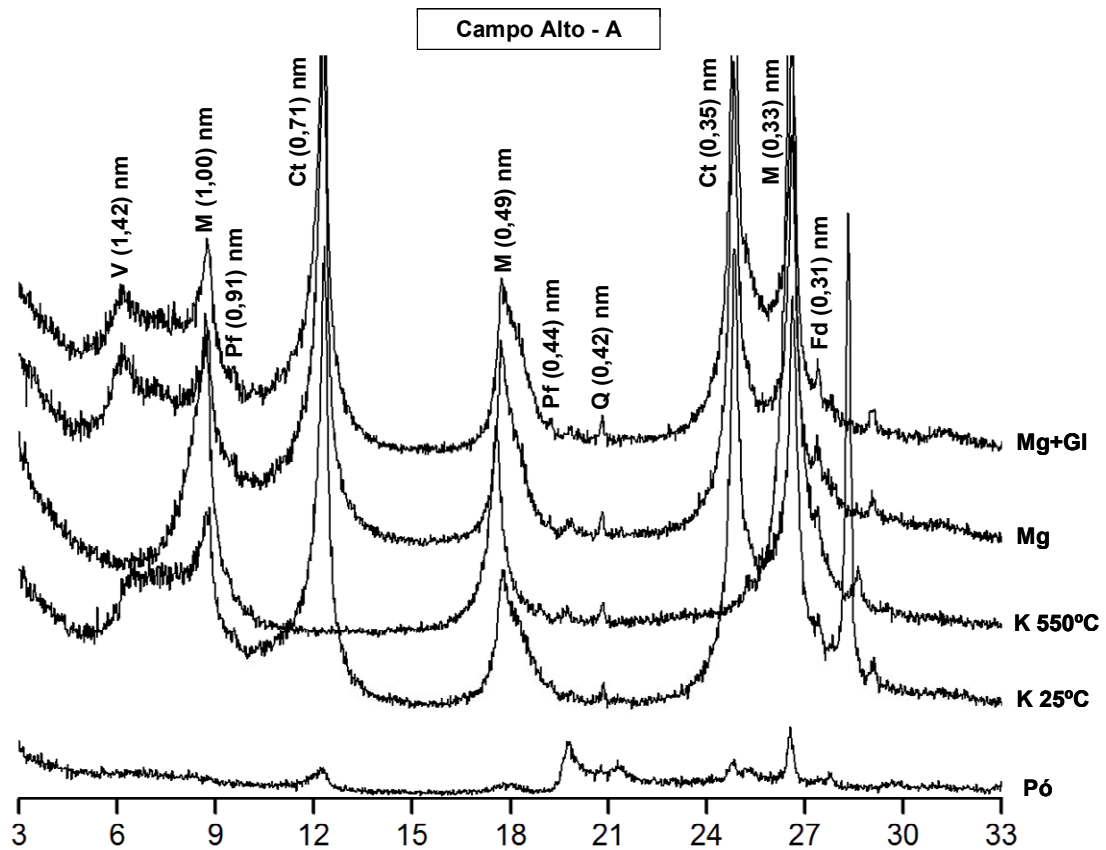
Apêndice 7.3. Difractogramas de Raios-X da fração silte sem tratamento químico nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais em diferentes pedoambientes (campo alto e campo baixo).

Ms = muscovita, Ct = caulinita, Gb = gibbsita, Q = quartzo, An = anatásio, Fd = feldspato, Im = Ilmenita.



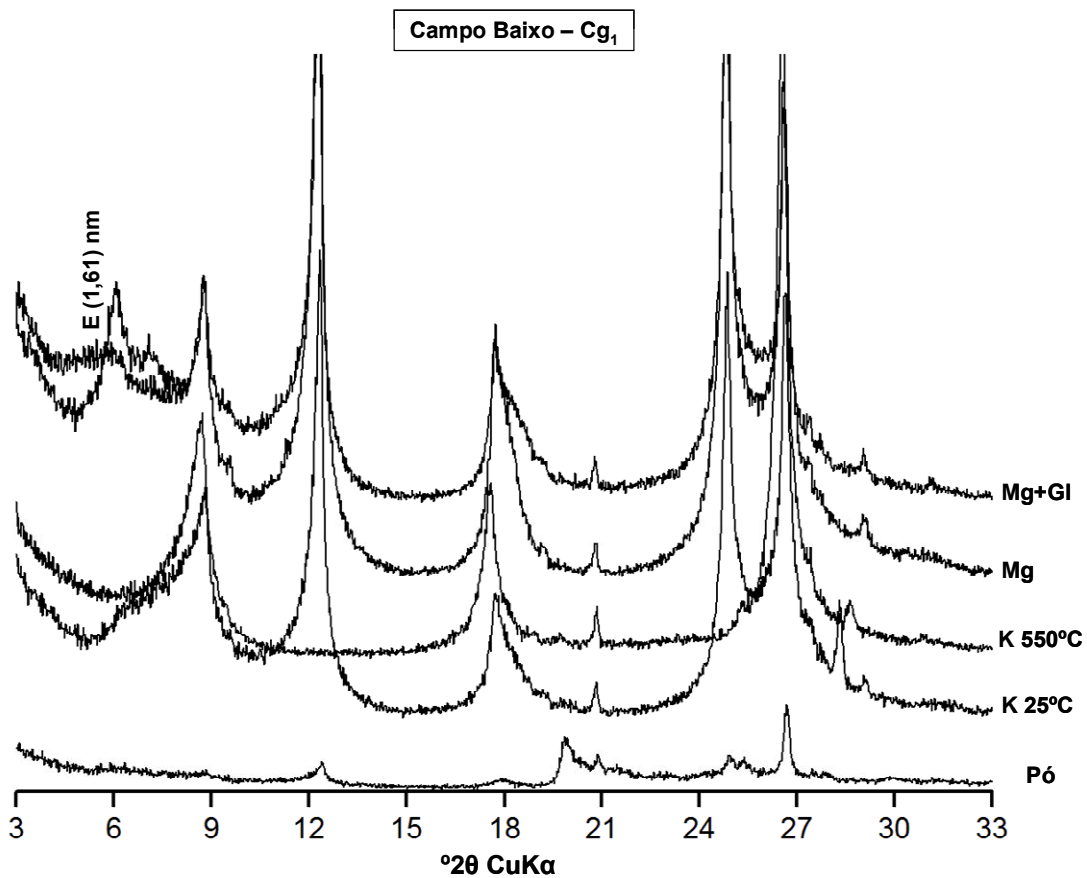
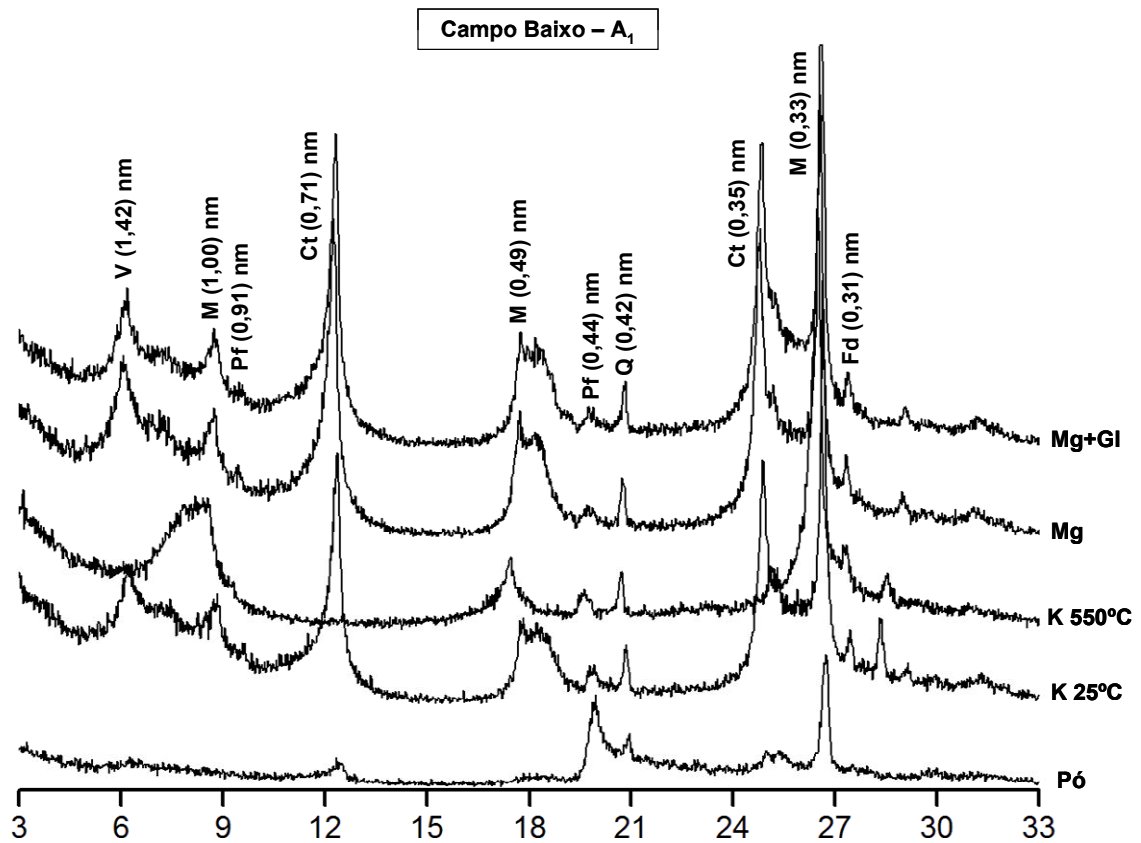
Apêndice 7.4. Difractogramas de Raios-X da fração silte sem tratamento químico nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais em diferentes pedoambientes (zona de ecótono e floresta).

Ms = muscovita, Q = quartzo, An = anatásio, Fd = feldspato.



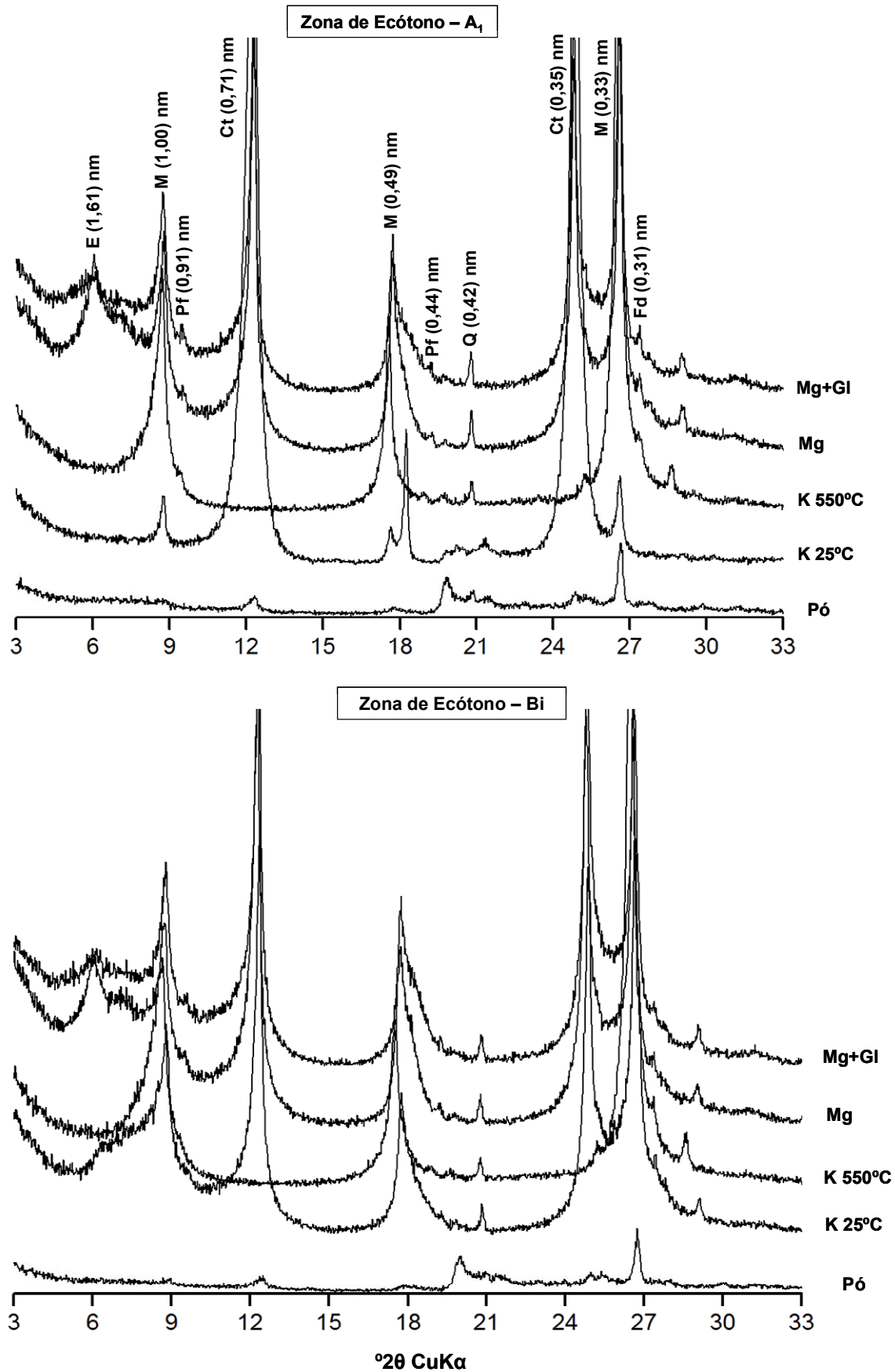
Apêndice 7.5. Difratogramas de Raios-X da fração argila (desferrificada e pó) dos horizontes superficiais e subsuperficiais no pedoambientes de campo alto.

Ct = caulinita, Q = quartzo, Pf = pirofilita, V = vermiculita, M = mica(ilita), Fd = feldspato.



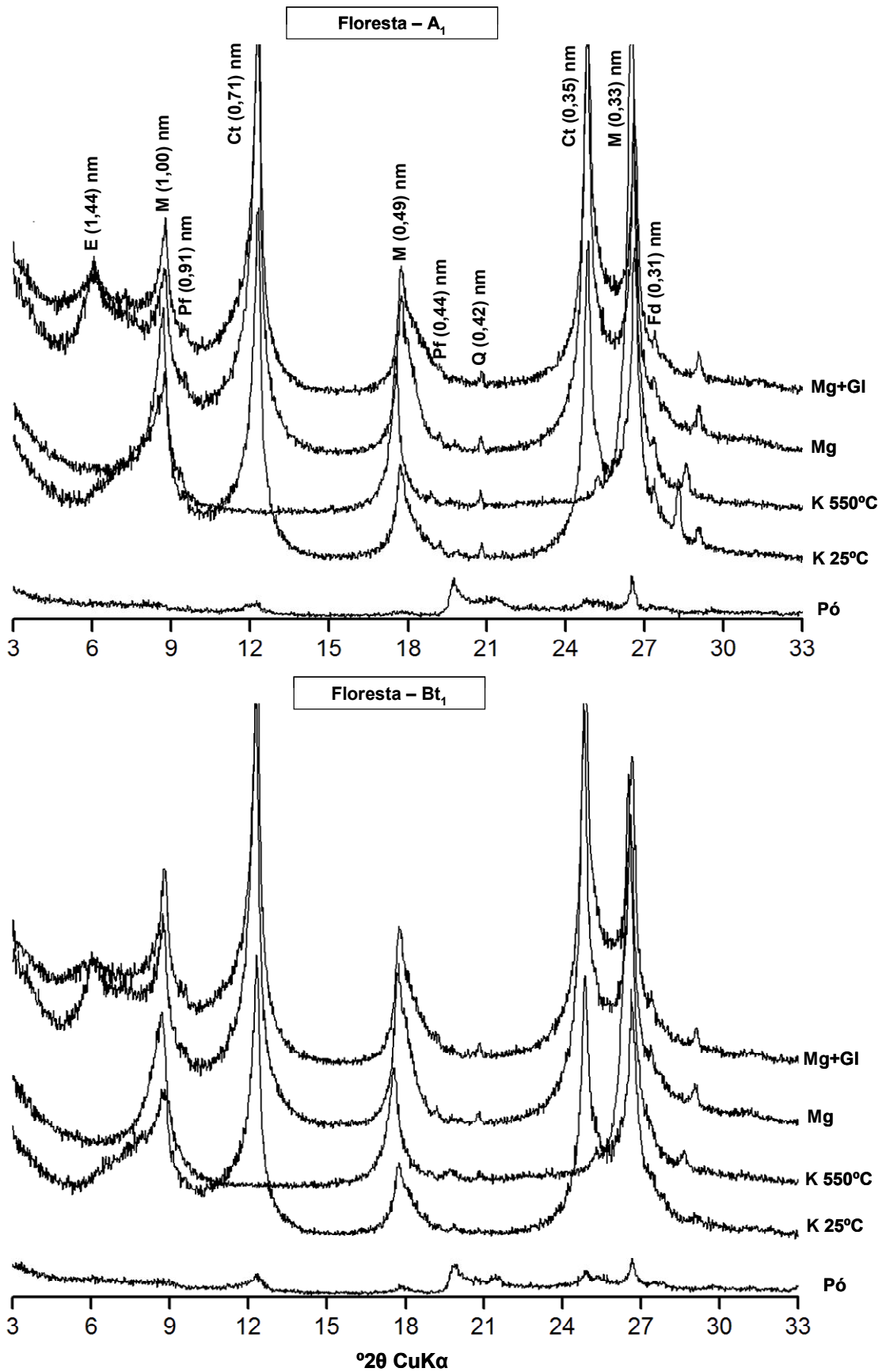
Apêndice 7.6. Difratogramas de Raios-X da fração argila (desferrificada e pó) dos horizontes superficiais e subsuperficiais no pedoambientes de campo baixo.

Ct = caulinita, Q = quartzo, V = vermiculita, E = esmectita; M = mica(ilita), Pf = pirofilita, Fd = feldspato.



Apêndice 7.7. Difractogramas de Raios-X da fração argila (desferrificada e pó) dos horizontes superficiais e subsuperficiais no pedoambientes de zona de ecótono.

Ct = caulinita, Q = quartzo, Pf = pirofilita, E = esmectita; M = mica(ilita), Fd = feldspato.

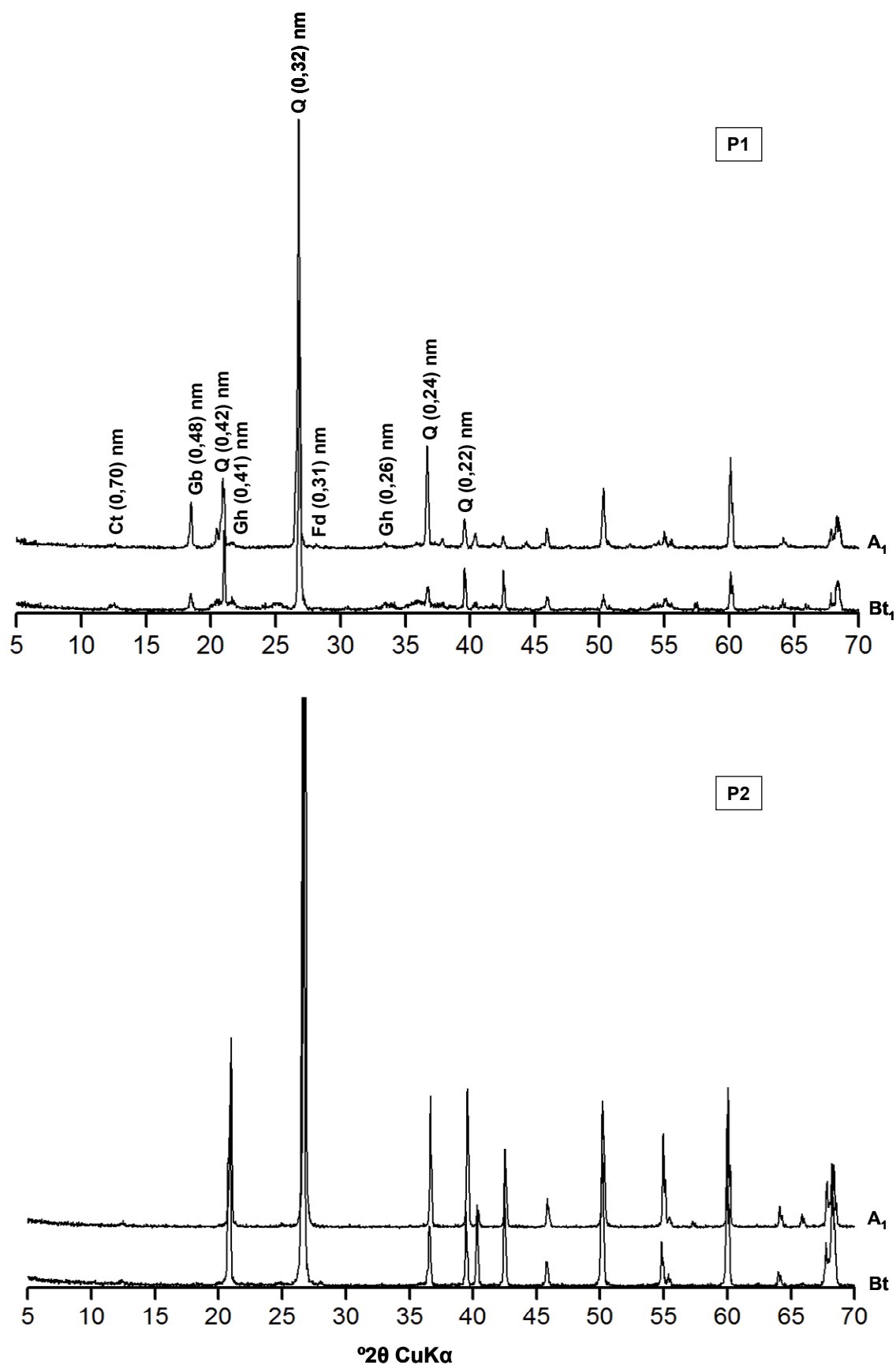


Apêndice 7.8. Difractogramas de Raios-X da fração argila (desferrificada e pó) dos horizontes subsuperficiais e subsuperficiais no pedoambientes de floresta.

Ct = caulinita, Q = quartzo; Pf = pirofilita, E = esmectita, M = mica(ilita), Fd = feldspato.

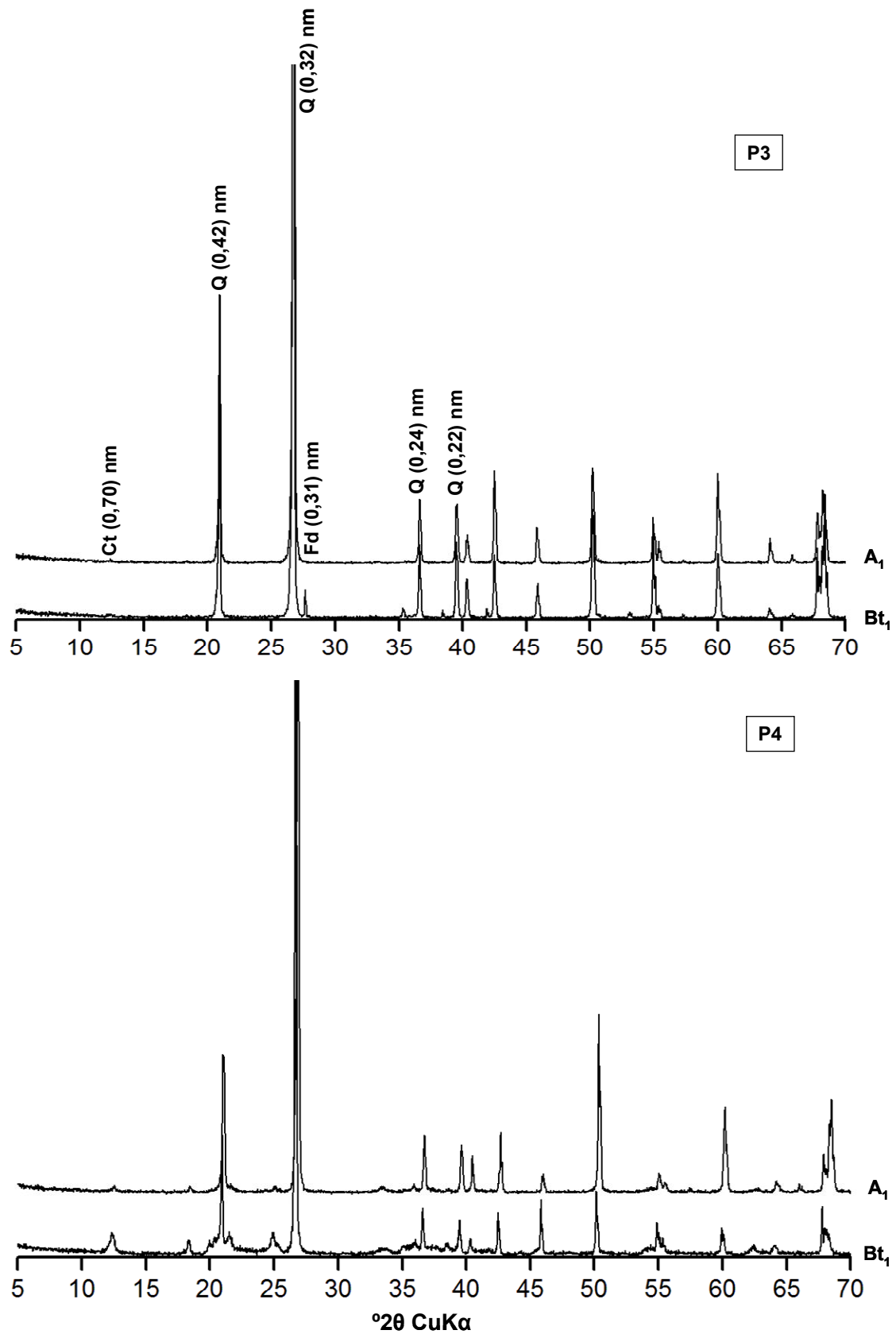
APÊNDICE 8

Difratogramas de Raios-X das frações areia, silte e argila das Terras Pretas Arqueológicas, Manicoré, AM.



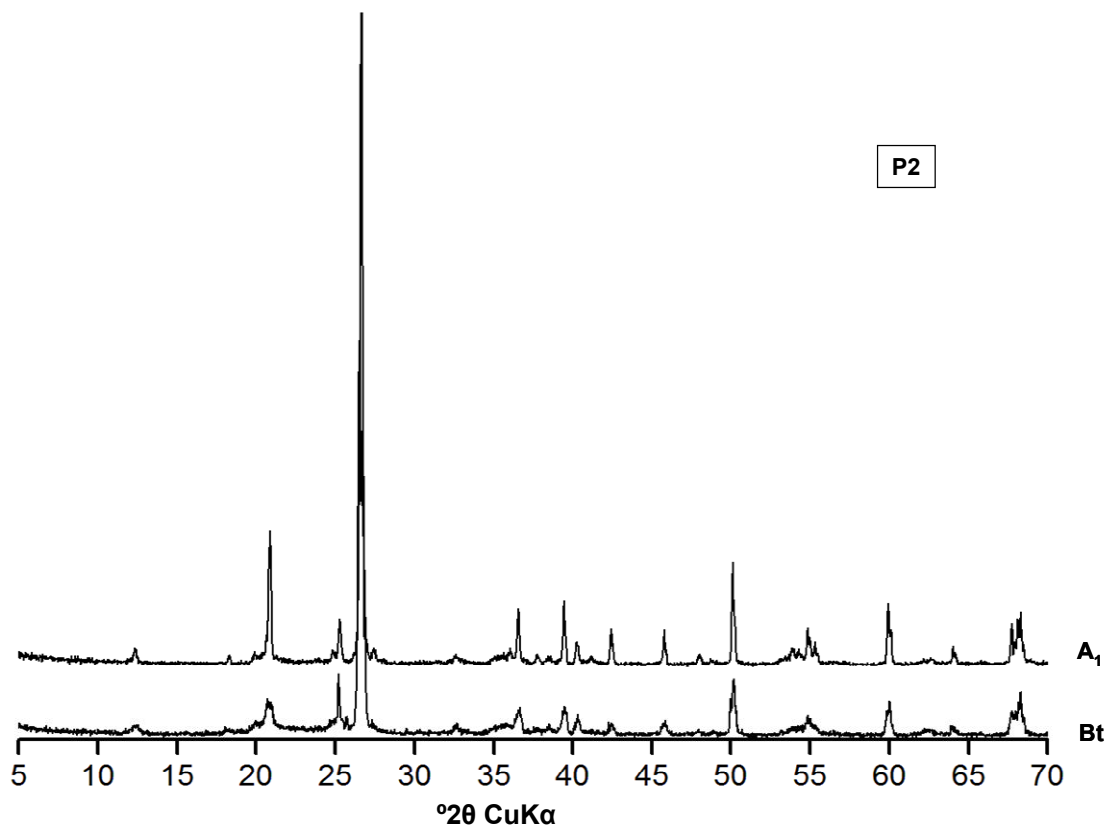
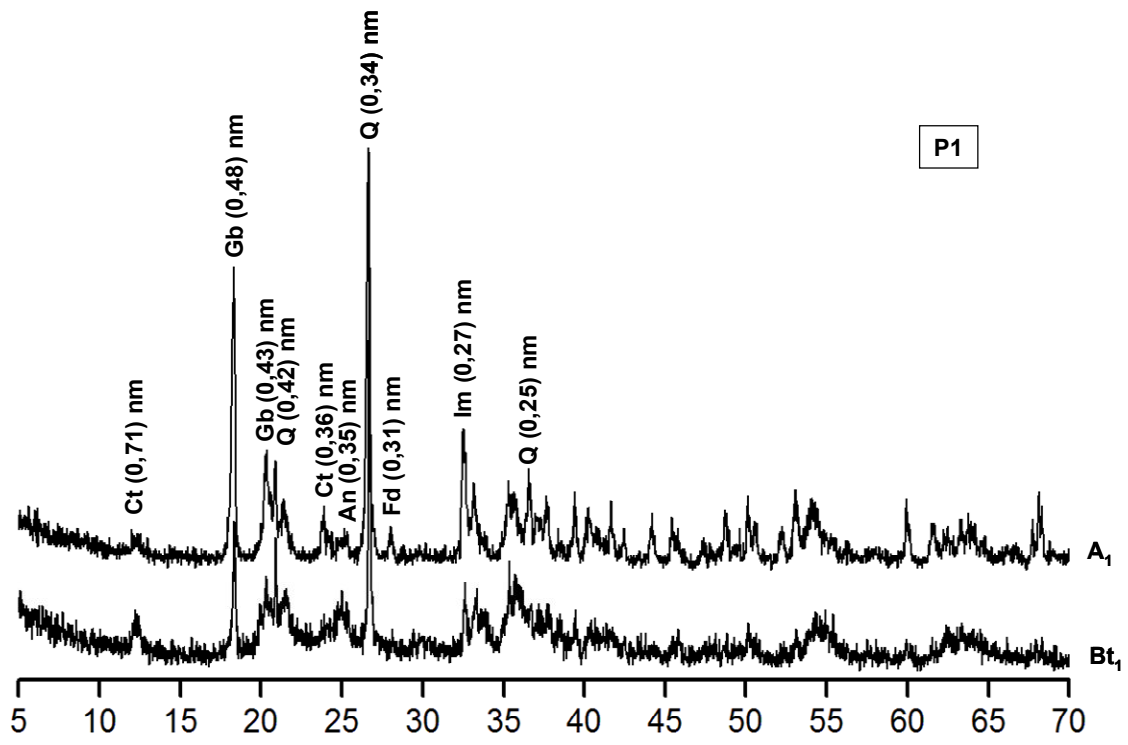
Apêndice 8.1. Difratogramas de Raios-X da fração areia sem tratamento químico nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais (P1 e P2).

Q = quartzo, Ct = caulinita, Gb = gibbsita, Gh = goethita, Fd = feldspatos.



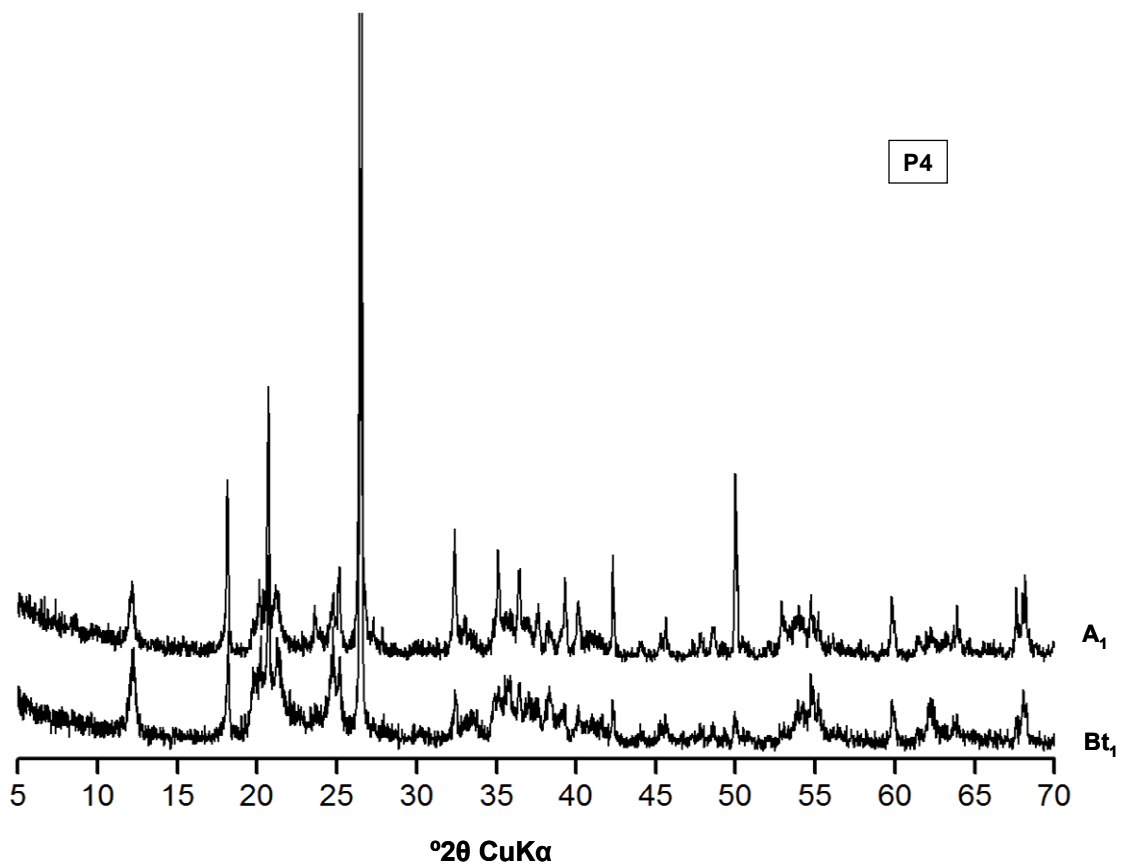
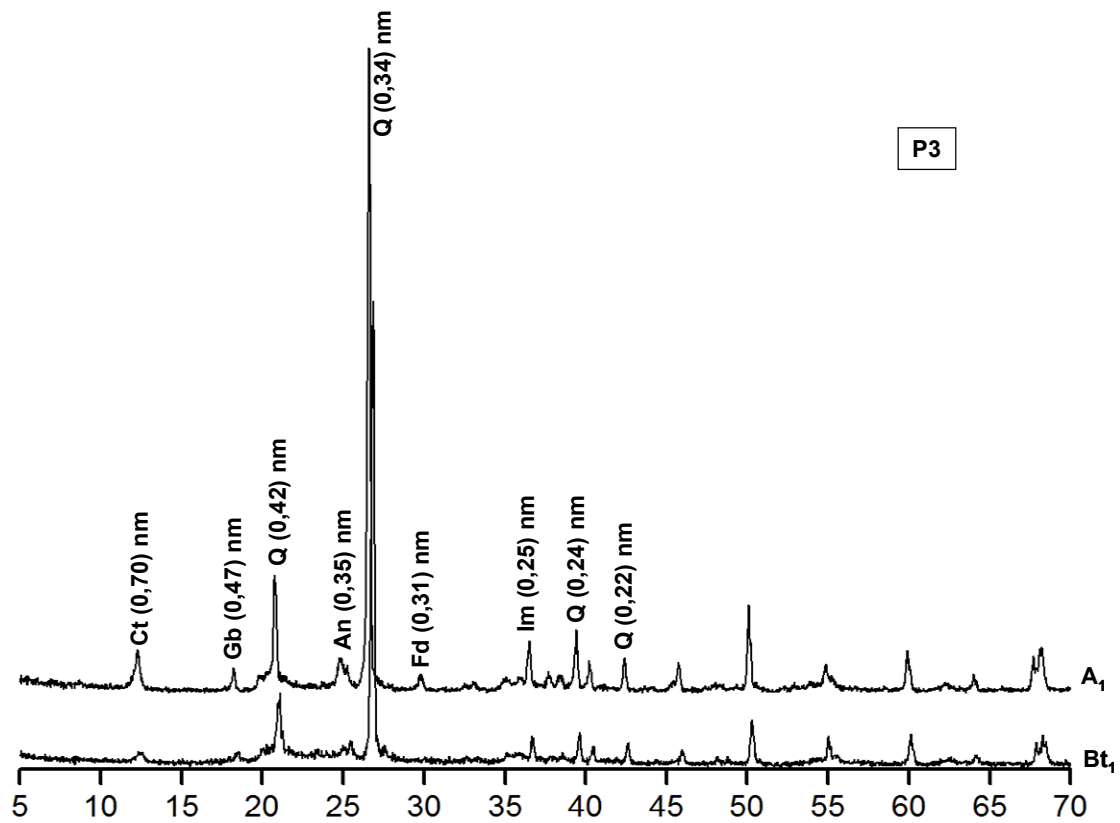
Apêndice 8.2. Difractogramas de Raios-X da fração areia sem tratamento químico nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais (P3 e P4).

Q = quartzo, Ct = caulinita, Fd = fedspatos.



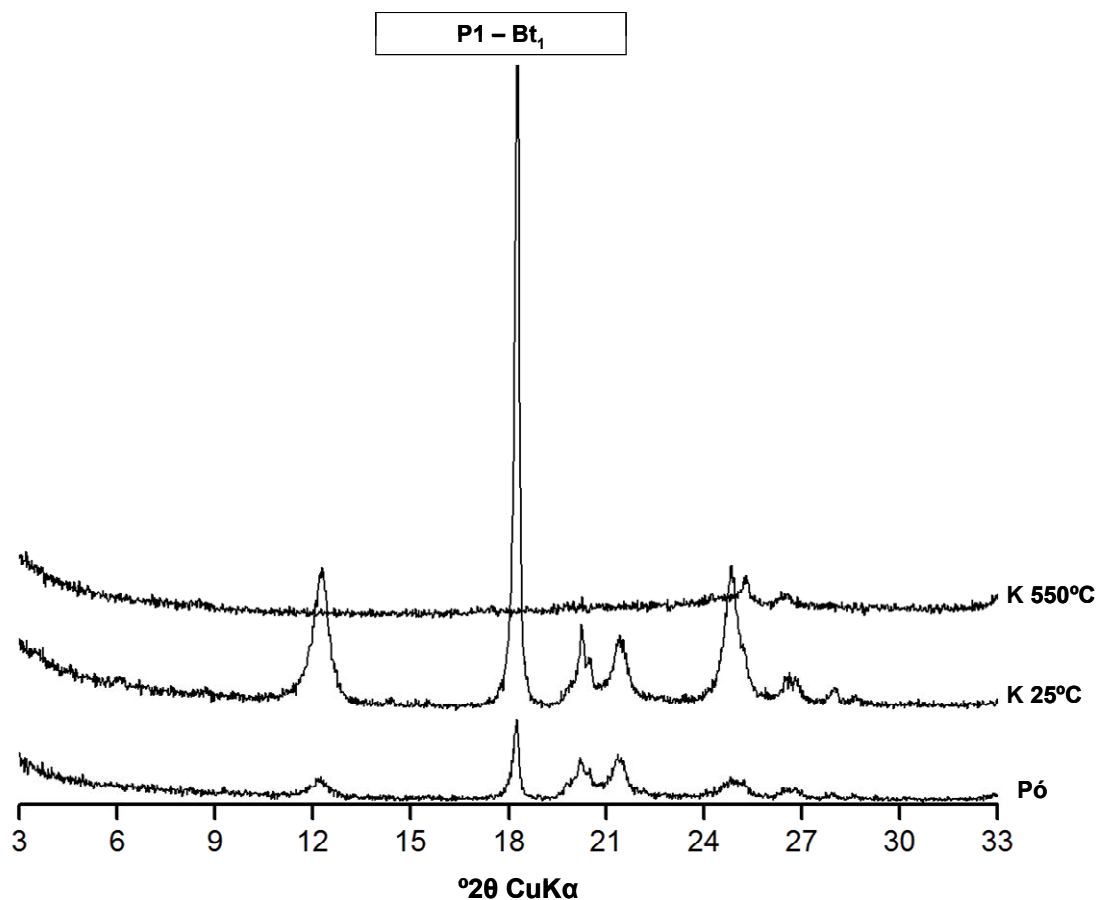
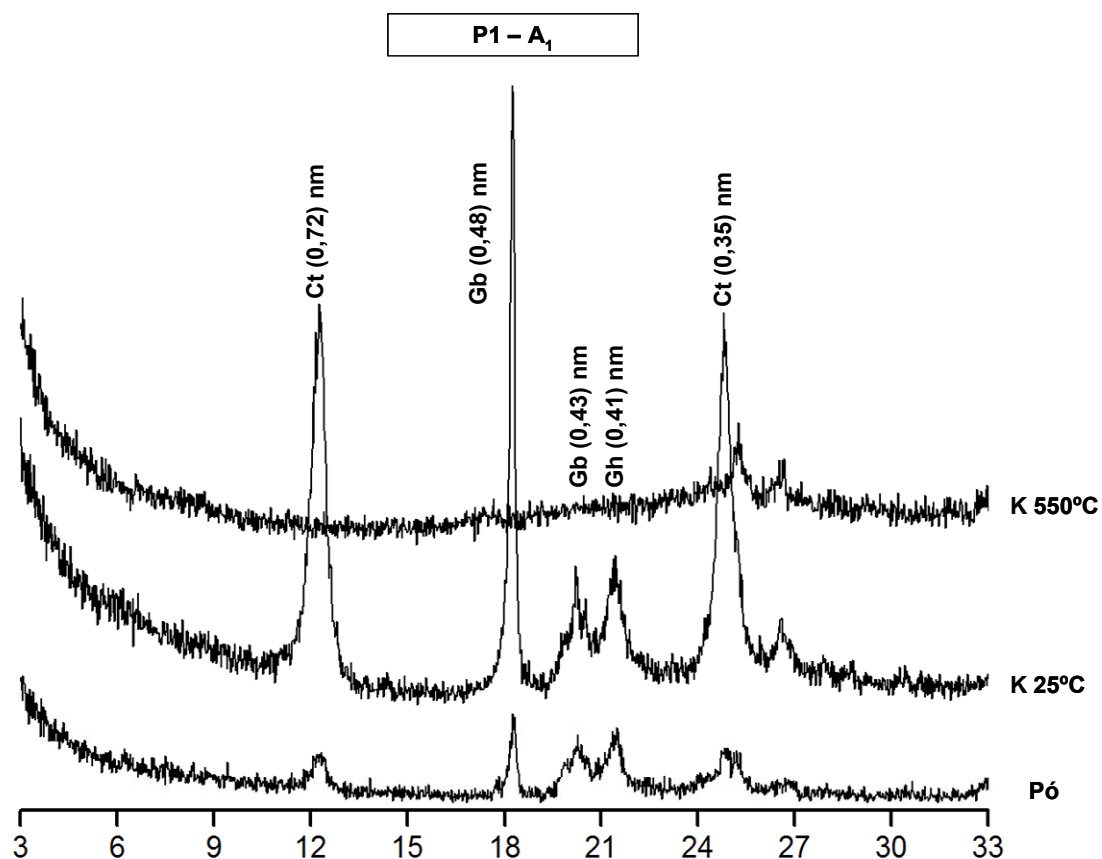
Apêndice 8.3. Difractogramas de Raios-X da fração silte sem tratamento químico nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais (P1 e P2).

Q = quartzo, Ct = caulinita, Gb = gibbsita, Fd = fedspatos, An = anatásio, Im = ilmenita.



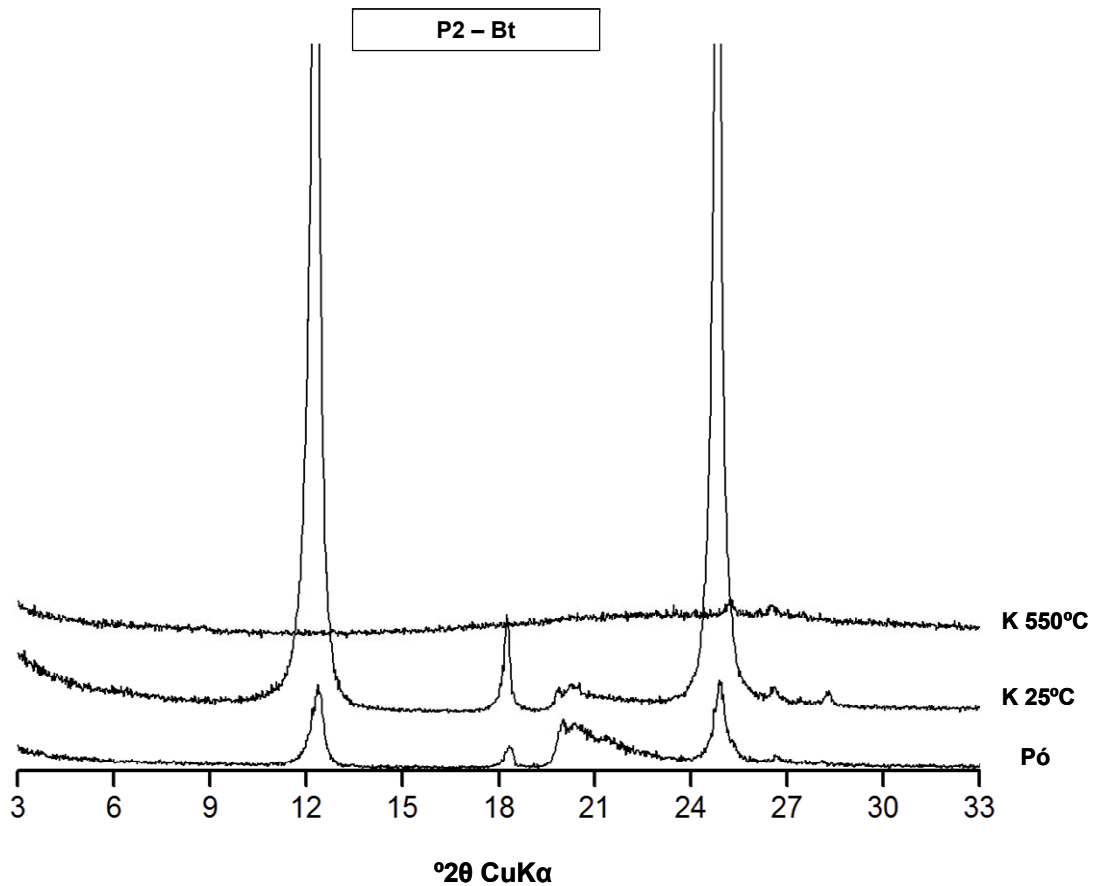
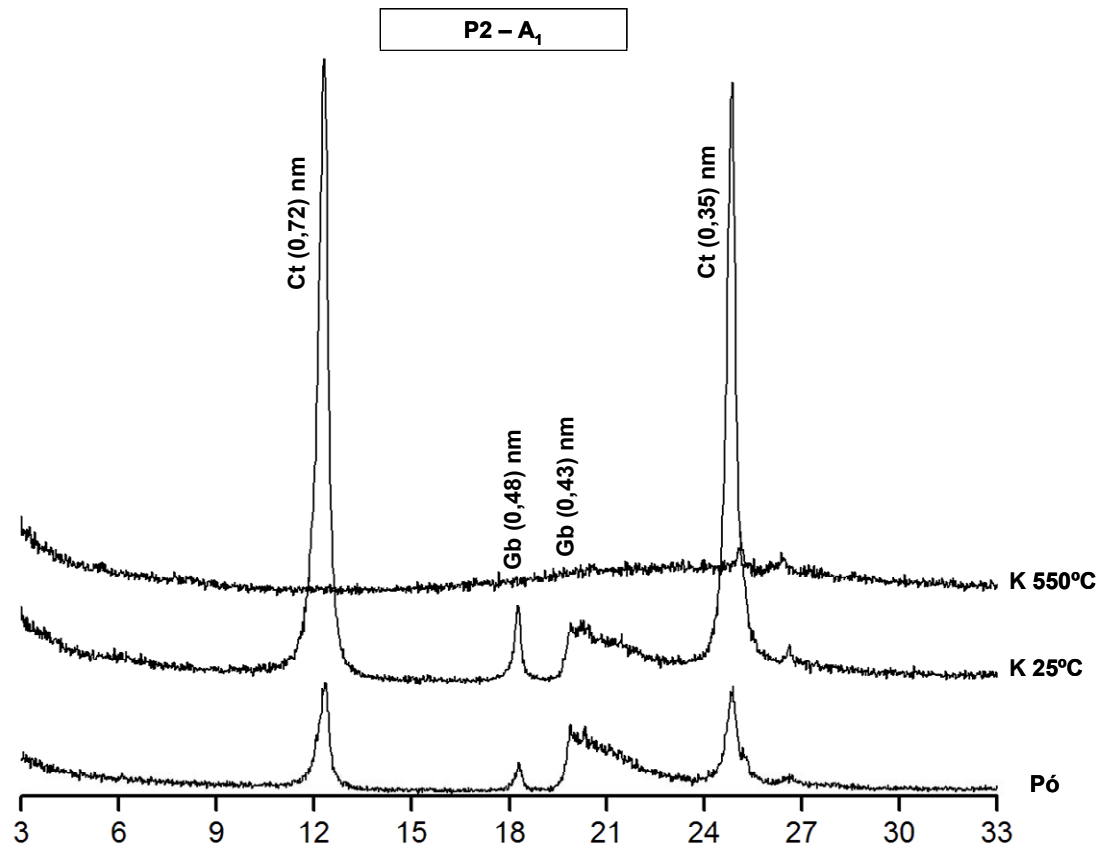
Apêndice 8.4. Difratogramas de Raios-X da fração silte sem tratamento químico nos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais (P3 e P4).

Q = quartzo, Ct = caulinita, Gb = gibbsita, Fd = fedspatos, An = anatásio, Im = ilmenita.



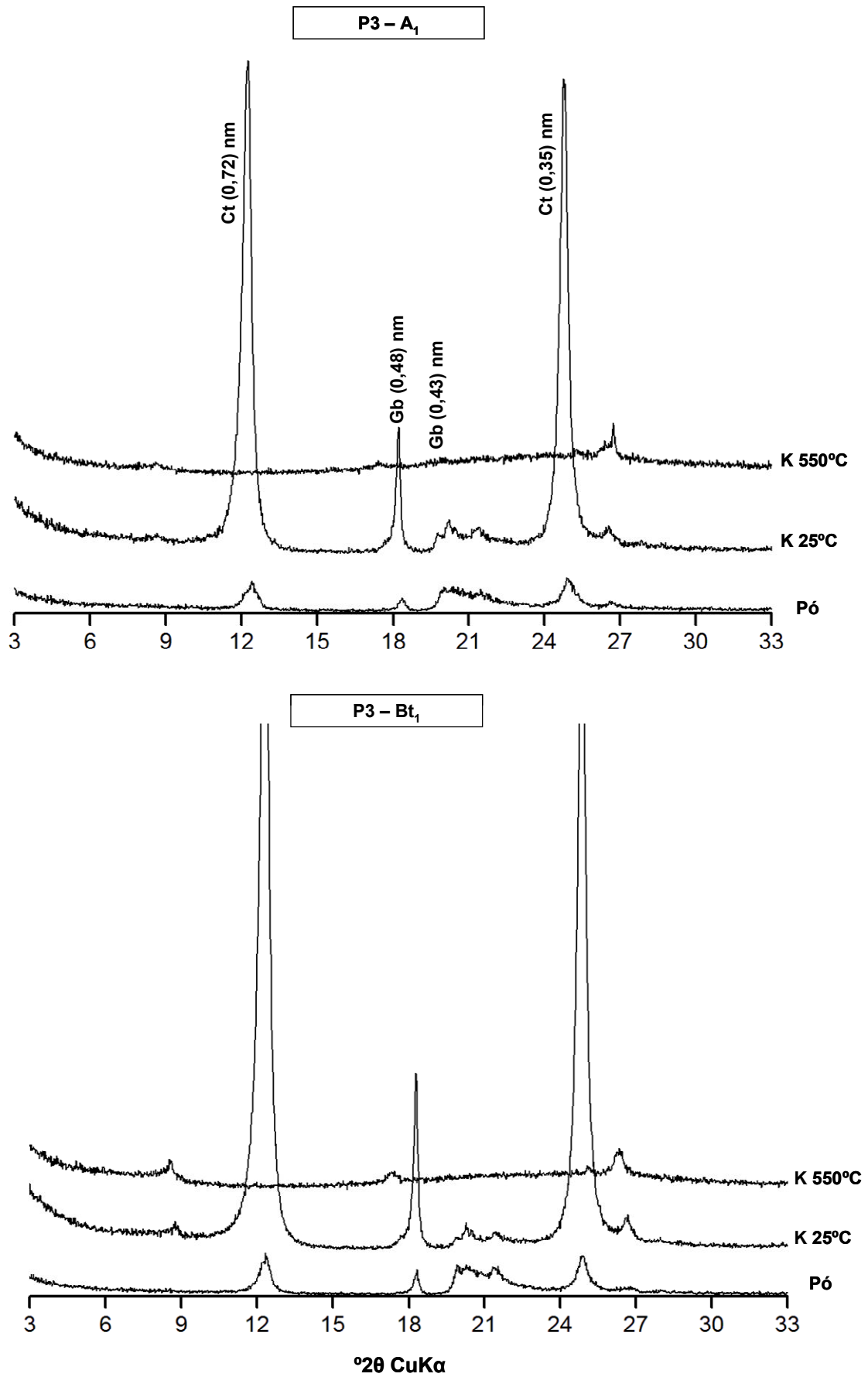
Apêndice 8.5. Difratogramas de Raios-X da fração argila (pó e desferrificada) dos horizontes A₁ e Bt₁ do Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico Abruptico, submetida a diferentes tratamentos.

Ct = caulinita, Gb = gibbsita, Gh = goethita.



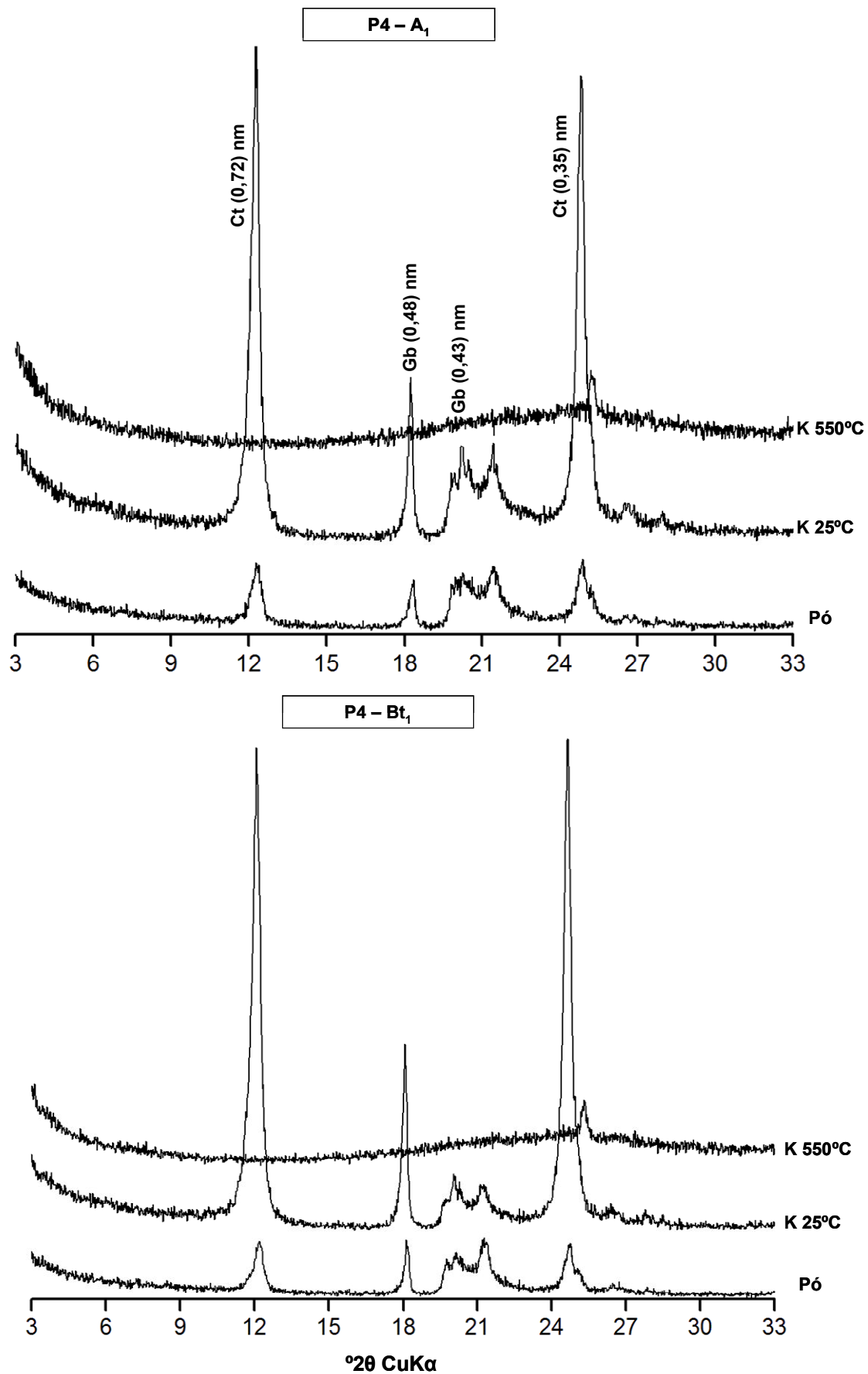
Apêndice 8.6. Difratogramas de Raios-X da fração argila (pó e desferrificada) dos horizontes A₁ e Bt do Argissolo Acinzentado Eutrófico típico, submetida a diferentes tratamentos.

Ct = caulinita, Gb = gibbsita, Gh = goethita.



Apêndice 8.7. Difratogramas de Raios-X da fração argila (pó e desferrificada) dos horizontes A₁ e Bt₁ do Argissolo Amarelo Eutrófico abruptico, submetida a diferentes tratamentos.

Ct = caulinita, Gb = gibbsita, Gh = goethita.



Apêndice 8.8. Difratogramas de Raios-X da fração argila (pó e desferrificada) dos horizontes A₁ e Bt₁ do Argissolo Amarelo Eutrófico típico, submetida a diferentes tratamentos.

Ct = caulinita, Gb = gibbsita, Gh = goethita.