

JUBERTO BABILÔNIA DE SOUSA

CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DE SOLOS EM AMBIENTES DE
CORDILHEIRA E CAMPO DE INUNDAÇÃO PERIÓDICA DA SUB-REGIÃO
DO PANTANAL DE POCONÉ, MATO GROSSO

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do Título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2003

JUBERTO BABILÔNIA DE SOUSA

CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DE SOLOS EM AMBIENTES DE
CORDILHEIRA E CAMPO DE INUNDAÇÃO PERIÓDICA DA SUB-REGIÃO
DO PANTANAL DE POCONÉ, MATO GROSSO

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Solos e Nutrição de
Plantas, para obtenção do Título de
Magister Scientiae.

APROVADA: 10 de março de 2003.

Prof^o. João Carlos Ker
(Conselheiro)

Prof^o. Eduardo Guimarães Couto
(Conselheiro)

Prof^a. Irene Maria Cardoso

Prof^o. João Luiz Lani

Prof^a. Cristine Carole Muggler
(Orientadora)

Agradeço

A Deus, que nos dá força para enfrentar os desafios.

Dedico

Aos meus pais, Pedro e Coleta, com imenso carinho.

Aos meus irmãos, cunhados e sobrinhos.

À minha esposa, Célia, pelo amor, pela paciência e compreensão.

Aos meus queridos filhos, Vitor e Gabriela, pelo amor e pelas alegrias.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), em especial ao Departamento de Solos, pela oportunidade oferecida para a realização do Curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa para o meu treinamento em nível de Mestrado.

À Professora Cristine Carole Muggler, pela orientação prestada no desenvolvimento deste trabalho e pela contribuição para o meu amadurecimento profissional.

Aos Professores João Carlos Ker e Eduardo Guimarães Couto, pelo incentivo e envolvimento nas questões em que foram solicitados a aconselhar.

Ao Professor João Luiz Lani, a quem tenho um imenso respeito e eterna gratidão, pela amizade e pelo grande apoio nas várias etapas do trabalho.

À Professora Irene Maria Cardoso, pelas críticas e sugestões apresentadas.

A todos os Professores do Departamento de Solos, que contribuíram na minha formação.

À Professora Cátia Nunes da Cunha, da Universidade Federal de Mato Grosso, pelo apoio na fase da pesquisa realizada a campo.

Ao NEPUT – Núcleo de Estudo de Planejamento de Uso da Terra na pessoa do Professor Sérvulo Batista de Rezende, pela atenção dedicada ao tirar as fotografias aéreas.

Aos laboratoristas do Departamento de Solos, pela paciência e pelo auxílio durante a realização das análises físicas, químicas e mineralógicas.

Aos funcionários do Departamento de Solos, pela paciência e dedicação.

A todos os amigos da COOTREC de Cáceres Ltda – Cooperativa de Trabalho e Serviços Especiais dos Profissionais do Ensino não Formal de Cáceres Ltda, que apostam na força do cooperativismo.

Aos amigos e companheiros Sebastião Duarte, Enéias Gonçalves, Wemerson Barra, Roberto Leitão e Elbis, que souberam compartilhar a busca do sonho de se ter uma agricultura familiar justa, junto aos agricultores e trabalhadores rurais do Programa da Reforma Agrária.

Aos novos amigos que conquistei durante o Mestrado, Eufra Ferreira, Momade Mamudo e Luiz Alfredo, pela gratificante convivência familiar e ajuda nos momentos em que sempre necessitei.

Aos amigos e colegas de Curso Waldir Moura, Célia Regina, Danuza, Márcio Francelino, Romildo, Sávio, Diego, Paulo César, Alexson, Beno e Manuel Ricardo, que proporcionaram momentos de diálogo e entretenimento.

A todos os demais que, de alguma forma, vêm contribuindo para que eu consiga realizar mais, e de melhor forma, as tarefas que se apresentam.

BIOGRAFIA

Juberto Babilônia de Sousa, casado com Célia Alves de Souza e pai de Vitor Alves Babilônia e Gabriela Alves Babilônia, é filho de Pedro David de Sousa (Pachola) e Coleta Babilônia de Sousa (Dona Fia). Nasceu em 17 de novembro de 1970, na cidade de Monjolinho de Minas/MG.

Em janeiro de 1997, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Mato Grosso.

De 1997 a 2000 prestou serviços de Assistência Técnica e Extensão rural em áreas de Assentamentos da Reforma Agrária, de responsabilidade do INCRA, lotado na Unidade Avançada de Cáceres/MT, através do Convênio INCRA/LUMIAR.

É sócio-fundador da COOTREC de Cáceres Ltda – Cooperativa de Trabalho e Serviços Especiais dos Profissionais do Ensino não Formal de Cáceres Ltda, onde foi também Diretor Financeiro da primeira diretoria, no período de 05/11/98 a 10/07/2000.

De 2000 a 2001 atuou como Professor Substituto na Universidade do Estado de Mato Grosso, no Departamento de Geografia, Campus de Cáceres/MT, onde ministrou as disciplinas de Pedologia e Geologia.

Em outubro de 2001, concluiu o curso de Especialização em “Gestão de Programas de Reforma Agrária e Assentamentos”, pela Universidade Federal de Lavras, em Lavras/MG.

Em março de 2001, iniciou o curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa/MG.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Pantanal Mato-grossense.....	4
2.2. Relevo do Pantanal	8
2.3. Condições de ocorrência de solos hidromórficos e indicadores de hidromorfismo	11
2.4. Aerofotos Não-Convencionais	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1. Localização das áreas e coleta dos solos	14
3.2. Descrição geral das áreas de estudo	16
3.3. Uso e ocupação.....	25
3.4. Análises de laboratório	27
3.4.1. Obtenção das fotografias aéreas não-convencionais	27
3.4.2. Caracterização física	29
3.4.2.1. Análise granulométrica.....	29
3.4.2.2. Densidade do solo (Ds)	29
3.4.2.3. Densidade de partículas (Dp)	30
3.4.2.4. Porosidade total (PT)	30

3.4.2.5. Argila dispersa em água (ADA).....	30
3.4.2.6. Grau de floculação (G.F.)	31
3.4.2.7. Equivalente de umidade (EU)	31
3.4.3. Caracterização química	31
3.4.3.1. Rotina	31
3.4.3.2. Fósforo remanescente (P-rem)	31
3.4.3.3. Formas cristalinas, amorfas e complexadas de ferro, alumínio e manganês.....	32
3.4.3.4. Fracionamento químico da matéria orgânica	33
3.4.3.5. Nitrogênio total	33
3.4.3.6. Ataque sulfúrico	33
3.4.4. Caracterização mineralógica	34
3.4.4.1. Difração de raios-X	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1. Características morfológicas.....	36
4.1.1. Descrição dos perfis de solo	36
4.1.2. Interpretação morfológica	39
4.2. Características físicas	42
4.3. Características químicas	44
4.3.1. pH, alumínio trocável e saturação por alumínio	44
4.3.2. Bases trocáveis e saturação de bases.....	44
4.3.3. Teores e saturação em sódio.....	47
4.3.4. Fósforo.....	47
4.3.5. Carbono orgânico	48
4.4. Formas cristalinas, amorfas e complexadas de ferro, alumínio e manganês.....	49
4.5. Ataque sulfúrico e mineralogia	52
4.6. Fracionamento da matéria orgânica	60
4.7. Considerações sobre a gênese, classificação e uso dos solos estudados.....	62
5. CONCLUSÕES.....	65
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

RESUMO

SOUSA, Juberto Babilônia de, M.S., Universidade Federal de Viçosa, março de 2003. **Caracterização e gênese de solos em ambientes de Cordilheira e Campo de inundação periódica da sub-região do Pantanal de Poconé, Mato Grosso.** Orientadora: Cristine Carole Muggler. Conselheiros: João Carlos Ker e Eduardo Guimarães Couto.

O presente estudo foi conduzido na sub-região do Pantanal de Poconé, estado de Mato Grosso. Foram estudados dois solos, sendo um Luvissole Hipocrômico Órtico planossólico e um Gleissolo Háptico Tb Distrófico argissólico, representativos de ambientes distintos do Pantanal Mato-grossense, Cordilheira e Campo de inundação periódica, respectivamente. Objetivou-se compreender a gênese dos solos, a partir da caracterização e estudo de suas propriedades morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas. Os resultados mostraram que a diferença de umidade entre os solos está relacionada a pequena diferença de cota dos ambientes e refletiu-se nas propriedades dos solos. Entre as características morfológicas, é evidente o maior efeito de hidromorfismo no solo do ambiente Campo de inundação periódica. Para as características físicas, os resultados mostraram que os dois solos apresentam grande variação textural, desde texturas franco-argilo-arenosas até muito argilosas. As variações texturais ressaltam as descontinuidades litológicas nos perfis dos solos. Tais variações litológicas refletiram-se significativamente nas características físicas e químicas

apresentadas nos solos. Os solos apresentaram valores de acidez média e teores de alumínio trocáveis bastante elevados. A ocorrência de variações nos teores de bases trocáveis é explicada pela variabilidade do material de origem e ao hidromorfismo na remoção e na acumulação de bases. Os teores de sódio são mais elevados no solo do ambiente Cordilheira, em especial nos horizontes mais inferiores. Os teores de carbono orgânico nos dois solos são baixos a muito baixos, o que está relacionado à variação de água disponível durante o ano e às altas temperaturas. Formas de ferro livre ocorrem em maiores teores no solo do ambiente Cordilheira, enquanto o solo do ambiente Campo de inundação periódica apresenta maiores teores de formas de ferro amorfas ou de baixa cristalinidade. Nas extrações de alumínio, observou-se a presença deste elemento nas formas de polímeros ou de baixa cristalinidade. A mineralogia da fração argila dos dois solos mostrou-se bastante semelhante, constituindo uma variabilidade de minerais, dentre os quais destacam-se a caulinita (Ct) e minerais 2:1, como a illita (Il), vermiculita com hidróxi entre camadas (VHE) e, possivelmente, a esmectita (Es) no solo do ambiente Cordilheira; há ainda a ocorrência do quartzo (Qz). Os óxidos de ferro predominantes nos dois solos foram a hematita (Hm), goethita (GT) e lepidocrocita (Lp). No fracionamento do carbono orgânico em frações humina (FH), ácidos húmicos (FAH) e ácido fúlvico (FAF), destacou-se a fração humina, sendo que, em geral, a proporção apresentada nos dois solos foi $FH > FAH > FAF$.

ABSTRACT

SOUSA, Juberto Babilônia de, M.S., Universidade Federal de Viçosa, March 2003. **Characterization and genesis of the soils in the Cordillera and Flooding field environments at the Pantanal do Poconé sub-region, State of Mato Grosso.** Adviser: Cristine Carole Muggler. Committee members: João Carlos Ker and Eduardo Guimarães Couto.

This study was carried out in the Pantanal do Poconé sub-region, State of Mato Grosso. The soils Gleyic Luvisol (LVg) and Dystric Gleysol (GLd) were studied, since they are representative for two distinct environments in the Pantanal do Poconé sub-region, that is cordillera and periodical flooding field, respectively. The objective was to understand the genesis of the soils from the characterization and study of their morphological, physical, chemical, and mineralogical properties. The results showed that the difference in moisture between the soils, which is related to the low difference in elevation of these environments, reflected on the properties of these soils. Among the morphological characteristics, the highest effect of the hydromorphism occurred in the soil of the periodical Flooding field. The results for physical characteristics showed that both soils present a wide textural variation, that is, from sandy-clay-loam to very clayey textures. The textural variations emphasize the lithological discontinuities in the soil profiles. These lithological variations were reflected into a significant part of the physical and chemical characteristics found in these soils. The soils presented average values for acidity, while their

contents of exchangeable aluminum were quite high. The contents of the changeable bases varied because either the variability of the parent material and the hydromorphism influence on the removal and accumulation of the bases. The sodium contents are higher in the soil of the Cordillera environment, especially in the lower horizons. The organic carbon contents in both soils are low to very low, which is related to the variation in the availability of water during the year, as well as to high temperatures. In the Cordillera environment, the soil presents higher contents of free iron, whereas in the periodical Flooding field the soil presents higher contents of amorphous iron or low crystallinity forms. The extractions pointed out the presence of aluminum under polymeric or low crystallinity forms. The mineralogy of the clay fraction in both soils showed to be quite similar, by constituting into a variability of minerals, with emphasis for kaolinite (Ct) and minerals 2:1 such as illite (Il), hydroxy layered vermiculite (VHE) and, possibly, smectite (Es) in the soil of the Cordillera environment. In addition, the occurrence of quartz (Qz) was also found. The predominant iron oxides in both soils were the hematite (Hm), goethite (Gt) and small amounts of lepidocrocite (Lp). In the fractionalizing of the organic carbon into fractions humine (FH), humic acids (FAH) and fulvic acid (FAF), the humine fraction was distinguished; generally, the ratio $FH > FAH > FAF$ was found in both soils.

1. INTRODUÇÃO

O Pantanal Mato-grossense é constituído de onze sub-regiões, sendo uma delas a do Pantanal de Poconé. Esta sub-região localiza-se ao norte e é caracterizada por apresentar terrenos mais altos e de maior inclinação leste/oeste em relação às demais (FRANCO et al., 1982). Nesse espaço são identificadas as planícies de média e, normalmente, de baixa inundação. Isso faz com que esta sub-região seja a que tem a menor influência da permanência de água no solo no período das cheias, com exceção da região sul desse Pantanal, onde os terrenos encontram-se na planície do rio Paraguai.

O fato de ser uma sub-região “mais seca” em relação às demais, não significa que ela perde suas características de área inundável e nem a sua diversidade ambiental, e assim como os demais pantanais, possui características de uma alta diversidade litológica, geomorfológica, hidrológica, climática e pedológica, resultando em variados tipos de ambientes. Como área de transição, a sub-região ostenta um mosaico de ecossistemas, com afinidades, sobretudo, com os Cerrados e, em parte, com ecossistemas aquáticos e semi-aquáticos, determinadas, principalmente, pelo solo e pelo clima.

A referida sub-região possui características próprias quanto ao tipo de litologia sobre as quais formaram os seus solos. É constituída por uma variabilidade de sedimentos aluviais e fluviolacustres da Formação Pantanal,

que foram depositados no Pleistoceno (Quaternário), apresentando materiais de origem de textura predominantemente argilosa, transportada, principalmente, pelos rios Cuiabá e Bento Gomes.

A distribuição das diferentes classes de solos na sub-região do Pantanal de Poconé pode ser compreendida à luz das pequenas variações de relevo, observadas na paisagem. Os solos são, em sua totalidade, influenciados pelo hidromorfismo, favorecido pelo relevo plano, característica que determina a sua forte tendência a inundações periódicas. Somente nas formas de relevo, discretamente mais elevadas, representadas pelas cordilheiras, desenvolvem-se solos onde o processo de hidromorfismo não é o principal processo pedogenético.

De modo geral, os tipos de ambientes presentes na sub-região do Pantanal do Poconé são diferenciados pelo relevo, dentre os quais distinguem-se: (1) pequenas elevações isoladas conhecidas como cordilheiras; (2) campos de inundação, que são áreas sujeitas a inundações periódicas; (3) baías, que constituem áreas deprimidas, contendo água; (4) vazantes, que são áreas de depressão entre as baías com caráter de curso fluvial intermitente; e (5) corixos, que correspondem a pequenos cursos d'águas, geralmente perenes, conectados ao rio principal.

Constata-se que nesses ambientes geomorfológicos, a gênese e a caracterização dos solos são pouco estudadas. Há necessidade de mais detalhamento nos estudos de solos do Pantanal Mato-grossense, uma vez que a heterogeneidade regional impõe características pedogenéticas diferenciadas com ocorrência de processos distintos, influenciados, sobretudo, pelo relevo e pela intensidade e duração do hidromorfismo. Para justificar esse estudo, considerou-se a deficiência de pesquisas básicas sobre a gênese de solo no Pantanal Mato-grossense e a necessidade de pesquisas que ampliem o seu entendimento, contribuindo para o melhor conhecimento do Pantanal Mato-grossense.

Para o presente estudo foram selecionados dois perfis de solo representativos em área de planície de inundação sobre sedimentos Pleistocenicicos, sendo uma Cordilheira de natureza argilosa e um Campo de inundação periódica, respectivamente, buscando-se compreender a influência na gênese desses solos da variação na intensidade e duração do

hidromorfismo determinado pela pequena diferença de cota entre esses ambientes.

Objetivou-se neste estudo compreender a gênese de solos desenvolvidos em ambientes de Cordilheira e Campo de inundação periódica a partir da caracterização e estudo de suas propriedades morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Pantanal Mato-grossense

O Pantanal Mato-grossense localiza-se na região Centro Oeste do Brasil, abrange os estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, ocupando uma área de aproximadamente 140.000 km² e é parte integrante da bacia do Alto Paraguai, que possui uma área de 500.000 km² (GODOI FILHO, 1984). O Pantanal pode ser caracterizado como uma grande e complexa planície de coalescência detrítico-aluvial, incluindo ecossistemas do Chaco, do Cerrado e da região periamazônica, localizado, portanto, entre três domínios morfoclimáticos e fisiográficos (AB' SABER, 1988).

É uma paisagem recente, do ponto de vista geológico, resultante dos processos de soerguimento da cadeia Andina, que propiciou a individualização da bacia sedimentar do Pantanal Mato-grossense, no Terciário Superior (ALMEIDA, 1964). A configuração do que é hoje o Pantanal Mato-grossense, área plana e de sedimentação, é produto dos processos erosivos atuantes, que provocou, após a individualização, a dissecação das encostas e erosão dos terraços (ALVARENGA et al., 1984). Ele é circundado por um planalto com cotas que variam de 600 a 700 m. A área circundante é agente da sua evolução, por ser a fornecedora da água e dos sedimentos (ALVARENGA et al., 1984). Os diferentes tipos de sedimentos estão sendo depositados, ainda

hoje, discordantemente sobre rochas metassedimentares e metamórficas da faixa Paraguai e do Cráton Amazônico (ALMEIDA, 1964).

Os depósitos sedimentares do Pantanal Mato-grossense passaram por diferentes tipologias ao longo da sua história, influenciados pelas mudanças climáticas de subtropical semi-árido para tropical úmido pós-Pleistoceno, durante o Quaternário. Os sedimentos que formaram os leques aluviais no clima semi-árido são mais grosseiros, enquanto os depositados no clima úmido são finos (AB' SABER, 1988).

As conseqüências dessa evolução são refletidas na disposição e configuração do relevo regional, relacionada à estrutura geológica e à atividade fluvial. Essas ações caracterizam a complexa paisagem presente na região, demonstrada pelos diversos ambientes, dominados por solos hidromórficos, que refletem uma deficiência de drenagem interna generalizada, o que facilita as inundações periódicas.

De fato, grande parte de sua área é alagável, apresentando um padrão sazonal quanto ao nível da água, denominado de hidroperíodo. Além dessa variação anual no nível da água, denominada por JUNK et al., (1999) de pulso de inundação, caracterizando períodos em que a cheia apresenta uma ascensão e uma recessão por ano, ocorrem os ciclos plurianuais, com períodos de anos muito chuvosos e outros relativamente secos.

As cotas altimétricas variam entre 60 a 200 m e os gradientes topográficos suaves, com inclinação de Leste para Oeste, da ordem de 0,3 a 0,5 m km⁻¹, e de 0,03 a 0,15 m km⁻¹ de Norte para Sul (DNOS, 1972), favorecem a propagação das inundações de Norte para o Sul e de Leste para Oeste, principalmente ao longo do rio Paraguai, único escoadouro do Pantanal Mato-grossense (FRANCO et al., 1982). Além disso, as enchentes são conseqüência da contribuição da água do subsolo e do escoamento superficial local. Assim, o Pantanal Mato-grossense, pode ser inundado não só por águas dos principais rios que transbordam dos seus respectivos leitos, mas também pela elevação do nível d'água subterrânea e das próprias chuvas.

As características do relevo das diferentes planícies deprimidas, que formam o Pantanal Mato-grossense e as variações das condições hidrológicas ao longo do ano, determinam a ocorrência de áreas onde as inundações apresentam-se em intensidade e duração diferentes, possibilitando a

manutenção da complexidade paisagística e da biodiversidade (SOUZA et al., 2000), proporcionando ao Pantanal Mato-grossense uma paisagem heterogênea, com vários pantanais com qualidades ecológicas próprias e uma gênese comum.

Os vários estudos referentes à delimitação da área do Pantanal Mato-Grossense aqui presentes, considerando o conjunto ou pantanais, foram realizados por SANCHEZ (1977); BRASIL (1979); ADÁMOLIS (1982); FRANCO et al., (1982); ALVARENGA et al., (1984); AMARAL FILHO (1986). Esses autores verificaram as diferenças internas geradas pela intensidade e duração das cheias e, identificaram, como aspectos fisiomorfológicos, isto é, aspectos estruturais, morfológicos, hidrológicos, pedológicos e de cobertura vegetal.

Em trabalho recente, SILVA et al., (1998) consideraram, além dos aspectos fisiomorfológicos a divisão geopolítica, distinguindo onze subunidades, denominadas sub-bacias hidrográficas ou sub-regiões, a saber: (1) Pantanal de Cáceres, (2) Pantanal de Poconé e (3) Pantanal de Barão de Melgaço, no estado de Mato Grosso; e (4) Pantanal do Paraguai, (5) Pantanal de Nhecolândia, (6) Pantanal do Abobral, (7) Pantanal do Miranda, (8) Pantanal de Aquidauana, (9) Pantanal do Nabileque, (10) Pantanal do Paiaguás e (11) o Pantanal de Porto Murtinho, em Mato Grosso do Sul (Figura 1).

Localizado a oeste do Pantanal Mato-Grossense, encontram-se as sub-regiões comandadas pelo rio Paraguai, dentre elas o Pantanal do Paraguai, do Nabileque e do Porto Murtinho. O Pantanal do Paraguai, com área de 8.147 km² (SILVA et al., 1998), caracteriza-se pela presença de extensa e larga planície fluvio-lacustre e área de forte inundação onde predominam os Gleissolos Eutróficos com Mata de Galeria e, para o interior da planície, Planossolos Eutróficos com Campo Cerrado Tropical (SILVA, 1986; FRANCO et al., 1982). O Pantanal do Nabileque e o Pantanal do Porto Murtinho possuem áreas de 13.281 km² e 3.839 km², respectivamente (SILVA et al., 1998). Correspondem à depressão da margem direita do rio Paraguai, contornando as morrarias do Urucum-Amolar, região conhecida como fecho dos morros. Apresentam forte alagamento que permanece durante vários meses do ano. No Pantanal do Nabileque ocorrem solos Planossolos Solódicos Eutróficos, com Floresta Tropical Subcaducifólia e, no Pantanal do Porto

Murtinho ocorrem os Planossolos Solódicos e Vertissolos com Campo Cerrado Tropical (SILVA, 1986; FRANCO et al., 1982).

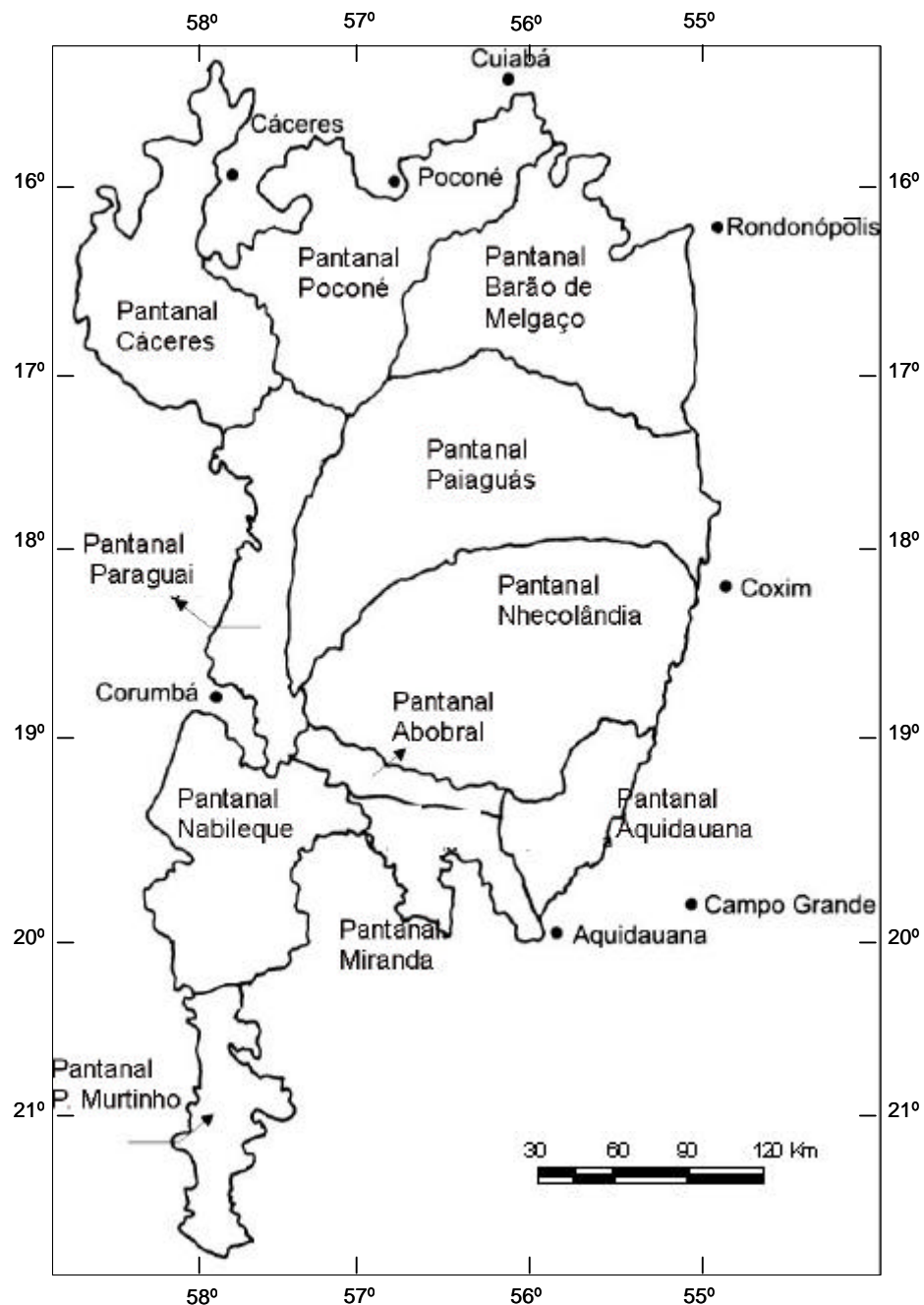


Figura 1: Os Pantanais Mato-grossenses. Adaptação de SILVA et al., (1998).

Ao centro, localizam-se os Pantanais do Paiaguás e da Nhecolândia, com áreas de 27.082 km² e 26.921 km², respectivamente (SILVA et al., 1998), constituindo um macroleque aluvial de 54.003 km². Grande parte da área dos referidos Pantanais é ocupada por acumulações provenientes das inundações;

na porção sul e sudoeste há extensa planície fluvio-lacustre e presença de planície fluvial estreita, localizada ao longo do médio curso do rio Taquari. Predominam os Espodossolos, com Cerradão Tropical Caducifólia e Campo Cerrado Tropical e Planossolos Eutróficos, Neossolos Quartzarênico nas bordas e próximo do rio Taquari, com Campo Cerrado Tropical e Cerrado tropical Caducifólio (SILVA, 1986; FRANCO et al., 1982).

Ao sul do Pantanal Mato-grossense situam-se os Pantanaís do Abobral, Aquidauana e Miranda, com área de 2.833 km², 5.008 km² e 4.383 km², respectivamente (SILVA et al., 1998). O Pantanal do Abobral caracteriza-se por apresentar forte inundação, e os Pantanaís do Aquidauana e Miranda apresentam áreas mais elevadas, são conseqüentemente menos atingidas pelas cheias, apresentando áreas de média inundação. Predominam os Vertissolos e Neossolos Flúvicos com Floresta Tropical Hidrófila de Várzea, Cerradão Tropical Subperenifólio e vegetação Chaquenha (Caatinga Hipoxerófila) no Pantanal do Abobral, e solos Planossolos Solódicos Eutróficos com Cerradão Tropical Subcaducifólio e Campo Cerrado Tropical nos Pantanaís do Aquidauana e Miranda (SILVA, 1986; FRANCO et al., 1982).

Ao norte do Pantanal Mato-grossense situam-se os Pantanaís de Cáceres, Barão de Melgaço e do Poconé, com área de 12.456 km², 18.167 km² e 16.066 km², respectivamente (SILVA et al., 1998). As áreas situadas mais ao norte dos referidos Pantanaís se caracterizam pela presença de uma fraca inundação, com tendências a maiores inundações na porção sul próximo ao rio Paraguai. São pantanaís que apresentam estreitas faixas de planície fluviais, com ocorrência de leques aluviais nos rios São Lourenço, Paraguai e Jauru. Predominam os Plintossolos com Cerradão Tropical Subcaducifólio e Campo Cerrado Tropical e ocorrem Gleissolos Eutróficos com Floresta Tropical Subperenifólia e Planossolos Solódicos Eutróficos com Cerrado Tropical Subcaducifólio (SILVA, 1986; FRANCO et al., 1982).

2.2. Relevo do Pantanal

Vários estudos foram feitos na tentativa de classificar o seu relevo (CORRÊA et al., 1972; FIGUEIREDO et al., 1974; SANCHES, 1977; LUZ, 1978; FRANCO et al., 1982).

O Pantanal Mato-grossense constitui-se na unidade geomorfológica, Planícies e Pantanaís Mato-grossenses, caracterizados por sedimentos depositados recentemente, formados quase na sua totalidade por solos hidromórficos (cerca de 92% da área), possuindo forte tendência para inundações periódicas e prolongadas (AMARAL FILHO, 1986). A unidade é reconhecida a partir da similaridade nas formas de relevo; do seu posicionamento altimétrico ao longo da bacia do Alto Paraguai, condicionado à natureza estrutural, em consequência da subsidência que se fez em movimentos desiguais, positivos e negativos no Terciário e no Pleistoceno; na litologia e aos traços genéticos comuns.

Duas feições geomorfológicas distintas são identificadas nas Planícies e nos Pantanaís Mato-grossenses: as planícies e as áreas de acumulação inundáveis e/ou campos de inundação periódica (FRANCO et al., 1982). A primeira compreende as planícies fluviais ou fluviolacustres e se encontra relacionada aos rios que compõem a unidade geomorfológica. A segunda situa-se em posição interfluvial em relação ao rio principal, apresentando uma drenagem com leito não definido e não são subordinadas diretamente à drenagem principal.

As planícies estão modeladas sobre depósitos aluviais ao longo dos vales (FRANCO et al., 1982). A influência dos níveis topográficos, ao longo dos vales na deposição dos sedimentos da Formação Pantanal, pode ser caracterizada em três níveis. (1) o primeiro nível, topograficamente mais elevado, que corresponde à região da planície, onde ocorre inundação apenas em casos excepcionais; (2) o segundo nível formador dos terraços aluviais sub-recentes, corresponde às áreas onde há possibilidade de ocorrer inundação ocasional; e (3) o último nível, constituído por uma planície mais rebaixada e é constantemente sujeita ao alagamento.

As áreas de acumulação inundáveis são classificadas em três categorias: (1) áreas de acumulações inundáveis com alagamento fraco, que ocorrem em locais com altitude de 150 a 180 m, distantes do eixo da drenagem não ocorrendo o encharcamento prolongado na área; (2) áreas de acumulação fluvial, sujeita à inundação com alagamento mais prolongado, ocupam uma posição topográfica mais baixa que a anterior; (3) áreas de acumulação periódica ou permanentemente alagadas, que estão relacionadas a zonas mais

deprimidas, geralmente a jusante e/ou na confluência dos rios principais, quase sempre com altitudes inferiores a 100 m.

Tanto nas planícies quanto nas áreas de acumulação inundáveis são observadas feições no relevo típico do Pantanal Mato-grossense como as cordilheiras, baías, vazantes e corixos.

As cordilheiras são pequenas elevações do terreno que não ultrapassam três metros e raramente são alagadas. Servem de sítio para as sedes das fazendas e de abrigo para o gado e a fauna silvestre durante as enchentes. Sua origem é ainda discutida, sendo que a primeira teoria proposta para explicá-la foi apresentada por ALMEIDA (1945). O autor atribuiu a origem das cordilheiras à alteração entre um clima úmido seguido por um clima seco. Ao clima úmido atribuiu-se os processos deposicionais e, ao clima seco a modelagem da superfície, em que as cordilheiras seriam dunas fósseis.

Outros estudos (ALVARENGA et al., 1984) sugerem que as cordilheiras sejam decorrentes da própria dinâmica natural de deposição dos cursos de água presentes em toda a planície pantaneira. De acordo com esta idéia, as mudanças naturais dos cursos de água ainda não estabilizados, bem como a própria característica do tipo de canal meandrante, formou e estão formando, ao longo das planícies, depósitos de sedimentos denominados diques marginais, os quais originariam as cordilheiras.

As baías constituem áreas deprimidas, com água às vezes salobra, apresentando formas circulares, semicirculares ou irregulares.

As vazantes compreendem extensas depressões situadas entre as cordilheiras. Na época de enchentes, as vazantes constituem canais de drenagem entre as baías, apresentando características intermitente e temporária, e têm vários quilômetros de comprimento.

Os corixos correspondem a pequenos cursos d'água perenes, conectando baías contíguas. Comparados às vazantes, os corixos possuem maior poder erosivo, originando canais estreitos e mais profundos.

2.3. Condições de ocorrência de solos hidromórficos e indicadores de hidromorfismo

Os solos presentes nas planícies e nas áreas de acumulação inundáveis sofrem a influência direta de hidromorfismo condicionado ao relevo. São solos em que as condições de relevo e drenagem promovem uma saturação permanente ou temporária em água, resultando em mudanças físicas, químicas e físico-químicas nos solos. A ocorrência dos solos hidromórficos é generalizada em todo o Pantanal Mato-grossense (AMARAL FILHO, 1986). Em geral, solos hidromórficos ocorrem em relevo plano a suave ondulado, com declive de até 3% (CAMPOS, 1999).

As características morfológicas destes solos advêm, principalmente, dos processos de redução e oxidação do ferro e manganês, que ainda lhes conferem cores distintas. O estado de oxidação do ferro e manganês influencia fortemente sua solubilidade e cor, conferindo-lhes os mosqueados marrom, cinza, azul, preto e amarelo freqüentemente observados em solos hidromórficos (FANNING et al., 1989; VAN BREEMEN et al., 1998). A ocorrência de manchas (mosqueados), segundo STOOPS et al., (1985), é o principal indicador macro e micromorfológico do hidromorfismo.

Os horizontes podem também ser escurecidos devido à acumulação de matéria orgânica, pois os organismos anaeróbios são menos eficientes na mineralização da matéria orgânica do que os aeróbios. Além disso, os processos de redução envolvem, freqüentemente, a produção ou o consumo de H^+ e assim, têm também importante efeito sobre o pH do solo (PONNAMPERUMA, 1972; LINDSAY, 1979; VAN BREEMEN et al., 1998).

Conforme descrito por LINDSAY (1979) as reações de redução consomem H^+ e contribuem para o aumento nos valores de pH. PONNAMPERUMA (1972) e LINDSAY (1979) destacam algumas conseqüências importantes da reação de redução: a) a concentração de ferro solúvel na água aumenta; b) o pH eleva-se; c) cátions são deslocados dos sítios de troca; d) as solubilidades do fósforo, molibdênio, manganês e da sílica aumentam; e) a solubilidade de alumínio, zinco e boro diminuem; e f) novos minerais são formados.

Um processo importante em ambientes hidromórficos parece ser a ferrólise, pois ela é comum em horizontes A ou E ácidos sobre horizontes de baixa permeabilidade de solos hidromórficos. A teoria da ferrólise foi proposta por BRINKMAN (1970), sendo sustentada em dados provenientes de análises químicas, experimentos de laboratório e investigações mineralógicas e micromorfológicas.

Neste processo, os argilominerais são destruídos devido às reações de troca envolvendo o ferro (Fe^{2+}), em ciclos de redução ou oxidação sazonalmente alternados (BRINKMAN, 1970). Além da destruição, são atribuídas ao processo de ferrólise as intercalações dos argilominerais e, também, o gradiente textural, predominando neste horizonte o branqueamento (desferrificação) e mosqueamento (BRINKMAN, 1970).

Por outro lado RANST et al., (2002), avaliando o processo da ferrólise na formação de solos hidromórficos, fazem várias críticas ao trabalho de BRINKMAN (1970), ressaltando que a neoformação de quartzo e de minerais secundários, consequência do processo de ferrólise proposta por BRINKMAN, parecem improváveis. Os autores apontam que o quartzo e os minerais trioctaédricos identificados na fração argila dos solos, assumidos como sendo formados na ferrólise, na verdade provem da diminuição de partículas maiores de minerais herdados.

Em relação ao gradiente textural atribuído ao processo de ferrólise RANST et al., (2002) comentam que a destruição dos minerais de argila nos horizontes superficiais dificilmente é o principal processo responsável. As propriedades químicas e morfológicas mostram, na verdade, que a principal razão da presença do gradiente textural é a translocação de argila e não a destruição de minerais de argila pelo processo de ferrólise.

2.4. Aerofotos Não-Convencionais

Neste estudo são utilizadas aerofotos não-convencionais para caracterizar os ambientes a serem estudados, Cordilheira e Campo de inundação periódica, de forma detalhada.

São denominadas aerofotos não-convencionais pelo fato de que, no processo de obtenção das fotos, não são usadas câmaras

aerofotogramétricas. As fotos são obtidas com câmaras fotográficas adaptadas a um suporte (DISPERATI, 1991). Nas últimas décadas, inúmeros estudos foram realizados visando à obtenção de fotografias aéreas, com câmeras fotográficas comuns. Esta é uma técnica ainda pouco explorada no Brasil, mas consolidada nos países como Estados Unidos, Canadá, Austrália e outros países europeus (DISPERATI, 1991).

As fotografias aéreas convencionais são de custo elevado, porque a aeronave é de uso específico e tem os equipamentos fotográficos próprios. Assim, para viabilizar estudos em áreas pequenas foi desenvolvida a técnica de obtenção de aerofotos não-convencionais, cujos resultados são satisfatórios (CAVALCANTI, 1994).

O uso de aerofotos não-convencionais permite um efetivo estabelecimento de padrões de cor e textura, levando em consideração as características espectrais dos diferentes alvos. Elas facilitam o estudo das características particulares de solo relacionado ao conteúdo de umidade, possibilitando discriminá-los com conteúdos diferentes, auxiliam na identificação no uso do solo, bem como, na identificação nos padrões de vegetação, entre outras (REZENDE, 1986).

De modo geral, as aerofotos não-convencionais constituem um recurso importante na caracterização de áreas e/ou diferenciação de ambientes, permitindo uma caracterização das formas presentes no relevo e identificam os diferentes padrões de cobertura vegetal, além de auxiliar nos estudos e monitoramento no uso do solo, planejamento rural e urbano, entre outras (REZENDE, 1986).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização das áreas e coleta dos solos

Para este estudo foram descritos dois perfis de solo em duas áreas de planície da unidade geomorfológica Planícies e Pantanaís Mato-grossenses denominadas feições de relevo Cordilheira e Campo de inundação periódica.

As áreas encontram-se no norte do Pantanal Mato-Grossense, na sub-região do Pantanal de Poconé, no município de Poconé, estado de Mato Grosso. A região foi intensamente percorrida no trabalho de campo realizado no mês de setembro do ano de 2001 em período seco do ano, buscando-se um reconhecimento geral tanto da região relacionada à paisagem quanto do solo. As áreas selecionadas localizam-se no km 35 da estrada Transpantaneira, margem esquerda, a cerca de 500 m da estrada, na Fazenda Carandá Fundo.

Foram abertos um perfil de solo na feição de relevo denominada Cordilheira (CoP1), nas coordenadas geográficas 16°36'1.5" S e 56°45'32.3" O com cota altimétrica de 106 m, adotando a posição de topo e um outro perfil de solo na feição denominada Campo de inundação periódica (CiP2), nas coordenadas geográficas 16°36' 1.06" S e 56°45'31.8" O com cota altimétrica de 103 m, adotando o nível mais baixo do relevo (Figura 2). Os perfis de solo foram fotografados e, em seguida, procedeu-se às descrições morfológicas

(LEMOS e SANTOS, 1996) e coleta de amostras em todos os horizontes para análises físicas, químicas e mineralógicas.

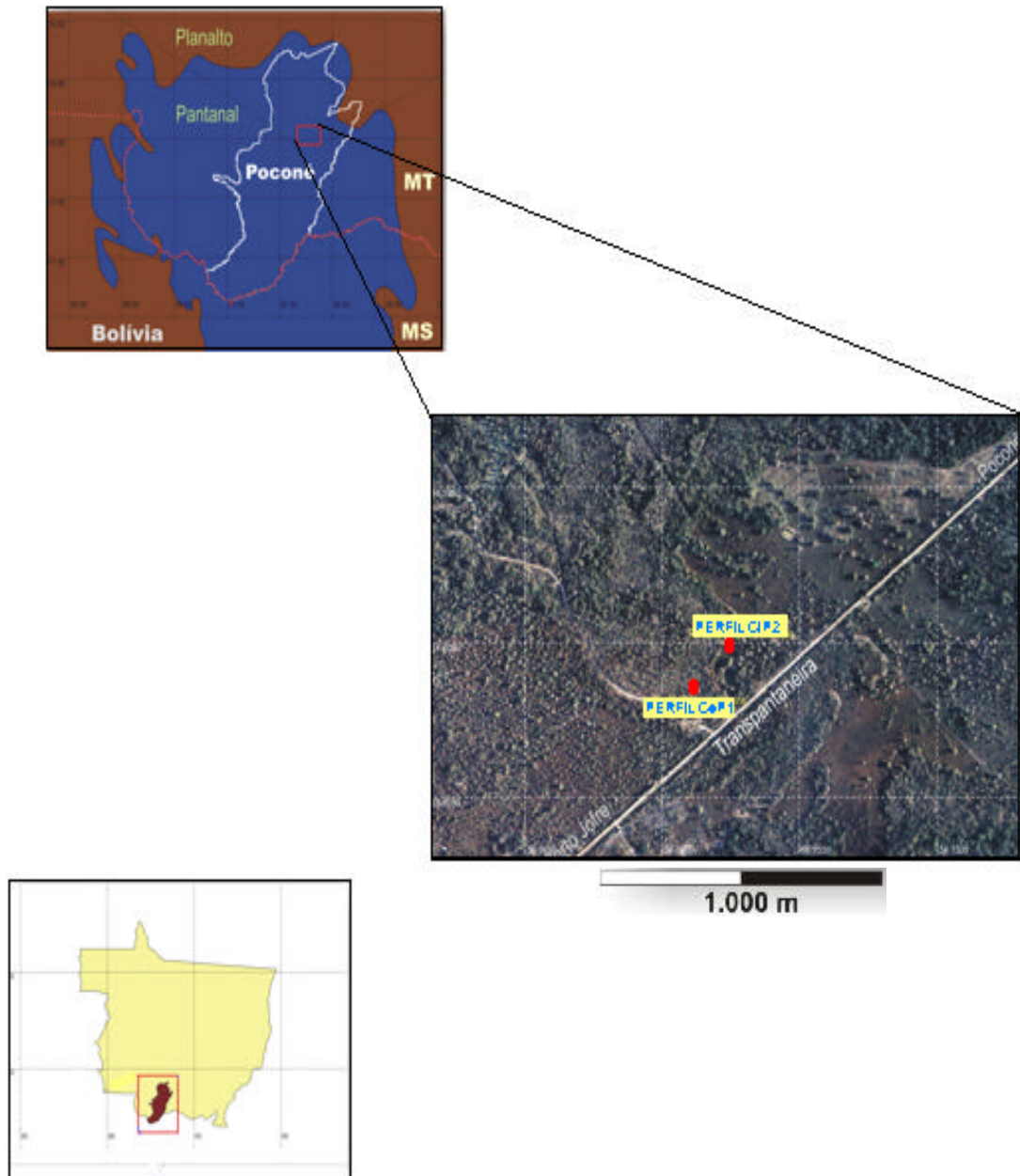


Figura 2: Localização dos perfis de solo estudados.

3.2. Descrição geral das áreas de estudo

Com o auxílio de fotointerpretação e trabalho de campo, foi elaborado um mapa em escala aproximada de 1:60.000, no qual foram reconhecidos nove diferentes compartimentos ambientais inseridos em área de planície da sub-região do Pantanal de Poconé.

Para a identificação e distribuição dos compartimentos ambientais na região mapeada foram considerados, principalmente, os padrões das diferentes formações vegetais, a variação altimétrica e a discriminação dos solos com conteúdo de umidade diferente. Os compartimentos identificados foram: (1) cordilheiras com vegetação densa (Cerradão mesotrófico subcaducifólio); (2) cordilheiras com vegetação densa seca (Cerradão mesotrófico caducifólio); (3) campo com gramínea e vegetação esparsas (Campo cerrado tropical); (4) campo com gramíneas (Campo tropical higrófilo de várzea); (5) campo com gramíneas e vegetação densa (Cerradão tropical subcaducifólio), (6) mata galeria (Floresta ciliar); (7) corixos; (8) baías e, (9) os canais fluviais com padrão meandrante (Figura 3).

As características dos compartimentos identificadas a campo, são bastante particulares e estão relacionadas às diferentes feições presentes no relevo, conteúdo de umidade no solo e, aos diferentes tipos de sedimentos. Tais características é que possibilitou o desenvolvimento dos principais tipos de solos da região, dentre os quais destacam os Plitossolos, Planossolos, Gleissolos e Luvisolos. Esses solos juntamente com as características locais definem os principais tipos de ambientes, podendo caracterizar dois estratos ambientais distintos: as partes altas e as depressões (Figura 4).

Os estratos ambientais são caracterizados por sucessiva freqüência de contrastes altimétricos de dois a cinco metros entre o topo das partes altas e as depressões, que caracterizam as feições no relevo. As partes altas são denominadas de cordilheiras, e as depressões, quando apresentam planas, são conhecidas como campo de inundação, quando côncavas, contínuas e intermitentes são conhecidas como corixos, se em forma de pequenas lagoas são conhecidas como baías (CUNHA, 1980).

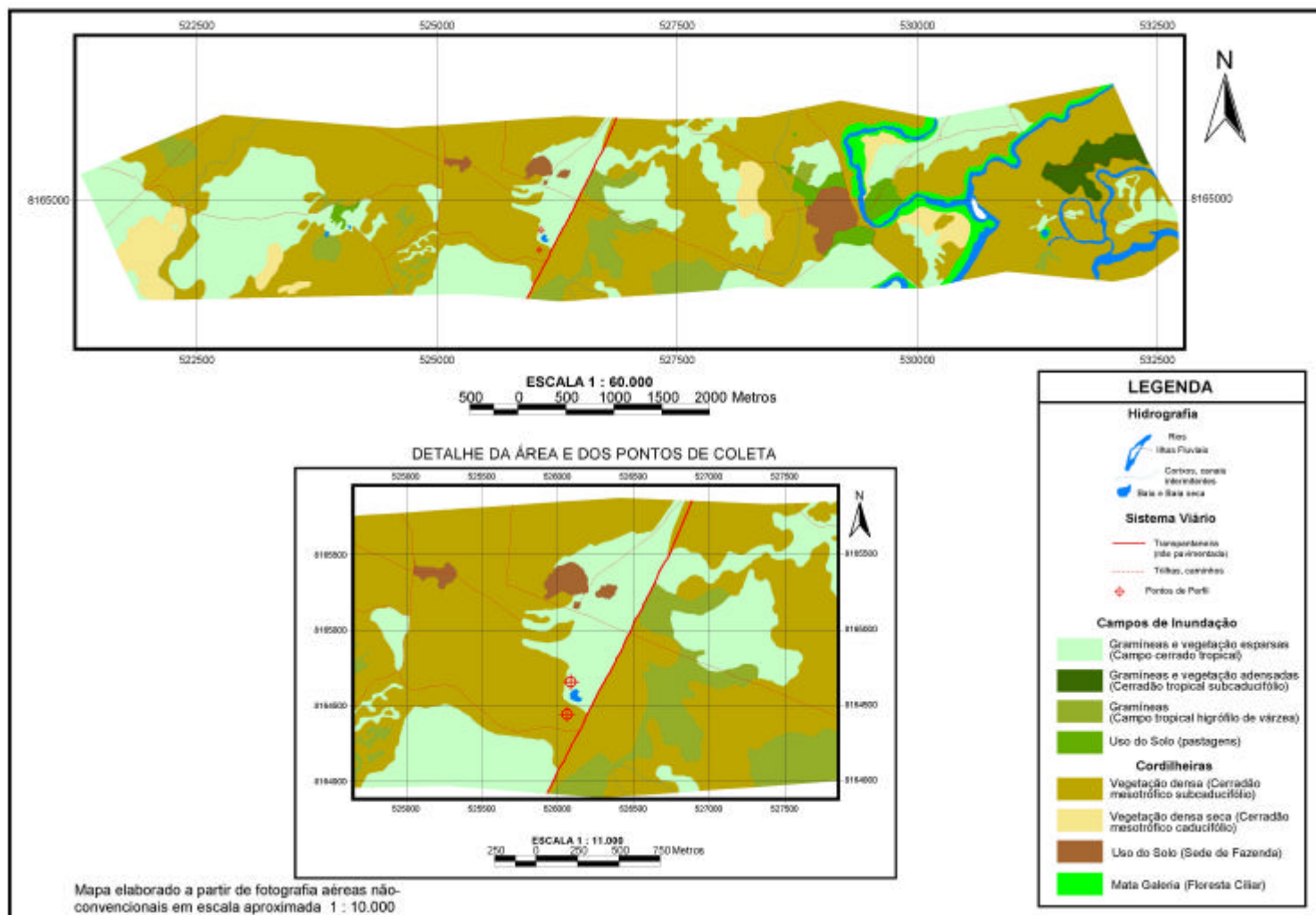


Figura 3: Visão geral da área mapeada e dos pontos de coleta dos perfis de solo estudados



Figura 4: Foto aérea com detalhe dos estratos ambientais identificados. A foto A representa o compartimento cordilheira, localizado na parte alta. A foto B representa o compartimento campo de inundação periódica localizado na depressão

Nos dois estratos ambientais os diferentes padrões na vegetação, aparecem ordenados segundo um gradiente de inundação. Caracterizam-se pela presença de arbustos e árvores de ambientes mais secos e, plantas herbáceas e gramíneas que suportam inundações. Tem forte influência da colonização da vegetação periférica de ocorrência nos cerrados, caracterizando-se como um grande mosaico (AB' SABER, 1988).

Na composição total da área mapeada indicada no Quadro 1, há o domínio do estrato ambiental partes altas, caracterizado pela feição de relevo cordilheira, compreendendo 1.204,00 ha (60,44%) da área total mapeada, seguida do estrato ambiental depressão constituído pela feição campo de inundação periódica com 683,82 ha (34,33%) da área total mapeada. As baías totalizaram 1,20 ha (0,06%) e o grupo rios, ilhas fluviais e floresta ciliar corresponderam a 102,97 ha (5,17%) da área total mapeada.

Quadro 1: Composição dos estratos da área mapeada

Estratos	Composição	
	Área dos estratos ----- ha -----	Fração por estrato ----- % -----
<i>Partes altas/Cordilheira</i>		
Cerradão mesotrófico subcaducifólio	1084,82	54,46
Cerradão mesotrófico caducifólio	88,00	4,42
Uso do solo (Sede de fazendas)	31,19	1,57
<i>Total</i>	<i>1204,00</i>	<i>60,44</i>
<i>Depressão/Campo de inundação</i>		
Campo cerrado tropical	528,41	26,53
Cerradão tropical subcaducifólio	31,39	1,58
Campo tropical higrófilo de várzea	92,87	4,66
Uso do solo (Pastagens)	31,14	1,56
<i>Sub-total</i>	<i>683,82</i>	<i>34,33</i>
Baías com água	1,08	0,05
Baías sem água	0,12	0,01
<i>Sub-total</i>	<i>1,20</i>	<i>0,06</i>
Rios	53,60	2,69
Ilhas fluviais	1,43	0,07
Floresta ciliar	47,94	2,41
<i>Sub-total</i>	<i>102,97</i>	<i>5,17</i>
<i>Total</i>	<i>787,99</i>	<i>39,56</i>
Total geral	1992,00	100,00

Dentre os estratos ambientais identificados, o perfil de solo CoP1 está localizado na parte alta, no compartimento cordilheira (1.084,82 ha) com vegetação típica do cerrado (Cerradão mesotrófico subcaducifólio), apresentando espécies arbóreas heterogêneas com predomínio do Carvoeiro (*Bowdichia virgilioides*), Espinheiro (*Mimosa spp.*) e Cambará (*Vochysia divergens*), e com um sub-bosque constituído por um estrado variado composto de Gravatá (*Bromélia pingüim*) e Cactáceas de pequeno porte (Figura 5).

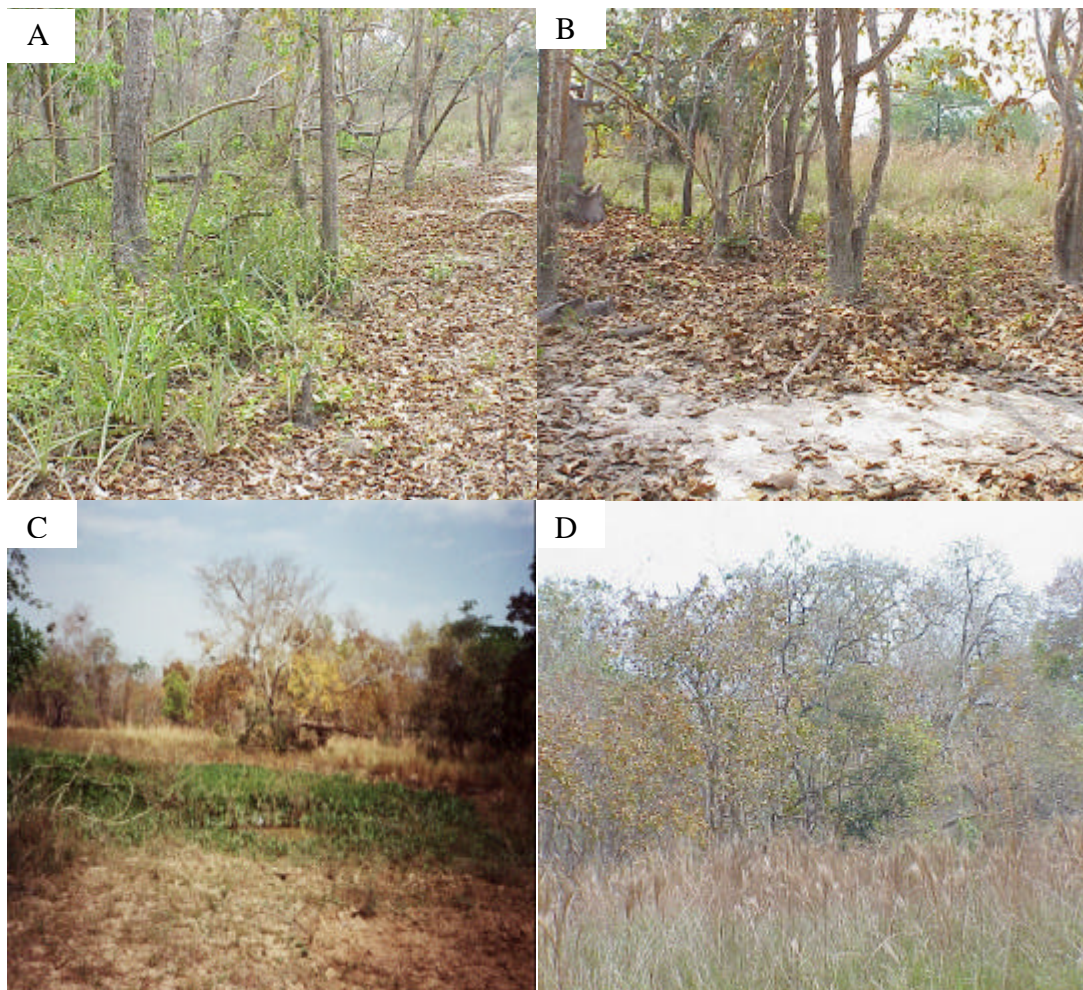


Figura 5: Ambientes da área estudada: (A) Interface entre o ambiente de Cordilheira e o ambiente Campo de inundação periódica, com destaque para a comunidade de gravatá (*Bromelia pingüim*) indicando o limite de inundação entre Cordilheira e Campo; (B) Ambiente Cordilheira em período seco, com destaque para a grande quantidade de material vegetal depositado sobre o solo; (C) Baía (lagoa) com vegetação flutuante (camalotes); (D) Contado entre o ambiente Campo de inundação periódica com pastagem de *Andropogon* (*Andropogon gayanus*), no primeiro plano. No segundo plano, ambiente Cordilheira com vegetação de cerrado mesotrófico com Carvoeiro (*Callisthene fasciculata*).

O perfil de solo CiP2 está localizado na depressão, no compartimento campo de inundação periódica (528,41 ha) com presença de vegetação graminóide e árvores esparsas (Campo cerrado tropical) composta basicamente pela associação do Cerrado mesotrófico e gramínea, apresentando o domínio da espécie Cambará (*Vochysia divergens*), e pelo Andropogon (*Andropogon gayanus*) gramínea utilizada como pastagem natural (Figura 6 e 7).

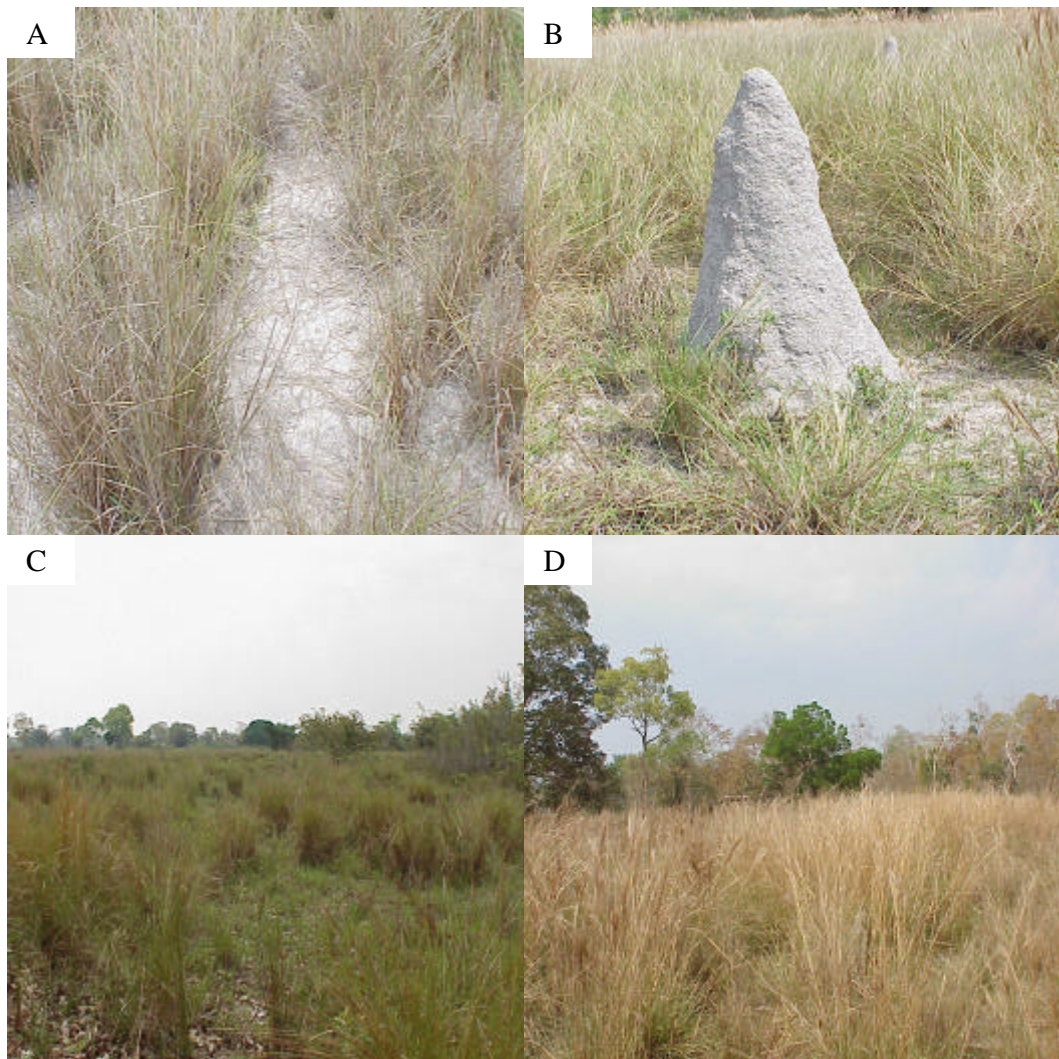


Figura 6: Ambientes da área estudada: (A) Superfície campo de inundação periódica com destaque à superfície desferrificada; (B) Térmito sobre a superfície do campo de inundação periódica, de formato cônico, evidenciando adaptação aos ciclos de cheias. A cor cinza é um indicativo da maior flutuação do lençol de água, provocando a remoção do ferro na forma reduzida; (C) Campo de inundação periódica com vegetação natural de Andropogon (*Andropogon gayanus*) em período de chuva; (D) Campo de inundação periódica com vegetação natural de Andropogon (*Andropogon gayanus*) em período seco.

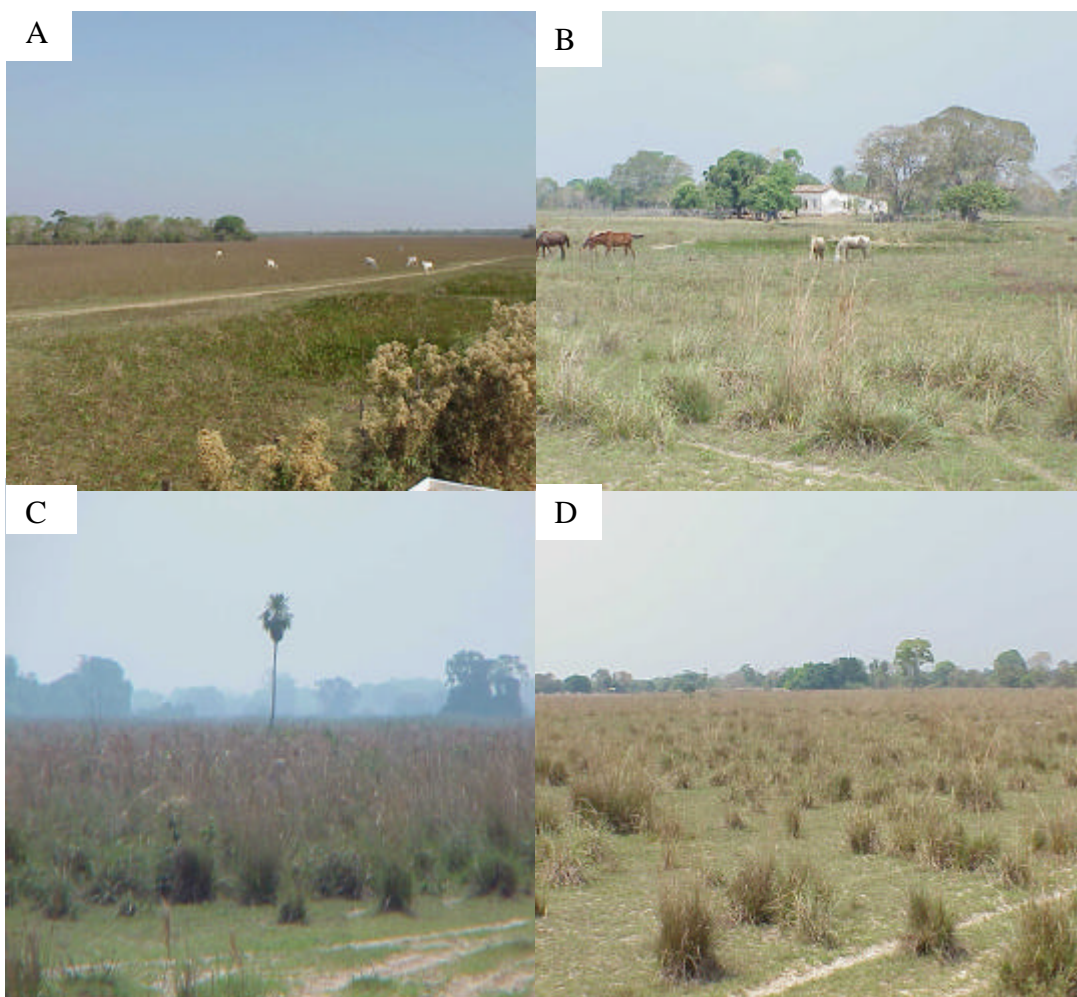


Figura 7: Ambientes da área estudada: (A) Campo de inundação periódica com vegetação graminóide usada com pastagem; (B) No primeiro plano, ambiente Campo de inundação periódica com vegetação graminóide e baía (lagoa), usada com pastagem. No segundo plano, ambiente Cordilheira usado como sede de fazenda, com gradiente topográfico quase imperceptível entre Campo e Cordilheira; (C) Campo de inundação periódica em período seco, observar grande quantidade de fumaça evidenciando a queimada; (D) Ambiente Campo de inundação periódica. Paisagem típica onde a vegetação esparsa foi retirada para uso com pastagem; ao fundo o ambiente Cordilheira com a sede da fazenda.

Em grande parte, as áreas mapeadas, e em especial nos pontos de coleta dos perfis de solo estudados, compreendem superfícies planas com cotas altimétricas não ultrapassando 120 m, contidos na Depressão do rio Cuiabá, consideradas áreas dentro da unidade de relevos de acumulação (FRANCO et al., 1982).

O ponto de coleta do perfil de solo CoP1, ambiente cordilheira, encontra-se com cota aproximada de 3 m acima do nível dos campos de inundação apresentando uma pequena declividade na interface com os campos de inundação periódica (Figura 8). Destaca-se na paisagem por sua elevação, em relação às outras feições do relevo, sendo realçadas pela vegetação de maior porte e por encontrar-se circundadas por níveis altimétricos mais baixos. Devido à sua posição mais elevada, não sofrem inundações, a não ser por ocasião de grandes enchentes (ALVARENGA et al., 1984), apresentando, normalmente, como ilhas durante o período de inundações.

O ambiente campo de inundação periódica, ponto de coleta do perfil de solo CiP2, refere-se à parte inferior em relação às cordilheiras (Figura 8), sendo área passível de inundação, cuja dinâmica da inundação está associada ao regime das cheias com alagamento sazonal (CUNHA, 1980).



Figura 8: Corte transversal da área estudada com a localização dos perfis de solo CoP1 em ambiente de Cordilheira e CiP2 em ambiente Campo de inundação periódica.

A área estudada é banhada pelos rios Claro e Novo com área de 55,6 ha (Quadro 1), localizados a leste dos pontos de coleta, afluentes da margem esquerda do rio Bento Gomes. Os rios possuem padrão meandrante, com presença de ilha formada pela atividade fluvial. É uma área com diferentes tipos de padrões de áreas inundáveis, influenciada pelas pequenas cotas de elevação (ALVARENGA et al., 1984). Destaca-se, também, como contribuinte à inundação, a presença de solos predominantemente mais argilosos e com altos teores de silte, provocando um o selamento superficial. As inundações são anuais-sazonais resultantes do desvio do excesso de água presente na calha dos rios para os campos de inundação contribuindo para a deposição dos sedimentos e fertilizando os solos, outra parte é armazenada nas baías.

De modo geral, a presença da feição de relevo baías nas depressões da sub-região do Pantanal de Poconé é bastante reduzida, em função, principalmente, da sua posição mais elevada e maior inclinação leste/oeste (ALVARENGA et al., 1984). Foi identificada uma pequena baía com água próxima ao ponto de coleta do perfil de solo CiP2 (campo de inundação periódica), apresentando contorno pouco definido. A vegetação em torno é do tipo gramíneas, que pode estar influenciando no seu caráter perene, evitando a evaporação durante a estiagem.

Pequenos cursos d'água intermitentes, denominados corixos, foram identificados na depressão ou nas áreas mais baixas das partes altas. São feições pouco profundas e relativamente estreitas, apresentam com vegetação marginal do tipo mata de galeria. Tem como característica, o transporte de sedimentos durante o período de cheia e vazante e, funcionam ainda como corredores de migração para diversas espécies de peixes (ALVARENGA et al., 1984).

As áreas de coleta dos perfis de solo relacionam-se aos depósitos fluviais e fluviolacustres. Caracterizam-se sedimentos aluviais predominantemente argilosos, argilo-arenosos e silticos, inconsolidados e semiconsolidados de idade Pleistocênica/Quaternária da Formação Pantanal (BARROS et al., 1982). A geologia local sofre influência direta da geologia localizada ao norte, principalmente, da Baixada Cuiabana composta por quartzitos, xistos, filitos, argilitos dentre outras, do Grupo Cuiabá do Pré-Cambriano Superior.

O clima da região está enquadrado no tipo Aw (tropical de savana, inverno seco e verão chuvoso) da classificação de Köppen. A precipitação média anual situa-se em torno de 1000 a 1200 mm, ocorrendo em dezembro e fevereiro os maiores índices de precipitação pluviométrica (TARIFA, 1986).

O balanço hídrico (Precipitação-Evapotranspiração) dos solos da região mostra um déficit hídrico de abril a outubro, mas um excesso de água de novembro a abril (Figura 9).

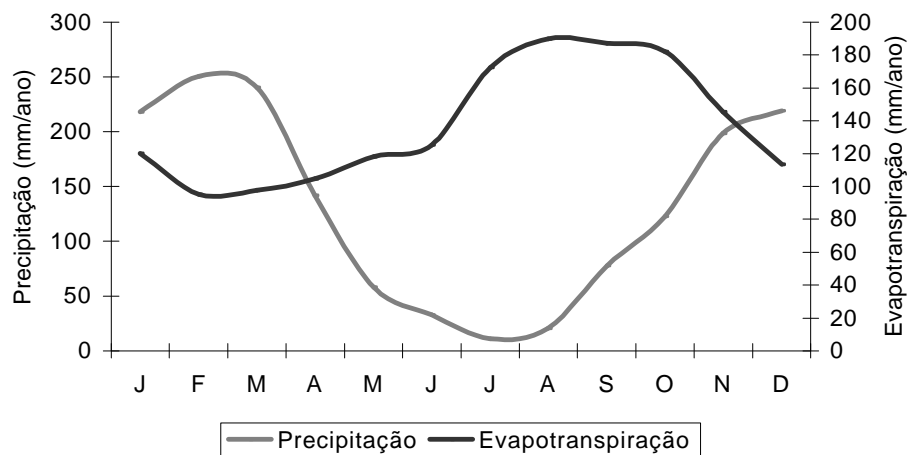


Figura 9: Dados de precipitação e evapotranspiração média mensal no período de 21 anos (1980 a 2001). Fonte: 9º Distrito de Meteorologia de Cuiabá/MT – Estação Cuiabá.

O déficit hídrico está diretamente relacionado à posição topográfica deprimida e às altas temperaturas, apresentando médias superiores a 27°C, no período de novembro a fevereiro, e superiores a 18°C nos meses mais frios. Nos meses de junho a agosto, acontecem migrações de massas frias provenientes do sul, através do Pantanal, fazendo com que a região alcance temperaturas inferiores a 10°C (GARCIA, 1984).

3.3. Uso e ocupação

A grande disponibilidade de recursos natural influenciou a existência do homem na sub-região do Pantanal de Poconé, que remota a 4 mil anos – data provável dos primeiros grupos indígenas (CORRÊA FILHO, 1946).

A presença do homem sempre foi determinada pelo componente topográfico, que funciona como marco do comportamento do homem diante

dos ambientes pantaneiros. Relatos feitos por CUNHA e JUNK (1996), são úteis para o entendimento da relação homem-pantanal e dos impactos no uso da terra em períodos subatuais. *“Os primeiros habitantes a colonizar a sub-região do Pantanal de Poconé foram populações indígenas, que usaram a área como refúgio por causa do difícil acesso. Suas primeiras populações subsistiam basicamente da pesca, da caça e da coleta. Posteriormente, eles passaram a dominar a técnica da produção de recipientes cerâmicos e, talvez, de um cultivo incipiente, possivelmente em decorrência do contato com grupos agricultores provenientes de outras regiões, como, por exemplo, da Amazônia. Os índios utilizavam as cordilheiras que lhe serviam também como refúgios durante as enchentes. Construíram sistemas de canais para transporte e para o abastecimento de água durante a seca. As construções mais salientes são os aterros de bugres, elevações artificiais dentro do Pantanal que demonstram um tratamento específico ao solo, aumentando e mantendo a sua fertilidade por longos períodos. Os índios não criavam animais domésticos, com exceção”. de patos selvagens (Cairina moschata), porém, sem dúvida alguma, modificaram a longo prazo a composição florística das cordilheiras, pela retirada seletiva de madeira e, possivelmente, pelo enriquecimento das matas com espécies diferentes”.*

Mais recentemente, a sub-região do Pantanal de Poconé, incluindo as áreas do estudo, foi uma das primeiras áreas de Mato-Grosso a ser ocupada pelos portugueses, no início do século XVIII, com a ocupação do então município de Poconé em 1777, devido às descobertas das minas de ouro de Beripoconé. Com a chegada dos europeus efetivou a ocupação econômica da região com a introdução da criação de gado, considerada a principal atividade econômica na região.

A intensificação na ocupação da região somente ocorreu de fato com a construção da estrada Transpantaneira, na década de 70, cortando os diferentes ambientes desde Poconé até Porto Jofre, com 145 km de extensão.

A estrada facilitou o acesso em seu entorno, possibilitando a construção das sedes das fazendas nas partes altas (Cordilheiras). Surgiram ainda novas estradas e trilhas facilitando o acesso a diferentes locais. As partes altas e/ou Cordilheiras constituí-se nos únicos refúgios seguro existente

em todo o Pantanal, capaz de servir como abrigo ao gado e para instalação das sedes das fazendas, durante as grandes cheias.

Há algumas décadas, as depressões (campos de inundação periódica) e as partes altas (cordilheiras) têm sido utilizadas para pastagem natural. É também, sobre as cordilheiras, em pequenas áreas próximas das sedes que se desenvolvem a agricultura, principalmente, a de subsistência, com destaque a cultura da mandioca, banana e algumas árvores frutíferas. Entretanto, nos dois estratos possuem limitações à utilização agrícola, principalmente por se tratar de locais sujeitos à inundação, o que dificulta o manejo e a mecanização.

3.4. Análises de laboratório

Os estudos conduzidos em laboratório sintetizados na Figura 10, constam da confecção do mapa de um trecho da sub-região do Pantanal de Poconé e, das análises físicas, químicas e mineralógicas.

As amostras de solos coletadas em cada horizonte dos perfis de solo, e acondicionadas em sacos plástico, foram transportadas ao laboratório. No laboratório as amostras foram destorroadas, secas ao ar e passadas em peneiras com malha de 2 mm de diâmetro, transformadas em terra fina seca ao ar (TFSA), (EMBRAPA, 1997). A TFSA foi utilizada para as análises físicas, químicas e mineralógicas.

3.4.1. Obtenção das fotografias aéreas não-convencionais

As fotografias aéreas não-convencionais foram obtidas aplicando-se a técnica desenvolvida por REZENDE (1986), que consiste da instalação na aeronave de um suporte que serve de apoio para o equipamento fotográfico.

Foram tomadas as fotografias aéreas não-convencionais na escala aproximada de 1:10.000. O aerolevantamento foi realizado em julho de 2002, com ausência de nuvens, embora com ocorrência de grande deriva durante o voo. Para confecção do mapa das unidades fisiográficas foram utilizadas, além das fotografias aéreas não-convencionais o estereoscópio de espelho a mesa digitalizadora e o software ArcView.

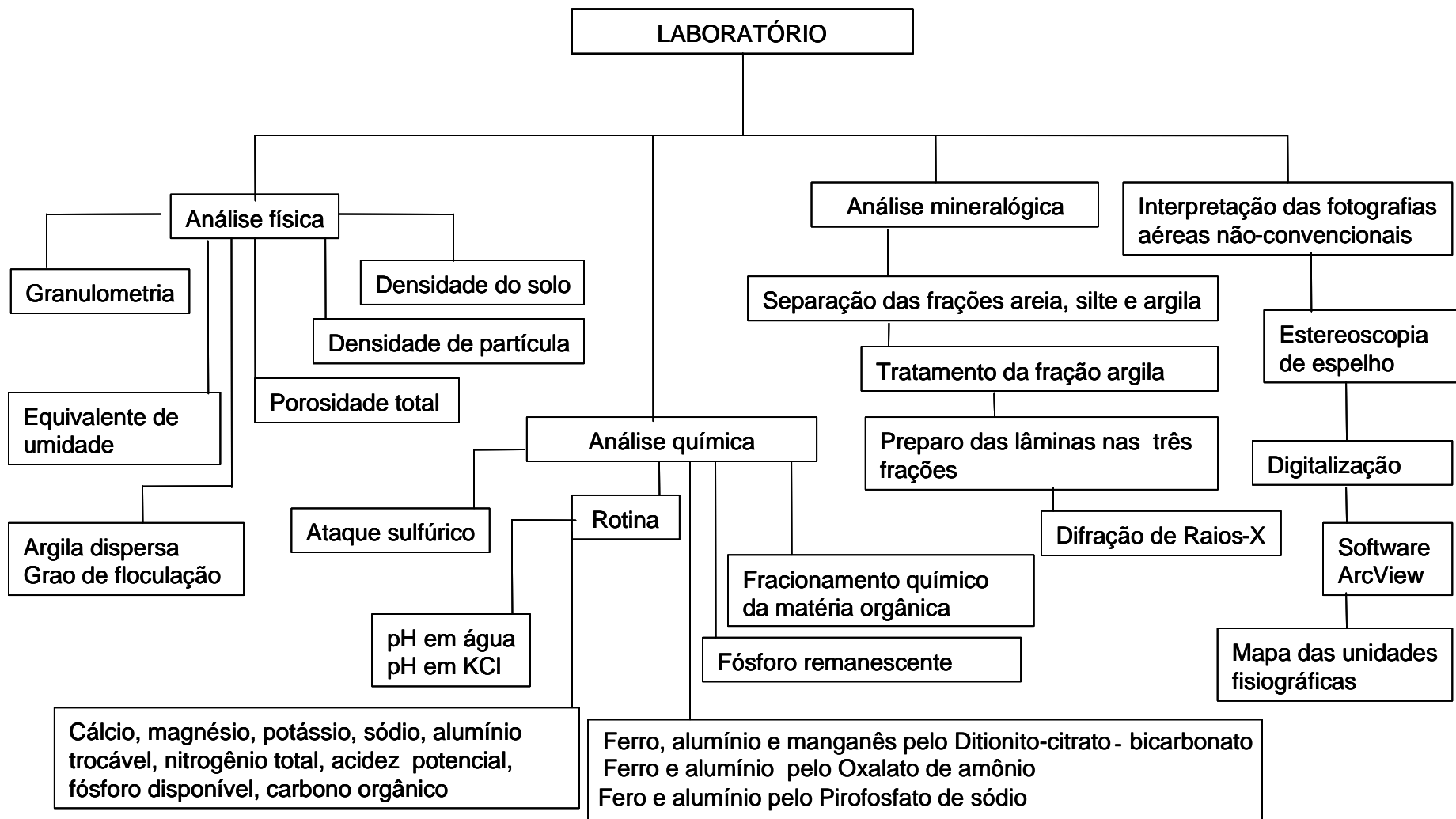


Figura 10: Organograma das atividades realizadas em laboratório

O mapa produzido, em escala aproximada de 1:60.000, foi utilizado na caracterização dos ambientes presentes no trecho delimitado da sub-região do Pantanal de Poconé, em especial aos pontos de coleta dos perfis de solo estudados.

3.4.2. Caracterização física

As análises físicas foram realizadas na TFSA, constando: a granulométrica, densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp), porosidade total (PT), argila dispersa em água (ADA), grau de floculação (G.F.) e equivalente de umidade (AE).

3.4.2.1. Análise granulométrica

A fração argila foi determinada pelo método da pipeta e a fração silte por diferença (EMBRAPA, 1997). Após contato das amostras de 10 g de TFSA com a solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹ por 12 horas foram, posteriormente, agitadas em alta rotação (12.000 rpm) por 15 minutos, a fração areia grossa foi separada por peneira de malha de 0,2 mm e, a fração areia fina por peneira de malha 0,053 mm.

3.4.2.2. Densidade do solo (Ds)

As densidades foram determinadas utilizando o método do torrão (EMBRAPA, 1997). Amostras de torrões de 4 a 7 cm de diâmetro foram secas ao ar determinando o peso do torrão e, posteriormente, mergulhadas em parafina fundida (60 a 65°C) até obter uma perfeita impermeabilização, determinou-se em seguida o peso do torrão parafinado. Posteriormente, foram introduzidos em béquer com volume conhecido. Com auxílio de uma bureta foi adicionado álcool etílico até completar o volume do béquer determinando o volume do álcool com o torrão parafinado.

- Cálculo: $D_s \text{ (g/cm}^3\text{)} = a/b$

a= peso do torrão seco; b= volume do torrão

3.4.2.3. Densidade de partículas (Dp)

Determinou-se o volume de álcool necessário para completar a capacidade de um balão volumétrico (EMBRAPA, 1997).

Foram utilizadas 20 g de solo seco em estufa a 105°C por 12 horas. Em seguida as amostras foram condicionadas em balão volumétrico aferido de 50 mL, adicionou-se álcool etílico agitando o balão para eliminar as bolhas de ar.

- Cálculo: $D_p \text{ (g/cm}^3\text{)} = a/50 - b$

a= peso da amostra seca a 105°C;

50= volume do balão volumétrico;

b= volume de álcool gasto

3.4.2.4. Porosidade total (PT)

A porosidade total foi determinada a partir das determinações da densidade do solo (Ds) e densidade de partículas (Dp) pela expressão abaixo (EMBRAPA, 1997).

- Cálculo: $PT = 100 (a - b) / a$

a= densidade do solo;

b= densidade de partículas

3.4.2.5. Argila dispersa em água (ADA)

Procedeu-se a dispersão de 10 g de TFSA com água, e determinou-se o teor de argila pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997).

As amostras foram acondicionadas em copo plástico contendo 200mL de água e deixadas em repouso durante uma noite. Em seguida foram agitadas, passadas em peneira de 0,053 mm para retenção da areia, completou-se o volume para 1.000 mL, sintonizou-se após duas horas e efetuou-se a leitura do densímetro.

- Cálculo: $\text{Teor de argila} = (a + b) * 20$

a= leitura da amostra;

b= leitura da prova em branco

3.4.2.6. Grau de flocculação (G.F.)

Calculado a partir da argila dispersa em água (ADA) e da argila total (AT), segundo a expressão:

- $GF = 100(\text{Argila Total} - \text{Argila dispersa em água}) / \text{Argila Total}$

3.4.2.7. Equivalente de umidade (EU)

Empregou-se o método que consiste em submeter amostras de 30 g de TFSA, saturadas com água durante 12 horas, a uma força centrífuga de 1000 vezes a aceleração da gravidade (EMBRAPA, 1997).

3.4.3. Caracterização química

3.4.3.1. Rotina

Foram realizadas as análises químicas de rotina na TFSA de todos os horizontes dos perfis CoP1 e CiP2, conforme se segue: A acidez ativa (pH em H₂O e em KCl 1 mol L⁻¹) foi determinada, potenciométricamente, na suspensão solo-solução 1:2,5. Cálcio e magnésio trocáveis, extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ na proporção 1:10, foram determinados por absorção atômica. Sódio e potássio trocáveis e fósforo disponível foram extraídos com solução de Mehlich I na relação 1:10. O fósforo foi determinado, por colorimetria, e o potássio e sódio por fotometria de emissão de chama. O alumínio trocável foi extraído com KCl 1 mol L⁻¹, na proporção 1:10, e determinado por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹ (DEFELIPO e RIBEIRO, 1991). A acidez potencial (H⁺ + Al³⁺) foi extraída com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, na relação 1:15 com pH ajustado a 7, e determinada por titulação com NaOH 0,0606 mol L⁻¹ (EMBRAPA, 1997).

3.4.3.2. Fósforo remanescente (P-rem)

Utilizou-se uma solução contendo 60 mg L⁻¹ de fósforo, que foi agitada com uma amostra de 5 cm³ de TFSA, na proporção 1:10, durante uma hora (ALVAREZ et al., 1999). Após a agitação, as fases sólida e líquida foram

separadas por meio de centrifugação das amostras por 10 minutos a 2500 rpm, sendo determinada a concentração de fósforo na solução de equilíbrio, por colorimetria no comprimento de onda de 725 nm.

3.4.3.3. Formas cristalinas, amorfas e complexadas de ferro, alumínio e manganês

Utilizou a TFSA nas determinações das formas livres de ferro, alumínio e manganês nos solos, bem como seus complexos com a matéria orgânica, foram utilizados os procedimentos metodológicos baseados em CONFFIN (1963) para o ditionito-citrato-bicarbonato (Fed), McKEAGUE e DAY (1966) e para o oxalato de amônio (Feo) e SCHWERTMANN e TAYOR (1989) para o pirofosfato de sódio, conforme descrições apresentadas a seguir:

As formas de ferro, alumínio e manganês cristalinos associados à fração argila dos solos foram determinadas em extratos obtidos de três extrações sucessivas com ditionito-citrato-bicarbonato (CONFFIN, 1963). Foram pesadas 0,3 g de TFSA de cada horizonte amostrado, sendo esses materiais colocados em tubos de centrífuga, aos quais foram adicionados 10 mL de solução, a pH 4,8, de citrato de sódio 0,2 mol L⁻¹ e 500 mg de ditionito de sódio. Os tubos foram levados ao banho-maria (50°C) por 30 minutos, sendo, depois agitados periodicamente.

O material foi centrifugado a 2000 rpm por 10 minutos e o sobrenadante recolhido em balão volumétrico de 50 mL; esta operação foi repetida três vezes, sendo o volume do balão completado com água deionizada. Determinou-se o teor de ferro, alumínio e manganês nas amostras, através da absorção atômica, usando-se duas repetições para cada amostras.

Para a determinação de alumínio e óxidos de Fe amorfo por meio do oxalato de amônio, pesou-se 0,3 g de TFSA de cada horizonte amostrado, sendo esses materiais colocados em tubos de centrífuga opacos, aos quais foram adicionados 10 mL da solução oxalato de amônio 0,2 mol L⁻¹ pH 3,0. Os tubos foram tampados e agitados horizontalmente por 2 horas (McKEAGUE e DAY, 1966).

Em seguida, o material foi centrifugado a 2000 rpm por 10 minutos e o sobrenadante, recolhido em balão volumétrico de 50 mL, o qual permaneceu

tampado; esta operação foi efetuada apenas uma vez. Determinou o teor de ferro e alumínio totais nas amostras, por absorção atômica. Foram usadas duas repetições para cada amostra.

Para a determinação de alumínio e ferro complexados à matéria orgânica, utilizou-se 0,5 g de TFSA com 50 mL de solução de pirofosfato de sódio $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, pH 10,0 (SCHWERTMANN e TAYLOR, 1989). Em seguida, fez-se uma agitação por 16 horas, em agitador horizontal com 200 oscilações por minuto. Depois, as amostras foram centrifugadas a 3000 rpm por 5 minutos e o sobrenadante recolhido em frascos de vidro. Determinou os teores de ferro e alumínio por absorção atômica diretamente nos extratos. Para cada amostra, foram usadas duas repetições.

3.4.3.4. Fracionamento químico da matéria orgânica

Utilizou-se a técnica de diferença de solubilidade em meio alcalino e ácido, aplicando-se os conceitos de frações húmicas, descritos pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (SISH). Foram determinadas as frações ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas. A extração foi feita em 3 g de solo, utilizando o hidróxido de sódio a $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, na proporção solo:extrator de 1:4 (SWIFT, 1996). A determinação do teor de carbono nas diferentes formas e do carbono total (COT) foram feitas por dicromatometria, por meio de oxidação induzida pelo calor, em ácido sulfúrico pelo método de YOMANS e BREMNER (1988).

3.4.3.5. Nitrogênio total

Determinado pelo método de Kjeldahl por câmara de difusão, modificado por TEDESCO et al., (1985).

3.4.3.6. Ataque sulfúrico

O ataque sulfúrico foi utilizado para determinar os teores de silício, alumínio, ferro, titânio, potássio e fósforo total. Foram determinados em duplicata, a partir da digestão de 0,5 g de TFSA previamente triturada em

almofariz, aquecendo-se, até fervura, sob refluxo, por 1 hora, com 20 mL H_2SO_4 9 mol L^{-1} proporção 1:1 (volume água-ácido), com posterior resfriamento, filtração para balões aferidos de 250 mL e diluição. No resíduo, determinou o silício e, no filtrado, os outros elementos (EMBRAPA, 1997). O ferro, silício e o alumínio foram determinados na absorção atômica; o fósforo e titânio por colorimetria e o potássio por fotometria de emissão de chama.

3.4.4. Caracterização mineralógica

3.4.4.1. Difração de raios-X

As determinações mineralógicas foram feitas nas amostras de cada horizonte dos dois perfis descritos. Para as análises, foram adotados os métodos qualitativos da difração de raios-X propostos por JACKSON (1956). A difratometria de raios-X foi realizada na fração areia, silte e argila natural e com argila desferrificada por ditionito-citrato-bicarbonato de todos os horizontes descritos. As amostras de argila desferrificada foram submetidas ao tratamento com magnésio, magnésio e glicerol e potássio, quando necessário. Fez-se, também, a difratometria de raios-X na argila tratada com NaOH 5 mol L^{-1} para concentração dos óxidos de ferro (KAMPF e SCHWETMANN, 1982).

As amostras de argila desferrificada foram submetidas a difratometria de raios-X em temperatura ambiente e após aquecimento de 350 e 550°C para a lâmina tratada com magnésio. Para as lâminas tratadas com magnésio mais glicerol e potássio, após aquecimento a 350 e 550°C.

A fração areia foi triturada e, posteriormente, utilizou-se lâminas de vidro escavadas, aderindo-a a lâmina com cola plástica. As frações silte e argila natural foram montadas em lâminas de vidro planas e lisas. A fração argila natural foi orientada pelo esfregaço de uma lâmina com outra. A fração argila tratada com NaOH foi montada em lâminas não-orientadas.

As leituras foram feitas nas lâminas secas, sendo irradiadas numa escala horizontal de $0,5 \text{ cm}/2\theta$ de 4° a 50° em difratômetro de raios-X com tubo de cobalto e filtro de níquel. Para isto, utilizou-se um aparelho Rigaku Geigerflex regulado em uma potencia de 40 kV e uma corrente de 30 mA.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram descritos dois perfis de solo, o primeiro localizado em ambiente de Cordilheira (CoP1), e o segundo localizado em ambiente Campo de inundação periódica (CiP2). A distinção dos ambientes no campo foi feita, principalmente, baseada no uso do solo e tipo de vegetação presente, condicionado ao regime hídrico dos solos.

No ambiente Cordilheira não se observou uso atual do solo, apenas vestígios de queimadas que, possivelmente, são provocadas pela prática anual de renovação das pastagens presentes nas áreas circundantes. De modo geral, a sua vegetação original constituída de Cerradão do tipo mesotrófico está preservada. A presença desse tipo de vegetação indica um ambiente relativamente bem provido de nutrientes, o que não é comum de ser observado em outros ambientes da sub-região do Pantanal de Poconé (LOBATO, 2000; SBCS, 2002) onde predominam solos com deficiência moderada de fertilidade natural (AMARAL FILHO, 1986). No trabalho de campo foi constatada a ocorrência de um sub-bosque constituído por Gravatá (*Bromélia pingüim*) e Cactáceas. Esse tipo de substrato indica um ambiente com restrições de água durante boa parte do ano, o que pode em parte explicar a presença do Cerrado do tipo mesotrófico evidenciando uma menor lixiviação de nutrientes.

No ambiente Campo de inundação periódica o tipo de uso atual é a pastagem em que é utilizada a espécie *Andropogon*, que está associada à

vegetação de Campo cerrado tropical. O Andropogon é um tipo de gramínea muito tolerante em solos de baixa fertilidade, com deficiência de oxigênio e compactados (COMASTRI FILHO et al., 1996). O tipo de vegetação está de acordo com o regime hídrico e as características físicas dos solos

4.1. Características morfológicas

4.1.1. Descrição dos perfis de solo

As descrições dos perfis CoP1 e CiP2 são apresentadas a seguir e serão discutidas nos itens posteriores. A partir das descrições realizadas a campo é possível fazer algumas considerações a respeito dos processos relacionados à gênese desses solos.

PERFIL CoP1 AMBIENTE CORDILHEIRA

DATA DA DESCRIÇÃO: 05/09/2001

CLASSIFICAÇÃO: Luvisolo Hipocrômico Órtico planossólico A moderado textura argilosa fase cerrado mesotrófico sobre cordilheira relevo plano.

LOCALIZAÇÃO: Estrada Transpantaneira km 35, cerca de 500 m da estrada, lado esquerdo, fazenda Carandá Fundo. Município de Poconé, estado de Mato Grosso. 16° 36' 1.5" de latitude Sul e 56° 45' 32.3" de longitude Oeste.

SITUAÇÃO: Perfil descrito e coletado em trincheira situada no topo de elevação (cordilheira), com declive de 2%, sob vegetação de cerradão do tipo mesotrófico composto de mangava brava, timbó, louro, carvoeiro e angico (espécies arbóreas) e cuja espécie herbácea dominante é o gravatá.

ALTITUDE: 106 m

LITOLOGIA: Sedimentos siltico-argilosos, argilo-arenosos e areno-conglomeráticos semiconsolidados e inconsolidados.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Pantanal

MATERIAL ORIGINÁRIO: Sedimentos do Quaternário

PEDREGOSSIDADE: Não pedregoso

ROCHOSIDADE: Não rochoso

RELEVO LOCAL: Plano

RELEVO REGIONAL: Plano

EROSÃO: Não aparente

DRENAGEM: Moderadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerradão do tipo mesotrófico

USO ATUAL: Não constatado

CLIMA: Aw, da classificação de Koppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Eduardo Guimarães Couto, Cristine Carole Muggler e Juberto Babilônia de Sousa.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A - 0 a 18 cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido); franco argilosa/siltoso; fraca e moderada, pequena, blocos subangulares; ligeiramente duro, firme, plástico e pegajoso; transição abrupta e plana.
- 2Bt - 18 a 51 cm, bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmido); argila/muito argiloso; forte, média a grande, prismática; cerosidade forte e comum; muito duro, muito firme, muito plástico e muito pegajoso; transição plana e gradual.
- 2BC - 51 a 100 cm, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, úmido); argila; mosqueado comum, pequeno, distinto, vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido); forte, média a grande, prismática, composta de forte, média, blocos angulares; cerosidade fraca e pouca; muito duro, muito firme, muito plástico e pegajoso; transição plana e clara.
- 2C1 - 100 a 119 cm, bruno-acinzentado (10YR 5/2, úmido); franco argilo-siltoso; mosqueado comum, pequeno e proeminente, vermelho (2,5YR 4/8, úmido); moderada, média, prismática, composta de forte, média blocos angulares e subangulares; muito duro, muito firme, plástico e pegajoso; transição plana e clara.
- 2C2 - 119 a 134 cm, preto e bruno-avermelhado (5YR 2,5/1 e 5YR 4/3, úmido); argila/muito argila; mosqueado comum, pequeno e proeminente, vermelho (2,5YR 4/8, úmido); forte, média, prismática, composta de forte, média, blocos angulares e subangulares; duro, firme, muito plástico e pegajoso; transição ondulada e abrupta.
- 3Cr - 134 a 150+ cm, bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3, úmido); franco arenoso; maciça; muito duro quando seco e solto quando úmido, não plástica e não pegajoso.

RAIZES: Comuns, finas e poucas, média no A1; raras, finas penetrando entre os agregados prismáticos no 2Bt; raras no 2BC e ausentes no 2C1, 2C2 e 3Cr.

OBSERVAÇÕES: Vestígios de queimada na superfície do solo; poros comuns, muito pequenos e pequenos em todo o perfil do solo.

PERFIL CIP2 AMBIENTE CAMPO DE INUNDAÇÃO PERIÓDICA

DATA DA DESCRIÇÃO: 04/09/2001

CLASSIFICAÇÃO: Gleissolo Háplico Tb Distrófico argissólico A moderado textura argilosa fase cerrado mesotrófico sobre campo de inundação periódica.

LOCALIZAÇÃO: Estrada Transpantaneira km 35, cerca de 500m da estrada, lado esquerdo, fazenda Carandá Fundo. Município de Poconé, estado de Mato Grosso. 16° 36' 1.06" de latitude Sul e 56° 45' 31.8" de longitude Oeste.

SITUAÇÃO: Perfil descrito e coletado em trincheira situada no campo de inundação periódica, com declive de 2%, sob vegetação de gramínea natural do tipo Andropogon.

ALTITUDE: 103 m

LITOLOGIA: Sedimentos siltico-argilosos, argilo-arenosos e areno-conglomeráticos semiconsolidados e inconsolidados.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Pantanal

MATERIAL ORIGINÁRIO: Sedimentos do Quaternário

PEDREGOSSIDADE: Não pedregoso

ROCHOSIDADE: Não rochoso

RELEVO LOCAL: Plano

RELEVO REGIONAL: Plano

EROSÃO: Não aparente

DRENAGEM: Imperfeitamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Campo cerrado tropical

USO ATUAL: Pastagem natural

CLIMA: Aw, da classificação de Koppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Eduardo Guimarães Couto, Cristine Carole Muggler e Juberto Babilônia de Sousa.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0 a 9 cm, bruno-acinzentado (10YR 5/2, úmido); argilo/siltoso; maciça que se desfaz em forte, média, blocos angulares; duro, firme, plástico e pegajoso; transição plana e clara.

Btg1 - 9 a 26 cm, cinzento-escuro (10YR 4/1, úmido); argila/siltoso; mosqueado comum, pequeno, distinto, bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido); forte, média, blocos angulares e subangulares; duro, firme, plástico e pegajoso; transição plana e difusa.

2Btg2 - 26 a 53 cm, cinzento-escuro (10YR 4/1, úmido); argila/siltoso; mosqueado pouco, pequeno, difuso, vermelho (10R 4/8, úmido); forte, média, prismática que se desfaz em blocos angulares; duro, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição ondulada e clara.

2Cg1 - 53 a 70 cm, bruno-acinzentado (10YR 5/2, úmido); argila; moderada, média, blocos subangulares; duro, firme, plástico e pegajoso; transição clara e ondulada.

2Cg2 - 70 a 90+ cm, bruno (10YR 5/2, úmido); argila; mosqueado abundante, pequeno e proeminente, vermelho (2,5YR 4/8 – abundante, úmido) e amarelo-brunado (10YR6/8 - comum, úmido); forte, média, prismática, composta de forte, média, blocos angulares e subangulares; muito duro, muito firme, plástico e pegajoso.

RAIZES: Poucas, finas no A1 e muitas, média no Btg1; comuns no 2Btg2 e raras no 2Cg1 e 2Cg2.

OBSERVAÇÕES: Observou-se uma desferrificação ao longo dos canais do horizonte 2Btg2; poros comuns, muito pequenos e pequenos em todo o perfil do solo; presença de grande quantidade de silte na superfície.

4.1.2. Interpretação morfológica

O solo CoP1 apresenta horizonte Bt indicando processo de translocação (Figura 11). A presença de cerosidade bem definida e o gradiente textural apontam a translocação de argila como uma das causas da presença do horizonte 2Bt.

O solo CiP2 apresenta o horizonte Btg (Figura 11), com ocorrência de gradiente textural relacionado ao processo de translocação de argila e estrutura

em blocos angulares e subangulares. O caráter g é dado pela presença de cromas ≤ 2 , caracterizando a gleização. A ausência de cerosidade está relacionada à condição de inundação periódica desse perfil.

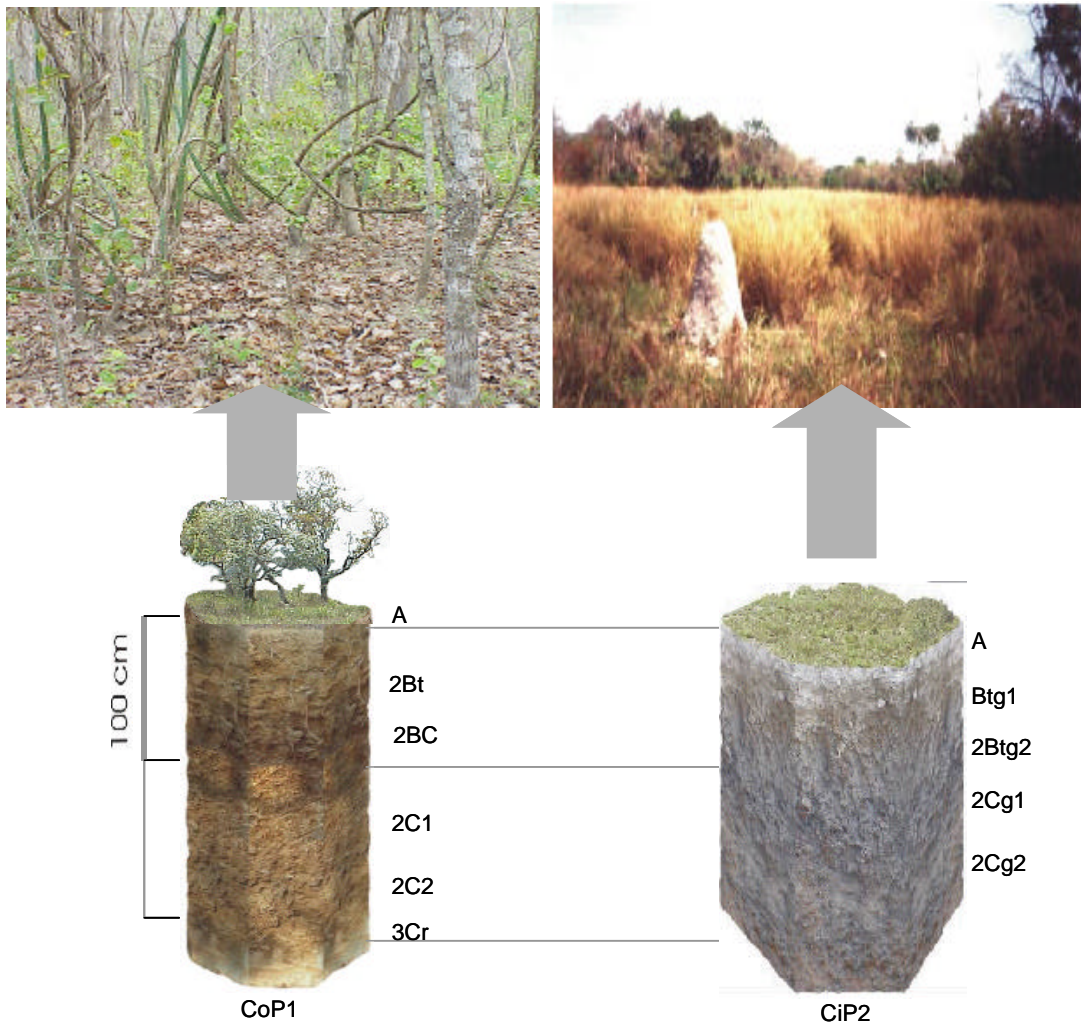


Figura 11: Paisagem de ocorrência e caracterização dos perfis de solo, CoP1 - Luvisolo Hipocrômico Órtico planossólico (Cordilheira) e o CiP2 - Gleissolo Háptico Tb Distrófico argissólico (Campo de inundação periódica).

O tipo de estrutura presente, quanto à forma, no solo CoP1 é a prismática e no solo CiP2 é a blocos angulares e subangulares, ambas em grau forte. A forma da estrutura está relacionada aos teores elevados de argila

presente nos dois perfis de solo, submetidos aos ciclos de umedecimento e secagem.

Os dados das descrições morfológicas mostram que o solo CoP1 apresenta-se moderadamente drenado, enquanto que o solo CiP2 apresenta-se imperfeitamente drenado, indicando que a drenagem dos ambientes Cordilheira (CoP1) e Campo de inundação periódica (CiP2) é de natureza restrita, o que está de acordo com a localização dos perfis de solo em área de planície de inundação.

A distinção de drenagem entre os dois perfis de solo vai resultar em mudanças nas propriedades morfológicas, onde o solo CoP1 apresenta nos horizontes 2Bt e 2BC matiz avermelhado, cerosidade e presença de mosqueado. Nesse perfil de solo há coexistência de mosqueado e cerosidade no horizonte 2BC, sugere que a origem deste seja devido à maior presença do lençol freático em tempos subatuais.

Essas feições morfológicas não foram observadas no solo CiP2, com exceção do mosqueado. Esse perfil de solo apresenta processos de gleização a partir do horizonte Btg1, indicando efeitos da redução, mostrando que neste perfil há maior presença do lençol freático. Essa diferença de drenagem, entre os dois solos, se deve à diferença de cota de aproximadamente 3 metros.

As cores dos perfis de solo vão também refletir a influência da presença de lençol freático elevado, onde o solo CoP1 apresenta maior variação de cor com matizes 5YR e 10YR e o solo CiP2 maior uniformidade, expressa pela constância do matiz 10YR. Os resultados mostram que o horizonte A do solo CoP1 apresenta-se escuro e amarelado, o que indica a ocorrência da goethita, até mesmo em contraste com horizontes mais profundos que apresentam matizes mais vermelho e acinzentado, diferentemente ao que apresenta o solo CiP2 onde os horizontes, inclusive o A, apresentam-se mais gleizados. Nesse solo a gleização constatada a campo era exterior a estrutura. No seu interior o material apresentou-se avermelhado evidenciando a presença do mosqueado.

A distinção apresentada no processo de gleização mostra a ocorrência do pseudo-gleizamento no solo CiP2, o que está de acordo a presença do gradiente textural e os altos teores de silte que favorecem a inundação superficial com ocorrência do processo de gleização de cima para baixo.

4.2. Características físicas

As características físicas dos solos CoP1 e CiP2 estão apresentadas no Quadro 2.

Os solos estudados têm textura variando de franco-argilo-arenosa até muito argilosa. De modo geral a fração argila predomina sobre a fração silte, embora esta seja bastante expressiva. Essa é uma tendência dos solos da sub-região do Pantanal de Poconé (SBCS, 2002) e são resultados da deposição de sedimentos em águas calmas.

As variações de textura observadas podem ser explicadas por variações litológicas, tipicamente observadas nesses ambientes devido à variabilidade do material de origem, decorrentes de condições climáticas subatuais apresentando flutuações do seco para o úmido (AB' SABER, 1988), evidenciadas pela elevada variabilidade da relação silte/argila.

A distribuição da fração argila nos dois solos caracteriza o gradiente textural típico dos solos com B textural e, confere ao solo CiP2, o caráter argissólico no 4º nível categórico (EMBRAPA, 1999).

A maior presença da fração argila nos solos pode explicar os maiores valores de argila dispersa em água no solo CoP1, somando-se a uma maior presença de Na^+ e, ou Na^+ e Mg^{2+} trocáveis que promovem uma maior expansão da dupla camada difusa, o que diminui a estabilidade da estrutura deste solo (UEHARA e GILLMAN, 1981). Maiores valores de argila floclada observados no solo CiP2 estão de acordo com o tipo de argila presente no solo (2:1), e com a presença de lençol freático elevado, intensificando os ciclos de umedecimento e secagem, o que favorece uma maior expansão/repressão da dupla camada difusa.

A variabilidade das frações granulométricas pode, também, explicar a densidade dos solos, contribuindo para um melhor rearranjo das partículas dos solos, diminuindo os espaços porosos. Observa-se que embora a densidade dos solos seja elevada e, portanto, apresentam porosidade baixa, não há erosão aparente, o que pode ser explicado pelo relevo plano e uma boa cobertura dos solos.

Quadro 2: Características físicas dos solos CoP1 (Ambiente Cordilheira) e CiP2 (Ambiente Campo de inundação periódica)

Horiz.	Prof.	Ag	Af	s	r	s/r	ADA	G. F.	Ds	Dp	PT	AE	C.T.	
	--- cm ---	-----g kg ⁻¹ -----						-- % --	-- g cm ⁻³ --	--- m ³ m ⁻³ ---				
----- CoP1 - Luvissoilo Hipocrômico Órtico planossólico -----														
A	0-18	6	22	43	29	1,5	10	66	1,34	2,65	49,4	0,19	franco-argilosa	
2Bt	18-51	1	3	40	56	0,7	34	40	1,45	2,87	49,5	0,29	argila-siltosa	
2BC	51-100	1	2	48	49	1,0	40	18	1,46	2,72	46,1	0,31	argila-siltosa	
2C1	100-119	0	1	24	75	0,3	66	12	1,46	2,71	46,1	0,46	muito argilosa	
2C2	119-134	0	4	18	78	0,2	68	12	1,53	2,69	43,1	0,50	muito argilosa	
3Cr	134-150+	13	37	27	23	1,2	16	30	1,94	2,58	24,9	0,15	franco-argilo-arenosa	
----- CiP2 - Gleissolo Háplico Tb Distrófico argissólico -----														
A	0-9	7	21	39	33	1,2	21	37	1,29	2,96	56,5	0,22	franco-argila-siltosa	
Btg1	9-26	2	6	31	61	0,5	36	41	1,16	2,63	56,0	0,29	muito argilosa	
2Btg2	26-53	5	25	28	42	0,7	26	38	1,30	2,78	53,4	0,21	argilosa	
2Cg1	53-70	10	23	30	37	0,8	19	48	1,41	2,74	48,6	0,17	franco-argila-siltosa	
2Cg2	70-90+	13	28	28	31	0,9	19	39	1,36	2,82	51,9	0,21	franco-argilosa	

Ag - areia grossa; Af - areia fina; s - silte; r - argila; ADA - argila dispersa em água; G.F. - grau de floculação; Ds - densidade do solo; Dp - densidade de partícula; PT - porosidade total; AE - equivalente de umidade; CT - classe textural.

Os resultados do equivalente de umidade indicam uma variação diretamente relacionada aos teores de argila o que promove uma maior microporosidade (MANTOVANI, 1987). Desse modo a variabilidade observada entre os diversos horizontes é consequência das descontinuidades litológicas observadas.

De modo geral, pode-se inferir que as características físicas dos solos são diretamente influenciadas pela variação do material de origem, elevados teores de argila e silte, variabilidade da relação silte/argila entre os horizontes, valores elevados de densidade do solo e baixa porosidade. Permite inferir que os solos estudados apresentam baixa taxa de infiltração e pequena capacidade de armazenamento de água, o que significa a ocorrência de inundação no período chuvoso e stress hídrico no período seco.

4.3. Características químicas

O resultado da característica química dos solos CoP1 e CiP2 são apresentados no Quadro 3. Na interpretação dos resultados utilizaram-se os critérios adotados pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 5ª Aproximação (ALVAREZ et al., 1999).

4.3.1. pH, alumínio trocável e saturação por alumínio

Os valores de pH, observados nos solos, são condizentes às condições de hidromorfismo a que estão sujeitos os solos, consequência da reação de redução que tendem a elevar o pH (PONNAMPERUMA, 1972; LINDSAY, 1979), o que está de acordo com a tendência de maiores valores nos horizontes subsuperficiais, onde há maior influência da presença de lençol freático elevado.

Os valores inferiores de pH em KCl, em relação àqueles obtidos na água, caracterizam a carga líquida negativa dos solos, indicando o predomínio de minerais de argila silicatados na composição mineralógica dos dois solos.

Os teores de alumínio trocáveis (Al^{+3}) desses solos são bastantes elevados e muito variáveis entre os horizontes, constituindo-se no principal íon do complexo de troca, o que imprime aos solos o caráter álico, onde a saturação com alumínio é geralmente, superior a 50%. Esses resultados são coerentes com os publicados pela SBCS (2002) e sugerem estudos mais específicos sobre o comportamento do alumínio nos ambientes pantaneiros.

4.3.2. Bases trocáveis e saturação de bases

Os teores e distribuição de bases trocáveis nos solos CoP1 e CiP2 são bem distintos e são, em geral, mais elevados no solo CoP1. Nesse solo há elevação dos teores em profundidade, principalmente de magnésio, exceto o horizonte 3Cr, o que demonstra outro tipo de material depositado, assim como o horizonte A. Os dados corroboram com as discontinuidades litológicas e mostra que o material de origem da subsuperfície é mais rico, o que resultou no desbalanço da relação Ca/Mg e em níveis considerados baixo, o que foge completamente aos padrões normais.

Quadro 3: Características químicas dos solos CoP1 (Ambiente Cordilheira) e CiP2 (Ambiente Campo de Inundação Periódica)

Horiz.	Prof.	pH		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	Al ³⁺	T	t	AFA ⁽¹⁾	V	m	PST ⁽²⁾	P			C	N	C/N
		H ₂ O	KCl													disp	rem	P ₂ O ₅ ⁽³⁾			
--- cm ---		----- cmol _c dm ⁻³ -----										----- % -----		mg dm ⁻³	mg L ⁻¹	----- dag kg ⁻¹ -----					
-----CoP1 - Luvissole Hipocrômico Órtico planossólico -----																					
A	0-18	4,9	4,8	0,8	0,9	0,18	0,13	2,01	2,3	8,6	4,3	30	24	53	1,5	2,8	26,4	0,15	1,17	0,23	5,2
2Bt	18-51	5,4	4,3	0,6	3,7	0,08	1,30	5,68	9,0	19,5	14,7	35	29	61	6,7	0,3	22,4	1,21	0,30	0,15	2,0
2BC	51-100	5,6	4,4	1,7	4,0	0,18	1,78	7,66	3,6	15,1	11,3	31	51	32	11,8	4,3	29,7	1,15	0,20	0,12	1,7
2C1	100-119	5,6	4,4	3,1	4,3	0,34	2,57	10,31	2,2	16,4	12,5	22	63	17	15,6	7,4	33,8	0,92	0,24	0,11	2,1
2C2	119-134	5,7	4,5	3,8	4,4	0,40	2,83	11,43	1,8	6,3	13,2	23	64	14	15,9	4,7	34,9	1,55	0,35	0,11	3,3
3Cr	134-150+	6,3	4,7	1,2	2,2	0,15	0,51	4,06	0,4	6,1	4,5	26	68	10	8,6	5,7	51,4	0,14	0,06	0,05	1,4
-----CiP2 - Gleissolo Háplico Tb Distrófico argissólico -----																					
A	0-9	5,7	4,5	3,9	4,3	0,17	0,05	8,42	2,0	14,3	10,4	43	59	19	0,3	4,3	45,1	0,11	0,82	0,20	4,1
Btg1	9-26	5,4	4,7	1,7	0,8	0,09	0,07	2,66	5,6	11,9	8,3	20	22	68	0,6	1,4	6,9	1,09	0,62	0,22	2,9
2Btg2	26-53	5,2	4,7	0,8	0,4	0,06	0,08	1,34	5,6	9,9	6,9	23	14	81	0,8	3,6	10,5	0,11	0,33	0,14	2,3
2Cg1	53-70	5,6	4,8	0,7	0,5	0,05	0,09	1,34	3,5	6,9	4,8	18	19	72	1,3	0,9	13,0	0,05	0,16	0,05	3,3
2Cg2	70-90+	5,8	4,9	1,1	0,8	0,06	0,12	2,08	3,2	8,1	5,3	26	26	61	1,5	0,6	8,4	0,10	0,18	0,09	2,2

⁽¹⁾ Atividade da fração argila (AFA = T*100/argila)

⁽²⁾ porcentagem de saturação total (PST = 100*Na⁺/T)

⁽³⁾ Ataque sulfúrico

No horizonte A do solo CiP2 são encontrados teores expressivos de bases trocáveis, o que está de acordo com a influência do ambiente de deposição, além do efeito do gradiente textural e da presença de altos teores de silte, promovendo compactação. Nesse caso, a estagnação superficial de água está favorecendo o acúmulo de bases, considerando que o relevo plano promove uma saída bastante lenta da água. Outro fator influenciante é a prática de queimadas esporádicas, utilizadas no processo de renovação das pastagens que pode, também, contribuir para os teores expressivos de bases trocáveis no horizonte A desse solo, o que demonstra o papel que as queimadas têm na disponibilidade dos nutrientes através da mineralização brusca da matéria orgânica (COUTINHO, 1990).

As variações encontradas nos valores da saturação de base (V) nos dois solos estão relacionadas, além da presença das discontinuidades litológicas, a fatores ambientais como a presença de hidromorfismo, influenciado pelo relevo local plano. As variações nos dados indicam que a presença de diferentes níveis de hidromorfismo nos ambiente, menor no ambiente Cordilheira e maior no ambiente Campo de Inundação Periódica, não correspondem, necessariamente, em maiores remoções das bases trocáveis; demonstra que são ambientes exportadores sim, mas também conservadores, principalmente, se observarmos que os solos não são muito desferrificados. Como consequência, ocorreu uma maior saturação de bases (V) em subsuperfície no solo CoP1 e em superfície no solo CiP2, apresentando os caracteres de endoeutrofismo e epieutrófismo, respectivamente, para os solos CoP1 e CiP2.

De modo geral, os teores e distribuição de bases trocáveis e da saturação de bases (V), presentes nos dois solos, estão relacionados à variabilidade natural dos solos, onde cada conjunto litológico tem a sua característica. Nesse caso, deve-se considerar que os solos estudados são originados de sedimentos de natureza pelítica, mais ou menos ricos em nutrientes e mostram a influência do hidromorfismo, seja na remoção ou na acumulação.

4.3.3. Teores e saturação em sódio

Os teores de sódio trocável no solo CoP1 são elevados e significativos em proporção aos demais cátions e aumentam em profundidade. No solo CiP2, os teores apresentam-se baixos em todos os horizontes, mas com ligeira tendência de aumento em profundidade. O comportamento do sódio trocável nos dois solos está relacionado à variabilidade do material sedimentar e a fatores climáticos, destacando à precipitação local baixa (1000 a 1200 mm/ano) e à presença de temperaturas superiores a 27°C, o que, aliado ao relevo plano, favorece a evapotranspiração, não permitindo que o efeito solubilizador da água seja mais eficiente.

Como consequência, observa-se que os valores obtidos para a porcentagem de saturação de sódio (PST) conferem ao solo CoP1 o caráter solódico, de acordo com a definição da EMBRAPA (1999). Entretanto, não foi possível o seu enquadramento nos critérios do atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. O efeito da PST no mesmo solo torna-se mais evidente nos horizontes 2C1 e 2C2, onde os valores apresentam-se muito elevado, atingindo valores superiores a 15%, chegando à condição sódica (EMBRAPA, 1999).

4.3.4. Fósforo

Os teores de fósforo disponível, pelo “Mehlich-I”, são muito baixos nos dois solos. Tomando os teores de Pt (fósforo total) e de P-rem (fósforo remanescente), na interpretação da disponibilidade de fósforo, observa-se que os teores muito baixos de P-disp não se refletem na reserva de fósforo total (Pt do ataque sulfúrico) e nos teores de P-rem, os quais tendem a serem altos nos dois solos. Na superfície destes solos, a reserva de fósforo total, mostra-se com teores baixos, apesar da elevada proporção relativa de P-disp, o que evidencia o efeito da ciclagem.

Em relação à retenção do fósforo, observam-se variações, apresentando maior no solo CoP1 e menor no solo CiP2. Em ambos os solos, essa tendência ocorre em função do teor e, principalmente, do tipo de argila. Nesse caso, a maior retenção no solo CoP1 é devido à influência dos óxidos de

melhor cristalinidade e presença do mosqueado (NOVAIS, 1977; ALVAREZ, V. et al., 1990), o que está de acordo com a sua menor desferrificação, em função da maior influência das oscilações do lençol freático.

De modo geral, observa-se que a dinâmica do fósforo mostra-se bastante singular, e pode ser entendida em uma hipótese que levem em consideração os aspectos do hidromorfismo. Nesses ambientes ocorrem, inicialmente, a redução e o fósforo que está fixado tende a ser liberado. O fósforo liberado é absorvido pelo fitoplâncton e passa a fazer, então, parte da biomassa. O fósforo presente na biomassa será retornado ao solo pela decomposição, onde parte do fósforo tornará disponível e outra será fixada pelos óxidos de ferro (RESENDE¹). Na próxima enchente ocorrerá novo processo de redução e o fósforo fixado será novamente liberado retornando ao ciclo.

A dinâmica do fósforo mostra como consequência direta o enriquecimento do lençol freático com o elemento. Informações em trabalhos publicados sobre a qualidade das águas na Bacia do Alto Paraguai (FIGUEIREDO et al., 1996; MARQUES et al., 1997), mostram que as médias da concentração de fósforo medidas em ambos os períodos do ano foram sempre elevadas. As médias estiveram acima do limite de 0,025 mg L⁻¹, estabelecido para as águas de classe II, conforme critérios da Resolução Conama nº 20/86 (CONAMA, 1992).

4.3.5. Carbono orgânico

Os teores de carbono orgânico nos dois perfis de solo são baixos a muito baixos e diminuem com a profundidade. Em geral, os resultados são similares àqueles publicados para os solos da sub-região do Pantanal de Poconé (SBCS, 2002). Entretanto, esperava encontrar maiores teores no solo CiP2, cuja posição favorece o maior acúmulo de carbono orgânico. A causa provável dos baixos teores de carbono orgânico, apresentado nos dois solos, pode ser atribuída à variação de água disponível durante o ano

¹ Reflexões sobre a dinâmica do fósforo nas águas do Pantanal (extraído de notas de aula dadas na Universidade Federal de Mato-grosso: Solos, no curso Biologia de Ambientes inundáveis) sem data.

e às altas temperaturas. No trabalho de campo, realizado durante o período seco (julho), observou-se grande quantidade de biomassa não decomposta sobre o solo, sugerindo que o déficit hídrico afeta a atividade microbiana e, portanto, a decomposição. A biomassa depositada permanece sobre o solo até o início do período chuvoso, época em que há maior disponibilidade de água e de fósforo e que, juntamente com as altas temperaturas, favorecem uma maior atividade fotossintética que culmina em maior oxigenação da água, reduzindo o DBO (demanda bioquímica de oxigênio), o que permite a maior decomposição da matéria orgânica, não permitindo o seu acúmulo.

A relação C/N apresenta valores muito baixo nos dois perfis de solo, o que se encontram dentro da faixa de normalidade para solos tropicais de drenagem mais restrita.

4.4. Formas cristalinas, amorfas e complexadas de ferro, alumínio e manganês

O resultado das extrações de ferro cristalino, amorfos e formas complexadas de ferro, alumínio e manganês dos solos CoP1 e CiP2 são apresentados no Quadro 4.

O ditionito é efetivo para extrair formas de ferro cristalino (óxidos), o amorfo e aquele organicamente ligado à fração mineral, além de extrair formas de polímeros de alumínio contidos nos óxidos de ferro e matéria orgânica (McKEAGUE e DAY, 1966; CONFFIN, 1963). O oxalato é usado para extrair a maior parte do ferro de materiais amorfos e, também, formas de polímeros de alumínio contido nos óxidos de ferro e matéria orgânica (McKEAGUE e DAY, 1966). O pirofosfato de sódio extrai o ferro e o alumínio ligados à matéria orgânica (SCHWERTMANN e TAYLOR, 1989).

Os resultados mostram que os teores de ferro, na forma cristalina, foram distintamente superiores no solo CoP1 e maiores nos horizontes com drenagem mais livre. No solo CiP2, por apresentar horizontes onde a drenagem é mais restrita, houve maior recuperação pelo oxalato, com exceção às zonas de ocorrência do mosqueado, onde formas pouco cristalinas coexistem com formas mais livres e oxidadas. Nesse caso, durante o período

seco, época que prevalece uma melhor drenagem e/ou abaixamento do lençol freático, possibilitou uma acumulação localizada de Fe^{3+} que, embora haja a alteração das condições do meio para situações de drenagem mais restrita na época chuvosa, persistiu no meio como forma de mosqueado (SCHWERTMANN e TAYLOR, 1989).

Quadro 4: Teores de ferro, alumínio e manganês extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (d), oxalato ácido de amônio (o) e pirofosfato de sódio (p) em amostras de TFSA dos solos CoP1 (Ambiente Cordilheira) e CiP2 (Ambiente Campo de inundação periódica)

Horiz.	Prof.	Fed ¹	Feo	Fep	Al _d	Al _o	Al _p	Mnd
----- cm -----		----- g kg ⁻¹ -----						
----- CoP1 - Luvissoilo Hipocrômico Órtico planossólico -----								
A	0-18	17,88	7,19	3,67	2,03	3,59	5,72	0,27
2Bt	18-51	20,85	0,39	4,40	1,59	2,14	9,20	0,26
2BC	51-100	26,29	0,36	3,42	2,75	4,51	9,42	0,17
2C1	100-119	4,94	0,20	2,21	1,96	2,96	8,54	0,08
2C2	119-134	3,53	0,26	3,17	2,28	4,85	11,70	0,04
3Cr	134-150+	3,21	0,26	0,71	1,42	2,03	3,93	0,09
----- CiP2 - Gleissoilo Háptico Tb Distrófico argissólico -----								
A	0-9	0,94	0,22	0,74	1,14	2,55	3,49	0,04
Btg1	9-26	2,20	0,62	0,74	2,25	3,60	2,39	0,03
2Btg2	26-53	5,47	1,01	0,22	1,82	2,96	1,96	0,03
2Cg1	53-70	13,07	7,88	0,13	2,74	3,80	0,92	0,04
2Cg2	70-90+	2,22	0,92	0,11	1,82	2,77	0,95	0,04

^{1/} Soma das três extrações

As relações Feo/Fed (Quadro 5) foram maiores no solo CiP2, o que indica que neste solo prevalecem as formas de ferro com baixo grau de cristalinidade, e está de acordo com sua condição de maior hidromorfismo em relação ao solo CoP1. No solo CoP1 houve maior relação em superfície, o que indica o efeito da matéria orgânica na menor cristalinidade dos óxidos de ferro (SCHWERTMANN e TAYLOR, 1989).

Os dados obtidos mostram elevados teores de alumínio tanto pelo ditionito como pelo oxalato (Quadro 4). Dentre os extratores que mais recuperou alumínio destaca-se o oxalato, caracterizando formas de polímeros ou de baixa cristalinidade (BORGGAARD, 1988) o que está em função da maior movimentação do lençol freático e, ao oxalato ser um forte ligante,

dissolvendo mais eficientemente formas de alumínio ligado à matéria orgânica (McKEAGUE e DAY, 1966; BORGGAARD, 1988) além deste elemento não ser afetado por agentes redutores. Como consequência, a relação Alo/Ald (Quadro 5) permaneceu alta, representando formas de alumínio de alta atividade nos solos, o que está relacionado a polímeros de alumínio, superfícies intemperizadas de argilominerais e hidróxi-Al silicatos amorfos (KAMPF et al., 1996) ou relacionadas a algumas formas de alumínio ligado à matéria orgânica (BORGGAARD, 1988).

Quadro 5: Relações derivadas dos teores de ferro, alumínio e suas frações dos solos CoP1 (Ambiente Cordilheira) e CiP2 (Ambiente Campo de inundação periódica)

Horiz.	Prof. (cm)	Feo/Fed ¹	Alp/Ald	Alo/Ald	Alp/Fep
----- CoP1 - Luvisolo Hipocrômico Órtico planossólico -----					
A	0-18	0,40	2,82	1,77	1,56
2Bt	18-51	0,02	5,80	1,35	2,09
2BC	51-100	0,01	3,42	1,64	2,76
2C1	100-119	0,04	4,37	1,52	3,87
2C2	119-134	0,07	5,13	2,13	3,69
3Cr	134-150+	0,08	2,77	1,43	5,52
----- CiP2 - Gleissolo Háptico Tb Distrófico argissólico -----					
A	0-9	0,24	3,05	2,23	4,74
Btg1	9-26	0,28	1,06	1,60	3,24
2Btg2	26-53	0,19	1,07	1,62	9,06
2Cg1	53-70	0,60	0,33	1,39	7,19
2Cg2	70-90+	0,41	0,52	1,53	8,97

^{1/} com base na 1ª extração

O pirofosfato de sódio extraiu maiores teores de alumínio (Quadro 4), sugerindo que seja o principal cátion ligado a compostos orgânicos. A relação Alp/Fep (Quadro 5) é alta em todos os horizontes dos dois solos, indicando a dominância do Al-húmus sobre o complexo Fe-húmus, sendo que, no solo CiP2, o Fe-húmus teve seu maior valor relativo. Quanto à relação Alp/Ald (Quadro 5), apresentou valores altos e variáveis em todos os horizontes dos dois solos, indicativos do processo de translocação de Al-húmus.

O teor de manganês, obtido pelo extrator ditionito, foi muito baixo em ambos os solos (Quadro 4). Nesse caso, mostra a influência de hidromorfismo

na sua solubilidade, o que tende a ser preferencialmente lixiviado em relação aos demais elementos (SCHWERTMANN e TAYLOR, 1989).

4.5. Ataque sulfúrico e mineralogia

Os resultados do ataque sulfúrico estão representados no Quadro 6. Considerando que o somatório da porcentagem dos óxidos foi menor que os teores de argila obtidos (Quadro 2), exceto para os horizontes 2BC2 do solo CoP1 e 2Cg2 do solo CiP2. Podemos admitir que somente a fração argila foi atacada pelo H_2SO_4 . Os resultados na análise mineralógica qualitativa das frações argila natural, desferrificada, silte e argila tratada com NaOH 5M, para concentração de óxidos de ferro, estão apresentados nas Figuras 12, 13, 14, 15, 16 e 17.

Os resultados mostram que a mineralogia dos dois solos é muito semelhante. Isso é interessante, pois embora os materiais sedimentares, que formaram os solos, apresentam discontinuidades que são claramente evidenciadas pelas características físicas e químicas, inclusive o ataque sulfúrico dos solos, isso não se reflete na mineralogia dos solos, ou seja, em ambientes como os estudados, a mineralogia tende a ser mais uniforme e não pode ser utilizada como critério de distinção de solos.

Os minerais identificados na fração argila natural foram caulinita, ilita, vermiculita com hidróxi entre camadas, quartzo, esmectita e óxidos de ferro, com predominância da caulinita, embora a ilita (ou mesmo muscovita parcialmente intemperizada) ocorra em proporções importantes. Assim, os minerais identificados nesses solos são do tipo 2:1, o que está de acordo com os valores de K_i elevados (Quadro 6) observados em todos os horizontes dos dois solos e são semelhantes àqueles publicados pela SBCS (2002) na região, obedecendo aos mesmos tratamentos e aquecimentos na fração argila.

Nas Figuras 12 e 13, da fração argila desferrificada saturada com magnésio e glicolada após ser saturada com potássio e aquecida a $350^\circ C$, observou-se claramente a expansão difusa de vermiculita com hidróxi entre camadas no solo CoP1 com pico de 1,4 nm para 1,6 nm, indicando o seu colapso quase completo, e mostra que o grau de preenchimento entre as entre camadas não é muito expressivo (BARNHISEL e BERTSCH, 1989). Isso

sugere que a complexação matéria orgânica-alumínio, observada nos resultados da extração com pirofosfato (Alp) (item: 4.4), esteja contribuindo para este fraco preenchimento.

Quadro 6: Teores de SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂, K₂O obtidos pelo ataque sulfúrico na TFSA, relações moleculares Ki, Kr e Al₂O₃/Fe₂O₃ do solo CoP1 (Ambiente Cordilheira) e CiP2 (Ambiente Campo de inundação periódica)

Horiz.	Prof.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	Ki	Kr	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Σ (óxidos)
----	cm	----- dag kg ⁻¹ -----								
----- CoP1- Luvisolo Hipocrômico Órtico planossólico -----										
A	0-18	11,53	4,79	2,32	0,17	0,73	4,09	3,13	3,24	20
2Bt	18-51	31,09	14,23	5,57	0,34	1,45	3,71	2,97	4,01	53
2BC	51-100	30,30	12,95	5,58	0,32	1,42	3,98	3,12	3,64	51
2C1	100-119	30,33	17,25	4,63	0,40	2,03	2,99	2,55	5,85	55
2C2	119-134	46,28	20,11	5,05	0,38	1,98	3,91	3,37	6,25	74
3Cr	134-150+	8,11	3,62	0,90	0,08	0,45	3,81	3,29	6,31	13
----- CiP2 - Gleissolo Háplico Tb Distrófico argissólico -----										
A	0-9	14,90	6,48	1,21	0,17	0,87	3,91	3,49	8,41	24
Btg1	9-26	31,80	16,85	5,14	0,32	1,56	3,21	2,69	5,15	56
2Btg2	26-53	21,34	9,90	4,77	0,20	1,03	3,66	2,80	3,26	37
2Cg1	53-70	18,59	9,23	3,35	0,15	0,76	3,42	2,78	4,33	32
2Cg2	70-90+	19,23	10,06	4,33	0,28	0,8	3,25	2,55	3,65	35

Já no solo CiP2, a expansão difusa de vermiculita com hidróxi entre camadas revelou tendência ao colapso característico a 1,0 nm. Nesse caso, o contraste observado indica uma diferença entre os dois ambientes, no que se refere à possibilidade de formação de esmectita, positiva no solo CoP1 e negativa no solo CiP2. De acordo com KELLER (1964), a gênese da esmectita está associada a condições de elevada relação Si/Al, abundância de Mg, Ca, Na e Fe e baixa concentração de íons H. No entanto, tais condições não são encontradas de maneira tão evidente no solo CiP2, visto que esse solo apresenta empobrecido em bases em relação ao solo CoP1.

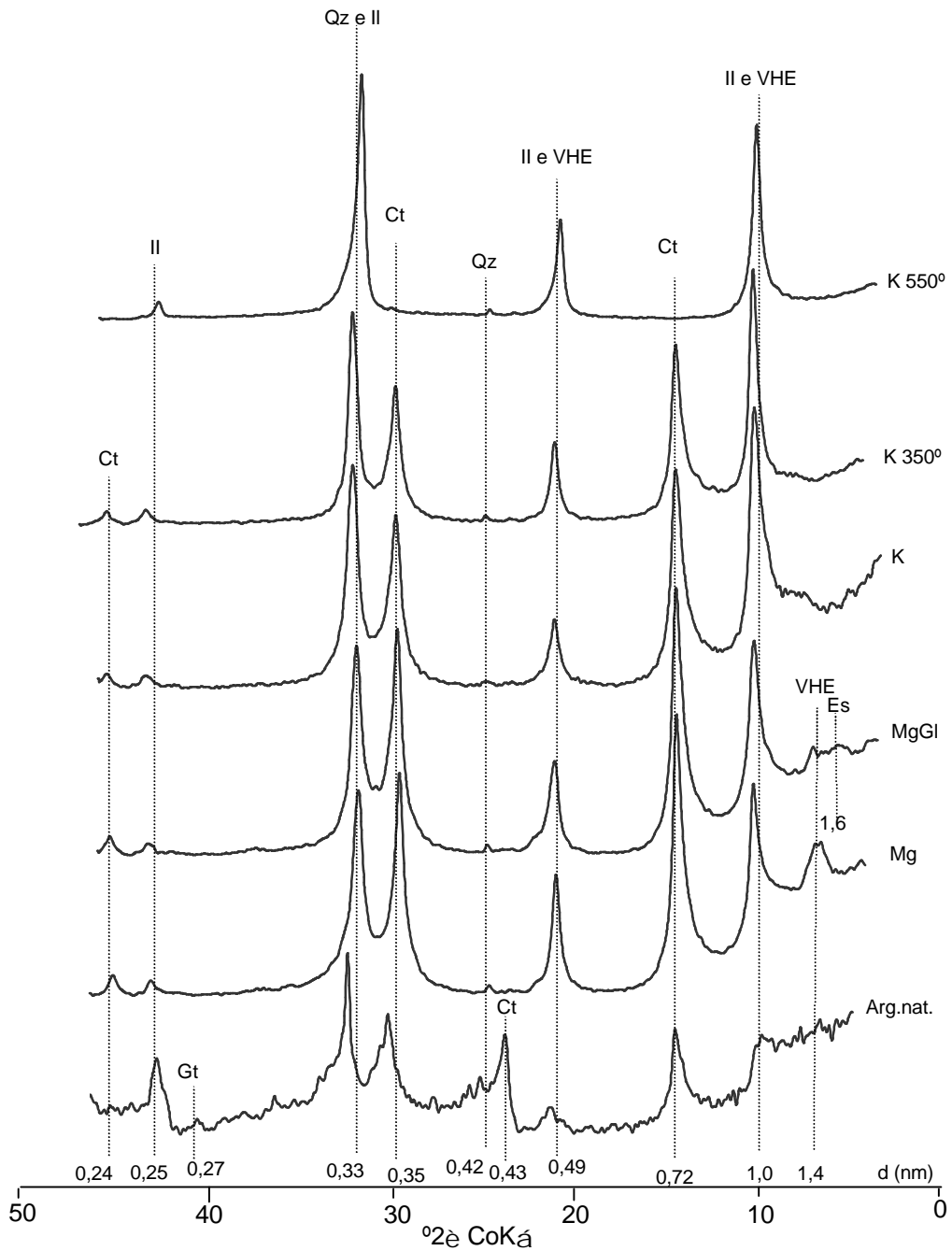


Figura 12: Difratoograma de raios-X da fração argila natural e argila desferrificada, saturada com Mg, MgGI, K 25°C, K 350°C e K 550°C, do horizonte Bt do solo Cop1 (Ambiente Cordilheira). VHE= vermiculita com hidróxi entre camadas; Ct= caulinita; Es= esmectita; Il= ilita e Qz= quartzo.

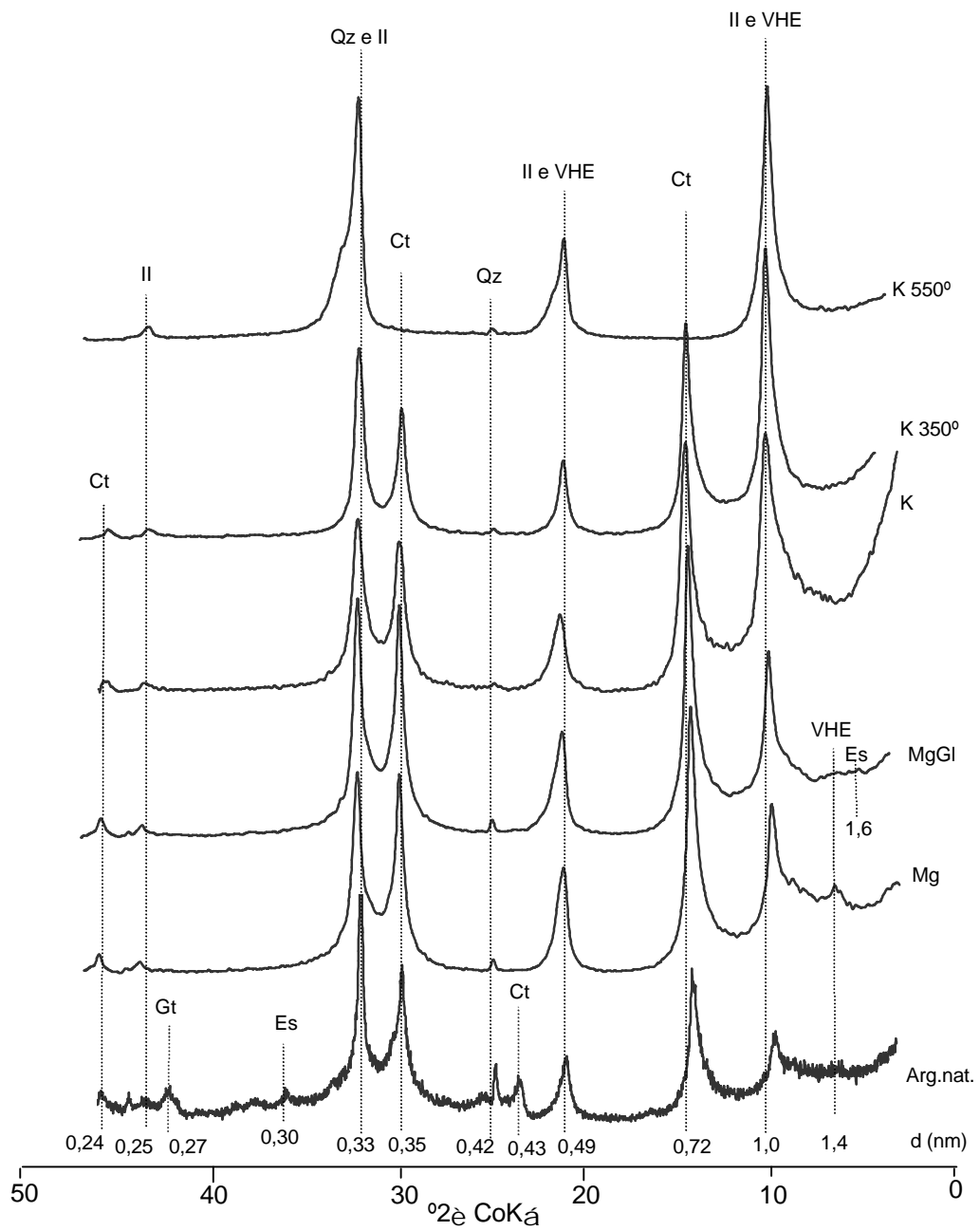


Figura 13: Difratoograma de raios-X da fração argila natural e argila desferrificada, saturada com Mg, MgGI, K 25°C, K 350°C e K 550°C, do horizonte Bt do solo CiP2 (Ambiente Cordilheira). VHE= vermiculita com hidróxi entre camada; Ct= caulinita; Es= esmectita; II= ilita e Qz= quartzo.

A fração silte de ambos os solos apresenta quartzo como mineral dominante, mas também ilita e caulinita e ilmenita como acessório (Figuras 14 e 15).

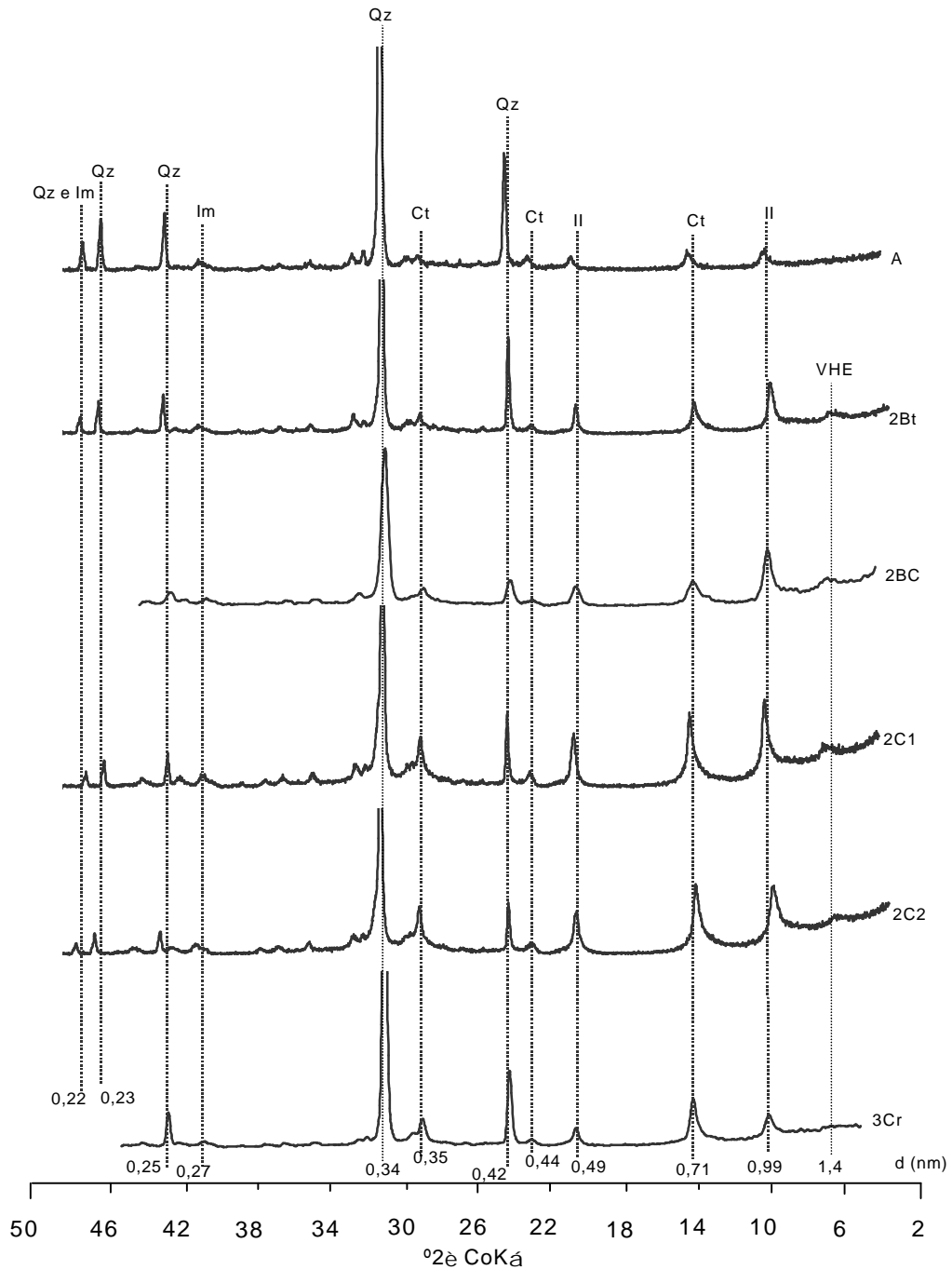


Figura 14: Difratoograma de raios-X da fração silte do solo CoP1 (Ambiente Cordilheira). VHE= vermiculita com hidróxi entre camadas; Il= ilita; Ct= caulinita; Fd= feldspato; Qz= quartzo e Im= ilmenita.

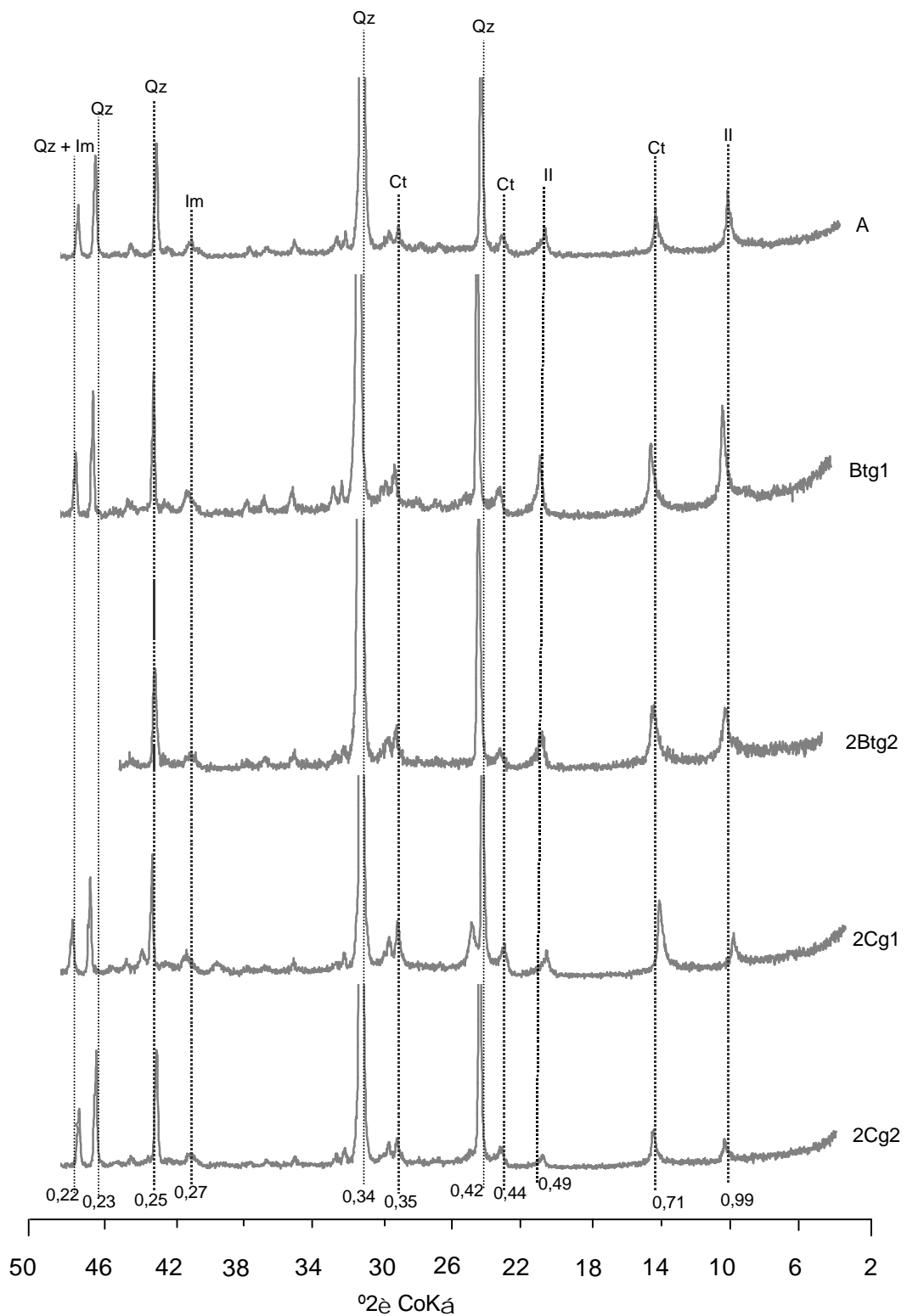


Figura 15: Difratoograma de raios-X da fração silte do solo CiP2 (Ambiente Campo de inundação periódica). Il= ilita; Ct= caulinite; Fd= feldspato; Qz= quartzo e Im= ilmenite.

A fração areia, por sua vez, é constituída essencialmente por quartzo e alguma ilmenita no solo CoP1.

Na fração argila, em que foram concentrados os óxidos de ferro ocorrem goethita e hematita, além de lepidocrocita (Figuras 16 e 17).

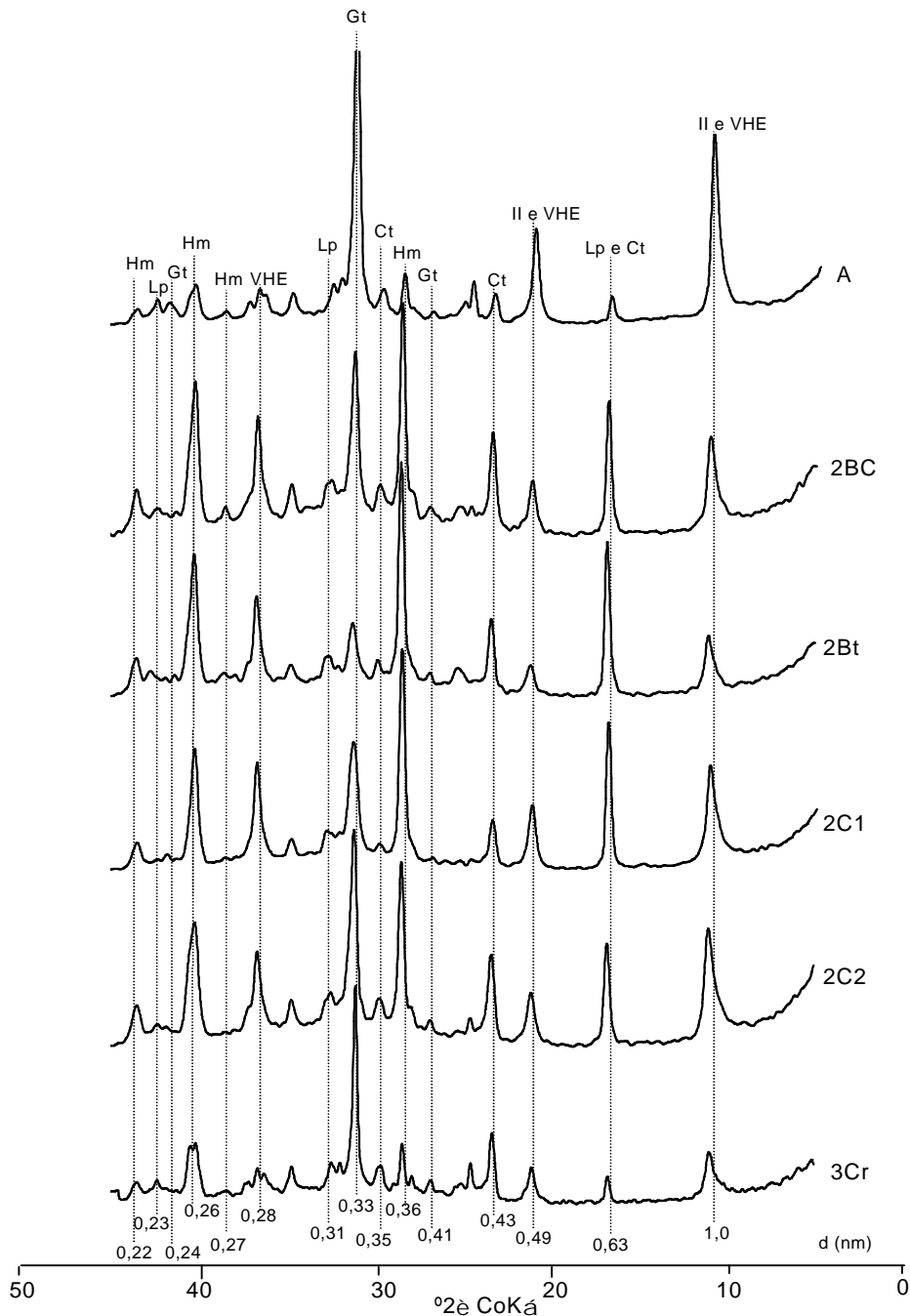


Figura 16: Difratoograma de raios-X da fração argila após concentração dos óxidos de ferro com $\text{NaOH } 5 \text{ mol L}^{-1}$ do solo CoP1 (Ambiente Cordilheira). Gt= goethita; Hm= hematita e Lp= lepidocrocita.

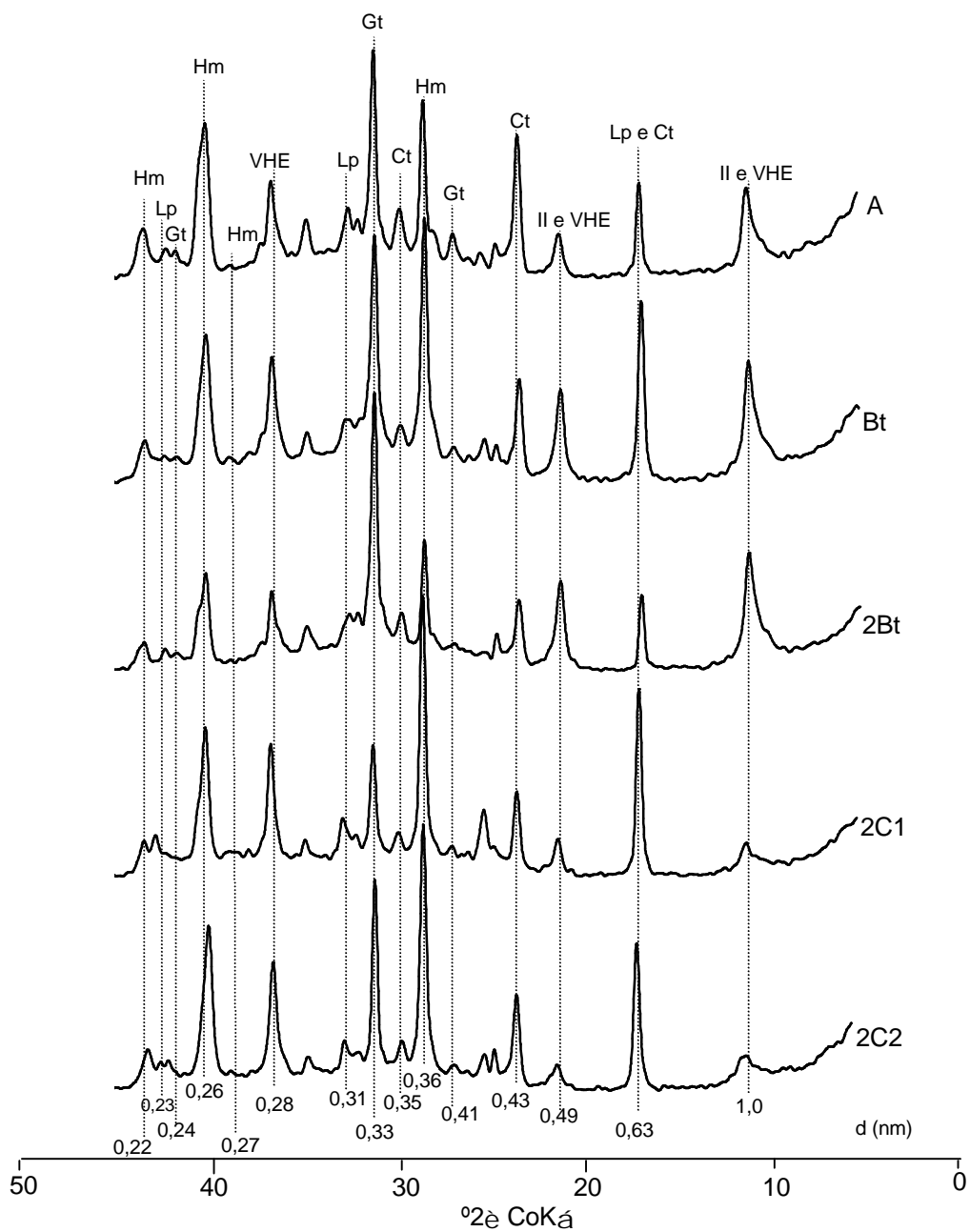


Figura 17: Difratoograma de raios-X da fração argila após concentração dos óxidos de ferro com NaOH 5 mol L⁻¹ do solo CiP2 (Ambiente Campo de inundação periódica). Gt= goethita; Hm= hematita e Lp= lepidocrocita.

A comparação dos teores de óxidos do ataque sulfúrico (Quadro 6), entre os dois solos e mesmo entre os horizontes de um mesmo solo, evidencia a característica da variabilidade dos materiais sedimentares, o que não é mostrado pela mineralogia dos solos.

O comportamento do Al_2O_3 em todos os horizontes evidenciou sua pequena mobilidade. Isso sugere, que parte do alumínio liberado no intemperismo esteja formando intercamada com o ferro ferroso (Fe^{2+}) presente em argilas 2:1, como a vermiculita com hidróxi entre camadas (VHE). Essa hipótese baseia-se, principalmente, nos padrões de raios-X. Os padrões de raios-X mostram espaçamentos 1,4 nm parcialmente em colapso, indicando silicatos 2:1 com lâminas de OH nas intercamadas.

Os teores de Fe_2O_3 são baixos e condizentes com os processos hidromórficos atuantes nesses solos. Eles encontram-se na mesma ordem de grandeza daqueles encontrados pela SBCS (2002), na sub-região do Pantanal de Poconé. Embora os teores de Fe_2O_3 não sejam elevados, o poder pigmentante dos óxidos de ferro, em especial da hematita, imprime aos solos tonalidades avermelhadas, o que é mais expressivo no solo CoP1.

A variabilidade dos teores de TiO_2 está relacionada e evidencia as descontinuidades litológicas observadas nos dois solos.

Os teores de K_2O apresentam grandes variações nos dois solos e, estão associados à variabilidade e natureza do substrato rico em ilita. Os teores relativamente elevados de K, que foram observados no complexo de troca (Item 4.3.2), podem indicar que a ilita apresenta-se bastante alterada. Considerando que os sedimentos são ricos em micas, é possível que a origem da VHE, nestes solos, obedeça à seqüência mica – ilita – vermiculita – vermiculita com hidróxi entre camadas (BARNHISEL e BERTSCH, 1989) e seja favorecida pelas condições de pH do meio.

4.6. Fracionamento da matéria orgânica

O resultado do fracionamento revela que o carbono recuperado por meio da soma das frações foi alto, apresentando teores maiores do que aqueles do carbono orgânico total (COT), em grande parte dos horizontes de ambos os solos. Este resultado está em função da metodologia e dos solos apresentarem baixos teores de carbono orgânico (COT) (Quadro 7), além das variações na reatividade e solubilidade das frações (BORGGAARD, 1988).

Quadro 7: Fracionamento do carbono orgânico total (COT) em frações ácidos húmicos (FAH), ácidos fúlvicos (FAF) e humina (H) e diversas relações entre as frações dos solos CoP1 (Ambiente Cordilheira) e CiP2 (Ambiente Campo de inundação periódica)

Horiz	Prof.	C orgânico nas frações			COF ¹	COT ²	C rec. ³	C orgânico como: FAH/FAF (FAH+FAF) (FAH+FAF)/					
		FAH	FAF	FHU				FAH	FAF	FHU	COT	FHU	
--- cm ---		----- dag kg ⁻¹ -----			-- % --		----- % -----						
----- CoP1 - Luvissoilo Hipocrômico Órtico planossólico -----													
A	0-18	0,20	0,06	0,56	0,83	1,17	71	24	7	67	3,13	0,23	0,47
2Bt	18-51	0,12	0,01	0,32	0,45	0,30	148	27	2	71	19,06	0,43	0,41
2BC	51-100	0,08	0,00	0,23	0,31	0,20	158	26	0	74	16,53	0,44	0,39
2C1	100-119	0,09	0,00	0,30	0,40	0,24	164	23	0	75	25,43	0,39	0,31
2C2	119-134	0,16	0,00	0,40	0,57	0,35	163	28	0	70	32,45	0,48	0,42
3Cr	134-150+	0,07	0,00	0,13	0,21	0,06	324	33	0	62	25,00	1,16	0,55
----- CiP2 - Gleissolo Háplico Tb Distrófico argissólico -----													
A	0-9	0,19	0,01	0,80	1,01	0,82	123	19	1	79	14,25	0,25	0,26
Btg1	9-26	0,19	0,01	0,78	0,99	0,62	158	19	1	79	13,19	0,33	0,26
2Btg2	26-53	0,15	0,01	0,28	0,43	0,33	133	35	2	65	18,15	0,49	0,57
2Cg1	53-70	0,07	0,01	0,13	0,20	0,16	121	35	5	65	12,55	0,43	0,55
2Cg2	70-90+	0,08	0,00	0,17	0,26	0,18	140	31	0	65	16,67	0,47	0,51

COF¹: carbono orgânico das frações ácido húmico + ácido fúlvico + humina

COT²: carbono orgânico total obtido pelo método de Yoemans & Bremner, (1988)

C rec.³: carbono recuperado

Dentre as frações humina (FH), ácidos húmicos (FAH) e ácido fúlvico (FAF) destaca-se a fração humina. Em geral, a proporção foi FH > FAH > FAF (Quadro 7). A menor recuperação das frações ácido fúlvico e ácido húmico está em função da maior reatividade e solubilidade das mesmas, e a maior recuperação da fração humina em função da sua forma menos solúvel e reativa (BORGGAARD, 1988).

O comportamento das frações ácido húmico e, principalmente da fração ácido fúlvico, está relacionado com as condições de hidromorfismo temporário nos ambientes estudados. A alta mobilidade das frações faz com que fiquem, no sistema, as frações mais estáveis (BORGGAARD, 1988). A redução da relação FAH/FAF evidencia a maior mobilidade da fração ácido fúlvico (FAF) e a distribuição descontínua da fração ácido húmico (FAH) por todos os horizontes dos dois solos. A presença de argilominerais no solo, em especial os minerais 2:1, parece favorecer a fixação dos compostos orgânicos, no caso a fração ácido húmico, impedindo a sua percolação para o lençol freático (BORGGAARD, 1988).

A relação $(FAH + FHF)/COT$ apresentou-se baixa (abaixo de 1) e variou em todos os horizontes dos dois solos, exceto no horizonte 3Cr do solo CoP1, que apresentou valor maior que a unidade (1). Este comportamento indica que neste horizonte há evidente translocação e deposição, enquanto, nos demais, não está havendo deposição do material translocado de maior solubilidade, ficando apenas o material humificado mais estável no sistema.

A relação $(FAH + FHF)/FHU$, obtida em todos os horizontes dos dois solos foi menor que a unidade (1), com tendências ao aumento em profundidade, o que confirma a dominância da fração com maior grau de polimerização (fração humina) menos solúvel e reativa sobre as outras frações mais reativas e solúveis (frações ácido fúlvico e ácido húmico).

4.7. Considerações sobre a gênese, classificação e uso dos solos estudados

Os solos CoP1 (ambiente Cordilheira) e CiP2 (ambiente Campo de inundação periódica) estão situados na sub-região do Pantanal de Poconé, cujas características ambientais, tais como relevo, vegetação, material de origem e hidromorfismo os caracterizam, até certo ponto, como semelhantes. Entretanto, os solos são diferentes e as diferenças refletem a sua gênese, onde uma pequena variação de cota promovendo uma variação da intensidade do hidromorfismo é o principal fator.

O tipo de drenagem, pobre ou às vezes impedida, refletindo as condições ambientais, e em especial o relevo plano, permite a inserção dos solos na classe dos não hidromórficos (CoP1) e hidromórficos (CiP2). Essa característica, em conjunto com a presença de descontinuidades litológicas no material de origem dos solos, explica, em grande parte, a maioria das características genéticas dos dois solos. As características morfológicas refletem o tipo de drenagem, onde a ocorrência do processo da redução é particularmente evidente no solo CiP2, apresentando cores com tonalidades acinzentadas. O mesmo acontece no solo CoP1, porém predomina o matiz 5YR com tonalidade mais avermelhada, o que indica menor gleização.

A contribuição do hidromorfismo na gênese desses solos ocorre em sentido ascendente, em função da presença de lençol freático elevado e, também, em sentido descendente, em função de características morfológicas, sobretudo da presença de um horizonte B textural compacto e pouco permeável, que é condição favorável a estagnação superficial de água que leva à ocorrência do processo de pseudo-gleizamento, sendo mais evidente no solo CiP2.

Esse processo somente ocorre se considerarmos que, na época úmida, o horizonte A fica saturado com água. Isso ocorre porque o horizonte B é mais compacto, pouco permeável e apresenta uma estrutura com grau forte. Essa característica tende a favorecer a estagnação superficial da água após o período chuvoso, formando-se assim uma zona saturada com água acima do horizonte B. Durante o período de estagnação da água aparentemente não há penetração da água nos agregados, em função do grau forte de estabilidade da estrutura dos solos. Quando da passagem dos meses chuvosos para os meses secos, a água antes estagnada evapora-se em função das altas temperaturas ou escoase por canais de drenagem formados em função da contração dos solos, ocorrendo o hidromorfismo descendente.

A identificação feita a campo, da presença de pequenas raízes ao longo dos solos, pode favorecer uma rápida absorção dos restos da umidade antes em excesso e, desse modo, o ferro ferroso tende a precipitar sob a forma férrica em zonas de melhor oxidação, formando os mosqueados, sobretudo os identificados na parte inferior do horizonte A dos dois solos. De fato, no horizonte B apenas há transformação do ferro ao longo e nas proximidades dos locais de drenagem preferencial durante a época úmida ou influência de lençol freático elevado. Nesse horizonte, nos canalículos formados pelas raízes dá-se a lixiviação do ferro solubilizado, resultando na existência de canais de cor acinzentada identificados na descrição do solo CiP2.

Para a classificação dos referidos solos, no atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, considerando as suas características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas do horizonte B diagnóstico, pode-se destacar as seguintes propriedades: 1) textura argilosa e espessura superior a 7,5 cm;

2) presença de gradiente textural; 3) presença de cerosidade, apenas no solo CoP1; 4) capacidade de troca catiônica de $19,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para o solo CoP1 e $11,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para o solo CiP2; 5) saturação de bases inferiores a 50%; 6) caráter álico; 7) caráter solódico, para o solo CoP1; e 8) argila de atividade alta no solo CoP1. Os horizontes superficiais enquadram-se por suas características de cor, espessura e teor de carbono orgânico, no tipo A moderado. Com relação ao horizonte subsuperficial, apresentam horizonte B textural em função da espessura e presença de relação textural. A gênese do horizonte B, no solo CoP1, caracteriza o processo de podzolização com a presença da cerosidade e relação textural, e no solo CiP2 o processo de gleização com a ocorrência da redução, apresentando cores acinzentadas.

Considerando o conjunto das propriedades dos solos, pode-se avaliar que são pouco favoráveis às culturas de modo geral, principalmente, se envolver práticas que alterem as condições atuais de equilíbrio dos ambientes, como a irrigação, adubação, etc. Características como o desbalanço do complexo de troca presente nos dois solos, os elevados teores de alumínio trocável e os altos teores de sódio trocável, em especial, no solo CoP1 complicam ainda mais o problema. De fato, as limitações naturais e o apelo preservacionista dos órgãos ambientais, em relação ao Pantanal Mato-grossense, indicam que a alternativa mais adequada de uso dos solos seja como reserva natural e ecoturismo, onde há menos interferência no equilíbrio natural dos ambientes. Também é viável o uso como pastagens naturais, em particular aquelas presentes nos campos de inundação periódica, desde que obedeça a sua baixa capacidade de suporte, sendo esta a opção mais viável para as condições de pecuária extensiva, considerada atividade histórica e com papel estratégico no desenvolvimento da região.

5. CONCLUSÕES

Os trabalhos de campo e escritório, bem como os resultados apresentados e discutidos a respeito das características físicas, químicas e mineralógicas permitiram estabelecer as seguintes conclusões:

- Os solos foram classificados como Luvissole Hipocrômico Órtico planossólico, A moderado, textura argilosa, fase cerrado mesotrófico sobre cordilheira relevo plano e Gleissolo Háptico Tb Distrófico argissólico, A moderado, textura argilosa, fase cerrado mesotrófico sobre campo de inundação periódica relevo plano.
- Os resultados para as características morfológicas indicaram que o tipo de drenagem dos ambientes teve contribuição distinta na gênese dos dois solos, sendo a cor a propriedade que mais visivelmente evidenciou essa diferença, ocorrendo cores com matizes mais avermelhado no solo CoP1 e mais acinzentado no solo CiP2.
- O tipo de estrutura apresentada nos dois solos, quanto à forma, prismática no solo CoP1 e em blocos angulares e subangulares no solo CiP2, ambas em grau forte, evidenciam o bom desenvolvimento pedogenéticos dos solos estudados.
- As características físicas dos dois solos estudados evidenciaram a presença de discontinuidades litológicas, o que é compatível com a variabilidade do material de origem sedimentar.

- A presença de descontinuidades litológicas e o tipo de drenagem pobre ou às vezes impedida nos dois solos permitiram explicar a maioria das características morfológicas, físicas e químicas. Não sendo eficiente na distinção quanto às características mineralógicas. A mineralogia dos dois solos, entretanto, não foi influenciada por esses fatores.
- A variação de hidromorfismo entre os dois solos, associada à pequena diferença de cota, é fator de maior importância na pedogênese dos solos e, também, um dos principais critérios de diferenciação dos ambientes.
- A presença de características morfológicas, como horizonte B compacto e pouco permeável, favoreceu a estagnação superficial da água que levou a ocorrência do processo de pseudo-gleizamento, em particular no solo CiP2.
- Considerando a ocorrência de elevados teores de alumínio trocáveis em ambos os solos, bem como a impossibilidade de enquadramento do caráter aluminico, sugere-se a necessidade de reconhecimento deste caráter em níveis categóricos mais baixos, no atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, em razão da importância do alumínio como cátion no complexo de troca da maioria dos solos na região.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

- AB' SABER, A N. O Pantanal Mato-Grossense e a teoria dos Refúgios. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Revista Brasileira de Geografia – IBGE, ano 1 nº 1, Rio de Janeiro, p9-57,1988.
- ADÂMOLI, J. O Pantanal e suas relações fitogeográficas com os cerrados: discussão sobre o conceito “Complexo do Pantanal”. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 32. 1981, Teresina. Anais... Teresina: Sociedade Botânica do Brasil, p109-119. 1982.
- ALMEIDA, F. F. M. Geologia do Centro-Oeste Mato-Grossense. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia. Rio de Janeiro (215): p1-133. 1964.
- ALMEIDA, F. F. M. Geologia Do Sudoeste Mato-Grossense. Departamento Nacional de Produção Mineral. Divisão de Geologia e Mineralogia. Rio de Janeiro 1945. 118p (Boletim, 116)
- ALVARENGA, S.M.; BRASIL, A E.; PINHEIRO, R; KUX, H.J.H. Estudo geomorfológico aplicado à bacia do Alto Paraguai e Pantanaís Mato-grossenses. Salvador. Boletim técnico. Série Geomorfológica -Projeto RADAMBRASIL, p89-183. 1984.
- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R.F. ; BARROS, N.F.; CATARUTI, R.B.; LOPES, A. S. Interpretação de resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V. H., (ed) Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, Comissão de Fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais, 5 aproximação. Viçosa, MG. 1999. 359p.
- ALVAREZ, V. V. H.; FONSECA, D. M. Definição de doses de fósforo para a determinação da capacidade máxima de adsorção de fosfatos e para ensaios em casa de vegetação. R. bras. Ci. Solo, Campinas. 1990. p49-55.

- AMARAL FILHO, Z. P. Solos do Pantanal Mato-grossense. In: Anais do 1º Simpósio Sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal. Corumbá, MS. p 91-103. 1986.
- BARNHISEL, R. I.; BERTSCH, P.M. Chlorites and Hidroxy-Interlayred Vermiculite and Smectitte. In: DIXON, J. B. e WEED, S. B. (eds.) Minerals in soil environments. Soil Sci. Soc. Am., Madison, USA, p.729-779, 1989.
- BARROS, A M.; SILVA, R. H.; CARDOSO, O R. F. A; FREIRE, F. A; JÚNIOR, J. J. S.; RIVETTI, M.; LUZ, D. S.; PALMEIRA, R. C. B.; TASSINARI, C. C. G. Geologia. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD. 21 Cuiabá. Rio de Janeiro. Levantamento de Recursos Naturais, v. 26, p25-192, 1982.
- BOGGAARD, O.K. Phase identification by selective dissolution techniques in: STTUCKI, J.W.; GOODMAN, B. A.; SCHWERTMANN, U. (eds). Iron in Soils and Clays Minerals. Reidel Pub. Comp., Dordrecht, p83-98, 1988.
- BRASIL. Ministério do Interior. Estudo de desenvolvimento integrado da bacia do Alto Paraguai: Relatório da 1 fase, descrição física e recursos naturais. Brasília: SUDECO/EDIBAP, t.2, 235p. 1979.
- BRINKMAN, R. Ferrollysis, a hydromorphic soil forming process. Geoderma, v.3. p199-206, 1970.
- CAMPOS, C. E. B. Indicadores de campo para solos hidromórficos do planalto de Viçosa. Viçosa, MG, UFV, Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas) Universidade Federal de Viçosa. 1999.
- CAVALCANTI, M.A. Estratificação de ambientes, com ênfase no solo, da região de Itacaré –BA. Viçosa, MG. 73p. Dissertação (Mestrado em solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1994.
- COMASTRI FILHO, J. A.; POTT, A. Introdução e avaliação de forrageiras em “Cordilheira” desmatada na sub-região dos Paiaguás, Pantanal Mato-Grossense. Corumbá, MS: EMBRAPA-CPAP, 40p. 1996. (EMPRAPA-CPAP. Boletim de Pesquisa, 5).
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE: Resoluções 1984-1991. 4ª ed. Brasília: SEMAM/CONAMA/IBAMA, 1992.
- CONFFIN, D. E. A Method for the Determination of Free Iron in Soils and Clays. Canadian Journal of Soil Science. p7-17, 1963.
- CORRÊA FILHO, V. Pantanaís Mato-grossenses; devassamento e ocupação. Rio de Janeiro, RJ. IBGE. 170p. 1946. (Série A. Bibliogeografia brasileira, 3).
- CORRÊA, J.A.; COUTO, E. A Projeto Aluviões Diamantífero de Mato Grosso. Relatório Final. DNPM/CPRM, Goiânia. p13-14. 1972.

- COUTINHO, L. M. O cerrado e a ecologia do fogo. *Ciência Hoje*. p22-31. 1990.
- CUNHA, C. N.; JUNK, W. J. Composição florística de capões e cordilheiras e a localização das espécies lenhosas quanto ao gradiente de inundação no Pantanal de Poconé, MT, Brasil. *Simpósio sobre Recursos Naturais e Econômico do Pantanal: Manejo e Conservação*, 2, 1996. Corumbá. Anais. Brasília: Embrapa-SPI.
- CUNHA, N. G. Considerações sobre os solos da sub-região da Nhecolândia, Pantanal Mato-grossense. Corumbá, EMBRAPA-UEPAE. 45p. 1980.
- DEFELIPO, B. V.; RIBEIRO, A. C. *Análise química do solo*. 2ed. Viçosa, MG: UFV. 22p. 1991. (Boletim de Extensão, 29).
- DISPERATI, A. A. *Obtenção e uso de fotografias aéreas de pequeno formato*. Curitiba: UFPR/FUPEF, 290p. 1991.
- DNOS Relatório Técnico Estudos Hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai. Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento, Rio de Janeiro, 284p. 1972.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análises de solo*. Rio de Janeiro, 212p. 1997.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Sistema brasileiro de classificação de Solos*. Brasília:Embrapa. Produção de informações, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 412p. 1999.
- FANNING, D. S.; FANNING M. C. B. *Soil – Morphology, genesis, and classification*. University of Maryland. 394p. 1989.
- FIGUEIREDO, A. J.; OLIVATI, O. Projeto alto Guaporé, relatório final. Goiânia, DNPM/CPRM. 11v. (relatório do arquivo técnico da DGM).DNPM Cuiabá. p10-21, 1974.
- FIGUEIREDO, D. M.; MARASCHIN, L.; APOITIA, L. F.; MELO, R. T.; KUNTZE, E. K. MORINI, A. A. E. T.; BOAS, J. L. V.; ROMIO, A. C.; ARAÚJO, A. A.; PRIANTE G. Qualidade da água do Alto Paraguai, Estado de Mato-grosso. In: *SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICO DO PANTANAL*, 2. Corumbá, MS. Manejo e Conservação. Anais...Corumbá: EMPRAPA Pantanal. p107-1130. 1996.
- FRANCO, M. do S. M.; PINHEIRO, R. *Geomorfologia*. Projeto RADAMBRASIL. Folha SE.21 Corumbá. Rio de Janeiro, p161-224. 1982. (Levantamento de Recursos Naturais, v. 27).
- GARCIA, E. A. C. *O clima do Pantanal Mato-Grossense*. Corumbá, EMPRABA-UEPAE, circular 14, 42p. 1984.

- GODOI FILHO, J.D. Aspectos geológicos do pantanal Mato-grossense e de sua Área de influencia 1o SIMPÓSIO Sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômico do Pantanal. Anais. EMBRAPA, Corumbá. p29-61. 1986.
- JACKSON, M.L. Soil chemical analysis – advanced course. Dept. Soils. Un. Wisconsin, Madison, W.I. 1956.
- JUNK, W. J.; SILVA C. J. Conceito do pulso de inundação e suas implicações para o pantanal de Mato Grosso. II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal: Manejo e Conservação. Anais. Corumbá: Embrapa Pantanal. p17-28, 1999.
- KAMPF, N. e SCHWERTMANN, U. The 5 M-NaOH concentration treatment for iron oxides in soil. Clays and Clay Minerals, Lawrence, v.30. p401-408. 1982.
- KAMPF, N. O ferro no solo. In: I REUNIÃO SOBRE FERRO EM SOLOS INUNDADOS, Goiana, Go. Anais...Goiânia, EMBRAPA – CNPAF. 1986. p35-47.
- KELLER, W. L. Processes of origin and alteration of clay minerals. In: Soil Clay Mineralogy: A Symp. C.I. Rich and G. W. Kunze, ed. Univ. Of North Carolina Press. p3-76. 1964.
- LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. SBCS, Campinas, 3º edição, 84p. 1996.
- LINDSAY, W.L. Chemical equilibria in soils. New York: John Wiley, 444p. 1979.
- LOBATO, L. A. O. Distribuição espacial de atributos pedológicas em áreas de cerrados mesotróficos no Pantanal de Poconé – MT – Cuiabá, MT: UFMT, Universidade Federal de Mato Grosso 2000. 138p Dissertação mestrado em Agricultura Tropical- Universidade Federal de Mato Grosso, 2000
- LUZ, J. S. Projeto Província Serrana -Relatório Final Ministério das Minas e Energia Depto. Nacional da Produção Mineral - Convênio DNPM/CPRM. Goiânia, 105p. 1978.
- MANTOVANI, E. C. Compactação do solo, Inf. Agropec. Belo horizonte, p52-55. 1987.
- MARQUES, D. D.; LUIZ, F. C. Qualidade das águas e dos sedimentos. In: Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai – PCBAP/Projeto Pantanal. Programa Nacional do Meio Ambiente. Brasília: PNMA. 3vol. p395-467. 1997.
- McKEAGUE, J. A.; DAY, J. H. Dithionite and Oxalate-Extractable Fe and Al as Aids in Differentiating Various Classes of Soils. Canadian Journal of Soil Science. p13-22. 1966.

- NOVAIS, R. F. Phosphorus supplying capacity of previously heavily fertilized soils. Raleigh, North Carolina State University, 153p. 1977.
- PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry of submerged soils. Advances in Agronomy, New York. p24-29, 1972.
- RANST, E. V. & CONINCK, F. Evaluation of ferrolysis in soil formation. Laboratory of Soil Science, Ghent University. European Journal of Soil Science, December (2002), p513-519. 2002.
- REZENDE, S. B.de. Levantamento de solo e uso atual, erosão e cobertura vegetal de três microbacias, no vale do rio Turvo Sujo com utilização de aerofotos não- convencionais. Viçosa, MG. UFV, 13p. 1986. (Projeto de Pesquisa).
- SANCHES, R. O. Estudio geomorfológico del pantanal; regionalización, subregionalización y sectorización geográfica de la depleción de la alta cuenca del Rio Paraguay, Convenio Governo Brasileiro/UNDP/OECA. Estudo de Desenvolvimento Integrado da Bacia do Alto Paraguai. 50p. 1977.
- SBCS - SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIENCIA DO SOLO in: Reunião Brasileira De Manejo e Conservação do Solo e da Água – XIV RBMCSA. Guia da excursão técnica da XIV RBMCSA: UFMT. Cuiabá. 68p il. 2002.
- SCHWERTMANN, U.; TAYLOR, R. M. Iron Oxides. In: Dixon, J. B. & Weed, S. B. (eds). Minerals in soil environments, 2ª ed. Madison, soil. Sc. Soc. Of Am. p379-438. 1989.
- SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas sub-regiões. Pesq. agropec. bras. Brasília, v.33, Número Especial, p1703-1711. 1998.
- SILVA, T. C. Contribuição da geomorfologia para o conhecimento e valorização do Pantanal. In: Anais do 1º Simpósio Sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal. Corumbá, MS. p77-90. 1986.
- SOUZA, C. A.; SOUSA J. B.; CUNHA S. B. Considerações Preliminares Sobre Impacto das “Chatas” nas Margens do Rio Paraguai-MT. Revista Ciência Geográfica. Ano VI, Vol. III n 17. Nov. Bauru. 2000
- STOOPS, G.; ESWARAN, H. Micromorfogy in wetland soil. Wethand soil, characterization, classification and utilization. International Rice Research Institute. Lar Danas. Laguna. Philippines. 1985.
- SWIFT, R. S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D. (Ed.). Methods of soil analysis. Parte 3. Chemical methods. Madison: Soil Sci. Soc. Am. p1018-1020. 1996. (Soil Sci. Soc. Am. Séries, 5)

- TARIFA, J. R. O sistema climático do Pantanal: da compreensão do Sistema à Definição de Pesquisa Climática. In: Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal, EMBRAPA-DDT, Corumbá, MS, p9-27. 1986.
- TEDESCO, J. M.; WOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS. 156p. 1985. (Boletim Técnico 5).
- UEHARA, G.; GILLMAN, G. The mineralogy, chemistry, and physics of tropical soils with variable charge clays. Boulder, Colorado, Westview Press, 170p. 1981. (Westview tropical Agriculture, 4).
- VAN BREEMEN, N.; BUURMAN, P. Soil Formation. Kluwer Acad. Pub. Dordrecht. 377p. 1998.
- YEOMANS J. C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of carbon in Soil Sci. Soc. Plant Anal, v.19, p1467-1476, 1988.