

**JOÃO SANTIAGO REIS**

**CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DE UMA SEQUÊNCIA DE SOLOS  
DA REGIÃO DA NHECOLÂNDIA, PANTANAL SUL-MATO-  
GROSSENSE**

Dissertação 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  
2017**

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

R375c  
2017

Reis, João Santiago, 1988-  
Caracterização de gênese de uma sequência de solos da  
região da Nhecolândia, Pantanal Sul Mato-grossense / João  
Santiago Reis. – Viçosa, MG, 2017.  
vii, 91 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexo.

Inclui apêndices.

Orientador: João Carlos Ker.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 61-66.

1. Solos - Formação - Pantanal Mato-grossense (MT e MS).  
2. Planossolos. 3. Solos salino-sódicos. I. Universidade Federal  
de Viçosa. Departamento de Solos. Programa Pós-Graduação em  
Solos e Nutrição de Plantas. II. Título.


CDD 22. ed. 631.498171

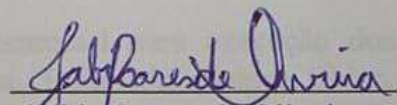
JOÃO SANTIAGO REIS


**CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DE UMA SEQUÊNCIA DE SOLOS DA REGIÃO DA NHECOLÂNDIA, PANTANAL SUL-MATO-GROSSENSE**

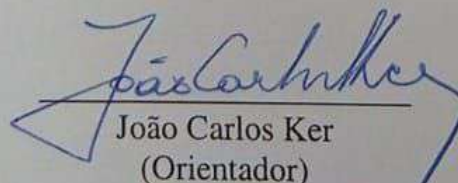
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 24 de fevereiro de 2017.

  
Amaury de Carvalho Filho

  
Fábio Soares de Oliveira

  
Guilherme Resende Corrêa

  
João Carlos Ker  
(Orientador)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família por estarem presente me apoiarem a cumprir meus objetivos, sonhos e aspirações.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Solos, e ao CNPq por me possibilitarem esta oportunidade e estrutura para a realização do Mestrado.

Ao professor, orientador, e amigo João Carlos Ker por todo conhecimento transmitido, pelos ensinamentos, paciência e parceria.

Ao Centro Nacional de Pesquisa em Solos (CNPS – EMBRAPA Solos), na figura do pesquisador Aumaury de Carvalho Filho, por todo o aprendizado e pela oportunidade de realizar este trabalho.

Ao coorientador Carlos Ernesto G. R. Schaefer, pelas oportunidades, reflexões e amizade.

Ao professor Fábio Soares de Oliveira, pela grande contribuição e ensinamentos em micromorfologia.

Ao Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (CPAP – EMBRAPA Pantanal), na figura do pesquisador Evaldo Vilela, por todo o apoio e logística de campo.

A todos os funcionários e moradores da Fazenda Nhumirim (CPAP – EMBRAPA Pantanal).

A Vanessa Ferreira, pelo companheirismo, amizade, amor e carinho, que fizeram com que o caminho fosse mais leve.

Aos professores do Departamento de Solos (UFV), especialmente os professores Maurício Fontes, Jaime Mello, Liovando Marciano da Costa, e Elpídio Filho, por todos os ensinamentos transmitidos durante o curso.

Aos funcionários do DPS, por todo o auxílio essencial para execução dos trabalhos. Em especial Geraldo Robésio, Mário Pereira, Edimaldo, Pablo, Chico, Carlinhos, Carlos Fonseca, Júlio e Cláudio.

Aos amigos do DPS que fizeram mais prazerosas as atividades do curso, em especial: Eduardo Senra, José Furtado de Miranda, Davi Gjorup, Raphael Wakin, Mariana, Letícia e Martin.

E a todas as pessoas, mesmo não sendo citadas aqui, que me apoiaram ou ajudaram de alguma forma para que eu atingisse esta conquista.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Objetivos.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Revisão de Literatura.....</b>	<b>3</b>
3.1. Pantanal da Nhecolândia.....	3
3.1.1. Clima .....	4
3.1.2. Geologia e geomorfologia .....	5
3.1.3. Solos .....	6
3.1.4. Vegetação .....	8
3.2. Salinização, Solonização e Solodização .....	9
<b>4. Metodologia.....</b>	<b>11</b>
4.1. Levantamento e coleta dos perfis de solo .....	11
4.1.1. Serviço de escritório.....	11
4.1.2. Descrição morfológica .....	11
4.1.3. Amostras indeformadas .....	12
4.2. Análises de laboratório .....	12
4.2.1. Análises químicas.....	12
4.2.1.1. Caracterização química de rotina .....	12
4.2.1.2. Ataque sulfúrico .....	12
4.2.1.3. Dissolução seletiva de Fe, Al, Si e Mn.....	13
4.2.2. Análises físicas.....	13
4.2.3. Análises mineralógicas.....	13
4.3. Análise micromorfológica .....	14
4.4. Classificação dos solos .....	14
<b>5. Resultados e discussão .....</b>	<b>15</b>
5.1. Características morfológicas e físicas.....	15
5.2. Características químicas.....	25
5.3. Ataque sulfúrico .....	31
5.4. Dissolução seletiva por ditionito citrato bicarbonato e oxalato de amônio .....	33
5.5. Mineralogia das frações areia e argila .....	37
5.6. Micromorfologia.....	45
5.7. Classificação dos solos .....	55

5.8. Considerações gerais sobre a gênese dos solos .....	57
<b>6. Conclusões .....</b>	<b>60</b>
<b>7. Referências Bibliográficas .....</b>	<b>61</b>
<b>8. APÊNDICES .....</b>	<b>67</b>

## RESUMO

REIS, João Santiago, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2017. **Caracterização e gênese de uma sequência de solos da região da Nhecolândia, Pantanal Sul-mato-grossense.** Orientador: João Carlos Ker. Coorientador: Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer.

O Pantanal brasileiro constitui um dos maiores conjuntos de áreas continentais sazonalmente inundáveis no mundo. Apesar da importância ambiental e da reconhecida biodiversidade, pouco se conhece dos processos de gênese de solos dessa região. O objetivo desse trabalho foi caracterizar os solos, processos de pedogênese e enquadramento taxonômico no Pantanal da Nhecolândia, ampliando o conhecimento sobre um ecossistema complexo e ainda pouco estudado do ponto de vista pedológico. Foi definida uma amostragem que contempla diferentes unidades da paisagem regional, com perfis em floresta sob cordilheira (P1 – Neossolo Quartzarênico Órtico típico), campo inundável em borda de baía (P2 – Planossolo Nátrico Órtico arênico), campo inundável em baía (P3 – Planossolo Háptico Eutrófico solódico), e cerrado *strictu sensu* (P4 – Neossolo Quartzarênico Órtico típico). Para estudos micromorfológicos, amostras indeformadas foram coletadas com sua orientação original preservada. Na caracterização dos solos, foram realizadas análises químicas (pH em água e em KCl;  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$ , P,  $\text{K}^+$ , e  $\text{Na}^+$ , acidez potencial (H + Al), carbono orgânico, equivalente de carbonatos), físicas (densidade de partículas, análise granulométrica, argila dispersa em água), mineralógicas (difração de raios-x, ditionito citrato bicarbonato e oxalato de amônio), e digestão por ataque sulfúrico (Si, Fe, Al, P, Mn, e Ti). Os solos têm constituição predominantemente arenosa, e estão sujeitos à hidromorfismo em boa parte do ano. Apresentam forte influência não só do material de origem, mas também das condições climáticas e hidrológicas, marcadas nas características texturais, químicas e mineralógicas dos solos. Apresentam baixos teores de carbono orgânico, são eutróficos e tem influência marcante de  $\text{Na}^+$ . A SB e pH aumentam do topo para a parte mais baixa da topossequência (ácidos a extremamente alcalinos). Mesmo apresentando caráter sódico no horizonte B, os solos foram enquadrados no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos como Planossolos Hápticos, ao invés dos Planossolos Nátricos. As lamelas encontradas no horizonte E dos Planossolos, o recobrimento dos agregados e carbonatos

por Mn e Fe, e os mosqueados em P4, sugerem a possibilidade processos pedogenéticos oriundos de ciclos distintos, o que caracteriza esses solos como poligenéticos.

## ABSTRACT

REIS, João Santiago, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2017. **Characterization and genesis of soils of the Nhecolândia region, Pantanal Sul-matogrossense.** Adviser: João Carlos Ker. Co-adviser: Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer.

The Brazilian Pantanal constitutes the largest set of seasonally flooded continental areas in the world. Despite the environmental importance and the recognized high biodiversity, little is known about the processes of soil genesis in this region. The objective of this work was to characterize soils, processes of pedogenesis and taxonomic framework in the Pantanal of Nhecolândia, increasing the knowledge about a complex ecosystem that still little studied from the pedological point of view. A sampling was defined that contemplates different units of the regional landscape, with profiles in “cordilheira” (P1 - Neossolo Quartzarênico Órtico típico), flooded field at bay border (P2 – Planossolo Háplico Eutrófico típico), flooded field at bay (P3 - Planossolo Háplico Eutrófico solódico), and cerrado *strictu sensu* in non-flooded area (P4 - Neossolo Quartzarênico Órtico típico). For micromorphological studies, undisturbed samples were collected with their original orientation preserved. In the characterization of soils were performed chemical (pH in water and in KCl,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{Al}^{3+}$ , P,  $\text{K}^+$ , and  $\text{Na}^+$ , potential acidity (H + Al), organic carbon, carbonate equivalent), physical (particle size, particle density, ADA), mineralogical (x-ray diffraction, ditionitthe citrate bicarbonate, amonium oxalate), and sulfuric digestion (Si, Fe, Al, P, Mn, and Ti). The soils are predominantly sandy, and are subject to hydromorphism for much of the year. The studied soils have a strong influence not only of the source material, but also of the climatic and hydrological regimes. These influences were marked in your textural, chemical and mineralogical. They have low levels of organic carbon, are eutrophic and have a marked  $\text{Na}^+$  influence. SB and pH increase from the top to the lower part of the toposequence (acid to extremely alkaline). Even though they presented a sodium character in the B horizons, the soils were framed in the Brazilian Soil Classification System as Planossolos Háplicos, rather than the Planossolos Nátricos. The lamellas found in the E horizon of the Planossolos, the covering of the aggregates and carbonates by Mn and Fe, and the mottles in P4, suggest the possibility of pedogenetic processes originating from distinct cycles, which characterizes these soils as polygenetics.

## **1. Introdução**

O Pantanal brasileiro constitui o maior conjunto de áreas continentais sazonalmente inundáveis no mundo (POR, 1995). Trata-se de uma depressão tectônica, com altitudes entre 80 a 180 m do nível do mar, que concentra águas que drenam para o rio Paraguai ocupando cerca de 135.000 km<sup>2</sup> da bacia do Alto Paraguai (ASSINE, 2015).

É uma paisagem heterogênea composta por diferentes planícies fluviais e leques aluviais quaternários, que drenam águas e transportam sedimentos das terras altas circundantes. As diferentes unidades morfológicas apresentam especificidades quanto aos regimes de inundação, drenagem e relevo, fazendo com que a planície pantaneira seja dividida em sub-regiões com características edáficas distintas. Coexistem nesse ecossistema solos arenosos e argilosos, ácidos e alcalinos, distróficos e eutróficos, calcimórficos e sódicos, ao mesmo tempo em que elementos biogeográficos de Cerrado, Floresta Amazônica, vegetação Chaquenha, e de Mata Atlântica se alternam na paisagem (CUNHA, 1980; CUNHA et al., 1986; EMBRAPA, 1997; SCHIAVO et al., 2012; NASCIMENTO et al., 2015; OLIVEIRA JUNIOR, 2015).

Característica marcante do Pantanal é o seu regime hidrológico, com inundações sazonais entre novembro e maio, condicionadas principalmente pelos períodos de cheia dos rios, abastecendo uma infinidade de canais e lagoas intermitentes, e antigos canais fluviais abandonados. As cheias podem ocorrer sem que necessariamente haja precipitação pluvial local em quantidade suficiente para tal, com áreas fortemente inundadas apresentando menor pluviosidade enquanto ocorrem áreas com maiores chuvas e pouco inundáveis (ÂDAMOLI, 1995).

Dentre as sub-regiões distingue-se o Pantanal da baixa Nhecolândia, pela existência de aproximadamente 1.500 lagoas alcalinas (salinas) perenes e 7.000 lagoas de água doce (baías) perenes e intermitentes, associadas com canais temporários (vazantes) e pequenas colinas arenosas (cordilheiras) com baixa amplitude altimétrica (FERNANDES, 2007).

Os solos desenvolvidos nessa região têm constituição predominantemente arenosa, e estão sujeitos à hidromorfismo sazonalmente. Do ponto de vista pedológico, chamam atenção características pouco comuns no território brasileiro como Espodossolos Humilúvicos com caracteres endossódico, hipereutrófico, e em alguns casos com

horizonte B espódico (Bh) sobreposto a horizonte B plânico; solos na transição entre Neossolos Quartzarênicos e Espodossolos Ferrilúvicos com caracteres endossódico, êutrico, algumas vezes com caráter endodúrico; e Planossolos Nátricos (EMBRAPA, 2012).

Nesse complexo ecossistema, os solos são originados a partir de feições morfológicas residuais de diferentes eventos climáticos e geomorfológicos que atuaram sob o material de origem ao longo do tempo. Neossolos Quartzarênicos se desenvolvem em cordilheiras originadas por antigos diques de paleocanais fluviais com retrabalhamento eólico (SOARES et al., 2003; ZANI & ASSINE, 2011). Diversos autores definem a alcalinidade e o caráter sódico presentes nos solos e águas da baixa Nhecolândia como uma característica herdada da concentração de sais em períodos climáticos mais áridos no passado, e à concentração atual devido a evaporação sob clima relativamente úmido e condições de drenagem restrita nas depressões (BARBIERO et al., 2008; FURIAN et al., 2013; COSTA et al., 2015). O contexto evolutivo no qual estão inseridos os solos dessa região exige uma interpretação que leve em consideração seu caráter poligenético (JOHNSON et al., 1990; KAMPF & CURI, 2012), para que possam ser identificados e entendidos os processos específicos de formação atuantes.

Apesar de existirem trabalhos na literatura científica sobre a origem e formação dos elementos da paisagem do Pantanal da Nhecolândia, ainda são escassos os trabalhos específicos sobre a pedogênese de solos nessa região. Há aqui uma oportunidade de estudar, no território brasileiro, a formação de solos em ambiente hidromórfico alcalino/salino-sódico intracontinental em condições de clima tropical. Frente a esse quadro, esse estudo se propõe a caracterizar e tentar elucidar questões sobre a gênese e classificação de solos no complexo do Pantanal.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo Geral**

Caracterizar, discutir os processos determinantes da gênese e adequado enquadramento taxonômico dos solos do Pantanal da baixa Nhecolândia, ampliando o conhecimento sobre um ecossistema complexo e ainda pouco estudado do ponto de vista pedológico.

### **2.2. Objetivos específicos**

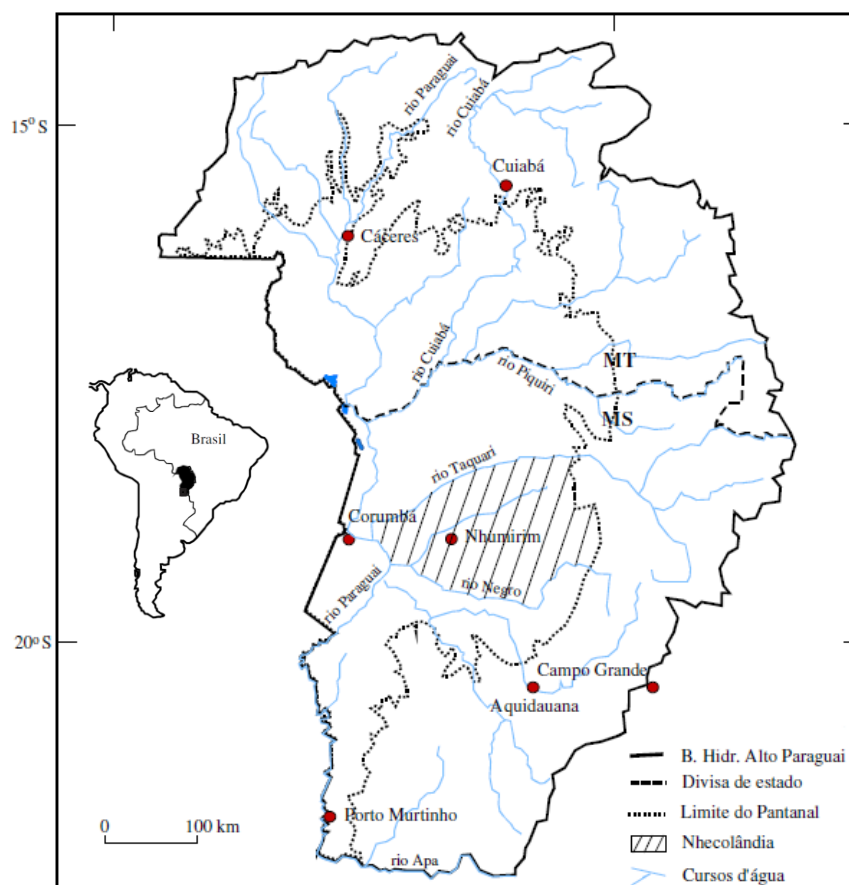
- Caracterizar os solos de acordo com seus atributos químicos, físicos, mineralógicos e morfológicos;
- Identificar feições micropedológicas que elucidem questões sobre a gênese e morfologia dos solos;
- Verificar o adequado enquadramento dos solos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos;

## **3. Revisão de Literatura**

### **3.1. Pantanal da Nhecolândia**

O Pantanal encontra-se no extremo centro-oeste brasileiro, na divisa com Bolívia e Paraguai. Corresponde a uma parte do noroeste do estado do Mato Grosso do Sul, e do sudoeste do estado de Mato Grosso, ocupando boa parte da bacia hidrográfica do Alto Paraguai (Figura 1). É formado por 6 leques aluviais, a saber: Paraguai-Corixo Grande, Cuiabá, São Lourenço, Taquari, Aquidauana, e Paraguai-Nabileque – e por 3 planícies aluviais: Piquiri, Paraguai-Paiaguás, e Negro (ASSINE & SOARES, 2015).

Localizada na parte sul do megaleque do Taquari, delimitada a norte pelo próprio rio Taquari, ao sul pela planície aluvial do rio Negro, a leste pelas escarpas da Serra da Maracaju, e a oeste pelo rio Paraguai, está a sub-região do Pantanal da Nhecolândia.



**Figura 1.** Localização da sub-região da Nhecolândia, Pantanal sul-mato-grossense. Fonte: Adaptado de Furquim (2007).

A sub-região é dividida em baixa e alta Nhecolândia, contando com altitudes entre 80-120 m e 120-160 m, respectivamente. Fernandes (2000) subdividiu essa região em 6 compartimentos fisiográficos a partir de imagens de satélite, e verificou que os sistemas lagoa salina-cordilheira e baía-vazante estão presentes apenas na porção S-SW da Nhecolândia, denominada pelo autor de “baixa Nhecolândia”.

O presente estudo está sendo desenvolvido na Fazenda Nhumirim, unidade experimental da Embrapa Pantanal, com localização indicada na Figura 1.

### 3.1.1. Clima

Segundo a classificação de Köppen, o Pantanal sul-mato-grossense apresenta clima do tipo Aw, definido por temperaturas médias mensais superiores a 18 °C e período seco bem delimitado no inverno (POR, 1995).

Soriano (1996) monitorando as variáveis climáticas na Fazenda Nhumirim, registrou temperatura média anual de 25,5 °C, e média da temperatura máxima 31,5 °C,

com temperaturas máximas absolutas ultrapassando os 40 °C de janeiro a setembro. A média anual das temperaturas mínimas foi de 20,3 °C, com mínimas absolutas próximas a 0 °C de maio a agosto. A predominância de altas temperaturas se dá graças a sua localização central na América do Sul, situando-se dentro da faixa tropical (15° a 22°S), e ao efeito da continentalidade, pois tem distância de aproximadamente 1500 km do oceano Atlântico e na direção oeste encontra-se a Cordilheira dos Andes, que age como uma barreira que não deixa passar as correntes do oceano Pacífico.

Segundo o mesmo autor, a média pluviométrica anual para a Fazenda Nhumirim é de 1182,5 mm, com chuvas concentradas de dezembro a março, sendo janeiro o mês mais chuvoso. No período de junho a agosto foram registrados apenas 6 dias de chuva, o que corresponde a 6% da precipitação anual. Há na região uma deficiência hídrica anual de aproximadamente 300 mm (Soriano, 1997), por conta da evapotranspiração potencial geralmente ser acima de 1400 mm. Soriano (1996) aponta um déficit de 331 mm para o período entre fevereiro e novembro, sendo mais pronunciado de agosto a outubro, para a Fazenda Nhumirim.

### **3.1.2. Geologia e geomorfologia**

A depressão do Pantanal é resultado de um processo de subsidência tectônica gerado pelo soerguimento dos Andes no Cenozóico, formando vastas áreas deprimidas na América do Sul conhecidas como Depressão do Chaco, Depressão do Rio Paraguai e Pampas Argentinos (BRASIL, 1982).

A Formação Pantanal (Fm. Pantanal) é a unidade geológica predominante na depressão pantaneira. É resultado de uma bacia de sedimentação ainda ativa, que começou a deposição de sedimentos no Pleistoceno, e conta com alternância de estratos arenosos, siltico-argilosos, e argilosos, semi-inconsolidados ou inconsolidados, depositados de acordo com oscilações climáticas (BRASIL, 1982; POR, 1995).

A Nhecolândia situa-se no sul do megaleque do Taquari, um leque aluvial de geometria circular, com diâmetro de cerca de 250 km, e aproximadamente 50.000 km<sup>2</sup> de área, constituindo 37% da área total do Pantanal (ASSINE et al., 2005). A área fonte desses sedimentos arenosos corresponde ao Planalto de Maracaju a leste, composto por formações mesozóicas e paleozóicas da bacia sedimentar do Paraná (Fm. Bauru, Fm. Furnas, Fm. Aquidauana e Fm. Botucatu), com litologia predominante de arenitos de

granulação fina a média (BRASIL, 1982). No local estudado, a Fm. Pantanal conta com 95% de sedimentos arenosos finos com baixos teores de argila (CUNHA, 1980).

A morfologia da paisagem no megaleque do Taquari é resultado da combinação de processos fluviais e eólicos, retrabalhando os sedimentos de acordo com as flutuações climáticas. Assine (2005) e Zani & Assine (2011) identificaram através de imagens de satélite uma vasta rede de paleocanais preservada em superfície, registrando eventos de mudança do canal fluvial (avulsão). Assine & Soares (2004) descrevem as lagoas (abundantes na Nhecolândia) como feições reliquias geradas por deflação eólica na transição Pleistoceno/Holoceno. Os mesmos autores interpretam as lagoas salinas em depressões fechadas, isoladas das águas superficiais por cordões arenosos vegetados, como “pãs” salinos bordados por dunas do tipo lunette. Whitney et al., (2011) interpretam a história paleoclimática do Pantanal desde 45 ka em 3 períodos principais: entre 45 ka ~ 19,5 ka predominância de clima mais frio e seco do que o atual; entre 19,5 ka ~ 12,2 ka alternância para clima quente e seco; e a partir de 12,2 ka clima quente e úmido, confirmando o caráter policíclico da paisagem.

A sub-região da Nhecolândia conta com baixos contrastes altimétricos, de 2 a 5 metros, entre os topos das partes altas (cordilheiras) e as áreas mais baixas (baías ou salinas). As cordilheiras são cordões arenosos vegetados, de largura variável, resultado do retrabalhamento eólico de paleodiques fluviais (SOARES et al., 2003). As baías correspondem a lagoas intermitentes, cercadas por cordilheiras e interligadas por canais temporários (vazantes ou corixos) sazonalmente. As salinas são lagoas alcalinas perenes cercadas por cordilheiras e isoladas do fluxo de água superficial.

### **3.1.3. Solos**

Os solos do Pantanal da baixa Nhecolândia apresentam textura predominantemente arenosa, com maior abundância da fração areia fina, e têm como característica marcante o hidromorfismo. Segundo levantamento do Projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1982) os solos dominantes são Podzóis Hidromórficos (Espodossolos Hidromórficos) associados com Areias Quartzosas Hidromórficas (Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos) e Planossolos.

Os solos dessa região são grosseiramente divididos em Neossolos Quartzarênicos e Espodossolos nas cordilheiras, Espodossolos nas vazantes de bordas de baía, e Espodossolos e Planossolos nas baías e salinas. Cunha (1980) em levantamento de solos

da Nhecolândia, constata que alguns solos situados nas cordilheiras apresentam nítida morfologia de campo de horizonte B espódico, porém não apresentam acúmulo de carbono orgânico significativo, em relação aos demais horizontes. Essa mesma constatação foi feita por Schiavo et al., (2012), além de caráter eutrófico, caráter solódico e pH próximo da neutralidade em Espodosolos na Fazenda Nhumirim, características incomuns para solos desta ordem.

Já na X Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos (EMBRAPA, 2012) foram observados perfis de Espodosolo com caráter endossódico, hipereutrófico, com horizonte Bhn sobreposto à seqüência de horizontes Btn em posição intermediária entre baía e cordilheira; Neossolo Quartzarênico transição para Espodosolo, endossódico, mesoeutrófico, com horizontes de difícil definição entre horizontes C ou Bs degradado, em topo de cordilheira; Neossolo Quartzarênico endossódico, endodúrico, com horizonte Bsmn a partir de 235 cm caracterizando transição para o antigo Podzol Gigante em terço superior de cordilheira; e Espodosolo transição para Neossolo Quartzarênico endossódico, hipereutrófico, endodúrico, com difícil distinção entre horizonte Bs e E até 233 cm, em topo de cordilheira. Algumas dessas características contrariam condições consideradas indispensáveis à gênese dos Espodosolos.

Quanto aos solos presentes nas partes baixas da paisagem, predominam solos com presença de horizonte B com mudança textural abrupta, sinais de hidromorfismo, eutrofia, alcalinidade e saturação por  $\text{Na}^+$ . Diversos estudos tem caracterizado esses solos, que estão diretamente ligados à acumulação superficial de água sazonalmente ou durante todo o ano (SAKAMOTO, 1997; FERNANDES, 2000; FURQUIM, 2007; BÁRBIERO et al., 2008). Estes autores apresentaram algumas características em comum dos solos: horizontes superficiais com cores escuras ou claras e muito arenosos; horizontes subsuperficiais areno-argilosos escurecidos, brunados ou acinzentados, com presença de nódulos esbranquiçados, esverdeados ou pretos; e horizonte subsuperficial argilo-arenoso esverdeado endurecido. Alguns desses autores não especificaram taxonomia nem designação de horizontes, enquanto outros interpretaram o horizonte subsuperficial escurecido como horizonte B espódico (Bh), enquadrando-os como Podzol Hidromórfico (atuais Espodosolos Humilúvicos Hidromórficos). Em Embrapa (2012) foi descrito e observado um perfil de solo (MS 1) com horizonte Bhn sobreposto a seqüência de horizontes Btn e com todas características descritas anteriormente, que também foi classificado como Espodosolo Humilúvico.

Aqui se coloca um entrave taxonômico ao avaliar o conceito central das classes dos Espodosolos e Planossolos. Algumas características dos Espodosolos do Pantanal da Nhecolândia fogem à definição clássica do atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), que são caracterizados como solos pobres em fertilidade (distróficos), moderados a fortemente ácidos, e contam essencialmente com alumínio (Al) na sua formação. Ao mesmo tempo que se encaixam melhor na conceituação de Planossolos, mas devido à precedência taxonômica dada à presença de horizonte B espódico imediatamente abaixo de horizonte E ou A, não são classificados como tal.

Do ponto de vista da gênese dos solos é necessária uma interpretação que leve em conta o seu caráter poligenético. Sua posição em superfície plana (estável) proporciona mais tempo para que diferentes climas, organismos e processos específicos de formação atuem, trazendo à tona a máxima de Johnson et al., (1990) de que quanto mais antiga a superfície mais poligenético é o solo. Sendo assim, essa perspectiva se torna necessária para entender a formação de horizontes que dificilmente encontramos sobrepostos no território brasileiro, como é o caso do B espódico sobre B plânico, e a presença de solos predominantemente arenosos (Neossolos Quartzarênicos) eutróficos e afetados por Na<sup>+</sup>.

#### **3.1.4. Vegetação**

Segundo Âdamoli (1995), é necessário um enfoque continental para compreender a diversidade biogeográfica do Pantanal, pois se trata de uma região de confluência de grandes províncias biogeográficas da América do Sul, não apresentando características florísticas “próprias”. Encontram-se elementos do bioma Amazônico, do Cerrado, do Chaco e da Mata Atlântica, fazendo com que a expressão mais adequada para descrevê-lo como província fitogeográfica seja “Complexo do Pantanal”.

No Pantanal da Nhecolândia, é predominante as fitofisionomias de Cerrado, com seus diversos estágios sucessionais associados às diferentes unidades da paisagem. Mudanças fisionômicas ocorrem em curtas distâncias, dificultando a interpretação de imagens de satélite. Fernandes (2000) estratificou as fitofisionomias nessa sub-região da seguinte forma: nas depressões (baías e vazantes) predominam campos com vegetação herbácea ou aquática, a depender da presença de água; nas cordilheiras predomina o cerradão; entre as vazantes e cordilheiras predominam campos com vegetação herbácea; e em níveis intermediários planos da transição entre vazante e cordilheira predominam os

campos cerrados e cerrados. Não há vegetação aquática nem no entorno das salinas, que transicionam para os cerradões das cordilheiras com escassas gramíneas, palmeiras (carandás) e bromeliáceas (caraguatás).

### 3.2. Salinização, Solonização e Solodização

Os solos salinos e/ou sódicos contêm altos teores de sais solúveis, sódio ( $\text{Na}^+$ ) ou ambos, em horizontes próximos da superfície (RIBEIRO et al., 2009). Normalmente ocorrem em regiões áridas ou semi-áridas e em ambiente de drenagem deficiente, onde a junção de 3 fatores principais – horizontes impermeáveis, baixa precipitação pluvial, e elevada evapotranspiração – condicionam a acumulação de  $\text{Na}^+$  e sais solúveis no solo (VAN BREEMEN & BRINKMAN, 1978). Segundo Ribeiro et al., (2003), no território brasileiro esse tipo de solo ocorre no Pantanal, Rio Grande do Sul, e mais expressivamente na região semi-árida do Nordeste.

Os processos pedogenéticos específicos relacionados à formação e degradação dessas características em determinados solos são a salinização, a solonização e a solodização. No Quadro 1 é apresentada a sequencia clássica dos processos e etapas de formação dos solos halomórficos e sua definição segundo USSL Staff (1954).

#### Quadro 1. Processos e etapas de formação de solos halomórficos.

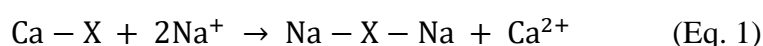
Fonte: Ribeiro et al., (2009).

Processo		Classificação Química	Grupo genético
Salinização		Salino	Solonchak
Solonização	Sodificação	Salino-sódico	Solonchak Solonétzico
	Dessalinização	Sódico	Solonetz
Solodização	Degradação	Sódico (em subsuperfície)	Solonetz Solodizado
		Não-salino e não-sódico	Solodi

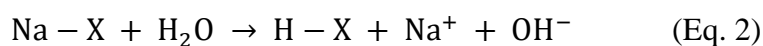
No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013) existem definições quanto aos caracteres salino ou sódico dos solos. O *caráter salino* corresponde à condição de condutividade elétrica do extrato de saturação maior ou igual que  $4 \text{ dS.m}^{-1}$  e menor que  $7 \text{ dS.m}^{-1}$ . Se apresentar condutividade elétrica maior ou igual a  $7 \text{ dS.m}^{-1}$ , *caráter sálico*. Para solos com percentagem de saturação de sódio ( $\text{ISNa} = 100 \times \text{Na}/\text{T}$ ) maior ou igual a 15%, é determinado o *caráter sódico*. Em condições em que o  $\text{ISNa}$  varia entre 6% e 15%, é reconhecido o *caráter solódico*.

Ribeiro et al., (2009) apresentam os processos de formação e a classificação química dos solos, descritos a seguir. Os solos salinos são solos formados pela concentração de sais solúveis na solução do solo, principalmente cloretos, sulfatos e bicarbonatos de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Na}^+$ , processo conhecido como salinização. No passado eram conhecidos como Solonchak, e atualmente constituem separações nos níveis de subordem, grande grupo e subgrupo (EMBRAPA, 2013)

A partir do momento que a concentração de  $\text{Na}^+$  aumenta e começa a predominar no complexo de troca, começa o processo de solonização, que consiste da sodificação e dessalinização. Os solos salino-sódicos são resultado do processo de sodificação, quando o ISNa é maior ou igual a 15% e a condutividade elétrica é maior ou igual a  $4 \text{ dS.m}^{-1}$ . Se a solução do solo se concentra cada vez mais por conta da evapotranspiração, os cátions  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  (menos solúveis) precipitam, restando praticamente o  $\text{Na}^+$  na solução do solo, que por ação de massa desloca outros cátions do complexo de troca (Eq. 1). Esses solos correspondem aos antigos Solonchak-Solonético (CAMARGO et al., 1987).



O processo de dessalinização ocorre quando, por efeito de drenagem (artificial ou natural), os sais solúveis são lixiviados e resta predominantemente  $\text{Na}^+$  no complexo de troca. Em decorrência da hidrólise do  $\text{Na}^+$ , o  $\text{H}^+$  passa a substituí-lo no complexo de troca resultando em incremento significativo no pH, ilustrado pela Eq. 2.



Assim são formados os solos sódicos (antigos Solonetz), que apresentam ISNa maior do que 15%, condutividade elétrica menor do que  $4 \text{ dS.m}^{-1}$ , e geralmente pH maior do que 8,5. A solodização é um processo de degradação desse tipo de solo em que pode ocorrer a lixiviação superficial de  $\text{Na}^+$ , diminuindo a alcalinidade e restringindo-a apenas à subsuperfície. Solos desse tipo eram anteriormente chamados de Solonetz Solodizado, e atualmente correspondem a alguns tipos de Planossolos (EMBRAPA, 2013).

## **4. Metodologia**

Este trabalho faz parte do projeto "Pesquisa e inovação para aprimoramento da taxonomia de solos brasileiros" (Embrapa/SEG 02.14.01.008.00.00), vinculado ao Centro Nacional de Pesquisa em Solos (CNPS – EMBRAPA Solos).

### **4.1. Levantamento e coleta dos perfis de solo**

#### **4.1.1. Serviço de escritório**

A seleção dos locais de coleta foi realizada com auxílio de imagens de satélite, consulta de fotos aéreas, dados analíticos e morfológicos de perfis de solo da sub-região da Nhecolândia. Os perfis foram coletados dentro dos limites da Fazenda Nhumirim, de propriedade da Embrapa Pantanal (EMBRAPA-CPAP).

Na região, há uma grande variação de solos em pequenas distâncias, tendo sido selecionada para este estudo uma condição específica de solos de baixada, em área com ocorrência de solos sódicos, à partir de conhecimento prévio da área (EMBRAPA, 2012)

Foi definida uma amostragem que contempla diferentes unidades da paisagem regional, contando com perfis em floresta não inundável sob cordilheira (P1); vegetação campestre em área de baixada, com acúmulo de água superficial temporariamente (P2 na borda, e P3 no centro); e cerrado *strictu sensu* em área inundável esporadicamente, com lençol freático próximo à superfícies (P4).

#### **4.1.2. Descrição morfológica**

Os perfis de solo foram descritos e todos os horizontes coletados segundo Santos et al., (2015), em trincheiras sob vegetação nativa. Após a coleta, as amostras foram submetidas a secagem à sombra e peneiradas em peneira de malha de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA).

### **4.1.3. Amostras indeformadas**

Para fins de estudos micromorfológicos, amostras indeformadas foram coletadas em caixas plásticas com dimensões de 12 x 8 x 5 cm, e em torrões coesos (quando presentes), acondicionadas em plástico filme e identificadas com sua orientação original preservada.

## **4.2. Análises de laboratório**

### **4.2.1. Análises químicas**

#### **4.2.1.1. Caracterização química de rotina**

Para caracterização do complexo sortivo dos solos estudados, foram quantificados na terra fina seca ao ar (TFSA): pH em água e em solução de KCl 1 mol.L<sup>-1</sup>; teores disponíveis de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e acidez potencial (Al<sup>3+</sup>), quantificados por Espectrofotômetro de Absorção Atômica (EAA) e titulação com solução de NaOH 0,05 mol.L<sup>-1</sup> (Al<sup>3+</sup>), após extração com solução de KCl 1 mol.L<sup>-1</sup>; teores disponíveis de P, K<sup>+</sup>, e Na<sup>+</sup> extraídos por solução ácida Mehlich-1 (HCl 0,05 mol.L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol.L<sup>-1</sup>), e dosagem com fotômetro de chama; e acidez potencial (H + Al) pelo método do acetato de cálcio (pH 7).

O carbono orgânico total foi obtido através de oxidação por via úmida, com dicromato de potássio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,167 mol.L<sup>-1</sup>) em meio ácido (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, d = 1,84).

De posse desses resultados foram calculados a soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva (t) e potencial (T), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%), e índice de saturação por sódio (ISNa).

Para amostras com pH em água maior ou igual a 7 foi avaliado o equivalente de carbonatos, através de titulação com NaOH 0,25 mol. L<sup>-1</sup>, após reação com HCl 0,5 mol. L<sup>-1</sup>.

#### **4.2.1.2. Ataque sulfúrico**

Foram quantificados nos solos com teores maiores que 10 g.kg<sup>-1</sup> de solo de argila, por Espectrofotômetro de Emissão Atômica induzido por plasma acoplado (ICP-OES), após digestão da TFSA por ataque sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1:1 + NaOH 30%): Fe, Al, Si, P, Mn,

e Ti da fração fina, segundo Embrapa (2011). Foram calculados os teores em óxidos dos respectivos elementos, e as relações moleculares Ki e Kr.

#### **4.2.1.3. Dissolução seletiva de Fe, Al, Si e Mn**

Os teores de Si, Fe, Al e Mn presentes em minerais pouco cristalinos e complexados à matéria orgânica, foram extraídos pelo método do oxalato de amônio (0,2 mol. L<sup>-1</sup> - pH 3.0) na ausência de luz (McKEAGUE & DAY, 1964). Os teores destes mesmos elementos, presentes em óxidos cristalinos, pouco cristalinos e complexados à matéria orgânica, foram quantificados através de dissolução seletiva pelo método do ditionito citrato bicarbonato (DCB), segundo Mehra & Jackson (1960).

As extrações foram realizadas tanto na TFSA quanto na fração argila dos solos. Foi calculada a relação Fe<sub>o</sub>/Fe<sub>d</sub>, que corresponde ao grau de cristalinidade dos óxidos de ferro.

#### **4.2.2. Análises físicas**

Foi realizada análise granulométrica segundo Embrapa (2011), pelo método da pipeta (argila), após dispersão com solução de NaOH 0,1 mol. L<sup>-1</sup> e tamisação (areia); densidade de partículas; e argila dispersa em água (ADA). O grau de floculação (GF) foi calculado através da fórmula  $GF = ((Arg_{total} - ADA) / Arg_{total}) \times 100$ .

#### **4.2.3. Análises mineralógicas**

Os minerais presentes na fração areia, e os argilominerais dos solos com mais de 10 g.kg<sup>-1</sup> de solo de argila foram identificados por Difractometria de Raios-X. Para tal, as amostras foram inicialmente submetidas à dispersão por 16 horas, em rotação lenta (50 rpm) com água destilada, e posteriormente as frações foram separadas por tamisação (areia) e sedimentação (silte e argila).

As amostras referentes à fração argila foram submetidas a diferentes tratamentos, e analisadas em lâminas de vidro orientadas à partir da técnica do esfregaço (RESENDE et al., 2011). Os tratamentos aplicados foram a saturação com magnésio (MgCl<sub>2</sub> 0,5 mol. L<sup>-1</sup>); solvatação com etilenoglicol das lâminas saturadas com magnésio; saturação com potássio (KCl 1 mol. L<sup>-1</sup>); e aquecimento da lâmina saturada com potássio a 350 °C e 550

°C. Todos tratamentos aplicados após a desferrificação das amostras com DCB. Também foram confeccionadas lâminas com argila natural.

#### **4.3. Análise micromorfológica**

As amostras indeformadas foram secas, impregnadas com resina, desbastadas até 3.5  $\mu\text{m}$  e coladas em lâminas de vidro. Posteriormente, com auxílio de microscópio ótico polarizante (microscópio petrográfico) as lâminas foram descritas e interpretadas segundo Stoops et al., (2003) e Stoops et al., (2010).

Foram elaborados mapas microquímicos de Si, Fe, Al, Mn, e Ca através de microfluorescência de raios-x ( $\mu\text{XRF}$ ) nas lâminas, utilizando 50 keV, corrente de 100  $\mu\text{A}$ , step size de 10 $\mu\text{m}$ , em quadros de 4.0 x 3.5 mm e 2.0 x 1.5 mm.

#### **4.4. Classificação dos solos**

A designação de horizontes seguiu os critérios definidos em Embrapa (1988), e os solos estudados foram classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

## 5. Resultados e discussão

### 5.1. Características morfológicas e físicas

Em relação aos atributos morfológicos e físicos dos solos, podemos separá-los em dois grupos distintos: solos arenosos (P1 e P4) relacionados às cordilheiras, e solos com gradiente textural (P2 e P3) presentes na área inundável com vegetação campestre.

Todos os horizontes dos perfis de solo estudados apresentaram cores com matizes 10YR ou mais amarelas (Quadro 2). Em todos eles, em pelo menos três horizontes, foi observada presença de mosqueados ou coloração variegada, característica esperada em ambientes com variação do nível freático e/ou hidromorfia (RIBEIRO et al., 2012).

P1 apresentou maior homogeneidade de cores entre os solos estudados, com todos seus horizontes no matiz 10YR, pouca variação de croma, e valor aumentando em profundidade, por conta do menor teor de carbono orgânico. Por sua vez, P4 tem menor variação de valor e aumento de croma em profundidade. Enquanto P1 tem poucos e pequenos mosqueados pontuais, relacionados a poros associados a raízes, nos horizontes à partir de 127 cm (C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>), P4 apresenta já a partir de 42 cm (C<sub>1</sub>) mosqueados que aumentam gradualmente em profundidade sendo abundantes médios e grandes de 145 cm em diante (C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>), e que também diferem em cor, sendo manchas mais claras do que a matriz amarelada do solo.

Por se tratar de solos arenosos, tanto P1 quanto P4 apresentam ausência de organização estrutural na maior parte do perfil, sendo sua estrutura definida como grãos simples. Há fraca agregação nos horizontes superiores de P1, sendo identificada estrutura fraca, pequena e média em blocos subangulares que se desfazem em grãos simples. Como também é esperado para estes tipos de solos, a consistência é solta (seca e úmida) e não plástica e não pegajosa (molhado).

Quanto à P2 e P3, apresentam morfologia mais heterogênea em relação aos solos mais arenosos (P1 e P4), e entre si. Há grande variação de cor (matiz, croma e valor), e tipos e ocorrência de mosqueados nos horizontes desses perfis. Em todos os horizontes de P2, o valor e o croma são iguais ou inferiores a 3, com exceção ao horizonte E. Até 48 cm (Btn<sub>1</sub>) o matiz se mantém em 10YR, e os horizontes contam com diferentes tipos de mosqueados. No subhorizonte E<sub>1</sub> há pontualmente poucos, pequenos e médios

mosqueados mais escuros do que a matriz do solo, relacionados à poros de raízes. Já em E<sub>2</sub>, aparecem muitas linhas escuras semelhantes à lamelas, ao mesmo tempo em que ocorrem os mosqueados pontuais dos canais de raízes, ambos mais escuros do que a matriz do solo. O horizonte Btn apresenta, de maneira geral, cores mais escuras (principalmente em Btn<sub>1</sub> e Btn<sub>2</sub>) e acinzentadas do que do horizonte E, e há transição abrupta de cor e consistência entre eles. A partir de 70 cm, os subhorizontes Btn<sub>4</sub> e Btn<sub>5</sub> apresentam recobrimento escuro sob seus agregados, com coloração variegada no primeiro, e mosqueados no segundo.

De maneira semelhante, P3 também apresenta os mesmos tipos de mosqueados nos subhorizontes E e também tem o topo do horizonte Bt mais escurecido. A principal diferença morfológica entre esses dois perfis é a coloração mais esverdeada condicionada pelos maiores valor e croma nos matizes 5Y e 2.5Y do Bt de P3, e que neste aparecem lamelas escuras mais espessas e mais distintas da matriz do solo do que no horizonte E, diferente do recobrimento de agregados observado em no Bt de P2. A natureza e possível formação das lamelas e recobrimentos de agregados será discutida mais adiante.

Quanto à estrutura, tanto P2 quanto P3 apresentam forte desenvolvimento nos horizontes subsuperficiais. P3 apresenta indícios de saturação por sódio (Na), evidenciado por sua estrutura prismática com grau de desenvolvimento moderado a forte no topo do Bt (Btg), confirmado por análises químicas. Os dois subhorizontes subjacentes (Btn<sub>1</sub> e Btn<sub>2</sub>) apresentam grau moderado a forte de estruturas em blocos subangulares e angulares. Já em P2, os subhorizontes B apresentam menor grau de desenvolvimento, caracterizado como fraco ou moderado (com aspecto maciço em Btn<sub>1</sub> e Btn<sub>2</sub>) e estrutura do tipo bloco subangulares e angulares (Btn<sub>5</sub>) variando de pequena a grande. Os horizontes E dos dois perfis apresentam fraco grau de desenvolvimento de estrutura, com estrutura maciça nos subhorizontes E<sub>1</sub>. Os horizontes superficiais (A), têm estrutura em blocos subangulares e granular com fraco grau de desenvolvimento.

**Quadro 2.** Características morfológicas dos perfis estudados.

Horiz.	Prof. (cm)	Cor		Estrutura	Consistência	Transição
		Úmida	Mosqueado			
<b>P1 – Neossolo Quartzarênico Órtico típico</b>						
A <sub>1</sub>	0 - 19	10YR 3/1.5	-	gs e fr. méd./gr. gran	s, s, npla, npeg	grad. e pl.
A <sub>2</sub>	-47	10YR 3/2	-	fr. peq./méd. bs	m, mfri, npla, npeg	grad. e pl.
AC	-68	10YR 5/3	-	fr. peq./méd. bs	m, s, npla, npeg	grad. e pl.
C <sub>1</sub>	-127	10YR 6/3	-	fr. peq. bs qsd gs	m, s, npla, npeg	dif. e pl.
C <sub>2</sub>	-185	10YR 6/4	p. peq. dist. 10YR 6/6	gs	m, s, npla, npeg	dif. e pl.
C <sub>3</sub>	-240	10YR 7/3	p. peq. dist. 10YR 6/3	gs	s, s, npla, npeg	dif. e pl.
C <sub>4</sub>	-280	10YR 7/3	p. peq. dist. 10YR 6/6	gs	s, s, npla, npeg	-

(continua...)

p. - pequeno; c. - comum; ab. - abundante; peq. - pequeno(a); méd. - médio(a); gr. - grande; dist. - distinto; dif. - difuso(a); pro. - proeminente; fr. - fraca; mod. - moderada; fo. - forte; QSD - que se desfaz em; gs - grãos simples; bs - blocos subangulares; ba - blocos angulares; gran - granular; s - solta; m - macia; ld - ligeiramente dura; d - dura; md - muito dura; fri - friável; mfri - muito friável; fir - firme; npla - não plástico; lpla - ligeiramente plástico; pla - plástico; mpla - muito plástico; npeg - não pegajoso; lpeg - ligeiramente pegajoso; peg - pegajoso; mpeg - muito pegajoso; grad. - gradual; cl. - clara; abr. - abrupta; pl. - plana; ond. - ondulada.

Horiz.	Prof. (cm)	Cor		Estrutura	Consistência	Transição
		Úmida	Mosqueado			
<b>P2 - Planossolo Háptico Eutrófico típico</b>						
<b>A</b>	0 - 9	10YR 3/1	-	fr. peq./méd. bs e fr. méd. gran	m, fri, lpla, lpeg	abr. e pl.
<b>E<sub>1</sub></b>	-26	10YR 5/2	p. peq./méd. dist. 10YR 3/2 e p. peq./méd. dif. 10YR 4/2	maciça	m, mfri, npla, npeg	abr. e pl.
<b>E<sub>2</sub></b>	-40	10YR 5/3	c. peq. dist. 10YR 4/2 (lamelas) e c. peq./méd. proe. 10YR 3/2	fr. méd./peq. bs (aspecto maciço)	ld, fr, npla, npeg	cl. e pl.
<b>Btn<sub>1</sub></b>	-48	10YR 3/3	ab. peq./méd. dif. 10YR 4/2	fr. peq./méd. bs (aspecto maciço)	d, mfri, lpla, lpeg	abr. e ond. (7 - 10 cm)
<b>Btn<sub>2</sub></b>	-60	5Y 2.5/2	-	fr. peq./méd. bs (aspecto maciço)	md, fri, lpla, lpeg	abr. e ond. (9 - 15 cm)
<b>Btn<sub>3</sub></b>	-71	2.5Y 3/2	-	fr. méd./gr. bs	md, fri, lpla, lpeg	abr. e ond. (6 - 13 cm)
<b>Btn<sub>4</sub></b>	-90	5Y 2.5/1	variegada - 5Y 3/2	fr./mod. méd./gr. bs	md, fir, lpla, lpeg	abr. e ond. (15 - 18 cm)
<b>Btn<sub>5</sub></b>	-105	5Y 3/2	ab. méd./gr. dist. 5Y 2.5/1	mod. gr./méd. ba/bs	md, fir, pla, peg	- (continua...)

p. - pequeno; c. - comum; ab. - abundante; peq. - pequeno(a); méd. - médio(a); gr. - grande; dist. - distinto; dif. - difuso(a); pro. - proeminente; fr. - fraca; mod. - moderada; fo. - forte; QSD - que se desfaz em; gs - grãos simples; bs - blocos subangulares; ba - blocos angulares; gran - granular; s - solta; m - macia; ld - ligeiramente dura; d - dura; md - muito dura; fri - friável; mfri - muito friável; fir - firme; npla - não plástico; lpla - ligeiramente plástico; pla - plástico; mpla - muito plástico; npeg - não pegajoso; lpeg - ligeiramente pegajoso; peg - pegajoso; mpeg - muito pegajoso; grad. - gradual; cl. - clara; abr. - abrupta; pl. - plana; ond. - ondulada.

Horiz.	Prof. (cm)	Úmida	Cor	Estrutura	Consistência	Transição
			Mosqueado			
<b>P3 – Planossolo Háptico Eutrófico solódico</b>						
<b>A</b>	0 - 7	10YR 2/1	-	fr. peq. bs e fr. méd./gr. gran	ld, fri, pla, peg	abr. e ond. (6 - 11 cm)
<b>E<sub>1</sub></b>	-36	2.5Y 5/2	p. peq. pro. 10YR 4/2	maciça qsd fr. méd. bs	m, mfri, lpla, lpeg	cl. e pl.
<b>E<sub>2</sub></b>	-48	2.5Y 5/3	c. peq. pro. 10YR 4/2 (lamelas)	fr. méd./gr. bs	ld, mfri, lpla, lpeg	abr. e ond. (10 - 15 cm)
<b>Btg</b>	-61	5Y 2.5/1	ab. méd./gr. dist. 2.5Y 4/3	mod./fo. méd. prism. e méd./gr. bs	md, fri, mpla, mpeg	cl. e ond. (11 - 17 cm)
<b>Btn<sub>1</sub></b>	-73	5Y 4/3	ab. méd./gr. pro. 5Y 2.5/1	mod. gr./méd. ba e bs	md, fir, mpla, mpeg	cl. e pl.
<b>Btn<sub>2</sub></b>	-120	2.5Y 4/2	ab. méd. pro. N/2 (lamelas)	mod./fo. gr./méd. ba	md, fir, mpla, mpeg	-  (continua...)

p. - pequeno; c. - comum; ab. - abundante; peq. - pequeno(a); méd. - médio(a); gr. - grande; dist. - distinto; dif. - difuso(a); pro. - proeminente; fr. - fraca; mod. - moderada; fo. - forte; QSD - que se desfaz em; gs - grãos simples; bs - blocos subangulares; ba - blocos angulares; gran - granular; s - solta; m - macia; ld - ligeiramente dura; d - dura; md - muito dura; fri - friável; mfri - muito friável; fir - firme; npla - não plástico; lpla - ligeiramente plástico; pla - plástico; mpla - muito plástico; npeg - não pegajoso; lpeg - ligeiramente pegajoso; peg - pegajoso; mpeg - muito pegajoso; grad. - gradual; cl. - clara; abr. - abrupta; pl. - plana; ond. - ondulada.

<b>Horiz.</b>	<b>Prof. cm</b>	<b>Cor umida</b>	<b>Cor mosqueado</b>	<b>Estrutura</b>	<b>Consistencia</b>	<b>Transição</b>
<b>P4 – Neossolo Quartzarênico Órtico típico</b>						
<b>A</b>	0 - 26	10YR 4/4	-	gs	s, s, npla, npeg	cl. e pl.
<b>AC</b>	-42	10Y4 4/3	-	gs	s, s, npla, npeg	grad. e pl.
<b>C<sub>1</sub></b>	-66	10YR 5/4	p. peq. dif. 10YR 5/6	gs	s, s, npla, npeg	grad. e pl.
<b>C<sub>2</sub></b>	-106	10YR 6/5	c. peq./méd. dist. 10YR 5/4	gs	s, s, npla, npeg	grad. e pl.
<b>C<sub>3</sub></b>	-145	10YR 6/6	ab. méd./gr. dist. 10YR 6/3 e 10YR 7/4	gs	s, s, npla, npeg	dif. e pl.
<b>C<sub>4</sub></b>	-230	10YR 6/6	ab. méd./gr. dist. 10YR 6/3	gs	s, s, npla, npeg	-

p. - pequeno; c. – comum; ab. – abundante; peq. – pequeno(a); méd. – médio(a); gr. – grande; dist. – distinto; dif. – difuso(a); pro. – proeminente; fr. – fraca; mod. – moderada; fo. – forte; QSD – que se desfaz em; gs – grãos simples; bs – blocos subangulares; ba - blocos angulares; gran – granular; s – solta; m – macia; ld – ligeiramente dura; d – dura; md – muito dura; fri – friável; mfri – muito friável; fir- firme; npla – não plástico; lpla – ligeiramente plástico; pla – plástico; mpla – muito plástico; npeg – não pegajoso; lpeg – ligeiramente pegajoso; peg – pegajoso; mpeg – muito pegajoso; grad. – gradual; cl. – clara; abr. – abrupta; pl. – plana; ond. – ondulada.

Nos solos de vegetação campestre em área inundável, a textura se diferencia na direção da borda (P2) para o centro (P3) da depressão, e são mais heterogêneos do que os demais. Nos dois perfis há maiores teores das frações silte e argila em relação aos solos de cordilheira, assim como um incremento em profundidade ao longo do perfil, sendo identificada mudança textural abrupta (EMBRAPA, 2013). P3, no centro da baía, apresenta os teores de argila mais elevados entre os solos, com o máximo de  $401 \text{ g.kg}^{-1}$  de solo no horizonte Btg, logo abaixo do horizonte  $E_2$  com  $181 \text{ g.kg}^{-1}$  de solo de argila, fazendo com que esse solo apresente relação textural (RT) igual a 2,21 - característica típica dos horizontes B plânicos (Quadro 3). P2 apresenta RT igual a 4,00 - quando calculada do horizonte Btn<sub>1</sub> com  $40 \text{ g.kg}^{-1}$  de solo de argila logo abaixo de  $E_2$  com  $10 \text{ g.kg}^{-1}$  de solo de argila, o que também caracteriza mudança textural abrupta.

Os valores de argila dispersa em água (ADA) são extremamente elevados nesses dois perfis, com exceção dos primeiros 48 cm de P2 e o subhorizonte  $E_1$  de P3. Isso faz com que o grau de floculação apresente baixos valores, iguais ou menores do que 44%.

Nos solos de floresta e cerrado (P1 e P4) predomina a fração areia, com teores de argila menores ou iguais a  $10 \text{ g.kg}^{-1}$  de solo, e teores de silte menores do que  $72 \text{ g.kg}^{-1}$  de solo. Todos os horizontes desses solos se enquadram na classe textural “areia”, tendo quantidades dessa fração maiores do que  $920 \text{ g.kg}^{-1}$  de solo, e constituição com mais do que  $700 \text{ g.kg}^{-1}$  de solo de areia fina. Essa característica evidencia a influência da geologia do planalto à montante do rio na configuração dos atributos físicos dos solos da região. O rio Taquari drena águas e recebe sedimentos de formações sedimentares,

**Quadro 3.** Atributos físicos dos perfis de solo estudados.

Horiz.	Prof. (cm)	Frações		Composição granulométrica				ADA g.kg <sup>-1</sup>	GF %	Classe textural
		Cascalho	Terra fina	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila			
		g.kg <sup>-1</sup>		g.kg <sup>-1</sup>						
<b>P1 - Neossolo Quartzarênico Órtico típico</b>										
A <sub>1</sub>	0 - 19	0	1000	209	732	49	10	0	100	areia
A <sub>2</sub>	- 47	0	1000	204	749	37	10	0	100	areia
AC	- 68	0	1000	198	762	30	10	0	100	areia
C <sub>1</sub>	- 127	0	1000	196	773	21	10	0	100	areia
C <sub>2</sub>	- 185	0	1000	206	757	27	10	0	100	areia
C <sub>3</sub>	- 240	0	1000	186	785	19	10	0	100	areia
C <sub>4</sub>	- 280	0	1000	194	775	21	10	0	100	areia
C <sub>5</sub>	350 - 400	0	1000	198	783	9	10	0	100	areia
<b>P2 - Planossolo Háptico Eutrófico típico</b>										
A	0 - 9	0	1000	104	424	431	41	0	100	franco-arenosa
E <sub>1</sub>	- 26	0	1000	189	734	67	10	0	100	areia
E <sub>2</sub>	- 40	0	1000	147	717	126	10	0	100	areia
Btn <sub>1</sub>	- 48	0	1000	135	696	129	40	0	100	areia-franca
Btn <sub>2</sub>	- 60	0	1000	126	645	148	81	71	12	franco-arenosa
Btn <sub>3</sub>	- 71	0	1000	119	634	166	81	71	12	franco-arenosa
Btn <sub>4</sub>	- 90	6	994	123	537	258	82	72	12	franco-arenosa
Btn <sub>5</sub>	- 105	0	1000	252	398	267	83	73	12	franco-arenosa

(continua...)

Horiz.	Prof. (cm)	Frações		Composição granulométrica				ADA g.kg <sup>-1</sup>	GF %	Classe textural
		Cascalho g.kg <sup>-1</sup>	Terra fina g.kg <sup>-1</sup>	Areia grossa g.kg <sup>-1</sup>	Areia fina g.kg <sup>-1</sup>	Silte g.kg <sup>-1</sup>	Argila g.kg <sup>-1</sup>			
<b>P3 - Planossolo Háptico Eutrófico solódico</b>										
<b>A</b>	0 - 7	0	1000	30	77	700	193	150	22	franco-siltosa
<b>E<sub>1</sub></b>	- 36	0	1000	141	622	56	181	0	100	franco-arenosa
<b>E<sub>2</sub></b>	- 48	0	1000	109	585	125	181	101	44	franco-arenosa
<b>Btg</b>	- 61	80	920	70	306	223	401	232	42	argila pouco cascalhenta
<b>Btn<sub>1</sub></b>	- 73	30	970	143	321	221	315	315	0	franco-argiloarenosa
<b>Btn<sub>2</sub></b>	- 120	0	1000	239	249	260	252	252	0	franco-argiloarenosa
<b>P4 – Neossolo Quartzarênico Órtico típico</b>										
<b>A</b>	0 - 26	0	1000	219	720	51	10	0	100	areia
<b>AC</b>	- 42	0	1000	219	720	51	10	0	100	areia
<b>C<sub>1</sub></b>	- 66	0	1000	223	710	57	10	0	100	areia
<b>C<sub>2</sub></b>	- 106	0	1000	206	725	59	10	0	100	areia
<b>C<sub>3</sub></b>	- 145	0	1000	226	703	61	10	0	100	areia
<b>C<sub>4</sub></b>	- 230	0	1000	215	704	71	10	0	100	areia
<b>C<sub>5</sub></b>	300 - 350	0	1000	176	747	67	10	0	100	areia

**Quadro 4.** Relação areia grossa/areia fina (AG/AF) e densidade de partículas (Dp) dos solos estudados.

<b>Horiz.</b>	<b>Prof.</b> cm	<b>AG/AF</b>	<b>Dp</b> g/cm <sup>3</sup>
<b>P1 - Neossolo Quartzarênico Órtico típico</b>			
A <sub>1</sub>	0 - 19	0.29	2.71
A <sub>2</sub>	-47	0.27	2.65
AC	-68	0.26	2.84
C <sub>1</sub>	-127	0.25	2.72
C <sub>2</sub>	-185	0.27	2.74
C <sub>3</sub>	-240	0.24	2.73
C <sub>4</sub>	-280	0.25	2.73
C <sub>5</sub>	350 - 400	0.25	2.84
<b>P2 - Planossolo Háptico Eutrófico típico</b>			
A	0 - 9	0.25	2.36
E <sub>1</sub>	-26	0.26	2.68
E <sub>2</sub>	-40	0.21	2.71
Bt <sub>n1</sub>	-48	0.19	2.67
Bt <sub>n2</sub>	-60	0.20	2.65
Bt <sub>n3</sub>	-71	0.19	2.62
Bt <sub>n4</sub>	-90	0.23	2.64
Bt <sub>n5</sub>	-105	0.63	2.56
<b>P3 - Planossolo Háptico Eutrófico solódico</b>			
A	0 - 7	0.39	1.91
E <sub>1</sub>	-36	0.23	2.64
E <sub>2</sub>	-48	0.19	2.75
Btg	-61	0.23	2.67
Bt <sub>n1</sub>	-73	0.45	2.67
Bt <sub>n2</sub>	-120	0.96	2.46
<b>P4 - Neossolo Quartzarênico Órtico típico</b>			
A	0 - 26	0.30	2.70
AC	-42	0.30	2.72
C <sub>1</sub>	-66	0.31	2.74
C <sub>2</sub>	-106	0.28	2.88
C <sub>3</sub>	-145	0.32	2.74
C <sub>4</sub>	-230	0.31	2.74
C <sub>5</sub>	300 - 350	0.24	2.69

com litologia predominante de arenitos de granulação fina a média (BRASIL, 1982), formando um leque aluvial com predominância de solos arenosos.

Quando observados, no Quadro 4, os valores de densidade de partículas ( $D_p$ ) e da relação areia grossa/areia fina (AG/AF) dos perfis P1 e P4, verifica-se que não variam significativamente em profundidade ao longo de todo perfil. Em se tratando de um sistema fluvial, é esperado que o material de origem dos solos varie lateralmente ou verticalmente. Os valores de  $D_p$  e AG/AF da seqüência de horizontes levam a crer que não há variação vertical significativa do material de origem dentro do perfil.

Os perfis P2 e P3 também não apresentam variação significativa de  $D_p$  verticalmente, mas a relação AG/AF aumenta substancialmente em profundidade. Nesse caso, não é possível afirmar com certeza sobre descontinuidade de material de origem desses perfis sem análises mais aprofundadas, mas foi verificada a presença de concreções ferromangânicas e silicificadas na fração areia grossa de todos os horizontes B estudados, que aumentam a quantidade em profundidade, podendo induzir à maiores valores da relação AG/AF sem que isso signifique diferenças no material de origem, e sim processos pedogenéticos de concrecionamento em ambiente alcalino.

## **5.2. Características químicas**

Os atributos do complexo sortivo dos perfis exprimem as características ambientais ao qual estão condicionados (Quadro 5). Fatores em conjunto como inundação em boa parte do ano, altas temperaturas, elevadas taxas de evapotranspiração, e camadas pouco permeáveis (horizontes B plânicos), tendem a imprimir no complexo de troca valores elevados de bases, pH e sódio trocável ( $Na^+$ ) (SCHAETZL & ANDERSON, 2005; RIBEIRO et al., 2009), mesmo em solos desenvolvidos de sedimentos inconsolidados constituídos principalmente por quartzo.

Os perfis estudados apresentam pH em água com classes de acidez fraca a alcalinidade elevada (5,0 a 9,9), segundo classificação química da Comissão de Fertilidade do Solo de Minas Gerais (CFSEMG, 1999). Em todas as amostras analisadas o valor de  $\Delta pH$  é negativo, evidenciando a predominância de cargas eletronegativas.

Em todos os solos há incremento do valor de pH em profundidade, sendo mais baixos nos perfis arenosos (P1 e P4). Foi identificada uma tendência de maiores valores de pH de acordo com a proximidade do centro da baixada, como também observado por Furquim (2007). P4 situado em local com menos influência inundação sazonal, apresentou os valores mais ácidos, e teve pouco incremento em profundidade. P1, na cordilheira adjacente à baía da topossequencia e relativamente mais próximo a P2 e P3, tem valores de pH menos ácidos que P4 e conta com incremento considerável em profundidade.

Os perfis situados na borda (P2) e no centro da baixada (P3) apresentam valores extremamente elevados, contando com predominância de pH alcalino na maior parte do perfil com exceção dos horizontes A. Esses solos contam com valores entre 7.2 e 9.9 nos horizontes subsuperficiais, sugerindo a acumulação de sais solúveis e/ou presença de carbonatos, o que foi confirmado quando observados os elevados valores de soma de bases (SB) encontrados (Quadro 5).

Dois fatores colaboram para os altos teores de SB em P2 e P3: o enriquecimento por evapoconcentração, com contribuições atuais e pretéritas (FURQUIM et al., 2010a), controlada pela pouca permeabilidade imposta pela morfologia dos solos em questão; e o maior teor de argila em relação aos solos de cordilheira, que condiciona maior quantidade de cargas (CTC) possíveis retentoras de cátions. Quando observado o teor de SB nos horizontes E, menos argilosos, percebe-se que representam quase cinco vezes menos cátions do que o subhorizonte mais profundo de P2, e aproximadamente seis vezes menos cátions do que o último subhorizonte de P3.

Os teores de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), e sódio ( $\text{Na}^+$ ) trocáveis são muito elevados em P3, contribuindo para os altos valores de SB e confirmando o caráter eutrófico do solo com saturação por bases (V%) de 100% em todos os horizontes exceto o horizonte A, que conta com 65%.

Apesar dos altos valores de  $\text{Na}^+$ , que são fora do comum para solos brasileiros em geral, os teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  são ainda mais elevados, chegando aos extremos de  $5.1 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ ,  $3.0 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ , e  $4.41 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ , respectivamente. Isso faz com que o complexo de troca não atinja 15% de saturação por sódio no topo do horizonte Bt, ficando entre 6% e 15%, configurando caráter solódico. Mas apresenta caráter sódico com percentagem de sódio trocável (PST) de 16% em  $\text{Btn}_1$  e  $\text{Btn}_2$ . Outro aspecto que chama a

atenção é o valor de saturação por potássio, que varia de 20% a 34% nos subhorizontes desse perfil, superando a PST e apresentando valores que também são incomuns em solos brasileiros em geral.

P3 se encontra no centro da depressão, na posição mais baixa da paisagem e conseqüentemente tende a receber o fluxo hídrico e seus cátions em solução. Em um relevo plano e condições morfológicas que não favorecem a infiltração, esses cátions tendem a se acumular após a evaporação da água, justificando os teores mais elevados dentre os perfis estudados.

Na borda, P2 apresenta características parecidas ao perfil anterior em seu complexo de troca, porém, com menores teores de SB, em parte explicado pelo menor teor de argila e pela posição na paisagem. Neste perfil, os teores de  $\text{Na}^+$  são semelhantes aos de P3, mas os teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  são consideravelmente menores, fazendo com que a PST varie de 28% a 31% nos subhorizontes de Bt, confirmando o caráter sódico. Diferente do perfil localizado no centro da baixada, nesse solo a saturação por sódio é mais elevada do que a saturação por potássio, exceto no último subhorizonte Bt<sub>n5</sub> que apresenta valor de 28% para os dois índices. Também apresenta caráter eutrófico, com 100% de V% em todos os horizontes, exceto o horizonte A.

Nos solos arenosos, o complexo de troca se mostra completamente diferente, apesar de apresentar tendências parecidas. P1, que tem mais proximidade com a baixada, provavelmente sofre mais influência das águas acumuladas nela e apesar dos baixos valores de SB apresenta caráter eutrófico na maior parte do perfil, com destaque para o horizonte mais profundo (C<sub>5</sub>) com 100% de saturação de bases. Aqui se repete a tendência do aumento de  $\text{Na}^+$  em profundidade, sendo verificado caráter solódico em C<sub>4</sub> com ISNa de 11%, e caráter sódico em C<sub>5</sub> com 30%.

**Quadro 5.** Complexo sortivo, carbono orgânico, e equivalente de carbonatos dos solos estudados.

Hor.	pH		$\Delta$ pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SB	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	T	V	m	PST	Sat. K	C-org	P	CaCO <sub>3</sub>
	H <sub>2</sub> O	KCl																
<b>P1 - Neossolo Quartzarênico Órtico típico</b>																		
A <sub>1</sub>	6.5	5.5	-1.0	1.7	0.5	0.17	0.01	2.4	0	1.0	3.4	71	0	<1	5	5.1	11	-
A <sub>2</sub>	6.3	4.9	-1.4	0.9	-	0.12	0.01	1.0	0	0.7	1.7	59	0	<1	7	1.9	7	-
AC	6.0	4.6	-1.4	0.5	-	0.09	0.01	0.6	0	0.7	1.3	46	0	<1	7	0.8	5	-
C <sub>1</sub>	6.3	5.0	-1.3	0.3	-	0.07	0.01	0.4	0	0.3	0.7	57	0	1	10	0.2	3	-
C <sub>2</sub>	6.5	5.3	-1.2	0.2	-	0.08	0.01	0.3	0	0.2	0.5	60	0	2	16	0.1	5	-
C <sub>3</sub>	6.7	5.2	-1.5	0.2	-	0.10	0.01	0.3	0	0.3	0.6	50	0	2	17	0.2	2	-
C <sub>4</sub>	6.6	5.5	-1.1	0.2	-	0.08	0.08	0.4	0	0.3	0.7	57	0	11	11	0.1	5	-
C <sub>5</sub>	7.4	6.0	-1.4	0.1	-	0.12	0.09	0.3	0	0	0.3	100	0	30	40	0.1	3	-
<b>P2 - Planossolo Háplico Eutrófico típico</b>																		
A	6.3	5.5	-0.8	5.9	0.8	0.53	0.05	7.3	0	3.4	10.7	68	0	<1	5	25.4	3	-
E <sub>1</sub>	7.2	6.5	-0.7	0.9		0.12	0.01	1.0	0	0	1.0	100	0	1	12	0.9	1	-
E <sub>2</sub>	8.4	8.2	-0.2	1.7	0.1	0.17	0.05	2.0	0	0	2.0	100	0	2	8	1.3	6	6.0
Btn <sub>1</sub>	9.6	8.5	-1.1	1.9	0.1	0.42	0.63	3.0	0	0	3.0	100	0	21	14	1.5	19	20.0
Btn <sub>2</sub>	9.8	8.4	-1.4	1.8	0.6	0.83	1.38	4.6	0	0	4.6	100	0	30	18	1.6	24	49.0
Btn <sub>3</sub>	9.9	8.5	-1.4	1.4	0.6	0.76	1.01	3.8	0	0	3.8	100	0	27	20	0.8	17	36.0
Btn <sub>4</sub>	9.7	7.9	-1.8	1.5	1.0	1.49	1.78	5.8	0	0	5.8	100	0	31	26	0.8	18	-
Btn <sub>5</sub>	9.3	7.0	-2.3	2.7	1.6	2.81	2.81	9.9	0	0	9.9	100	0	28	28	0.5	9	-

(continua...)

Hor.	pH		$\Delta$ pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SB	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	T	V	m	ISNa	Sat. K	C-org	P	CaCO <sub>3</sub>
	H <sub>2</sub> O	KCl																
<b>P3 - Planossolo Háptico Eutrófico solódico</b>																		
A	6.1	5.3	-0.8	11.1	3.5	2.78	0.44	17.8	0	9.6	27.4	65	0	2	10	90.4	20	-
E <sub>1</sub>	7.4	6.5	-0.9	0.9		0.24	0.02	1.2	0	0	1.2	100	0	2	20	0.9	2	-
E <sub>2</sub>	8.3	6.8	-1.5	0.7	0.5	0.41	0.08	1.7	0	0	1.7	100	0	5	24	0.9	3	-
Btg	8.6	6.9	-1.7	5.1	3.0	3.92	1.23	13.2	0	0	13.2	100	0	9	30	1.5	15	-
Btn <sub>1</sub>	9.1	7.3	-1.8	4.0	2.4	4.21	1.94	12.5	0	0	12.5	100	0	16	34	1.4	135	33.0
Btn <sub>2</sub>	8.9	6.7	-2.2	3.9	2.9	4.41	2.15	13.4	0	0	13.4	100	0	16	33	0.8	623	-
<b>P4 - Neossolo Quartzarênico Órtico típico</b>																		
A	5.0	3.8	-1.2	0.8	0.3	0.05	0.01	1.2	0.2	1.3	2.7	44	14	<1	2	2.8	1	-
AC	5.5	3.9	-1.6	0.5	-	0.02	0.01	0.5	0.3	0.9	1.7	29	37	<1	1	1.9	<1	-
C <sub>1</sub>	5.1	3.8	-1.3	0.3	-	0.02	0.01	0.3	0.2	0.6	1.1	27	40	<1	2	1.4	<1	-
C <sub>2</sub>	5.2	4.0	-1.2	0.3	-	0.02	0.01	0.3	0.1	0.7	1.1	27	25	<1	2	0.8	<1	-
C <sub>3</sub>	5.3	4.1	-1.2	0.3	-	0.02	0.01	0.3	0.1	-	-	-	25	<1	<1	0.6	<1	-
C <sub>4</sub>	5.8	4.2	-1.6	0.4	-	0.03	0.01	0.4	0.2	0.6	1.2	33	33	<1	2	0.7	1	-
C <sub>5</sub>	5.7	4.1	-1.6	0.4	-	0.04	0.13	0.6	0.1	0.6	1.3	46	14	10	3	0.6	<1	-

Em situação diferente, P4 é o único perfil distrófico, apesar de contar praticamente os mesmos teores de SB que P1. Os teores de Na<sup>+</sup> também são semelhantes, mas suficientes para caráter solódico apenas em C<sub>5</sub>. Outro aspecto que o distingue dos demais solos é a saturação por potássio, que atinge o valor máximo de 3% enquanto P1 conta com um mínimo de 5% e máximo de 40%. Também chama atenção ser o único perfil com valores de Al<sup>3+</sup> acima de 0.0 (zero), mas com saturação por alumínio (m%) insuficiente para caráter álico.

Os elevados valores de pH dos solos em questão tendem a neutralizar Al<sup>3+</sup>, que precipita na forma de hidróxido de alumínio (Al(OH)<sub>3</sub>) a partir de pH 5.5. Esse fator, em conjunto com a pobreza em alumínio (Al) do material de origem, faz com que os valores de Al<sup>3+</sup> e m% sejam nulos em P1, P2, e P3. Em P4, que apresenta os valores mais ácidos de pH, os teores de Al<sup>3+</sup> são muito baixos, sempre menores do que A SB.

Os teores de fósforo disponível (P) em todos os horizontes perfis são muito baixos, com exceção de Btn<sub>2</sub> e Btn<sub>3</sub> de P3. Por se encontrar em ambiente lacustre sazonal, mas que provavelmente foi perene no passado, pode ser que os elevados teores de P estejam relacionados à restos de moluscos, organismos comuns nesse tipo de ambiente, sendo observados restos de conchas no local.

Quanto ao carbono orgânico, era de se esperar altos teores levando em consideração o regime de inundação do Pantanal, mas isso não foi verificado. O único horizonte orgânico identificado foi em P3, local em que o carbono talvez esteja mais estabilizado complexado com Ca<sup>2+</sup> (vide os maiores teores de Ca<sup>2+</sup> e SB deste horizonte), e que permanece alagado por mais tempo diminuindo as condições oxidantes necessárias para a mineralização pelos organismos detritívoros e decompositores. No horizonte em questão o teor de carbono orgânico é de 90 g.kg<sup>-1</sup>, sendo o horizonte A de P2 o que apresenta o segundo maior teor com apenas 25 g.kg<sup>-1</sup>.

Nos perfis P1 e P4, essencialmente arenosos, os horizontes superficiais são muito profundos e com baixos teores de carbono orgânico, em contraste com o que foi observado para P2 e P3. Num substrato arenoso, a matéria orgânica percola com mais facilidade verticalmente no perfil (KAMPF & CURI, 2012), o que possibilita a formação de horizontes superficiais mais profundos. Além disso, apesar desses perfis se encontrarem sob vegetação de maior porte, estão em posição da paisagem com condições

mais oxidantes, o que favorece a ação dos organismos responsáveis pela mineralização da matéria orgânica.

Quanto ao comportamento do carbono orgânico nos horizontes subsuperficiais, os solos arenosos (P1 e P4) apresentam baixos teores e distribuição normal, diminuindo em profundidade. No caso de P2 e P3 há diminuição dos teores nos horizontes E em relação ao horizonte A, e posterior aumento no topo do Bt em relação ao horizonte E. Esse comportamento é explicado pela iluviação de matéria orgânica da superfície, que encontra o horizonte B plânico como uma barreira para continuar percolando verticalmente e se deposita em seu topo. Isso explica, junto com a acumulação de manganês (Mn), a cor mais escurecida do topo deste horizonte nos perfis estudados.

Além da textura pouco argilosa, outro fator que favorece na mobilidade da matéria orgânica nesse ambiente, e sua possível perda para o fluxo hídrico, é a alcalinidade e a saturação por  $\text{Na}^+$ , que favorecem a solubilização e dispersão dos ácidos húmicos e ácidos fulvicos, frações componentes da matéria orgânica do solo (SWIFT, 1996). O que também talvez explique os maiores teores no horizonte superficial do solo localizado no centro da baía (P3).

### **5.3. Ataque sulfúrico**

Com o intuito de extrair informações sobre a composição química da fração fina do solo foi realizada digestão por ataque sulfúrico para os solos com mais de  $10 \text{ g.kg}^{-1}$  de solo de argila. Os resultados são apresentados no Quadro 6.

Pelos resultados obtidos, sugere-se que a fração argila dos solos em questão conta com predominância de argilominerais silicatados, devido ao alto teor de  $\text{SiO}_2$ . O índice Ki evidencia uma proporção de no mínimo 4:1 de  $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ , o que indica a presença de minerais 2:1. Essa relação também mostra como o sistema é pobre em alumínio de uma maneira geral, sendo outro fator que explica os valores nulos de  $\text{Al}^{3+}$  no complexo de troca, além do pH desfavorável.

**Quadro 6.** Teor de óxidos e relações moleculares Ki e Kr obtidos por ataque sulfúrico nos horizontes dos perfis P3 e P4.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	Ki	Kr
	g.kg <sup>-1</sup>							
<b>P2 - Planossolo Háplico Eutrófico típico</b>								
<b>A</b>	50	1	9	0.2	0.6	1.2	-	-
<b>E<sub>1</sub></b>	9	<1	3	<0,1	0.1	0.9	-	-
<b>E<sub>2</sub></b>	11	<1	3	0.1	0.9	1.3	-	-
<b>Bt<sub>n1</sub></b>	17	<1	6	0.1	0.8	1.4	-	-
<b>Bt<sub>n2</sub></b>	38	14	11	0.2	1.1	1.4	4.6	3.1
<b>Bt<sub>n3</sub></b>	33	12	8	0.1	0.5	1.8	4.7	3.3
<b>Bt<sub>n4</sub></b>	80	25	16	0.2	0.7	2.3	5.4	3.9
<b>Bt<sub>n5</sub></b>	130	38	35	0.2	3.4	2.0	5.8	3.7
<b>P3 - Planossolo Háplico Eutrófico solódico</b>								
<b>A</b>	141	13	13	0.9	1.1	1.4	-	-
<b>E<sub>1</sub></b>	17	<1	6	0.1	0.1	1.7	-	-
<b>E<sub>2</sub></b>	23	<1	7	0.1	0.1	2.7	-	-
<b>Btg</b>	190	60	57	0.3	2.9	3.0	5.4	3.4
<b>Bt<sub>n1</sub></b>	165	50	41	0.6	7.3	2.6	5.6	3.7
<b>Bt<sub>n2</sub></b>	170	48	42	2.0	4.5	2.6	6.0	3.9

Todos os horizontes apresentam caráter hipoférrico (EMBRAPA, 2013), com menos de 80 g.kg<sup>-1</sup> de sua constituição representada por óxidos de ferro. Essa condição é esperada para solos sujeitos a oscilações de lençol freático ou inundações periódicas, como é o caso da região estudada, podendo até estarem superestimados os teores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> para a fração fina por conta do método ter a possibilidade de extrair Fe de concreções ferromanganosas, observadas nos perfis.

Os teores de MnO são relativamente altos, característica possível de acontecer em solos inundáveis. Esses valores são mais elevados em profundidade, justificando as cores escurecidas observadas na caracterização morfológica dos perfis, e a efervescência em contato com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> verificada em campo.

Em P3, foram observadas lamelas escuras em Bt<sub>n1</sub> e Bt<sub>n2</sub>, apresentando cor N2/, que tem a coloração dada pelo MnO, visto que apresenta os valores mais elevados nestes horizontes, com 7.3 g.kg<sup>-1</sup> e 4.5 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente. A coloração escura no topo do B, a coloração variegada e os mosqueados escuros encontrados em subhorizontes P2

também tem contribuição do MnO, que tem seus maiores teores em Btn<sub>5</sub> com 3.4 g.kg<sup>-1</sup>, e 1.1 g.kg<sup>-1</sup> em Btn<sub>1</sub>.

#### **5.4. Dissolução seletiva por ditionito citrato bicarbonato e oxalato de amônio**

Os teores de Fe, Al e Mn extraídos com ditionito citrato bicarbonato (DCB) e com oxalato de amônio, tanto na terra fina seca ao ar (Quadro 7) quanto na fração argila de P2 e P3 (Quadro 8), apresentaram as mesmas tendências observadas no ataque sulfúrico.

Os perfis contam com baixos teores tanto de Fe<sub>d</sub> quanto de Fe<sub>o</sub> em todos os horizontes na TFSA e na argila, como esperado para solos afetados por condições hidromórficas e horizontes arenosos. Com exceção do P4, os maiores teores de Fe<sub>d</sub> da TFSA são no horizonte superficial, o que é explicado pelo alto poder complexante da matéria orgânica.

Em P4 são encontrados os maiores teores de Fe, e observa-se um ligeiro incremento de Fe<sub>d</sub> em profundidade, o que explica a variação de cor mais amarelada, nos horizontes mais profundos desse perfil, e confirma a condição menos influenciado por saturação de água. O mesmo ocorre em P2 e P3, o que pode estar relacionado a teores correspondentes às concreções ferromanganosas observadas nos horizontes B destes solos.

Os baixos valores da relação Fe<sub>o</sub>/Fe<sub>d</sub> em P1 e P4 indicam a predominância de óxidos de ferro cristalinos. Quando observados os valores para essa relação na extração feita na TFSA para P2 e P3, também se apresentam baixos, o que não condiz com a realidade do pedoambiente desses solos. Em ambientes hidromórficos ou sazonalmente inundados, é de se esperar relação Fe<sub>o</sub>/Fe<sub>d</sub> mais elevada devido à dinâmica do Fe, que tende a ser reduzido, posteriormente reoxidado, e se re-precipita em formas de baixa cristalinidade como ferrihidrita e lepidocrocita (KAMPF et al., 2009).

**Quadro 7.** Teores de Si, Mn, Fe e Al extraídos com ditionito citrato bicarbonato e oxalato de amônio na TFSA.

<b>Horiz</b>	<b>Si<sub>o</sub></b>	<b>Mn<sub>o</sub></b>	<b>Mn<sub>d</sub></b>	<b>Fe<sub>o</sub></b> g.kg <sup>-1</sup>	<b>Fe<sub>d</sub></b>	<b>Al<sub>o</sub></b>	<b>Al<sub>d</sub></b>	<b>Fe<sub>o</sub>/Fe<sub>d</sub></b>
<b>P1 - Neossolo Quartzarênico Órtico típico</b>								
<b>A<sub>1</sub></b>	0.020	0.029	0.080	0.054	0.226	0.121	0.028	0.24
<b>A<sub>2</sub></b>	0.010	0.018	0.053	0.061	0.289	0.076	0.029	0.21
<b>AC</b>	< LD	0.008	0.014	0.042	0.164	0.065	< LD	0.26
<b>C<sub>1</sub></b>	< LD	0.004	< LD	0.027	0.125	0.028	< LD	0.21
<b>C<sub>2</sub></b>	< LD	0.002	< LD	0.031	0.148	0.010	< LD	0.21
<b>C<sub>3</sub></b>	< LD	0.001	< LD	0.008	0.050	0.007	< LD	0.16
<b>C<sub>4</sub></b>	0.016	0.001	< LD	0.015	0.063	0.000	< LD	0.24
<b>C<sub>5</sub></b>	0.020	0.001	< LD	0.005	0.018	0.002	< LD	0.30
<b>P2 - Planossolo Háplico Eutrófico típico</b>								
<b>A</b>	0.146	0.163	0.608	0.434	2.242	0.125	0.134	0.19
<b>E<sub>1</sub></b>	0.062	0.013	0.043	0.016	0.166	0.000	0.030	0.10
<b>E<sub>2</sub></b>	0.043	0.368	0.719	0.038	0.273	0.004	0.016	0.14
<b>Bt<sub>n1</sub></b>	0.015	0.184	0.775	0.038	0.300	0.021	0.046	0.13
<b>Bt<sub>n2</sub></b>	0.152	0.194	1.016	0.064	0.526	0.076	0.076	0.12
<b>Bt<sub>n3</sub></b>	0.181	0.058	0.278	0.035	0.350	0.087	0.034	0.10
<b>Bt<sub>n4</sub></b>	0.700	0.081	0.231	0.104	0.567	0.238	0.042	0.18
<b>Bt<sub>n5</sub></b>	1.003	0.760	0.701	0.209	1.179	0.362	0.094	0.18
<b>P3 - Planossolo Háplico Eutrófico solódico</b>								
<b>A</b>	0.199	0.223	0.732	1.090	3.464	0.629	0.410	0.31
<b>E<sub>1</sub></b>	0.045	0.008	0.021	0.030	0.166	0.021	< LD	0.18
<b>E<sub>2</sub></b>	0.035	0.013	0.041	0.019	0.510	0.031	0.013	0.04
<b>Btg</b>	1.829	0.179	0.446	0.343	2.448	0.619	0.122	0.14
<b>Bt<sub>n1</sub></b>	1.133	1.330	0.528	0.206	0.980	0.564	0.105	0.21
<b>Bt<sub>n2</sub></b>	0.476	0.547	0.518	0.102	1.107	0.445	0.062	0.09
<b>P4 - Neossolo Quartzarênico Órtico típico</b>								
<b>A</b>	0.134	0.003	0.005	0.225	1.818	0.178	0.206	0.12
<b>AC</b>	0.035	0.001	< LD	0.137	1.658	0.159	0.211	0.08
<b>C<sub>1</sub></b>	0.020	0.001	< LD	0.101	1.592	0.148	0.243	0.06
<b>C<sub>2</sub></b>	0.048	0.018	< LD	0.104	1.238	0.155	0.210	0.08
<b>C<sub>3</sub></b>	0.040	0.001	< LD	0.043	2.044	0.167	0.289	0.02
<b>C<sub>4</sub></b>	0.010	0.002	< LD	0.024	2.829	0.174	0.328	0.01
<b>C<sub>5</sub></b>	0.012	0.003	< LD	0.008	2.291	0.139	0.217	0.003

<LD: resultado abaixo do limite de detecção.

No Quadro 8, que apresenta os resultados da extração por DCB e oxalato para a fração argila de P2 e P3, percebe-se que essa relação aumenta. Os maiores valores em P2 são encontrados no subhorizonte E<sub>2</sub> (0.69), e de E<sub>1</sub> até Btn<sub>2</sub> são iguais ou superiores a 0.5, o que significa que 50% ou mais dos óxidos de ferro são representados por formas pouco cristalinas.

Quanto ao Al<sub>d</sub>, apresenta teores muito baixos em todos os perfis, o que já é esperado levando em conta que o DCB é um extrator que atua através de processos de redução e posterior complexação (PANSU & GAUTHEYROU, 2006) fazendo com que os elementos com nox variável sejam mais solubilizados (Fe e Mn). Por sua vez, o oxalato de amônio é um agente complexante utilizado para determinação desses elementos analisados em minerais pouco cristalinos e complexados na matéria orgânica.

Diante dos resultados de Al<sub>o</sub> tanto na TFSA quanto na argila, tem-se mais um argumento para afirmar que P2 não conta com horizonte espódico (Bh) abaixo do horizonte E, dúvida gerada pela morfologia dos subhorizontes Btn<sub>1</sub> e Btn<sub>2</sub> avaliada em campo. Dentre os elementos analisados, o Al<sub>o</sub> tem os menores teores nestes subhorizontes, não se adequando ao conceito de Bh descrito no SiBCS, que estabelece que o Al sempre deverá estar presente nesse horizonte e deve ser essencial à sua formação (EMBRAPA, 2013, p.62). Aqui talvez não tenha sido possível, ocorrer nenhuma das duas hipóteses mais aceitas sobre a podzolização. As duas são sumariamente apresentadas por Kampf & Curi (2012), que afirmam que na mais aceita delas, ácidos orgânicos complexam Fe e, principalmente, Al em ambiente ácido, que são translocados dos horizontes superiores até maiores profundidades, onde se precipitam formando pontes cimentando grãos de areia – processo mais favorecido em ambientes de clima frio e úmido; enquanto na outra hipótese primeiro precipitam minerais de Fe e Al-Si pouco cristalinos no horizonte B, e posteriormente os compostos orgânicos são depositados. A segunda via de formação poderia ter se concretizado em P2, mas parece mais provável, ao se analisar os teores de Mn na argila, que a coloração escura dos subhorizontes em questão seja dada mais pela abundância desse elemento, do que pelos baixos teores de carbono orgânico.

**Quadro 8.** Dissolução seletiva com ditionito citrato bicarbonato e oxalato de amônio na fração argila.

Horiz.	Si <sub>o</sub>	Mn <sub>o</sub>	Mn <sub>d</sub>	Fe <sub>o</sub>	Fe <sub>d</sub>	Al <sub>o</sub>	Al <sub>d</sub>	Fe <sub>o</sub> /Fe <sub>d</sub>
g.kg <sup>-1</sup>								
<b>P2 - Planossolo Háptico Eutrófico típico</b>								
A	-	-	-	-	-	-	-	-
E <sub>1</sub>	1.022	0.622	0.512	0.609	1.225	0.099	0.113	0.50
E <sub>2</sub>	1.096	17.165	17.933	2.340	3.375	0.123	0.172	0.69
Btn <sub>1</sub>	0.690	8.060	7.723	1.685	2.805	0.324	0.306	0.60
Btn <sub>2</sub>	1.220	3.834	4.932	1.452	2.579	0.556	0.442	0.56
Btn <sub>3</sub>	0.671	1.020	1.179	0.779	1.809	0.483	0.409	0.43
Btn <sub>4</sub>	1.076	0.564	0.542	0.642	1.629	0.451	0.306	0.39
Btn <sub>5</sub>	1.053	1.196	1.130	0.824	2.911	0.475	0.383	0.28
<b>P3 - Planossolo Háptico Eutrófico solódico</b>								
A	-	-	-	-	-	-	-	-
E <sub>1</sub>	0.856	0.330	0.297	0.994	1.824	0.001	0.198	0.54
E <sub>2</sub>	0.900	0.277	0.246	0.451	1.108	0.027	0.191	0.41
Btg	1.374	0.424	0.426	1.411	6.212	0.628	0.418	0.23
Btn <sub>1</sub>	1.092	0.748	0.732	1.012	3.064	0.776	0.480	0.33
Btn <sub>2</sub>	1.159	0.698	0.677	0.682	2.313	0.533	0.308	0.29

Os teores de Mn nos solos são mais elevados nos solos de baixada, em comparação com ambientes mais oxidantes (cordilheira). Isso sugere a acumulação do Mn por evapoconcentração apenas nos solos com mudança textural abrupta, sendo o horizonte B plânico uma barreira para a percolação da água, acumulando-a, e devido às altas temperaturas (alta evapotranspiração) e relevo plano (maior tempo de permanência da água) os cátions Mn<sup>2+</sup> em solução tendem a oxidar e permanecer no solo após evaporação da água.

Seus teores acompanham os teores de Fe, e são muito elevados na fração argila de P2. Os altos teores na fração argila do subhorizonte E<sub>2</sub> explicam a coloração escura nas lamelas horizontais nele encontradas, o mesmo pode se dizer para a coloração escura de Btn<sub>1</sub> e Btn<sub>2</sub>, pois numa matriz dominada por minerais de coloração branca/clara e com textura tendendo a arenosa, pequenas quantidades de agente pigmentante são suficientes para expressar cor (RIBEIRO et al., 2012).

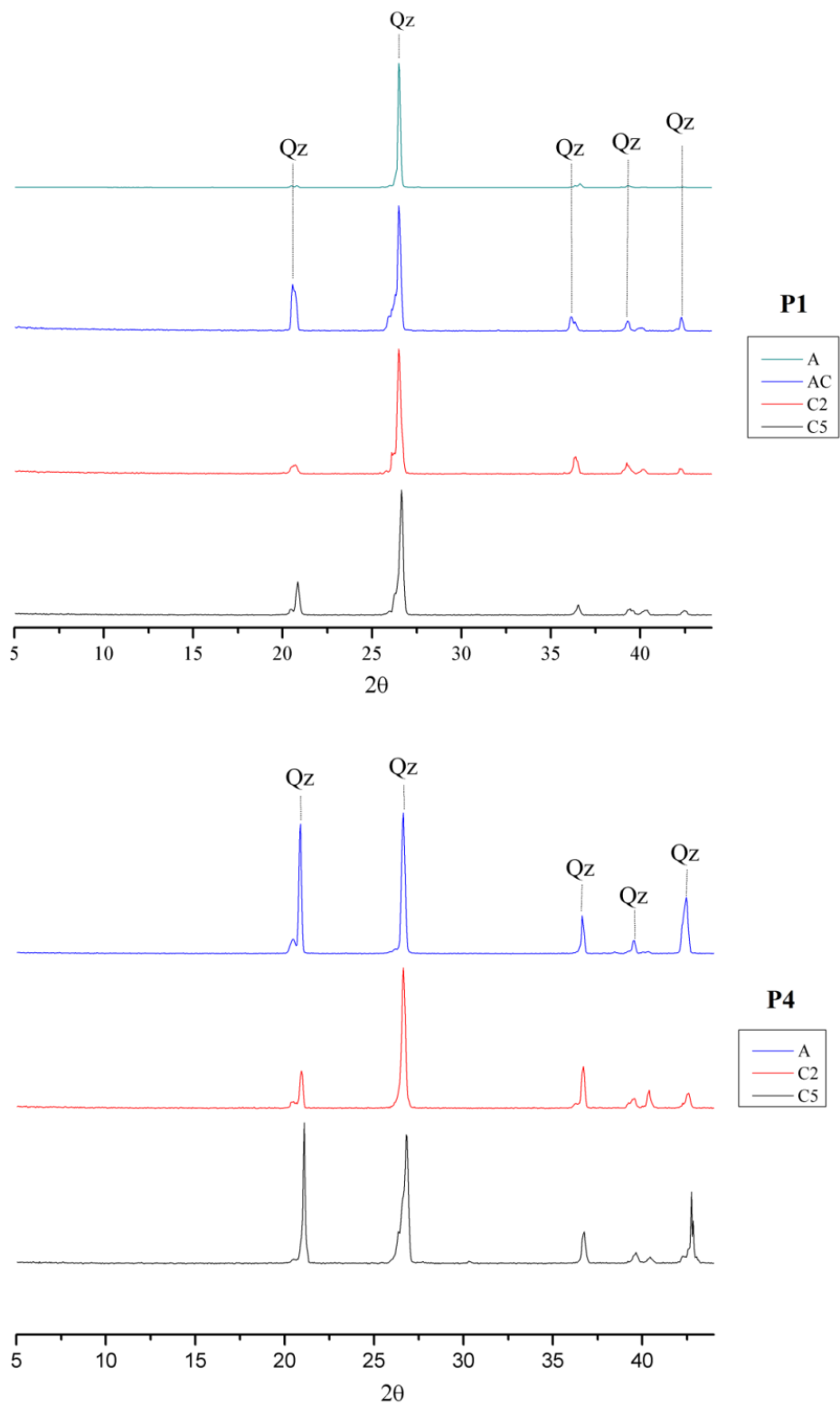
## 5.5. Mineralogia das frações areia e argila

Os difratogramas de raios-X da fração areia apresentam resultados já esperados para os solos da região, com predominância de quartzo em todos os perfis (Figuras 2 e 3). Foram identificados os picos característicos deste mineral ( $d = 3.34$  nm, 4.25 nm, 2.45 nm, 2.28 nm, e 2.12 nm) nos diferentes horizontes dos solos estudados. Apenas em P3 no horizonte E<sub>2</sub>, foram identificados os picos  $d = 3.25$  nm e 3.37 nm, característicos dos feldspatos potássicos ortoclásio e microclínio. Talvez a presença destes feldspatos em P3 ajude a justificar os altíssimos teores de  $K^+$  no complexo de troca dos horizontes B, e adiciona mais um fator para explicar este fenômeno além da hipótese de evapoconcentração.

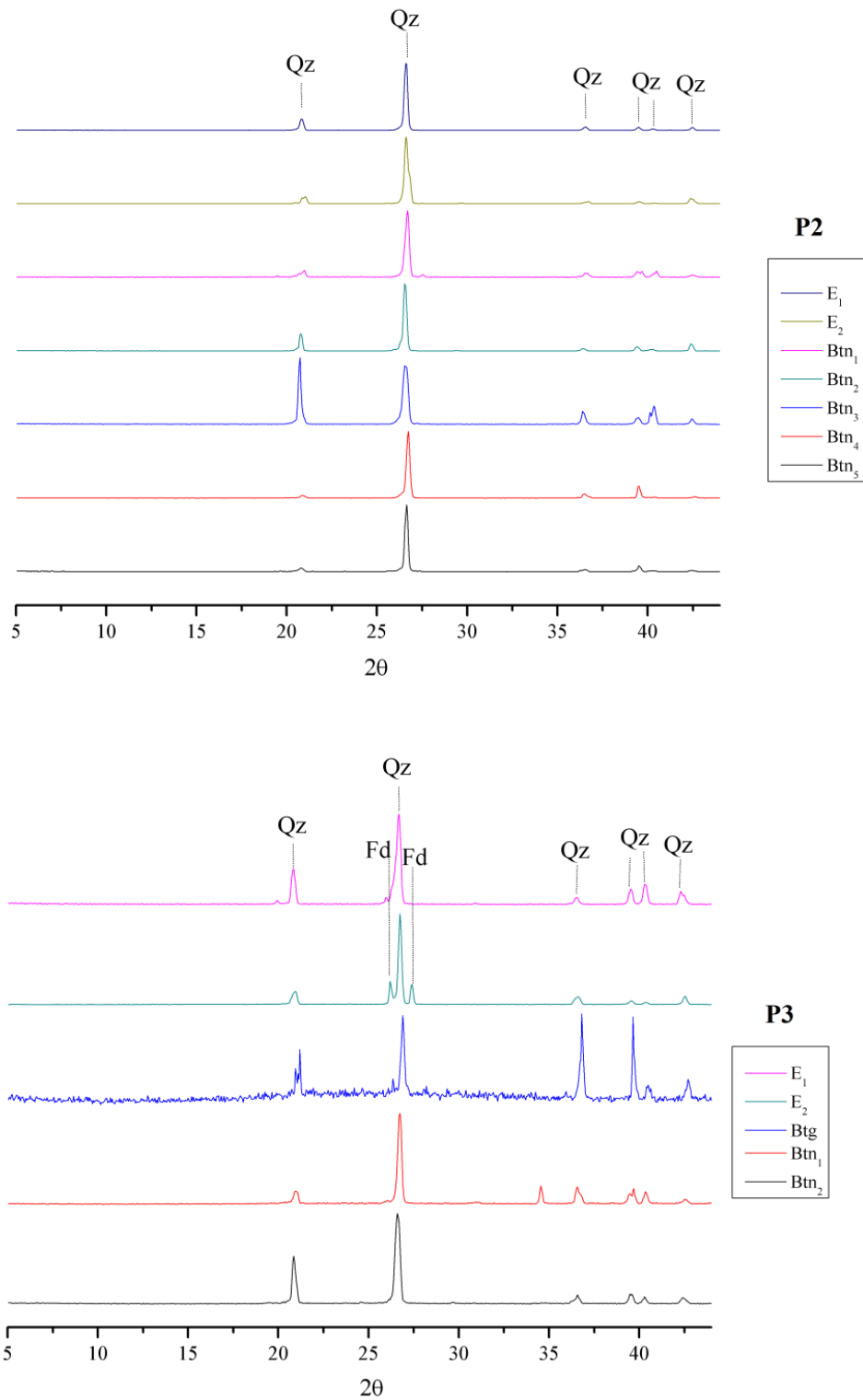
Esses resultados apenas confirmam a forte influência das litologias constituintes dos planaltos adjacentes à oeste, dominados por arenitos de granulação média a fina, como fonte de material de origem dos solos estudados.

Quando analisada a fração argila de P2 e P3, observa-se o predomínio de minerais 2:1 e caulinita (Figuras 4 e 5). Em P2, foram identificados os picos característicos da caulinita em  $d = 7.14$  nm (hkl 001), e 3.57 nm (hkl 002) em todos os horizontes, com menor intensidade no horizonte E e no subhorizonte Btn<sub>5</sub>. O mesmo ocorre com o quartzo, com os picos característicos  $d = 4.25$  nm e 3.34 nm, sendo que este último pico coincide com o plano hkl 003 das micas, mineral também presente na fração argila desse perfil. Foram identificadas as reflexões dos planos hkl 001 e 003 de mica, com  $d = 10.01$  nm, 3.34 nm, e em alguns horizontes também foi observado a reflexão referente ao plano hkl 002 com  $d = 5.00$ . Apenas no horizonte Btn<sub>2</sub> de P2 houve um aumento do background em ângulos inferiores ao pico  $d = 10.01$  nm, e aumento desse pico após aquecimento, sugerindo a presença de illita-montmorilonita interstratificados.

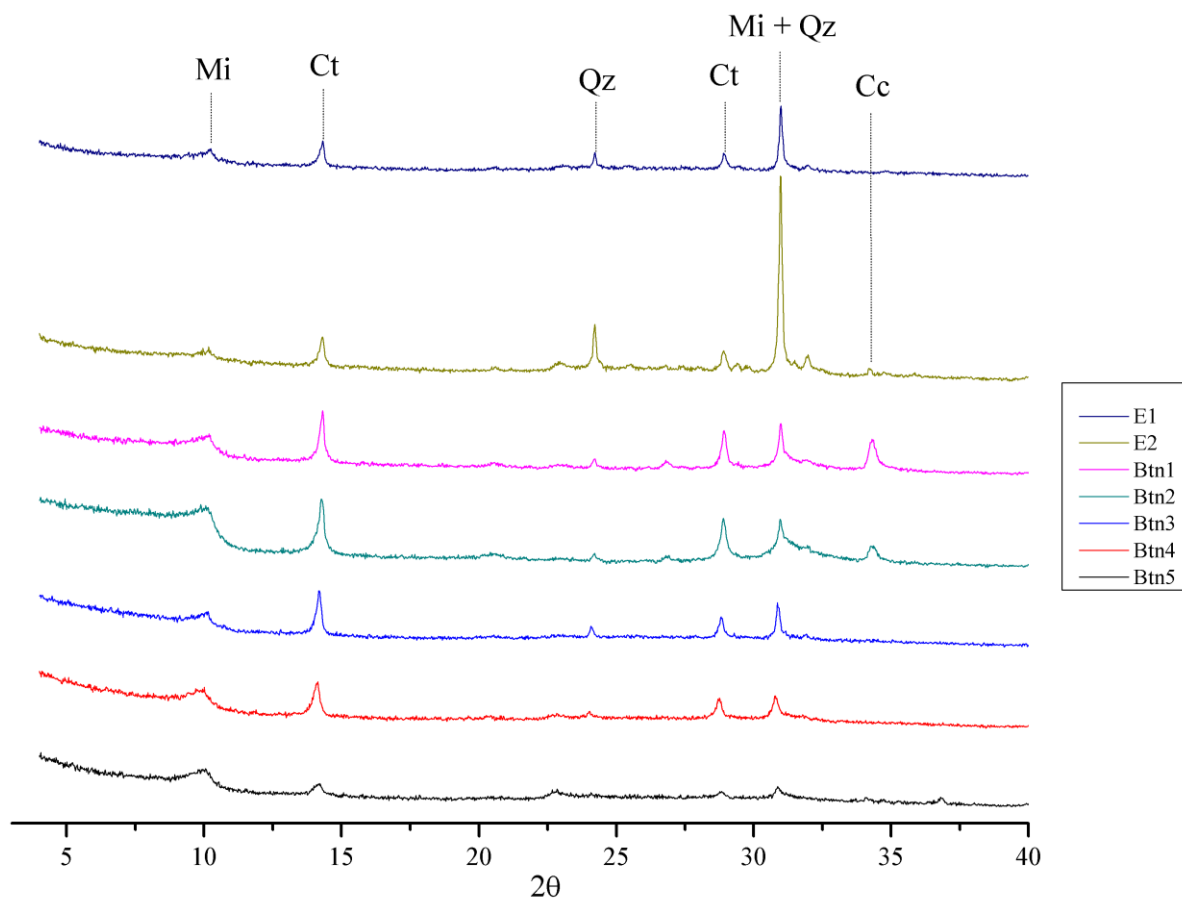
Uma das poucas diferenças encontradas entre estes dois perfis é a presença de calcita na fração argila de P2. Foi identificado o pico  $d = 3.03$  nm (hkl 104), nos subhorizontes Btn<sub>1</sub> e Btn<sub>2</sub>. Sua presença, e especificamente no topo do Bt, é explicada pela disponibilidade de  $Ca^{2+}$  aliada a uma diminuição da pressão parcial de  $CO_2$  (CHADWICK & GRAHAM, 2000) em



**Figura 2.** Difratogramas da fração areia ( $2\theta$  Cu  $K\alpha$ ) de horizontes selecionados dos perfis P1 e P4 evidenciando a predominância de quartzo (Qz).



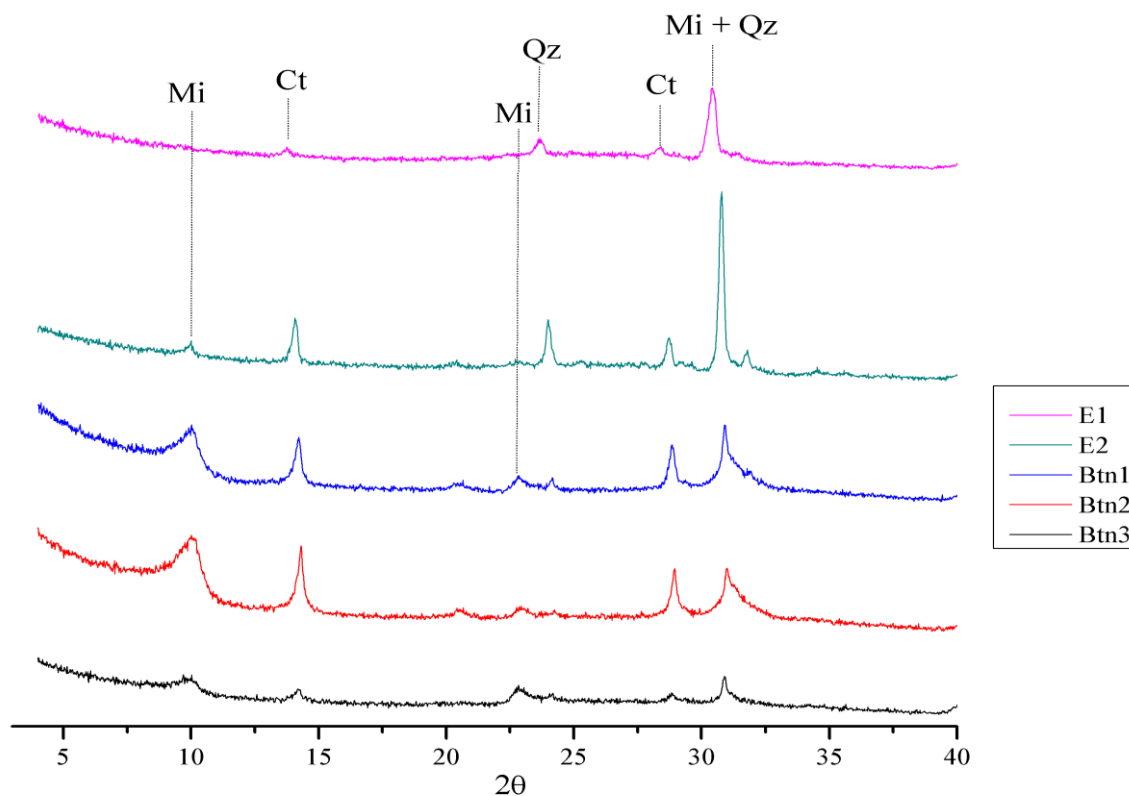
**Figura 3.** Difratogramas da fração areia ( $2\theta$  Cu  $K\alpha$ ) de horizontes selecionados dos perfis P2 e P3. Destaque para a presença de feldspato (Fd) no horizonte E de P3.



**Figura 4.** Difratogramas de raios-X ( $2\theta$  Cu  $K\alpha$ ) da fração argila (natural) de P2. Mi – Mica; Ct – Caulinita; Qz – Quartzo; Cc – Calcita.

comparação com os horizontes mais profundos. P2 também provavelmente apresenta menor pressão parcial de  $CO_2$  do que P3 por este último estar em condição de alagamento durante mais tempo ao longo do ano. Apesar da identificação da calcita na fração argila, o solo em questão não apresenta caráter carbonático nem hipocarbonático (Quadro 5).

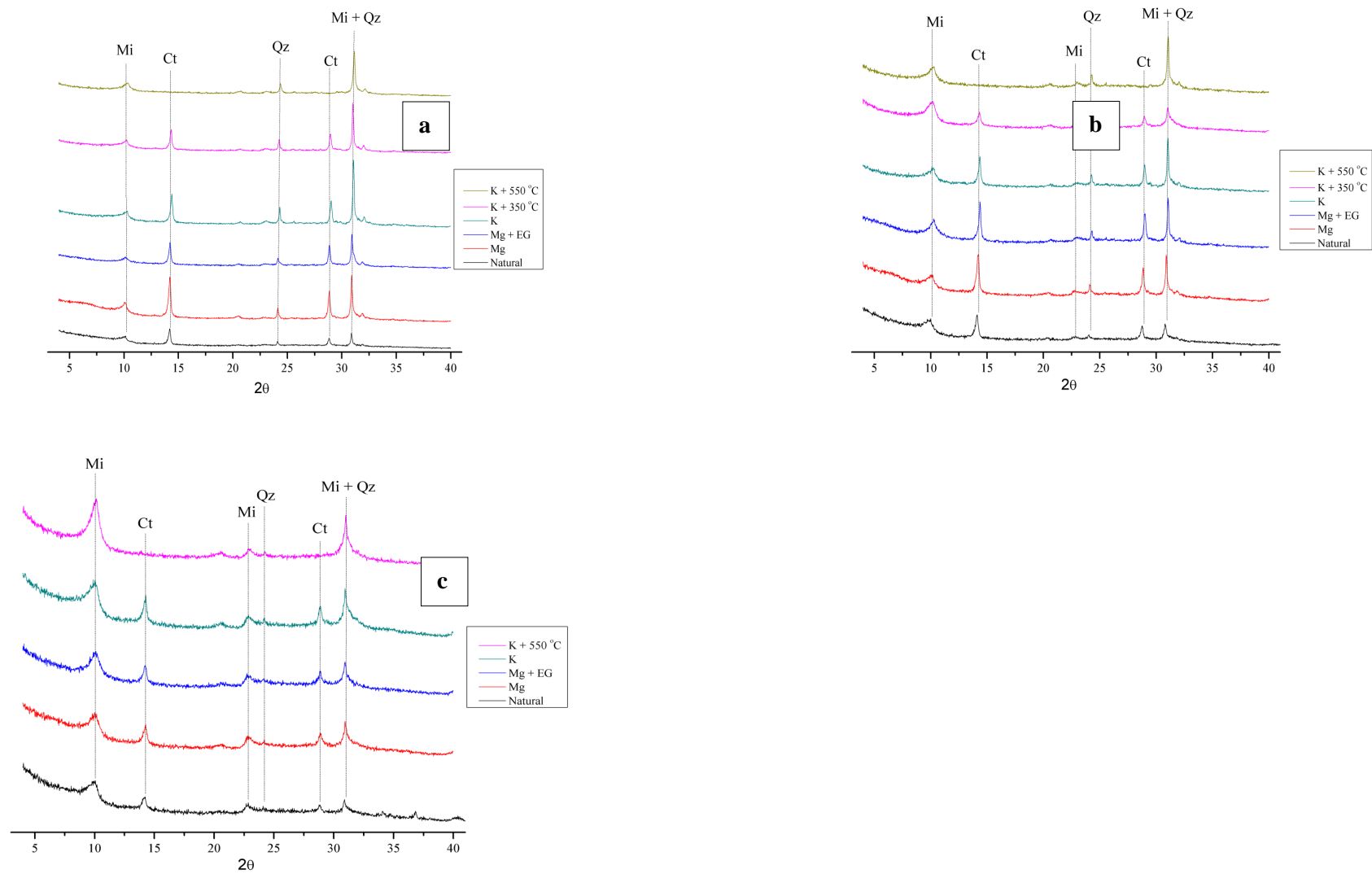
O alargamento dos picos nos difratogramas dos horizontes inferiores do perfil P2 sugerem que a caulinita diminui o grau de cristalinidade e/ou o tamanho do cristal de acordo com o aumento de profundidade (Figura 4). A tendência não foi verificada para o perfil P3, que aparentemente tem os picos mais largos do que os de P2 mas simétricos.



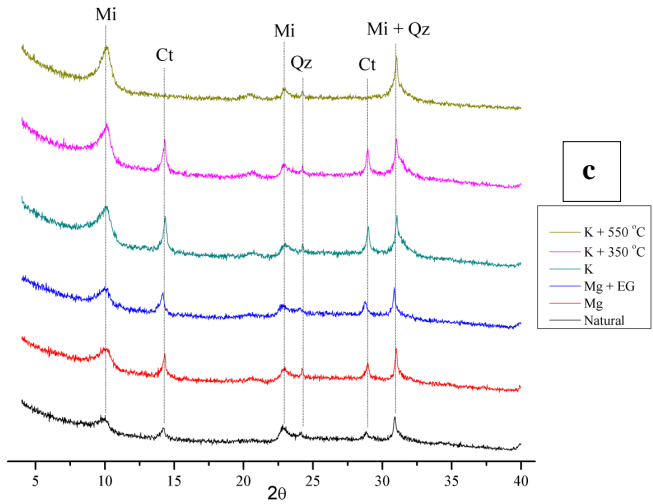
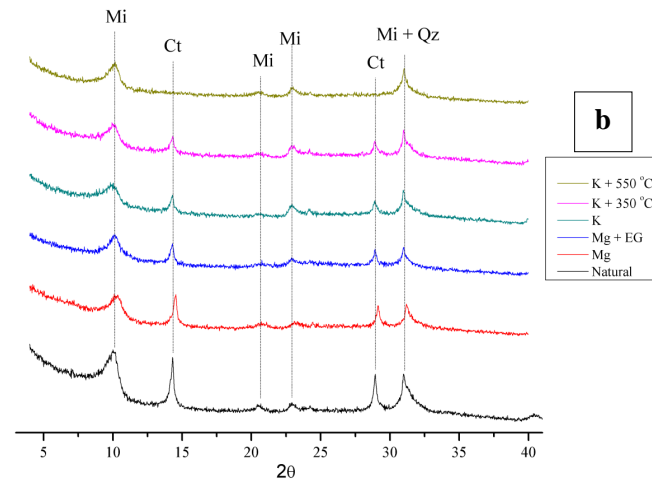
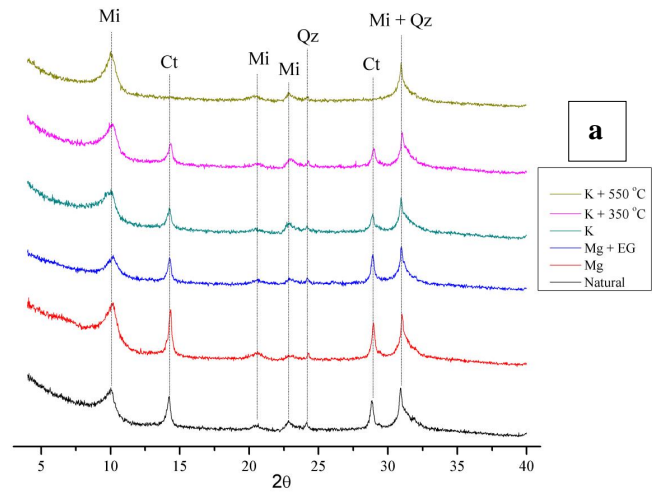
**Figura 5.** Difratoqramas de raios-X ( $2\theta$  Cu  $K\alpha$ ) da fração argila (natural) de P3. Mi – Mica; Ct – Caulinita; Qz – Quartzo.

Essa observação vai de encontro com hipótese levantada por Furquim et al., (2010a) e Furquim et al., (2010b), que sugerem que as caulinitas encontradas nos solos das baías e salinas da região da Nhecolândia são alóctones, enquanto os minerais 2:1 são resultado de neoformação à partir da solução do solo. Esses autores verificaram que as caulinitas estão presentes tanto na fração fina quanto grossa da argila, enquanto os minerais 2:1 se encontram apenas na argila fina. Além disso, é sabido que as caulinitas são minerais estáveis em pedoambientes oxidantes, com valores de pH ácidos, e com baixa saturação por bases, condições opostas às encontradas em P2 e P3. Somando-se a isso, os planaltos que drenam e fornecem sedimentos ao rio Taquari são ambientes propícios à formação de caulinita, o que endossa o argumento do transporte através do fluxo hídrico, e posterior incorporação aos solos durante as cheias.

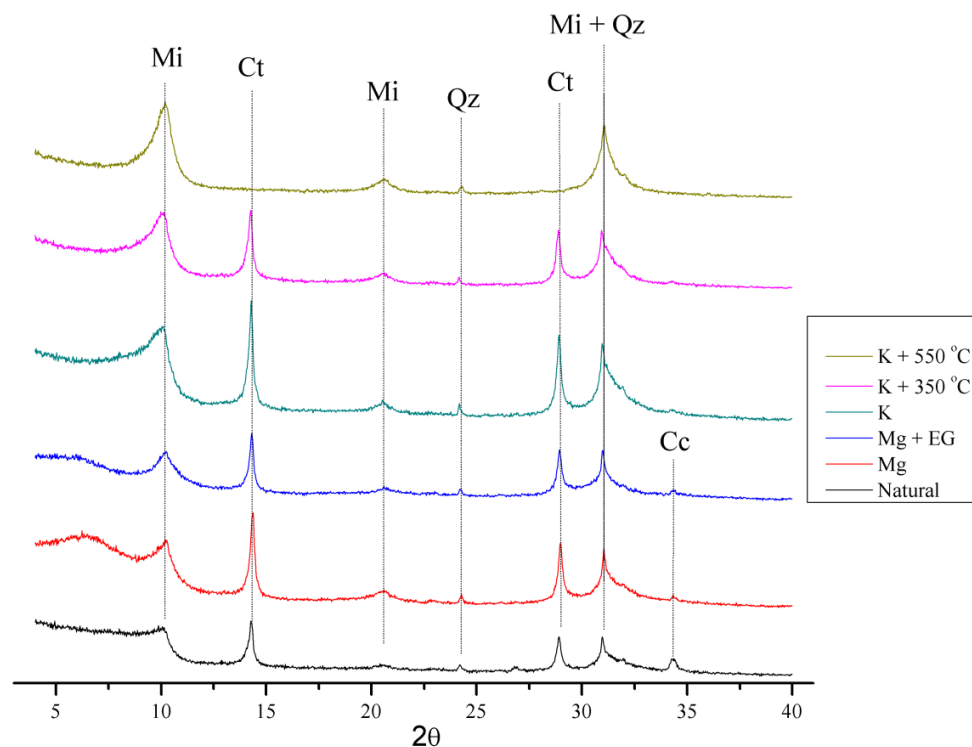
Quanto à natureza das micas presentes na fração argila, por não haver alteração nos picos após saturação com potássio e aquecimento, considerando os altos valores de pH e saturação por potássio no complexo de troca, é provável que



**Figura 6.** Difratomogramas da fração argila ( $2\theta$  Cu  $K\alpha$ ) dos subhorizontes Btn<sub>3</sub>(a), Btn<sub>4</sub>(b) e Btn<sub>5</sub>(c) de P2.



**Figura 7.** Difratomogramas da fração argila ( $2\theta$  Cu  $K\alpha$ ) dos subhorizontes Btn<sub>g</sub> (a), Btn<sub>1</sub> (b) e Btn<sub>2</sub> (c) de P3.



**Figura 8.** Difratoqramas de raios-X ( $2\theta$  Cu  $K\alpha$ ) da fração argila (natural) de subhorizonte Btn<sub>2</sub> de P2. Mi – Mica; Ct – Caulinita; Qz – Quartzo; Cc – Calcita.

sejam ilitas ou Fe-ilitas, precipitadas à partir da solução do solo, como sugerido por Furquim et al., (2008) e Furquim et al., (2010b) para explicar a formação de micas e esmectitas em ambiente com material de origem pobre em cátions. Os autores argumentam a origem autóctone das micas através dos seguintes fatores que podem favorecer este fenômeno: i) os locais estudados apresentam pH alcalino, baixa concentração de  $\text{Si}(\text{OH})_4$  em solução, altas concentrações de potássio, e baixas concentrações de ferro e magnésio; ii) quantidades suficientes de sílica amorfa, oriunda da dissolução das caulinitas, que serviria como ponto inicial da cristalização das micas. Os perfis em questão contam com elevados teores de saturação por potássio no complexo de troca, sendo maiores que PST em P3. Quando observados os teores de  $\text{Si}_o$  na TFSA, seus teores são mais elevados nos horizontes B de P2 e P3 em relação aos demais, e são quase nulos em P1 e P4, o que sugere alguma quantidade de material amorfo nesses horizontes.

Van Breemen & Brinkman (1978) descrevem esse fenômeno de neoformação, para regiões onde a evaporação prevalece sobre a pluviosidade, como “intemperismo

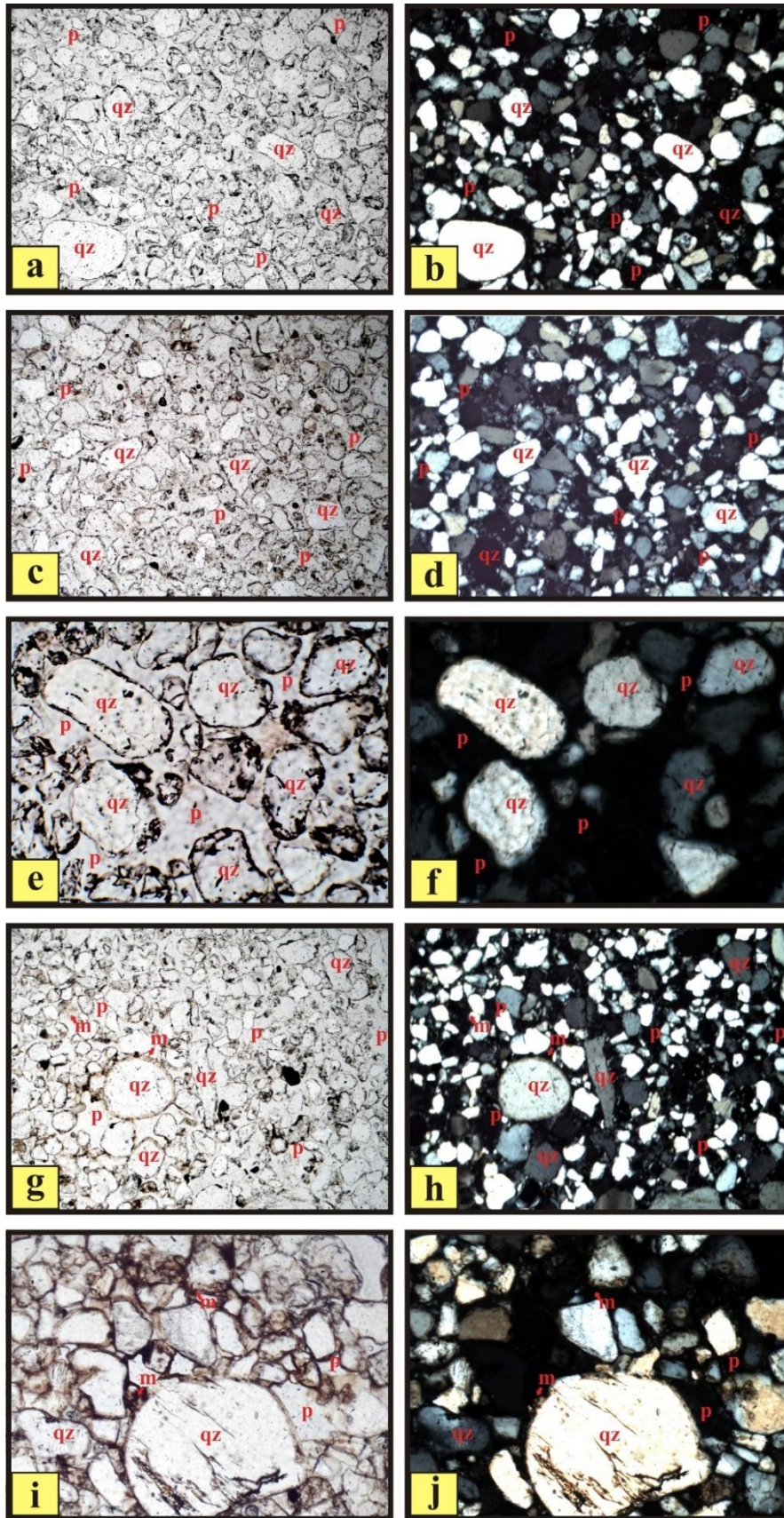
reverso”, e ressaltam que nesses ambientes não há somente formação de sais solúveis, mas também há alteração dos silicatos. Prada-Gamero et al., (2004) também sugerem possível neoformação de esmectitas a partir de soluções concentradas em bases e pH elevado, em solos litorâneos do território brasileiro.

## 5.6. Micromorfologia

Micromorfologicamente, o solo de cordilheira P1 (Figuras 9a, b, c, d) é apédico, caracterizado por uma microestrutura do tipo grão simples, tal como em nível macroscópico, com poros de empilhamento simples entre os grãos. O material grosso é formado por cristais de quartzo, fino a médio, subarredondados a arredondados, pouco fraturados e com alguns cristais de tamanho maior (areia grossa) apresentando extinção ondulante. A micromassa é quase inexistente (Figuras 9e, f) e quando ocorre está associada aos grãos de quartzo na forma de finos filmes de argila de coloração acastanhada. A relação c/f demonstra o predomínio dos grãos grossos, o que caracteriza uma trama do tipo mônica fina a média.

Tal como P1, P4 também apresenta microestrutura em grãos simples, sendo apédico em nível da lâmina (Figuras 9g, h, i, j). Os poros são de empilhamento simples, delimitados entre os grãos grossos constituídos por quartzo, tamanho variando de fino a médio, arredondados a subarredondados. Há também canais abertos pela atuação de raízes. A micromassa é mais presente que P1, sobretudo nos horizontes inferiores do perfil. Em C2 ela aparece na forma de finos revestimentos dos grãos, por vezes incompletos, em apenas parte da superfície destes. Essa organização caracteriza uma trama do tipo quito-mônica. No horizonte C4, por sua vez, o aumento da micromassa, com coloração bruno-amarelada, faz com que ocorra em algumas porções da lâmina pontes entre os grãos de quartzo, bem como maior revestimento desses, o que denota a presença de uma distribuição c/f do tipo quito-gefúrica.

As feições pedológicas observadas retratam a presença de zonas bioturbadas, com pedotubulos pouco preenchidos por pelotas fecais, e feições texturais do tipo cutânicas. Essas últimas são pouco comuns, ocorrem no interior dos poros (poroestriada), com orientação bastante marcada em nícois cruzados, sugerindo serem processos de iluviação proximal ou ainda fenômenos de estresse mecânico.

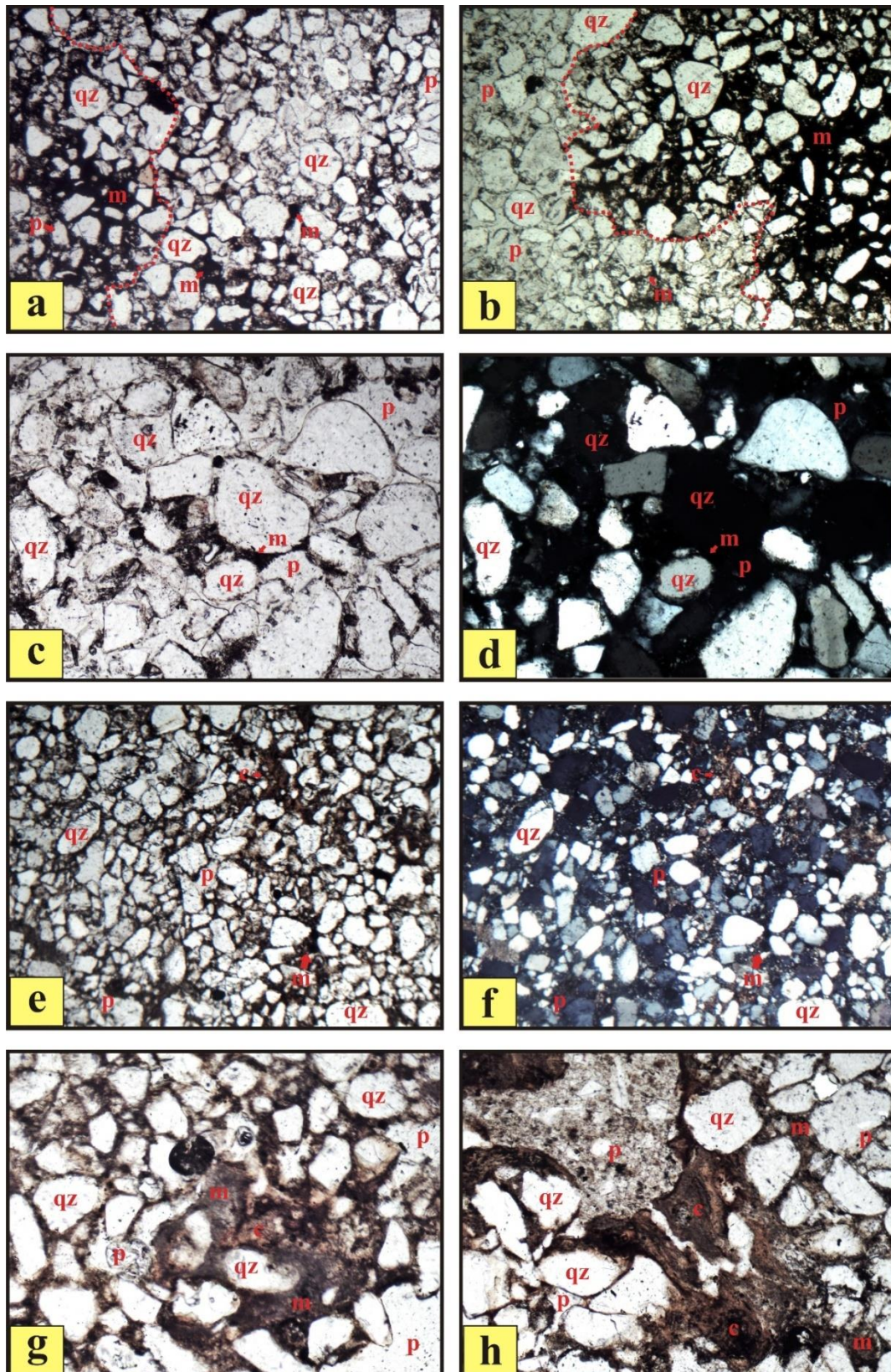


**Figura 9.** Fotomicrografias de P1 evidenciando material apédico (a, b, c, e d), micromassa de P1 (e, f), e P4 com material apédico em C2 (g e h) e sua micromassa mais abundante em C4 (i, j). m: micromassa; p: poro; qz: quartzo.

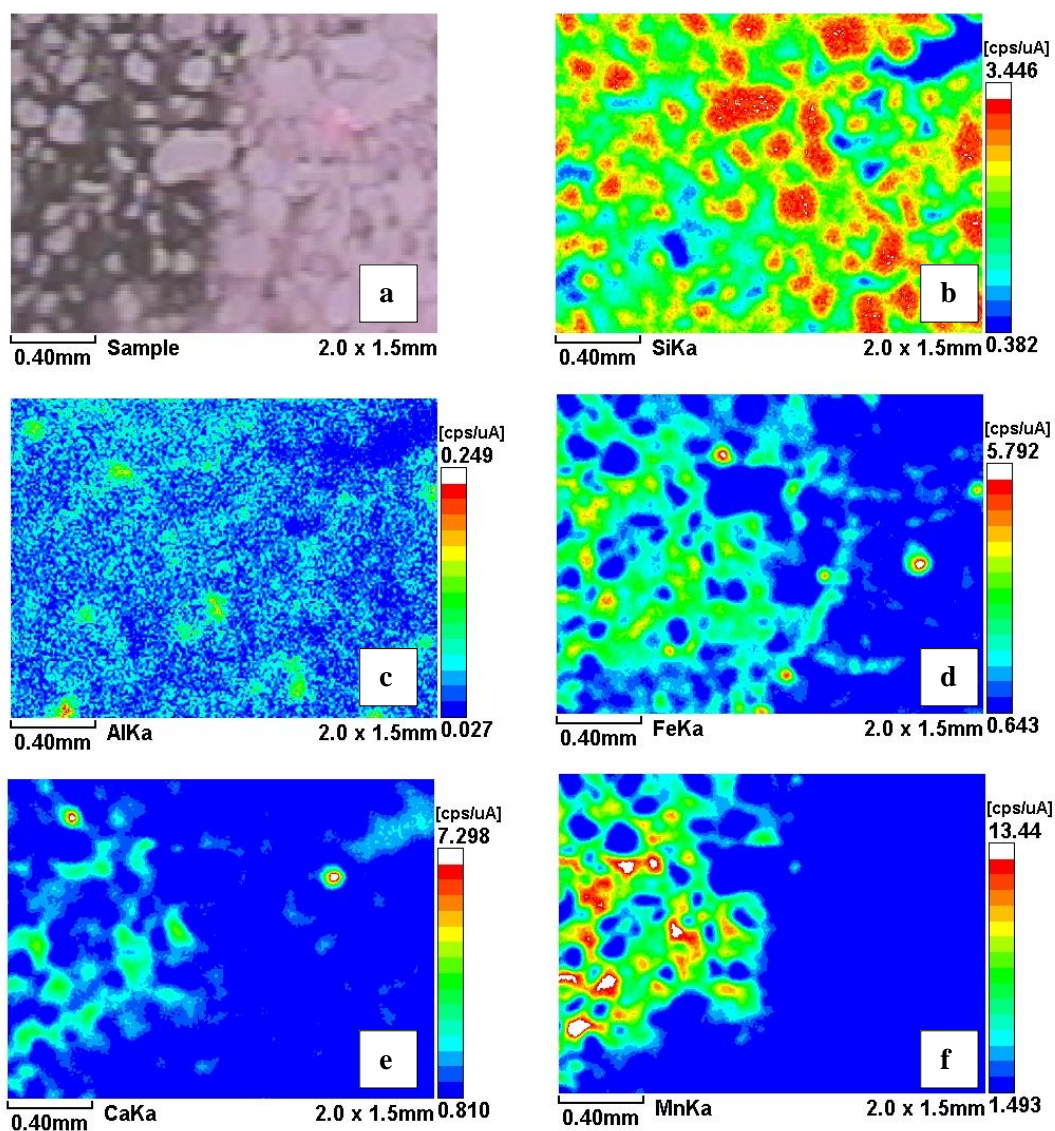
Os subhorizontes E de P2 apresentam microestrutura do tipo grãos simples, com poros de empilhamento simples entre eles (Figuras 10a, b, c, d). O material grosso é constituído por quartzo, sem apresentar organização granulométrica, de tamanhos fino a médio, subarredondados. Os grãos estão parcialmente ou totalmente revestidos por um material fino de coloração preta, com algumas pontes, caracterizando uma trama do tipo quito-gefúrica. Essa trama é predominante no horizonte E<sub>1</sub>.

Em E<sub>2</sub> ocorrem zonas em que há um expressivo adensamento da micromassa, no qual, além do revestimento dos grãos, há o preenchimento completo ou quase completo dos poros. Essa organização caracteriza uma trama porfírica, em que os cristais grossos foram embebidos pela micromassa. Não é possível perceber a orientação dessa micromassa por meio da identificação de tramas birrefringentes em nícois cruzados. Embora a relação c/f denote a predominância dos materiais grossos, essas distintas distribuições relativas caracterizam uma maior participação da micromassa nas zonas preenchidas. Em nível macroscópico, essas zonas correspondem às lamelas (bandas onduladas) escuras observadas no perfil. Como se trata de preenchimentos, cuja gênese não está relacionada à alteração de constituintes minerais primários do material de origem, mas sim por acumulação absoluta, elas são entendidas como feições pedológicas texturais. Mapas microquímicos revelam que a composição desse material fino é constituída predominantemente por Mn, Fe e Ca. (Figura 11).

O horizonte Btn<sub>2</sub>, em nível da lâmina, é apédico, com microestrutura maciça na maior parte da seção delgada, na qual grãos de quartzo, tamanho fino a médio, subarredondados, estão embebidos por uma micromassa com duas colorações, isto é, em parte preta, tal como nos horizontes E, e em parte amarelada/acastanhada (Figuras 10e, f). Quando cruzados os nícois, essa micromassa amarelada apresenta um brilho dourado, evidenciando uma trama birrefringente do tipo cristalítica. Os poros são moldados pela micromassa ou pela superfície dos cristais de quartzo, denotando um sistema de empilhamento complexo a cavitário. Por vezes há o preenchimento completo dos poros pela micromassa, caracterizando uma distribuição porfírica, ao passo que em algumas seções esse preenchimento é parcial, mais próximo de uma trama gefúrica. Assim como observado para os horizontes superiores, por se tratarem de preenchimentos de materiais finos e não de materiais produzidos *in situ*, os mesmos podem ser considerados como feições pedológicas texturais do tipo preenchimentos. Além dessas, foram observados cutans de coloração castanho-avermelhada, pouco laminados (Figuras 10g, h).

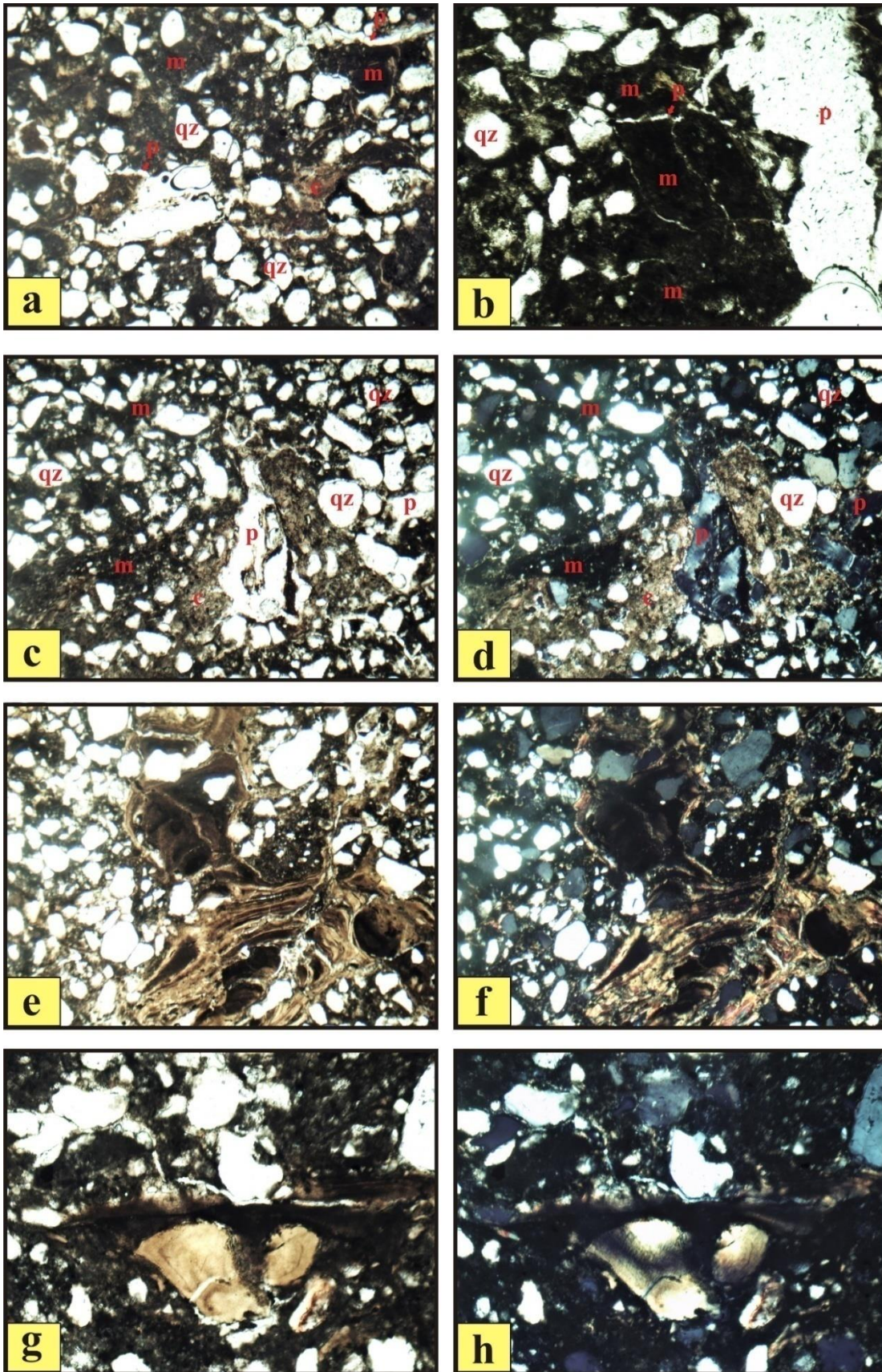


**Figura 10.** Micromorfologia de P2 evidenciando o limite entre da zona de adensamento da micromassa no horizonte E<sub>2</sub> (a, b, c, e d), micromassa do subhorizonte Btn<sub>2</sub> (e e f), e cutans presentes em Btn<sub>2</sub> (g e h). m: micromassa; p: poro; qz: quartzo; c: cutan.

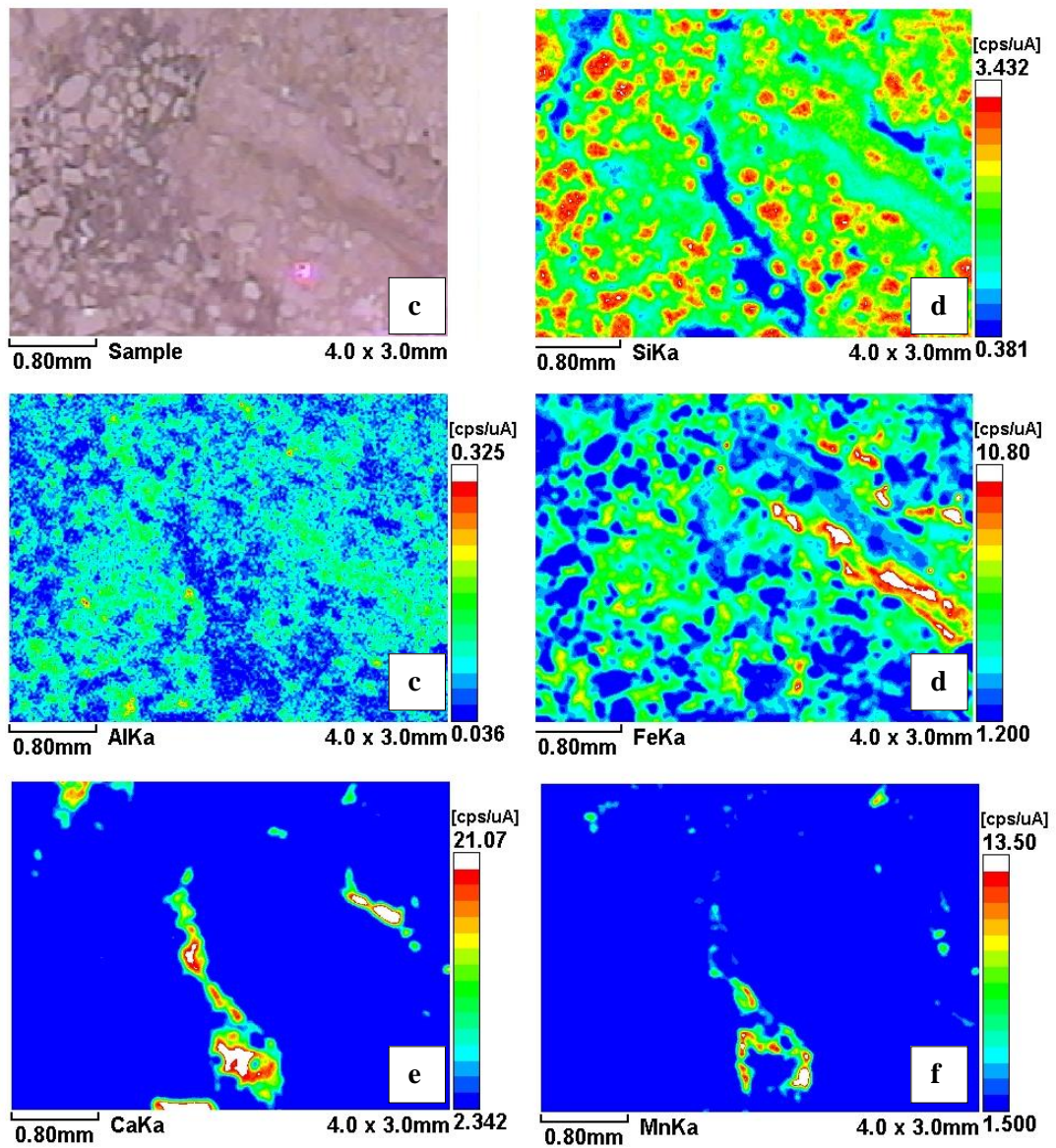


**Figura 11.** Mapa microquímico de Si (b), Al (c), Fe (d), Ca (e), e Mn (f) e foto (a) da lâmina de micromorfologia do subhorizonte E<sub>2</sub> na zona de contato da micromassa (lamela).

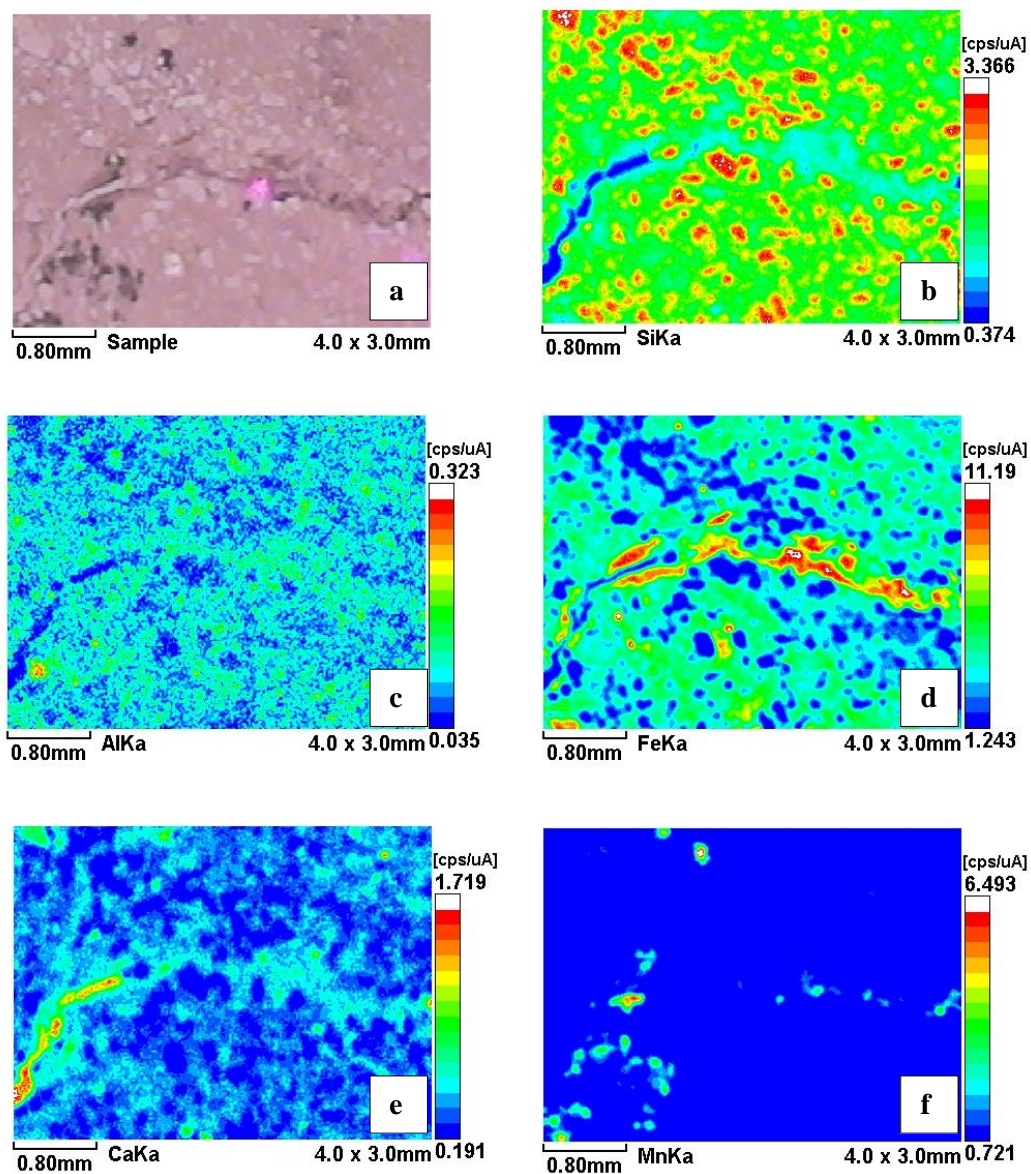
O horizonte Btn<sub>3</sub> apresenta microestrutura do tipo maciça em algumas porções da lâmina, com poros de empilhamento complexo e cavitários, sendo os últimos delimitados no interior dos espaços preenchidos pela micromassa. Nesses domínios, o material permanece predominantemente apédico, sem organização pedológica na forma de agregados aparente. Em algumas porções, onde há maior concentração de material fino apresentem agregados angulosos a subarredondados, delimitados por poros planares que sugerem fragmentação mecânica (Figuras 12a e b).



**Figura 12.** Fotomicrografia do subhorizonte Btn<sub>3</sub> de P2 exibindo poros planares (a e b), cutans (c, d, e, e f), e pápulas (g, e h). m: micromassa; p: poro; qz: quartzo; c: cutan.



**Figura 13.** Mapa microquímico de Si (b), Al (c), Fe (d), Ca (e), e Mn (f) e foto (a) da lâmina de micromorfologia do subhorizonte Bt<sub>n3</sub> de P2, evidenciando associação entre Ca e Mn, e cutans de Fe..

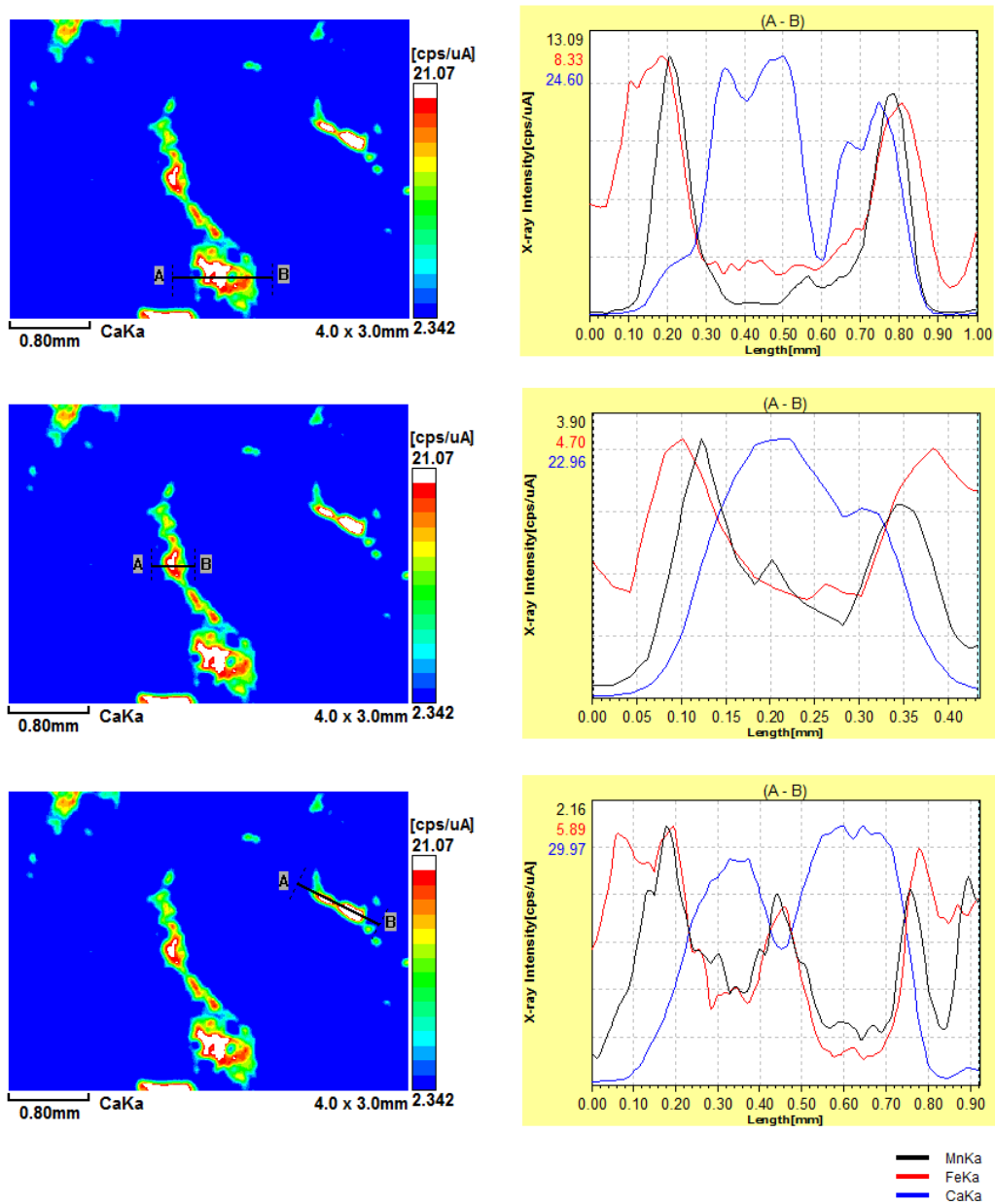


**Figura 14.** Mapa microquímico de Si (b), Al (c), Fe (d), Ca (e), e Mn (f) e foto (a) da lâmina de micromorfologia do subhorizonte Btn<sub>3</sub> de P2 evidenciando associação precipitação de carbonatos nos poros e cutans de Fe.

O grau de pedalidade nesses níveis é fraco a moderado. O fundo matricial revela, em comparação com os demais horizontes do perfil, uma participação mais equitativa da micromassa e do material grosso. Esse último é formado por cristais de quartzo, subarredondados a arredondados, pouco fraturados, mas com algum nível de corrosão das bordas. A micromassa, por sua vez, possui coloração variando de preta a castanho escura, sem a possibilidade de identificação de tramas birrefringentes.

As feições pedológicas do tipo cutânicas são abundantes (Figuras 12c, d, e e f). Trata-se de cutans laminados ou não, do tipo argilans, com forte orientação em nícois cruzados, formados no interior dos poros e da própria micomassa. Muitos cutans encontram-se fragmentados, indicando processos mecânicos ulteriores. Há também, em poucas porções das lâminas, a presença de pápulas (Figuras 12g e h), com coloração que se distingue da micromassa escura e dos cutans acastanhados. Essas são mais amareladas, com forte orientação relativa em nícois cruzados.

Quando observado o mapa microquímico gerado por fluorescência de raios-x, percebe-se uma nítida associação entre Ca e Mn (Figura 13), também presente na lâmina de E<sub>2</sub> na micromasssa correspondente às lamelas. No caso desse horizonte, o Ca parece estar precipitado na forma de carbonato preenchendo um antigo poro. Na Figura 15 é apresentado um transecto dessa feição, evidenciando que na verdade o Ca está sendo recoberto por Fe e Mn. Em outro ponto da lâmina é possível observar os cutans de constituição de Fe, e carbonato de Ca precipitado no poro (Figura 14) aparentemente sem revestimento ferromangano.



**Figura 15.** Transecto em mapeamento microquímico exibindo a distribuição de Ca, Fe e Mn. A imagem da esquerda representa o mapa microquímico de Ca, enquanto na direita o espectro do transecto A – B para os elementos Ca (azul), Fe (vermelho), e Mn (preto).

## 5.7. Classificação dos solos

Todos os horizontes superficiais dos solos estudados foram identificados como horizonte A moderado (EMBRAPA, 2013). Apesar de o horizonte superficial do perfil P3 (centro da baixada), apresentar teor de carbono superior a  $80 \text{ g.kg}^{-1}$ , requerido para caracterizar material orgânico, conforme os critérios atuais, sua pequena espessura (apenas 9 cm) não atende aos requisitos distintivos do horizonte hístico. Foi, portanto, reconhecido como horizonte A moderado. No caso de P2, os atributos de seu horizonte superficial atendem perfeitamente os requisitos deste tipo de horizonte diagnóstico superficial.

Os perfis P1 e P4 apresentam horizonte superficial muito profundo, com 68 cm e 42 cm de espessura respectivamente, mas com os teores de carbono muito baixos condizentes com horizonte A fraco, do qual se diferencia pelas cores mais escurecidas. Foram, portanto, reconhecidos como A moderado. Nos dois perfis foi encontrada a seqüência de horizontes A sobre C (este último composto quase exclusivamente por quartzo), e não foram identificadas características hidromórficas descritas pelo SiBCS, enquadrando-se em 3º nível categórico na classe dos Neossolos Quartzarênicos Órticos. Os solos não apresentam contato lítico, caráter êutrico, horizonte A húmico, não tem características transicionais com outras classes de solos, e apesar de contarem com caráter solódico em profundidade, essa característica ocorre abaixo dos 100 cm, o que faz com que sejam classificados como Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

No caso de P3, foi identificado horizonte E, transição abrupta entre este horizonte e horizonte B, cores acinzentadas, e mudança textural abrupta. Apesar de apresentar caráter sódico dentro de 120 cm, este perfil não se enquadra na classe dos Planossolos Nátricos por apresentar a soma  $\text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+$  menor do que  $\text{Ca}^{2+} + \text{H}^+$  na parte superior do horizonte B. Mesmo apresentando estrutura prismática (típica de solos sódicos), foi enquadrado na classe dos Planossolos Háplicos. Devido à ausência de caráter carbonático, caráter sálico, caráter alítico, caráter alumínico, e por ser eutrófico e solódico, este perfil foi classificado como Planossolo Háplico Eutrófico solódico.

Já em P2, houve maior dificuldade quanto à definição do tipo de horizonte B diagnóstico, e conseqüentemente quanto ao seu enquadramento taxonômico. A morfologia e observações de campo sugerem a presença de horizonte B espódico (Bh) abaixo do horizonte E, porém, quando observadas as características químicas desses

subhorizontes (Btn<sub>1</sub> e Btn<sub>2</sub>) percebe-se que contrariam as condições tanto de formação quanto de caracterização dos horizontes B espódicos segundo Embrapa (2013). O teor de carbono orgânico é pouco maior em relação ao horizonte E - não representando acúmulo considerável, apresenta pH extremamente alcalino (9.6 e 9.8 nos subhorizontes) – contrariando as condições ácidas de formação do Bh, tem teor de Al extraído por DCB e oxalato muito baixos e teores de Mn extremamente altos, tanto na TFSA quanto na argila – contrariando característica considerada essencial para a sua formação, a complexação da matéria orgânica com Al (EMBRAPA 2013, p.62). Também não foram identificadas feições orgânicas nas lâminas de micromorfologia. Além disso, tem caráter sódico (ISNa de 21% e 30%) e sua parte superior apresenta mudança textural abrupta em relação ao horizonte E logo acima, o que nos leva a identificá-lo como horizonte B plânico, mesmo apresentando textura arenosa.

Partindo desse pressuposto, e identificada a seqüência de horizontes A, E e B plânico, o solo foi enquadrado na classe dos Planossolos, porém apresentando mesmas características de P3 que o impedem de ser classificado na classe dos Planossolos Nátricos. Mesmo contando com valores elevados de PST em todo horizonte B plânico que caracterizam caráter sódico (21% a 31%), e estrutura com aspecto maciço, a soma  $Mg^{2+} + Na^{+}$  também é menor do que  $Ca^{2+} + H^{+}$  no topo do horizonte B, levando ao enquadramento na classe dos Planossolos Háplicos. Também não apresenta caráter carbonático, caráter sálico, caráter alítico, caráter alumínico, caráter salino, caráter solódico, A chernozêmico, transição com outras ordens, possui horizonte B plânico ocorrendo acima de 50 cm, porém, com textura variável entre franco-arenosa e areia acima deste, e por ser eutrófico, o perfil foi classificado como Planossolo Háplico Eutrófico típico. Talvez P2 tenha sido o perfil mais problemático em termos de enquadramento taxonômico, por apresentar expressivo caráter sódico, tanto morfologicamente quanto quimicamente, e ter sido enquadrado na classe dos SXe típicos.

## 5.8. Considerações gerais sobre a gênese dos solos

P1 e P4 são solos de desenvolvimento muito incipiente, tendo como único processo pedogenético atuante a melanização na formação do horizonte A desses solos, que atinge profundidades consideráveis. Esses perfis contam com caracteres sódico e solódico em profundidade, o que parece estar mais relacionado com as oscilações do lençol freático carreando cátions  $\text{Na}^+$  acumulados em outras posições da paisagem do que a um processo de sodificação. P1 apresenta maiores valores de PST, provavelmente por estar mais próximo da baixada estudada, onde estão P2 e P3.

No caso de P4, chama atenção a presença de mosqueados e coloração amarela em profundidade, característica que o distingue de P1. Os dados da relação AG/AF e densidade de partículas, além da semelhança de distribuição textural com P1, sugerem que não há diferença de material de origem. Parece mais razoável a hipótese de que há um incipiente processo pedogenético de formação de óxidos de ferro, neste ambiente com menor influência de inundação, que dá o tom amarelo em subsuperfície. Talvez a coloração amarelada se manifeste mais em profundidade por causa do horizonte A espesso, que pela presença de carbono orgânico poderia estar tanto mascarando a cor e inibindo a precipitação de óxidos pelo seu alto poder complexante de ferro.

As características micromorfológicas evidenciam a diferença entre os dois perfis, mostrando a ausência de micromassa em P1 enquanto P4 conta aumento de micromassa em profundidade revestindo e até criando pontes entre os grãos. Em P4 foi observada a presença de feições texturais (cutans) com orientação, mas é difícil afirmar precisamente se houve processo de iluviação, pois se encontra num ambiente com dinâmica de aumento sazonal do nível freático em profundidade, o que pode reorientar e translocar material fino em diferentes direções no perfil. Os mosqueados de cor clara encontrados em profundidade são feições de oxirredução, mas há dúvida se os processos pedogenéticos atuais são de remoção de Fe ou de acumulação em profundidade.

Quanto a P2 e P3, trata-se de solos formados em diferentes condições pedogenéticas em relação aos solos arenos de floresta e cerrado. Ocorrem em lobos fluviais abandonados pedogeneizados, que fechados por cordões arenosos mais altos

(cordilheiras) já foram salinas, e hoje estão sob processo de solodização causado pela erosão desses cordões por novos d'água intermitentes mais recentes (vazantes) (FURQUIM et al., 2017).

São solos com gradiente textural causado por formação de argila em profundidade, que aparentam ter experimentado mais de um ciclo pedoclimático, evidenciado pelo recobrimento dos agregados do solo e carbonatos de cálcio com Fe e Mn (Figura 15). Quanto ao horizonte Bt, a micromorfologia indica feições texturais abundantes (argilans), porém, não podem ser simplesmente admitidos como de origem iluvial pois o perfil se encontra em condição de hidromorfismo sazonal. Sendo este horizonte a camada impermeável que impede a infiltração da água, fazendo-a aflorar em superfície, significa que está sujeito à flutuações do nível freático e constante reorganização e contração/expansão da fração fina do solo em diferentes direções evidenciado pelos poros planares, abundância de revestimos e pápulas nas fotomicrografias.

A situação evidenciada nos mapas microquímicos de Bt (P2), indica que houve uma fase de precipitação de carbonatos, possivelmente num pedoambiente mais seco, com posterior fase de recobrimento desses carbonatos por Fe e Mn, que são elementos reduzidos e transportados pela água em condições hidromórficas (condição atual dos solos estudados). Assine et al.,(1997), através de datação de carbonatos na sub-região do pantanal de Miranda, sugerem que condições mais secas prevaleceram por algum período no Holoceno tardio, por volta de 3820 AP. Uma hipótese para explicar a realidade encontrada é que se houve realmente uma alternância de fases seca para úmida, nessa segunda os carbonatos tenderiam a sofrer dissolução, aumentando o pH nos micro-sítios em seu entorno favorecendo a precipitação de Mn e Fe do seu entorno começando um processo de concrecionamento como recobrimento. Por outro lado, os carbonatos apresentam cinética de reação relativamente mais rápida do que óxidos de Mn e Fe, sendo difícil deduzir com segurança se essa precipitação de carbonatos de cálcio, e posterior revestimento por Fe e Mn, é recente devido apenas aos ciclos de inundação atuais, ou tem contribuição de climas pretéritos. Essas duas hipóteses seriam condizentes com a morfologia observada no horizonte Bt desse perfil, com filmes de Mn recobrimo agregados.

As lamelas que foram encontradas no subhorizonte E<sub>2</sub> tanto de P2 quanto P3, também indicam relação entre Ca, Mn e Fe. Essas lamelas se apresentam como linhas que

parecem marcar o nível hidrostático, o que pode sugerir que a dinâmica de precipitação dos carbonatos e posterior recobrimento com Mn estejam de acordo com a dinâmica das inundações sazonais. Ou seja, à medida que a água evapora, concentra a solução do solo, diminui a pressão parcial de CO<sub>2</sub>, e os carbonatos precipitam em níveis superiores do horizonte, que agora em microambiente oxidante faz com que o Mn também se oxide recobrindo os carbonatos. Outra hipótese possível é que os óxidos de Fe e Mn se oxide ainda em condição de saturação de água, pelo aumento de pH no entorno dos carbonatos durante sua dissolução, resultando na faixa ideal de precipitação destes elementos.

Em P2, inicialmente houve dúvidas sobre a definição dos horizontes Btn<sub>1</sub> e Btn<sub>2</sub>, devido a sua morfologia parecida com horizonte B espódico (Bh). Mas, quando analisadas as características químicas e micromorfológicas desses subhorizontes, fica claro que não se trata de um Bh, na conceituação atual, por apresentar algumas características opostas à sua definição, a saber: pH alcalino, caráter sódico, caráter hipereutrófico, coloração escura dada pelo alto teor de Mn na fração argila somado a um baixo teor de carbono orgânico, nenhuma acumulação de Al revelando baixa complexação e pouco protagonismo na formação do horizonte, e ausência de predominância de constituintes e feições orgânicas a nível micromorfológico.

Neste perfil, ficam evidentes os processos pedogenéticos de melanização, gleização, calcificação e sodificação. Já em P3, também ficam evidentes a melanização, sodificação e gleização, mas a morfologia indica uma pedalização mais avançada, e há menor intensidade do processo de calcificação. Em ambos os perfis há organização de argila em diferentes direções devido à influência das inundações sazonais.

## 6. Conclusões

Os solos estudados apresentam influência do material de origem, mas também das condições climáticas e hidrológicas que imprimem processos pedogenéticos específicos. Enquanto os Neossolos Quartzarênicos (P1 e P4) guardam mais características do material de origem, os Planossolos (P2 e P3) sofreram mais influência dos ciclos climáticos e hidrológicos regionais, relativo aos primeiros. Essas influências ficaram marcadas nas características texturais, químicas e mineralógicas dos solos.

Os perfis estudados apresentam baixos teores de carbono orgânico e, com exceção de P4, são eutróficos e têm influência de sódio em todos os horizontes ou em profundidade. A soma de bases aumenta no sentido do topo para a parte mais baixa da topossequencia, assim como os valores de pH que variam de ácidos a extremamente alcalinos.

Mesmo apresentando estrutura maciça e prismática, e com caráter sódico predominante nos horizontes B dos solos de baía (P2 e P3), os solos enquadram-se de acordo com critérios estabelecidos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, na classe dos Planossolos Hápticos, ao invés de Planossolos Nátricos.

As lamelas encontradas no horizonte E dos Planossolos, o recobrimento dos agregados e carbonatos por Mn e Fe, e coloração variegada nos perfis, sugerem processos pedogenéticos oriundos de ciclos distintos, tendo ocorrido em seqüência, o que caracteriza esses solos como poligenéticos ou policíclicos (JOHNSON et al., 1990).

O presente estudo apresenta sua importância ao contribuir para a ampliação do conhecimento sobre os solos do Pantanal e seu enquadramento taxonômico no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Trata-se de uma das regiões mais biodiversas da América do Sul, única depressão inundável em grande escala do Brasil, que ainda tem parte de seus processos pedogenéticos pouco estudados.

## 7. Referências Bibliográficas

ADÂMOLI, J. Diagnóstico do Pantanal: características ecológicas e problemas ambientais. Brasília: Programa Nacional do Meio Ambiente. 1995. 50p.

ASSINE, M.L. & SOARES, P.C. The giant Taquari wet alluvial fan, Pantanal basin, Brazil. Proceedings of the Sixth International Conference on Fluvial Sedimentology. International Association of Sedimentology, University of Cape Town, Cape Town, p.16. 1997.

ASSINE, M.L. & SOARES, P.C. Quaternary of the Pantanal, west-central Brazil. Quaternary International, 114:23-34. 2004.

ASSINE, M.L.; PADOVANI, C.R.; ZACHARIAS, A.A.; ANGULO, R.J.; SOUZA, M.C. Compartimentação geomorfológica, processos de avulsão fluvial e mudanças de curso do Rio Taquari, Pantanal Mato-Grossense. Revista Brasileira de Geomorfologia. 6(1):97-108. 2005.

ASSINE, M.L. Brazilian Pantanal: a large pristine tropical wetland. In: VIEIRA, B.C.; SALGADO, A.A.R.; SANTOS, L.J.C. (ed.) Landscapes and Landforms of Brazil. Springer. 2015. Cap. 12, p.135-145.

BARBIERO, L.; REZENDE FILHO, A.; FURQUIM, S.A.C.; FURIAN, S.; SAKAMOTO, A.Y.; VALLES, V.; GRAHAM, R.C.; FORT, M.; FERREIRA, R.P.D.; QUEIROZ NETO, J.O. Soil morphological control on saline and freshwater lake hydrogeochemistry in the Pantanal of Nhecolândia, Brazil. Geoderma, 148:91-106. 2008.

BRASIL – Projeto RADAMBRASIL, Folha SE.21 Corumbá e parte da Folha SE.20.: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Ministério das Minas e Energia. Rio de Janeiro.1982.(Levantamento de recursos naturais, 27).

BULLOCK, P.; FEDEROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T.; BABEL, U. Handbook for soil thin section description. United Kingdom: WaineResearch, 1985. 152p.

CAMARGO, M.N.; KLANT, E.; KAUFFMAN, J.H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil. Boletim Informativo SBCS. 12:11-33. 1987. 24p.

CHADWICK, O.A. & GRAHAM, R.C. Pedogenic processes. In: SUMMER, M.E. (ed.) Handbook of soil science. Boca Raton, CRC Press, 2000. p. E41-E75.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CSFEMG. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. – 5ª aproximação. RIBEIRO, C. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES, V. H. (ed.). Viçosa. 1999. 359 p.

COSTA, M.; TELMER, K.H.; EVANS, T.L.; ALMEIDA, T.I.R.; DIAKUN, M.T. The lakes of the Pantanal: inventory, distribution, geochemistry, and surrounding landscape. *Wetlands Ecology and Management*. 23:19-39. 2015

CUNHA, N.G. da. Considerações sobre os solos da sub-região da Nhecolândia, Pantanal Matogrossense. Corumbá, MS. 1980. 45p. (EMBRAPA, UEPAE de Corumbá, Circular Técnica, 1).

CUNHA, N.G. da.; POTT, A.; GONÇALVES, A.R. Solos calcimórficos da sub-região do Abobral, Pantanal Mato-Grossense. Corumbá, MS. 1986. 52p. (EMBRAPA-CPAP. Circular Técnica, 19).

EMBRAPA. Definição e notação de horizontes e camadas do solo. 2ª ed. revista e atualizada. Rio de Janeiro, 1988. 54p.

EMBRAPA. Levantamento de reconhecimento da alta intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da borda oeste do Pantanal: Maciço do Urucum e adjacências, MS. SPERA, S.T.; TOSTO, S.G.; CARDOSO, E.L.; OLIVEIRA, H. (ed.). Corumbá: EMBRAPA-CPAP/Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS. 1997. 171p. (EMBRAPA-CPAP. Boletim de Pesquisa, 9).

EMBRAPA. Guia de Campo: Pantanal e Cerrado. X Reunião de Classificação e Correlação de Solos. Mato Grosso do Sul, 03 a 11 de novembro. 2012. 176p.

EMBRAPA. Manual de método e análise de solo. 2ª ed. Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA Solos, 2011. 230p. - (Documentos /Embrapa Solos, ISSN 1517-2627;132)

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3ª ed. Brasília, DF. 2013. 353p.

FERNANDES, E. Caracterização dos elementos do meio físico e da dinâmica da Nhecolândia (Pantanal sulmatogrossense). Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 2000. 130p.

FERNANDES, E. Organização espacial dos componentes da paisagem da baixa nhecolândia – Pantanal de Mato Grosso do Sul. Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Paulo. São Paulo, SP. 2007. 177p.

FURIAN, S.; MARTINS, E.R.C.; PARIZOTTO, T.M.; REZENDE-FILHO, A.T.; VICTORIA, R.L.; BARBIERO, L. Chemical diversity and spatial variability in myriad lakes in Nhecolândia in the Pantanal wetlands of Brazil. *Limnology and Oceanography*. 58(6):2249-2261. 2013.

FURQUIM, S.A.C. Formação de carbonatos e argilo-minerais em solos sódicos do Pantanal Sul-Mato-Grossense. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 2007. 222p.

FURQUIM, S.A.C., Graham, R.C., Barbiero, L., Queiroz Neto, J.P., Vallès, V., 2008. Mineralogy and genesis of smectites in an alkaline–saline environment of Pantanal wetland, Brazil. *Clays and Clay Minerals* 56, p.580–596.

FURQUIM, S.A.C., GRAHAM, R.C., BARBIERO, L., QUEIROZ NETO, J.P., VIDAL-TORRADO, P.,. Soil mineral genesis and distribution in a saline lake landscape of the Pantanal Wetland, Brazil. *Geoderma*, v.158, p.518–528. 2010<sup>a</sup>.

FURQUIM, S.A.C., BARBIÉRO, L., GRAHAM, R.C., QUEIROZ NETO, J.P., DIAS FERREIRA, R.P., FURIAN, S. Neof ormation of micas in soils surrounding an alkaline-saline lake of Pantanal wetland, Brazil. *Geoderma* 158, 331–342. 2010<sup>b</sup>.

FURQUIM, S.A.C.; SANTOS, M.A.; VIDOCA, T.T.; BALBINO, M.A.; CARDOSO, E.L. Salt-affected soils evolution and fluvial dynamics in the Pantanal wetland, Brazil. *Geoderma*, v. 286, p.139-152. 2017.

JOHNSON, D.; KELLER, E.A.; ROCKWELL, T.K. Dynamic pedogenesis: new views on some key soil concepts, and a model for interpreting quaternary soils. *Quaternary Research*, 33:306-319. 1990.

KÄMPF, N.; CURI, N.; MARQUES, J.J. Intemperismo e ocorrência de minerais no ambiente do solo. In: MELO, V.F. & ALLEONI, L.R.F. (Eds.), Química e Mineralogia de Solos, Parte I – Conceitos Básicos. Viçosa (MG): SBCS, 2009. cap. 5, p. 333-380.

KAMPF, N. & CURI, N. Formação e evolução do solo (Pedogênese). In: KER, J.C.; CURI, N.; SCHAEFER, C.E.G.R.; VIDAL-TORRADO, P. (ed.) Pedologia: Fundamentos. Viçosa, MG. SBCS. 2012. Cap. 7, p.209-302.

McKEAGUE, J. A. & J. H. DAY. Dithionite and oxalate extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. Canadian Journal of Soil Science. Ottawa. v. 46, p.13-32, 1966.

MEHRA, O.P. & JACKSON, M.L. Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with sodium bicarbonate. Clays and Clay Minerals, 7:317-327. 1960.

NASCIMENTO, A.F.; FURQUIM, S.A.C.; GRAHAM, R. C.; BEIRIGO, R.M.; OLIVEIRA JUNIOR, J.C.; COUTO, E. C.; VIDAL-TORRADO, P. Pedogenesis in a Pleistocene fluvial system of the Northern Pantanal – Brazil. Geoderma, 255-256:58-72, 2015.

OLIVEIRA JUNIOR, J.C. de. Processos pedogenéticos atuais e pretéritos em solos alcalino-sódicos do Pantanal Norte. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP. 2015. 184p.

POR, F.D. The Pantanal of MatoGrosso (Brazil) – World's Largest Wetland. Dordrecht. Kluwer Academic Publishers. 1995.

PANSU, M. & GAUTHEYROU, J. Handbook of soil analysis: mineralogical, organic and inorganic methods. Springer-Verlag. Netherlands. 2006. 993p.

RESENDE, M.; CURI, N.; KER, J.C.; REZENDE, S.B. Mineralogia de Solos Brasileiros – Interpretações e Aplicações. 2ª ed. Lavras, MG. UFLA. 2011. 205p.

RIBEIRO, M.R.; FREIRE, F.J.; MONTENEGRO, A.A. Solos halomórficos no Brasil: ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: CURI, N.; MARQUES,

J.J.; GUILHERME, L.R.G.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S.; ALVAREZ, V.H. (ed.) Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG. SBCS. 2003. v.3, p.165-208.

RIBEIRO, M.R.; BARROS, M.F.C.; FREIRE, M.B.G.S. Química dos Solos Salinos e Sódicos. In: MELO, V. F; ALLEONI, L. R. F. (ed.) Química e Mineralogia do Solo: Parte II – Aplicações. Viçosa, MG. SBCS. 2009. Cap. 1, p. 1-68.

RIBEIRO, M.R.; OLIVEIRA, L.B. de; ARAÚJO FILHO, J.C. de. Caracterização morfológica do solo. In: KER, J.C.; CURI, N.; SCHAEFER, C.E.G.R.; VIDAL-TORRADO, P. (ed.) Pedologia: Fundamentos. Viçosa, MG. SBCS. 2012. Cap. 3, p.45-80.

SAKAMOTO, A.Y. Dinâmica hídrica em uma lagoa salina e seu entorno no Pantanal da Nhecolândia: contribuição ao estudo das relações entre o meio físico e a ocupação, Fazenda São Miguel Firme, MS. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 1997. 183p.

SANTOS, R.D.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C.; SHIMIZU, S.H. Manual de Coleta e Solo no Campo. Viçosa, MG: SBCS. 2015. 102p.

SCHAETZL, R. & ANDERSON, S. Soils – Genesis and Geomorphology. New York, United States. Cambridge University Press. 2005. 817p.

SCHIAVO, J.A. NETO, A.H.D.; PEREIRA, M.G.; ROSSET, J.S.; SECRETTI, M.L.; PESSENDA, L.C.R. Characterization and classification of soils in the Taquari river basin – Pantanal region, state of MatoGrosso do Sul, Brazil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 36:697-707, 2012.

SOARES, A.P.; SOARES, P.C.; ASSINE, M.L. Areiais e lagoas do Pantanal, Brasil: herança paleoclimática? Revista Brasileira de Geociências. 33(2):211-224. 2003.

SORIANO, B.M.A. Caracterização climática de Corumbá-MS. Corumbá, MS. EMBRAPA-CPAP, 1997. 25p. (EMBRAPA-CPAP. Boletim de Pesquisa, 11).

SORIANO, B.M.A. Caracterização climática da sub-região da Nhecolândia, Pantanal-MS. In: Resumos do II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal – Manejo e Conservação, 18 a 22 de novembro. Corumbá, MS. 1996.

STOOPS, G.,. Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 2003. 184 p.

STOOPS, G.; MARCELINO, V.; MEES, F.; Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. Amsterdam, Netherlands. Elsevier. 2010. 720p.

SWIFT, R.S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D.L. ed. Methods of soil analysis. American Society of Agronomy. Madison, 1965. p.1550-1572.

UNITED STATES SALINITY LABORATORY – USSL STAFF. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Department of Agriculture. Washington. 1954. 160p.

VAN BREEMEN, N. & BRINKMAN, R. Chemical equilibria and soil formation. In: BOLT, G.H. & BRUGGENWERT, M.G.M. (ed.) Soil Chemistry: A. Basic Elements. Elsevier. Amsterdam. 1978. Cap. 8, p.141-171.

WALKLEY, A. & BLACK, J.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, 37: 29-38, 1934.

WHITNEY, B.S.; MAYLE, F.E.; PUNYASENA, S.W.; FITZPATRICK, K.A.; BURN, M.J.; GUILLEN, R.; CHAVEZ, E.; MANN, D.; PENNINGTON, R.T.; METCALFE, S.E. A 45 kyr palaeoclimate record from the lowland interior of tropical South America. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 307:177-192. 2011.

ZANI, H. & ASSINE, M.L. Paleocanais no megaleque do rio Taquari: mapeamento e significado geomorfológico. Revista Brasileira de Geociências, 41(1):37-43. 2011.

## **8. APÊNDICES**

### **FICHAS DE DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA E DIFRATOGRAMAS DE RAIOS-X**

## **PERFIL 1**

NÚMERO DE CAMPO - JSR01

DATA - 23.10.2015

CLASSIFICAÇÃO ATUAL - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico êutrico, textura arenosa, A moderado, hipoférrico, endosolódico, mesoeutrófico, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo plano.

CLASSIFICAÇÃO ANTERIOR - AREIA QUARTZOSA EUTRÓFICA A moderado fase floresta tropical subcaducifólia relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - A 4 km na direção nordeste da sede da Fazenda Nhumirim. Corumbá, MS. 18°57'014"S e 56°36'057"W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - trincheira situada em topo de cordilheira, com 0 a 1% de declive, sob floresta nativa, com presença de Acuri (*Scheelea phalerata*) e Gravatá (*Bromelia balansae*) no sub-bosque.

ALTITUDE - 113. metros.

LITOLOGIA - sedimentos arenosos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Pantanal.

CRONOLOGIA - Quaternário.

MATERIAL DE ORIGEM - produtos da alteração dos sedimentos supracitados.

PEDREGOSIDADE - não pedregoso.

ROCHOSIDADE - não rochoso.

RELEVO LOCAL - plano.

RELEVO REGIONAL - plano.

EROSÃO - não aparente.

DRENAGEM - excessivamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical subcaducifólia

USO ATUAL – Vegetação nativa.

CLIMA - Aw, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Amaury de Carvalho Filho, João Carlos Ker e João Santiago Reis

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1 0 - 19 cm, cinzento muito escuro (10YR 3/1,5, úmido) e bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido amassado); areia-franca; grãos simples e fraca média e grande granular; solta, solta, não plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.
- A2 19 - 47 cm, bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido) e bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido amassado); areia; fraca pequena e média blocos subangulares; macia, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.
- AC 47 - 68 cm, bruno (10YR 5/3, úmido) e bruno-acinzentado (10YR 4,5/2, úmido amassado); areia; fraca pequena e média blocos subangulares; macia, solta, não plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.
- C1 68 - 127 cm, bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3); areia; fraca pequena blocos subangulares que se desfaz em grãos simples; macia, solta, não plástica e não pegajosa; transição difusa e plana.
- C2 127 - 185 cm, bruno-amarelado-claro (10YR 6/4), mosqueado pouco, pequeno e distinto, amarelo-brunado (10YR 6/6), e pouco, pequeno e proeminente, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4); areia; grãos simples; macia, solta, não plástica e não pegajosa; transição difusa e plana.
- C3 185 - 240 cm, bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/3), mosqueado pouco, pequeno e distinto, bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3); areia; grãos simples; solta, solta, não plástica e não pegajosa; transição difusa e plana.
- C4 240 - 280 cm, bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/3), mosqueado pouco, pequeno e distinto, amarelo-brunado (10YR 6/6); areia; grãos simples; solta, solta, não plástica e não pegajosa.
- C5 350 - 400 cm, areia.

RAÍZES - muitas finas e muito finas, comuns médias e grossas, e poucas grossas no A1; muitas finas, comuns muito finas, comuns médias e grossas, e pouco muito grossas no A2; muitas finas, comuns médias e grossas, e raras muito finas e muito grossas no AC; comuns finas e médias em C1; poucas finas e médias no C2; poucas médias, e raras finas em C3; e ausentes nos demais horizontes

OBSERVAÇÕES – Horizonte C5 coletado através de tradagem no fundo da trincheira.



**Foto 1.** Perfil de Neossolo Quartzarênico Órtico típico em cordilheira..

## **PERFIL 2**

NÚMERO DE CAMPO - JSR02

DATA - 22.10.2015

CLASSIFICAÇÃO ATUAL – PLANOSSOLO HÁPLICO EUTRÓFICO típico, textura arenosa, A moderado, hipoférrico, sódico, hipereutrófico, alcalino, fase campo tropical, relevo plano.

CLASSIFICAÇÃO ANTERIOR – PODZOL HIDROMÓRFICO Solonéztico Ta A moderado textura arenosa fase campo tropical relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Baía situada a 4 km na direção nordeste da sede da Fazenda Nhumirim. Corumbá, MS. 18°57'18"S e 56°36'53.2"WGr.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Trincheira aberta em área plana em borda de baía (entre cordilheira e baía) com 0 a 1% de declive, sob pastagem nativa e ocorrência de assa-peixe, vassoura, arnica, e fedegoso nas proximidades.

ALTITUDE – 112 metros

LITOLOGIA - sedimentos arenosos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Pantanal.

CRONOLOGIA - Quaternário.

MATERIAL DE ORIGEM - produtos da alteração dos sedimentos supracitados.

PEDREGOSIDADE - não pedregoso.

ROCHOSIDADE - não rochoso.

RELEVO LOCAL - plano.

RELEVO REGIONAL - plano.

EROSÃO - não aparente.

DRENAGEM - imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Campo tropical, com assa-peixe.

USO ATUAL – Pastagem nativa.

CLIMA - Aw, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Amaury de Carvalho Filho, João Carlos Ker e João Santiago Reis

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 - 9 cm, cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmido), preto (10YR 2/1, úmido amassado) e bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, seco); franco-arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares e fraca média granular; macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e plana.
- E1 9 - 26 cm, bruno-acinzentado (10YR 5/2, úmido), bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido amassado) e cinzento-claro (10YR 7/2, seco), mosqueado pouco, pequeno e médio, distinto, bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2), e pouco, pequeno e médio, difuso, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2); areia-franca; maciça; macia, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição abrupta e plana.
- E2 26 - 40 cm, bruno (10YR 5/3, úmido), bruno-escuro (9YR 3/3, úmido amassado) e cinzento-claro (10YR 6,5/2, seco), mosqueado comum, pequeno e distinto, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2), referente a lamelas, e comum, pequeno e médio, proeminente, bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2); areia-franca; fraca média e pequena blocos subangulares com aspecto maciço; ligeiramente dura, friável, não plástica e não pegajosa; transição clara e plana.
- Btn1 40 - 48 cm, bruno-escuro (10YR 3/3, úmido) e bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido amassado e 2,5Y 3/2, seco), mosqueado abundante, pequeno e médio, difuso, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2); franco-arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares com aspecto maciço; dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e ondulada (7 - 10 cm).
- Btn2 48 - 60 cm, preto (5Y 2,5/2, úmido), bruno-acinzentado muito escuro (2,5Y 3/2, úmido amassado) e bruno-oliváceo-claro (2,5Y 5/3, seco); franco-arenosa; fraca média blocos subangulares com aspecto maciço; muito dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e ondulada (9 - 15 cm).
- Btn3 60 - 71 cm, bruno-acinzentado muito escuro (2,5Y 3/2, úmido) e bruno-acinzentado-escuro (2,5Y 4/2, úmido amassado); franco-argiloarenosa; fraca média e grande blocos subangulares; muito dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e ondulada (6 - 13 cm).
- Btn4 71 - 90 cm, coloração variegada composta por preto (5Y 2,5/1, úmido) e cinzento-oliváceo-escuro (5Y 3/2, úmido amassado); franco-argiloarenosa; fraca a moderada média e grande blocos subangulares; muito dura, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana (15 - 18 cm).
- Btn5 90 - 105 cm, cinzento-oliváceo-escuro (5Y 3/2, úmido) e bruno-acinzentado muito escuro (2,5Y 3/2, úmido amassado), mosqueado abundante, médio e grande, distinto, preto (5Y 2,5/1); franco-argiloarenosa; moderada grande e média blocos angulares e subangulares; muito dura, firme, plástica e pegajosa.

RAÍZES - muitas finas e muito finas no A; comuns finas e muito finas no E1; poucas finas, e comuns muito finas no E2; poucas finas e muito finas em Bh1; raras finas e muito finas no Bh2; raras muito finas no Btn1; e ausentes nos demais horizontes

OBSERVAÇÕES – O Horizonte E2 apresenta lamelas escurecidas com pontuações também escuras, indicando presença de manganês.

- Ocorrência de recobrimento de manganês nos agregados de Btn1, Btn2 e Btn3.



**Foto 2.** Perfil de Planossolo Háplico Eutrófico típico em borda de baía

### **PERFIL 3**

NÚMERO DE CAMPO - JSR03

DATA - 23.10.2015

CLASSIFICAÇÃO ATUAL – PLANOSSOLO HÁPLICO EUTRÓFICO solódico, textura siltosa/média, A moderado (?), hipoférrico, endossódico, hipereutrófico, alcalino, fase campo tropical, relevo plano.

CLASSIFICAÇÃO ANTERIOR – SOLONETZ SOLODIZADO Ta A moderado textura arenosa fase campo tropical relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Baía situada a 4 km na direção nordeste da sede da Fazenda Nhumirim. Corumbá, MS. 18°57'19"S e 56°36'51.8"WGr.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Trincheira aberta em área plana em baía, com 0 a 1% de declive, sob pastagem nativa e ocorrência de assa-peixe, vassoura, arnica, e fedegoso nas proximidades.

ALTITUDE – 111 metros

LITOLOGIA - sedimentos arenosos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Pantanal.

CRONOLOGIA - Quaternário.

MATERIAL DE ORIGEM - produtos da alteração dos sedimentos supracitados.

PEDREGOSIDADE - não pedregoso.

ROCHOSIDADE - não rochoso.

RELEVO LOCAL - plano.

RELEVO REGIONAL - plano.

EROSÃO - não aparente.

DRENAGEM - imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Campo tropical, com assa-peixe.

USO ATUAL – Pastagem nativa.

CLIMA - Aw, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Amaury de Carvalho Filho, João Carlos Ker e João Santiago Reis

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 - 7 cm, preto (10YR 2/1, úmido) e cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmido amassado); franco-argilosa; fraca pequena blocos subangulares e fraca média e grande granular; ligeiramente dura, friável, plástica e pegajosa; transição abrupta e ondulada (6 - 11 cm).
- E1 7 - 36 cm, bruno-acinzentado (2,5Y 5/2, úmido) e bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido amassado), mosqueado pouco, pequeno e proeminente, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2); areia-franca; maciça que se desfaz em fraca média blocos subangulares; macia, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana (26 - 30 cm).
- E2 36 - 48 cm, bruno-oliváceo-claro (2,5Y 5/3, úmido) e bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido amassado), mosqueado comum, pequeno e proeminente, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2), referente a lamelas; franco-arenosa; fraca média e grande blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e ondulada (10 - 15 cm).
- Btn1 48 - 61 cm, preto (5Y 2,5/1, úmido) e cinzento muito escuro (5Y 3/1, úmido amassado), mosqueado abundante, médio e grande, distinto, bruno-oliváceo (2,5Y 4/3); argila; moderada a forte média prismática e média e grande blocos angulares; muito dura, friável, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e ondulada (11 - 17 cm).
- Btn2 61 - 73 cm, oliva (5Y 4/3, úmido) e cinzento-oliváceo-escuro (5Y 3/2, úmido amassado), mosqueado abundante, médio e grande, proeminente, preto (5Y 2,5/1); argiloarenosa; moderada grande e média blocos angulares e subangulares; muito dura, firme; transição clara e plana (9 - 12 cm).
- Btn3 73 - 120 cm, bruno-acinzentado-escuro (2,5Y 4/2), mosqueado abundante, médio e proeminente, preto (N 2/) (ocorre recobrimdo as faces das unidades estruturais); argiloarenosa; moderada a forte grande e média blocos angulares; muito dura, firme.

RAÍZES - muitas finas e muito finas no A; raras finas em E1, E2, e Btn1; raras muito finas no Btn2; e ausentes em Btn3.

OBSERVAÇÕES – Ocorrência de lamelas escuras nos horizontes E2 (menores que 0,2 cm), Btn2 (entre 0,2 e 1 cm) e Btn3 (entre 1 e 4 cm).

- Recobrimento de manganês em Btn3 na face das estruturas.

- Local sazonalmente inundável.



**Foto 3.** Perfil de Planossolo Háplico Eutrófico solódico de baía.

#### **PERFIL 4**

NÚMERO DE CAMPO - JSR04

DATA - 24.10.2015

CLASSIFICAÇÃO ATUAL - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico, textura arenosa, A moderado, hipoférrico, endossolódico, hiperdistrófico, fase savana arbórea (cerrado *strictu sensu*), relevo plano.

CLASSIFICAÇÃO ANTERIOR - AREIA QUARTZOSA DISTRÓFICA A moderado fase cerrado *strictu sensu* relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - A 1 km na direção nordeste da sede da Fazenda Nhumirim. Corumbá, MS. 18°58'41.34"S e 56°36'59.95"W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - trincheira situada local plano, com 0 a 1% de declive, sob vegetação nativa nativa, com presença de pequi (*Caryocar brasiliense*), mandacaru (*Cereus jamacaru*), gravatá (*Bromelia balansae*), e coroa de frade (*Mouriri elliptica*).

ALTITUDE - 110 metros.

LITOLOGIA - sedimentos arenosos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Pantanal.

CRONOLOGIA - Quaternário.

MATERIAL DE ORIGEM - produtos da alteração dos sedimentos supracitados.

PEDREGOSIDADE - não pedregoso.

ROCHOSIDADE - não rochoso.

RELEVO LOCAL - plano.

RELEVO REGIONAL - plano.

EROSÃO - não aparente.

DRENAGEM - excessivamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical subcaducifólia, com domínio de Acuri.

USO ATUAL – Vegetação nativa.

CLIMA - Aw, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – Amaury de Carvalho Filho, João Carlos Ker e João Santiago Reis

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

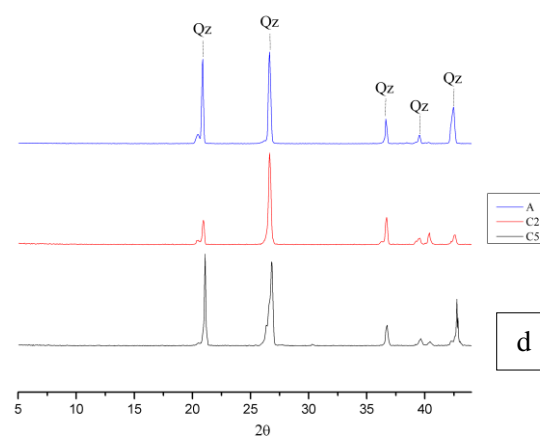
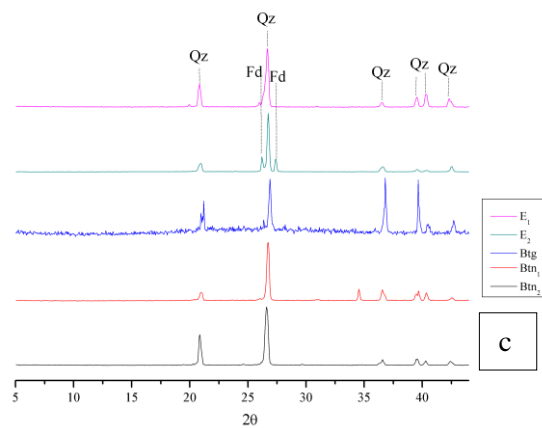
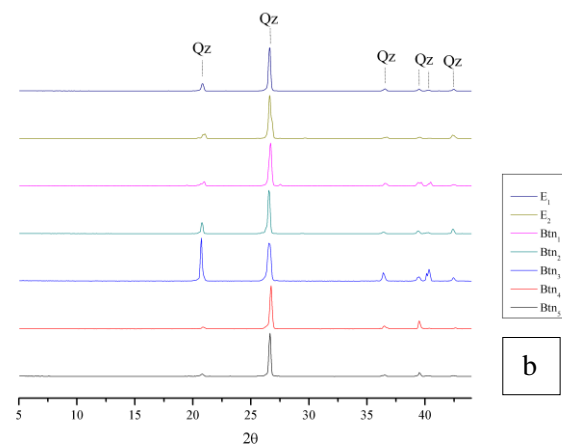
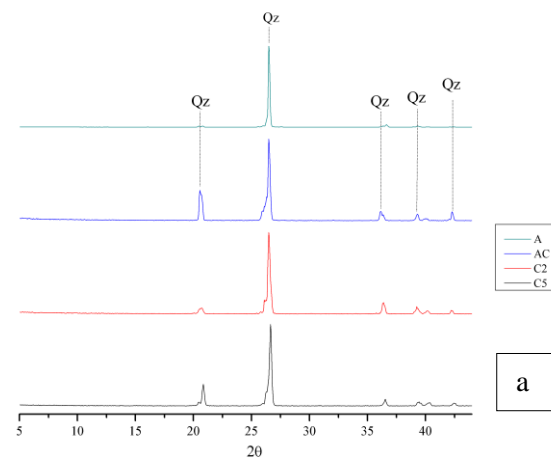
- A 0 - 26 cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4); areia; grãos simples; solta, solta, não plástica e não pegajosa; transição clara e plana.
- AC 26 - 42 cm, bruno (10YR 4/3); areia; grãos simples; solta, solta, não plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.
- C1 42 - 66 cm, bruno-amarelado (10YR 5/4), mosqueado pouco, pequeno e difuso, bruno-amarelado (10YR 5/6); areia; grãos simples; solta, solta, não plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.
- C2 66 - 106 cm, bruno-amarelado-claro (10YR 6/5), mosqueado comum, pequeno e médio, distinto, bruno-amarelado (10YR 5/4); areia; grãos simples; solta, solta, não plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.
- C3 106 - 145 cm, amarelo-brunado (10YR 6/6), mosqueado abundante, médio e grande, distinto, bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3), e bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/4); areia; grãos simples; solta, solta, não plástica e não pegajosa; transição difusa e plana.
- C4 145 - 230 cm, amarelo-brunado (10YR 6/6), mosqueado abundante, médio e grande, distinto, bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3); areia; grãos simples; solta, solta, não plástica e não pegajosa.

RAÍZES - muitas finas e muito finas, comuns médias e grossas, e poucas grossas no A; muitas finas e muito finas, poucas médias e raras grossas AC; muitas finas, comuns médias e grossas, e raras muito finas e muito grossas no AC; poucas finas e raras médias em C1; raras finas C2; raras finas no C3; e ausentes nos demais horizontes

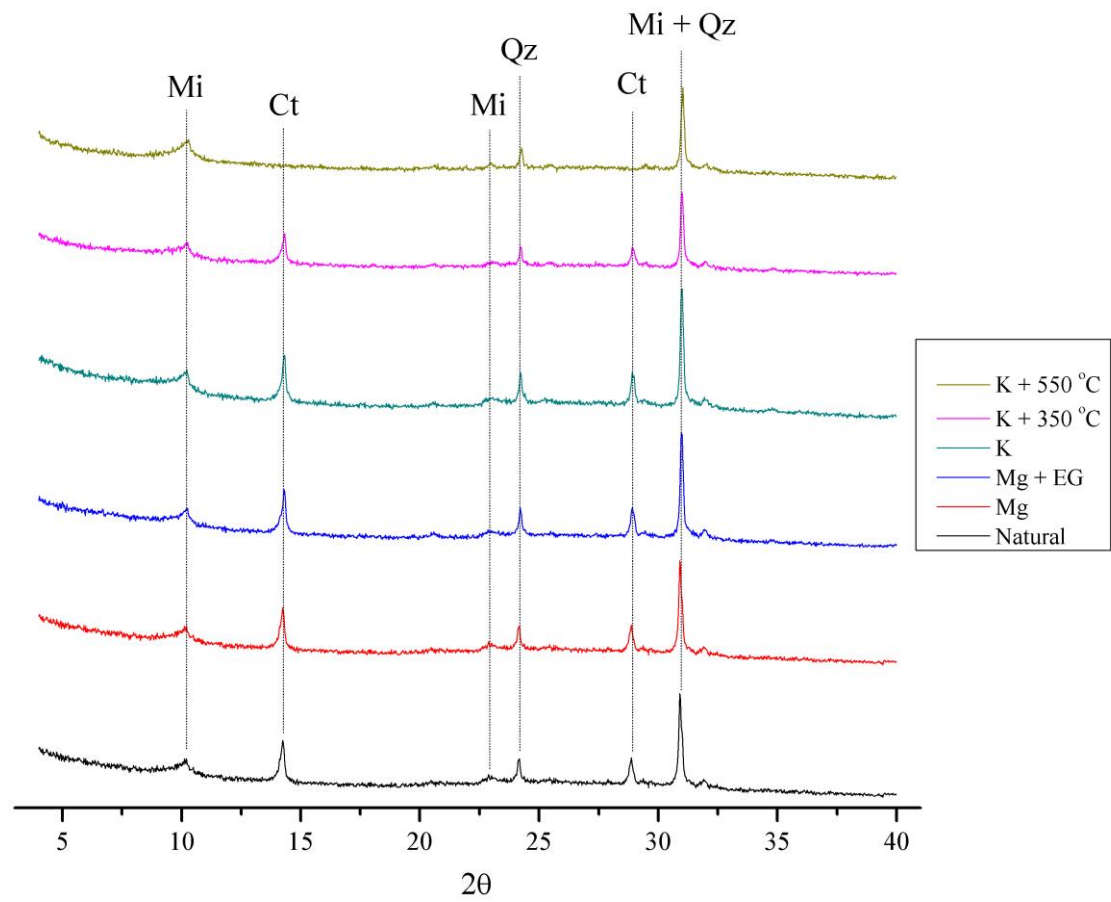
OBSERVAÇÕES – Horizonte C5 coletado através de tradagem no fundo da trincheira.



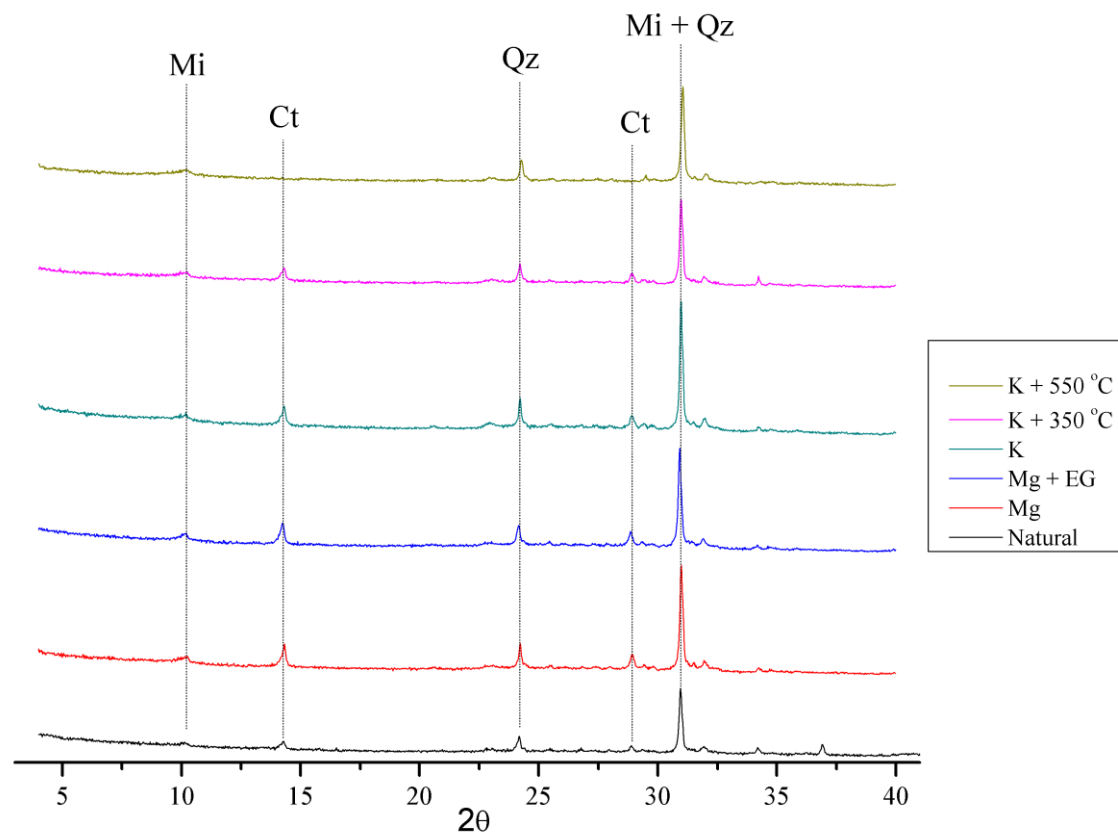
**Foto 4.** Perfil de Neossolo Quartzarênico Órtico típico sob cerrado *strictu sensu*.



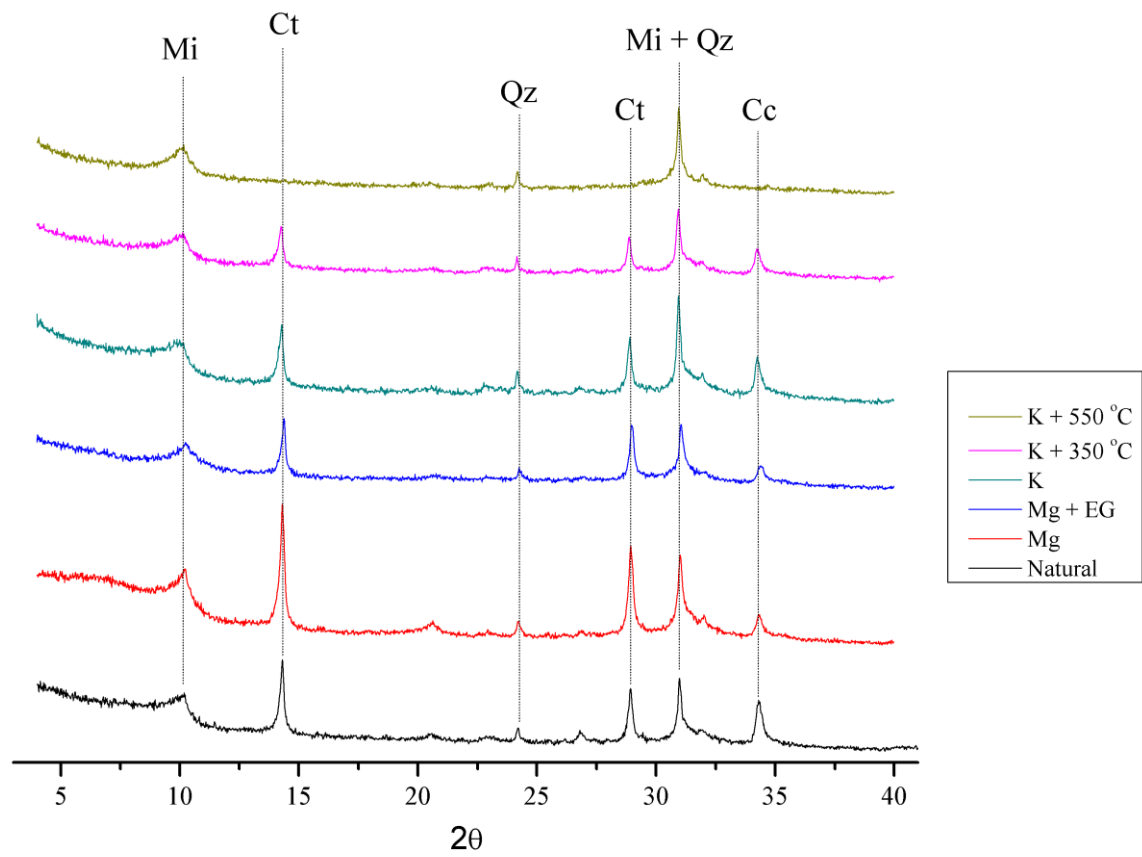
Difratogramas da fração areia de P1 (a), P2 (b), P3 (c), e P4 (d).



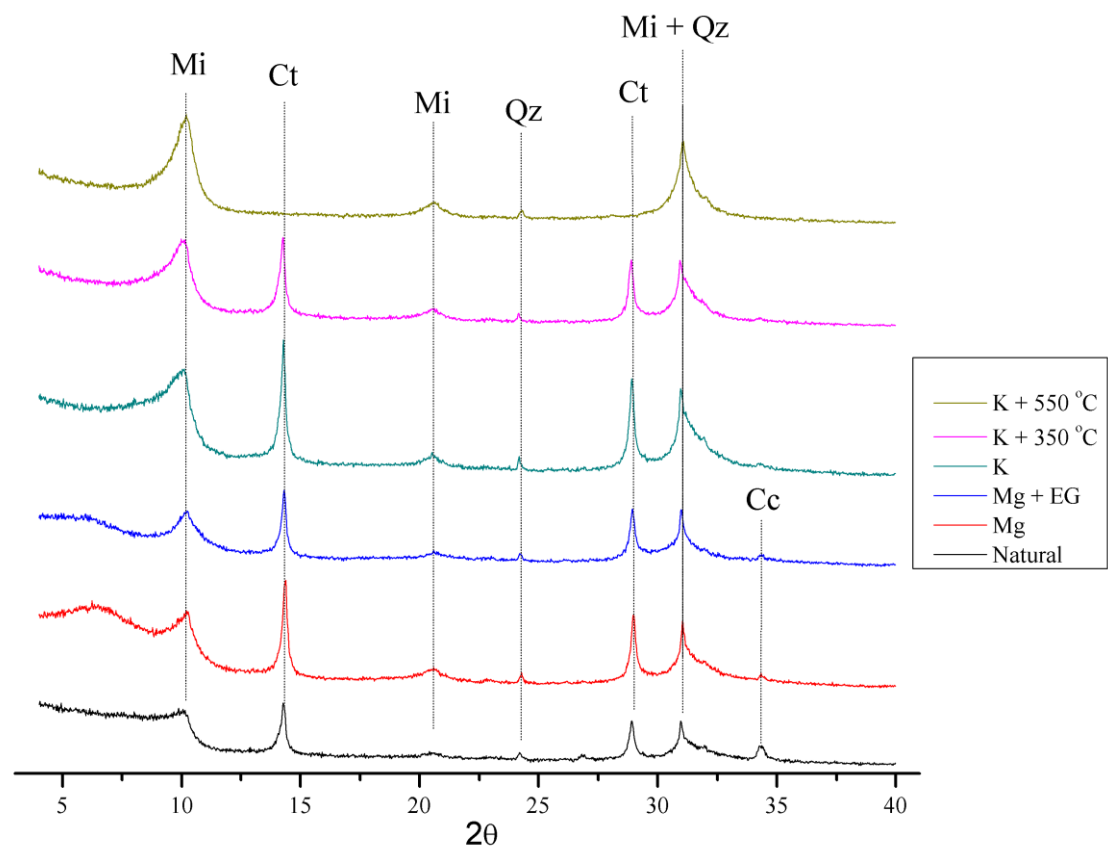
Difratograma da fração argila de E<sub>1</sub> de P<sub>2</sub>



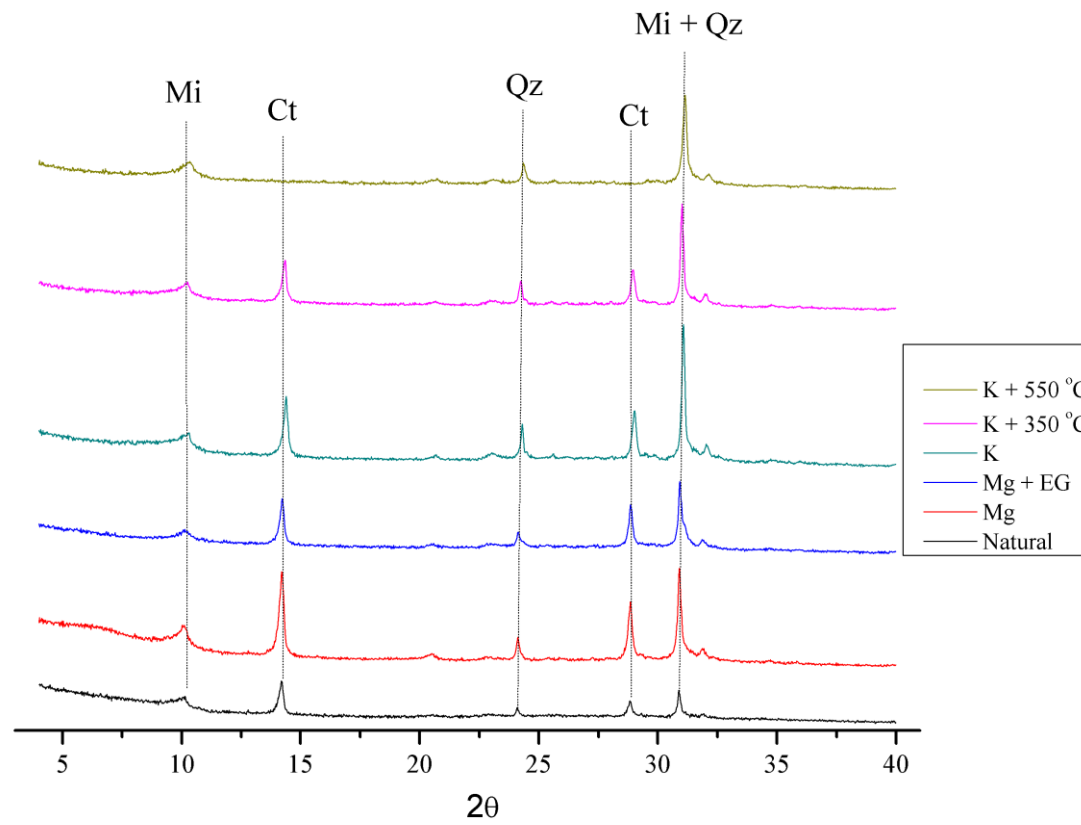
Difratograma da fração argila de E<sub>2</sub> de P2



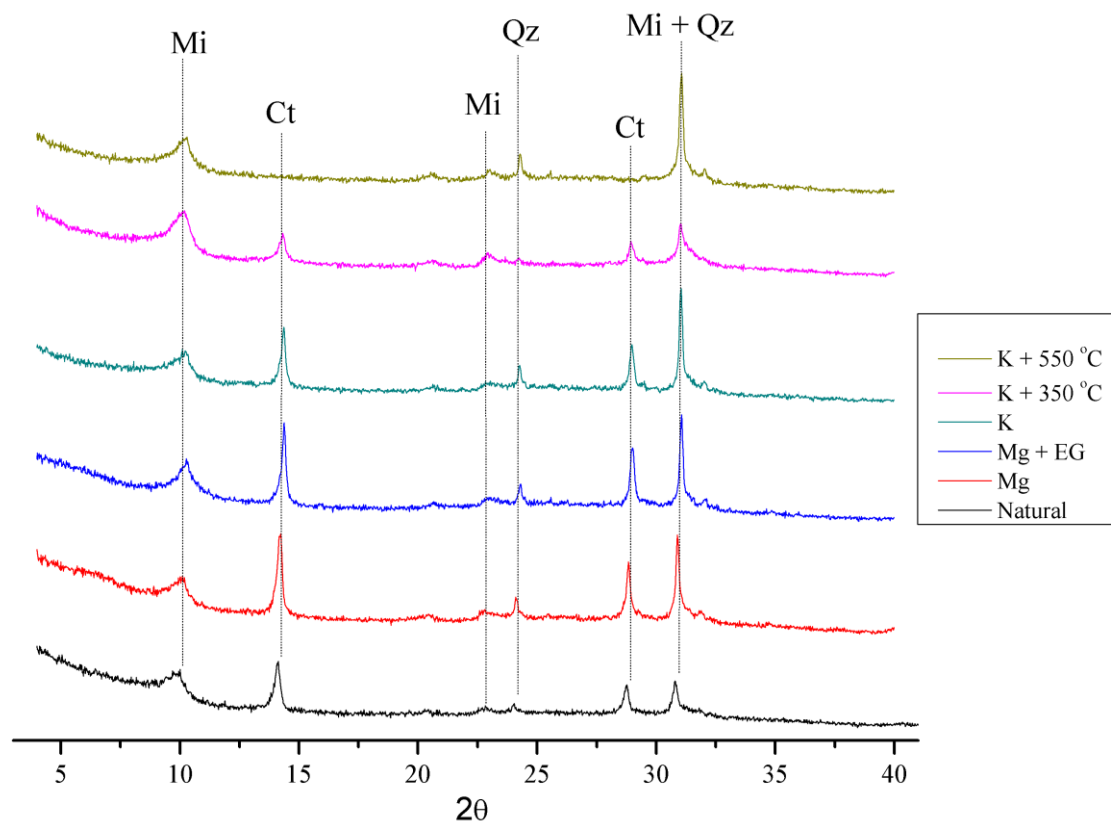
Difratograma da fração argila de Btn<sub>1</sub> de P2



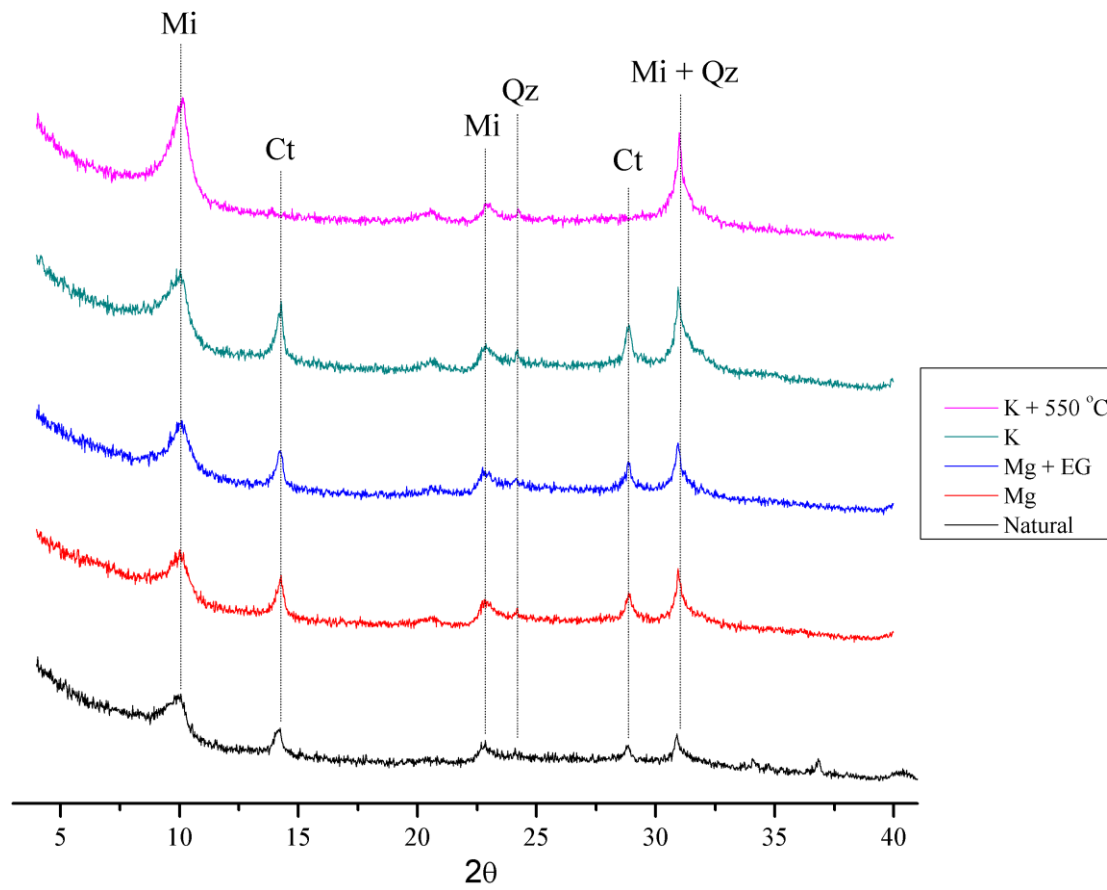
Difratograma da fração argila de Btn<sub>2</sub> de P2



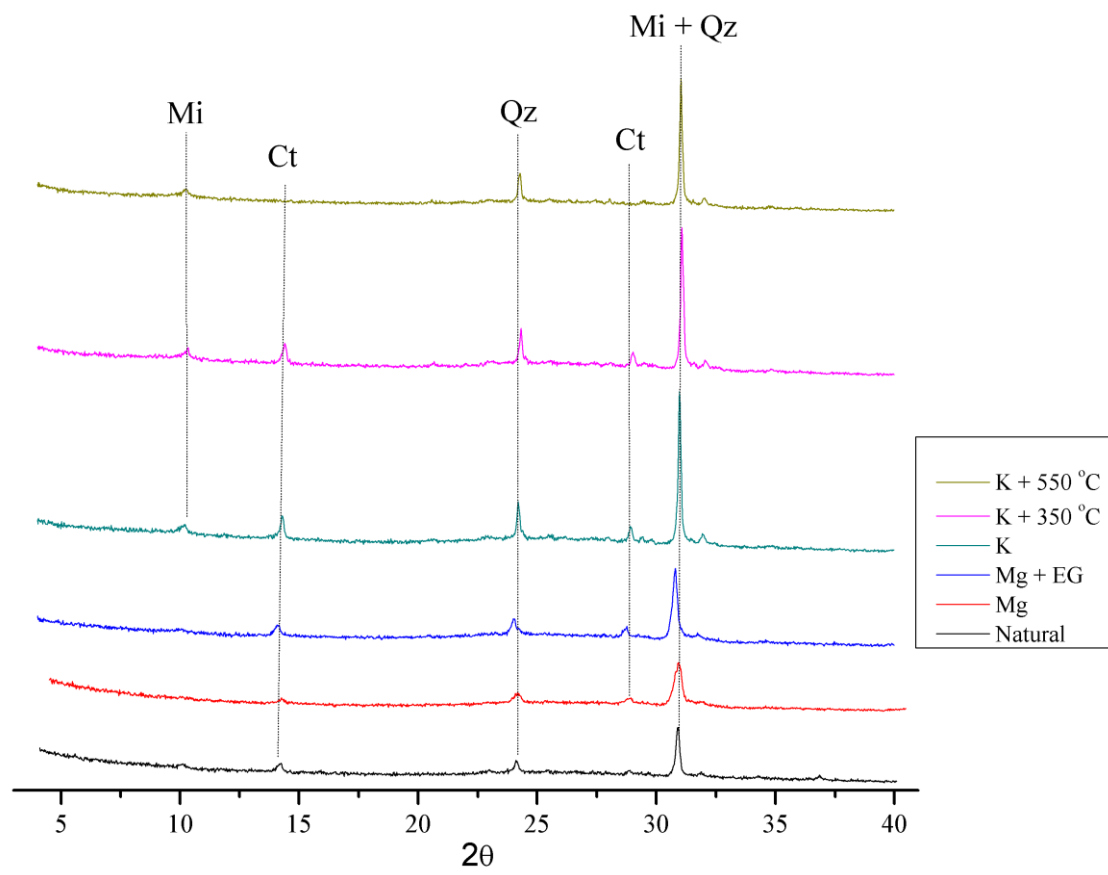
Difratograma da fração argila de Btn<sub>3</sub> de P2



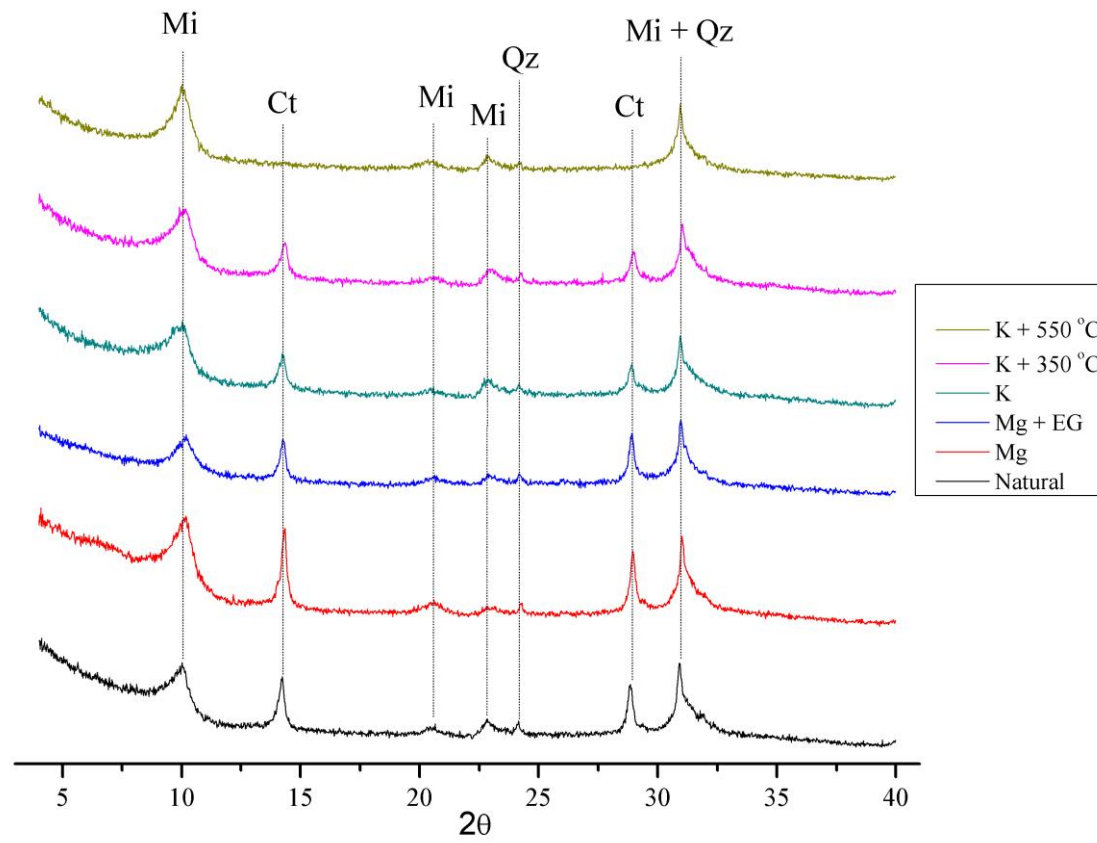
Difratograma da fração argila de Bt<sub>4</sub> de P2



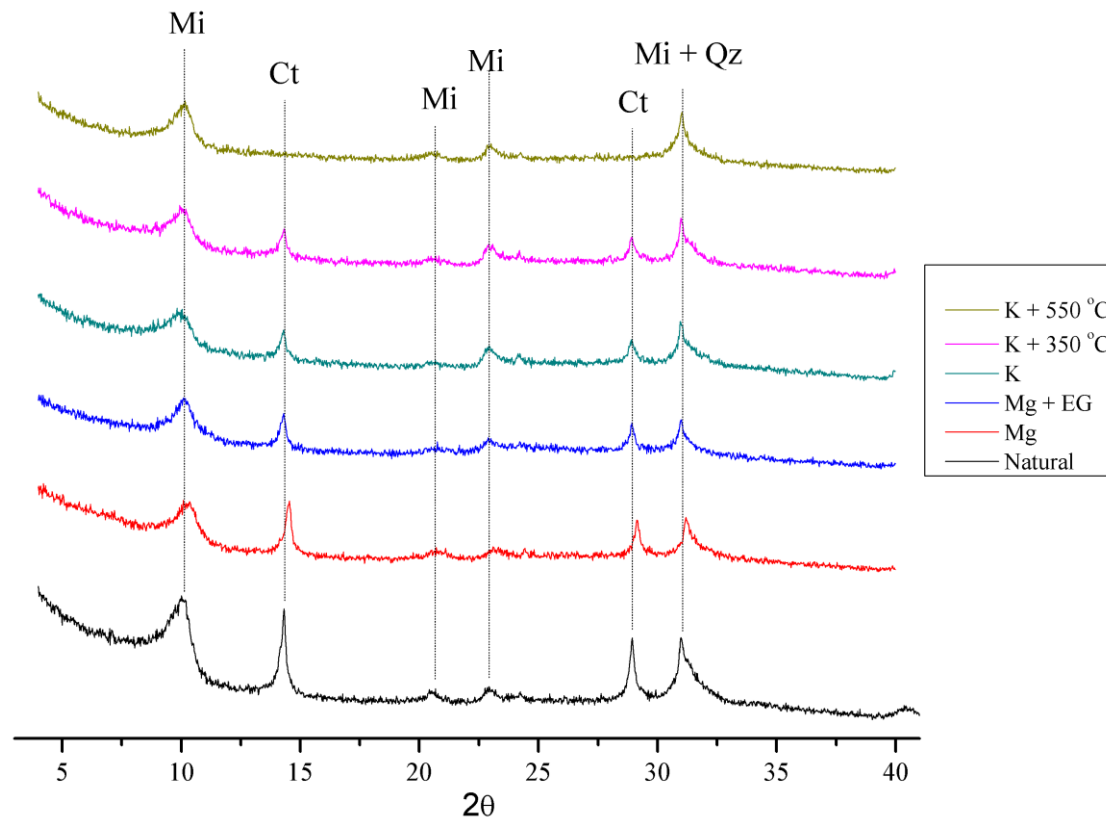
Difratograma da fração argila de Btn5 de P2



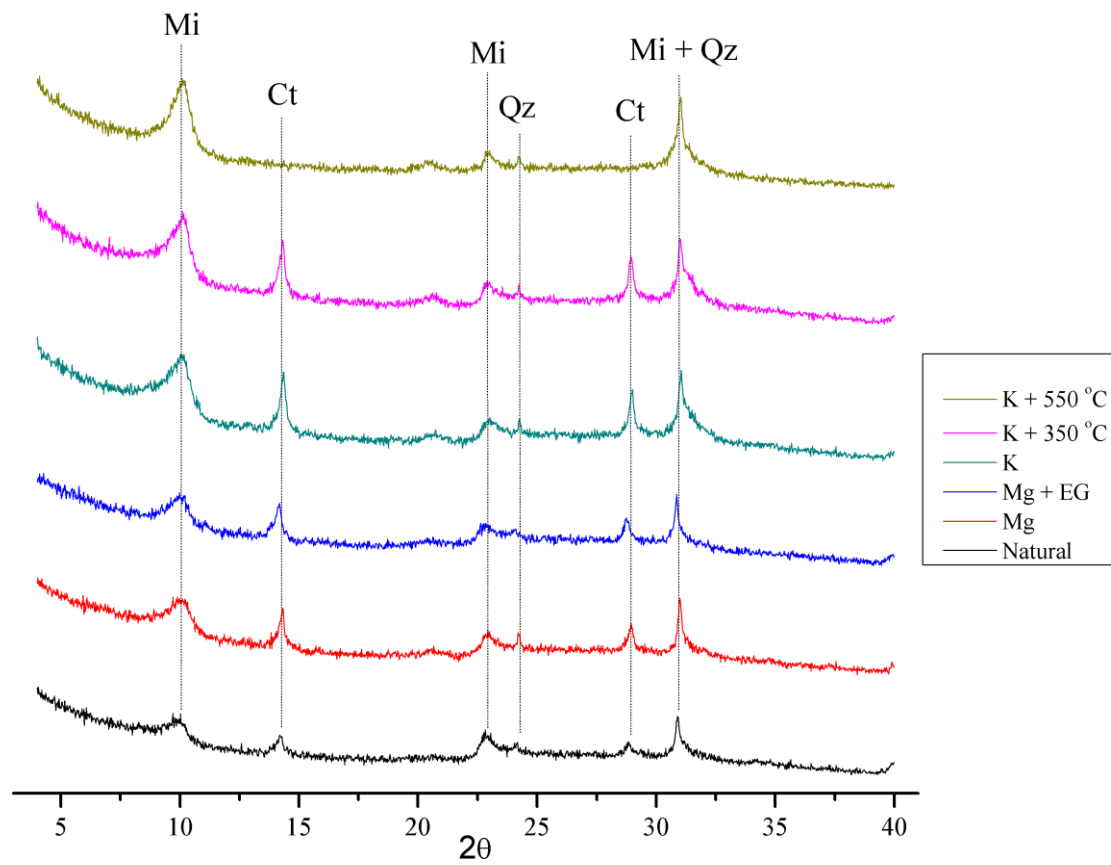
Difratograma da fração argila de E<sub>1</sub> de P<sub>3</sub>



Difratograma da fração argila de Bt<sub>1</sub> de P3



Difratograma da fração argila de Btn<sub>2</sub> de P3



Difratograma da fração argila de Btn<sub>3</sub> de P3