

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
BACHARELADO EM GEOGRAFIA

VIVIANE ARANTES KOCH

Solos de baías e salinas no Pantanal do Negro, Mato Grosso do Sul, Brasil

Uberlândia

2023

VIVIANE ARANTES KOCH

Solos de baías e salinas no Pantanal do Negro, Mato Grosso do Sul, Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Resende Corrêa.

Uberlândia

2023

VIVIANE ARANTES KOCH

Solos de baías e salinas no Pantanal do Negro, Mato Grosso do Sul, Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Geografia.

Uberlândia, 27 de junho de 2023

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Bruno Nery Fernandes Vasconcelos – (DPS/UFV)

Prof. Dr. Davi Feital Gjorup – (DPS/UFV)

Prof. Dr. Frederico dos Santos Gradella – (UFMS)

AGRADECIMENTOS

À minha família, por todo apoio, cuidado e amor ofertados ao longo da minha vida. Em especial à minha mãe, Vânia, por representar meu refúgio e por sempre acreditar em mim.

Ao meu querido orientador, Guilherme Resende Corrêa, por toda dedicação ao orientar este trabalho, pela paciência e confiança, pelos bons momentos e por ser um exemplo para mim. Sou grata por todos os ensinamentos e oportunidades de aprendizado, tanto acadêmicas quanto pessoais.

Aos colegas de laboratório, que sempre estiveram dispostos a ajudar, pelo auxílio nas atividades de análise e pelos conhecimentos compartilhados. Especialmente ao Gabriel Palucci, Diogo e Flávia Monize, pela agradável convivência em campo.

Às amigas cultivadas ao longo do curso de Geografia, em especial à Danielle, Jahdy, Rebeca e Karen, por enfrentarem juntas as situações desafiadoras da graduação e por compartilhar muitos momentos felizes.

À minha amiga Pamella Cunha, pela amizade e carinho constantes, e por ser tão importante.

Ao professor Frederico Gradella, pelo apoio fundamental na logística de campo pelos caminhos pantaneiros. Aos professores membros da banca, Bruno Nery, Frederico Gradella e Davi Gjorup, pelas contribuições dadas e reflexões feitas acerca do trabalho.

Ao Laboratório de Pedologia e Estudos da Paisagem (LAPEP) pela valiosa contribuição à minha formação acadêmica e por ser um grupo de pesquisa que tanto me acolheu.

A Universidade Federal de Uberlândia (UFU) por ofertar ensino público de qualidade.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram em minha trajetória até aqui.

Caçador, nos barrancos, de rãs entardecidas,
Sombra-Boa entardece. Caminha sobre estratos
de um mar extinto. Caminha sobre as conchas dos
caracóis da terra. Certa vez encontrou uma voz
sem boca. Era uma voz pequena e azul. Não
tinha boca mesmo. “Sonora voz de uma concha”,
ele disse. Sombra-Boa ainda ouve nestes lugares
conversamentos de gaivotas. E passam navios
carangueiros por ele, carregados de lodo.

Sombra-Boa tem hora que entra em pura
decomposição lírica: “Aromas de tomilhos
dementam cigarras”. Conversava em Guató, em
Português, e em Pássaro.

Me disse em língua-pássaro: “Anhumas
premunem mulheres grávidas, três dias antes do
inturgescer”.

Sombra-Boa ainda fala de suas descobertas:
“Borboletas de franjas amarelas são fascinadas
por dejectos”. Foi sempre um ente abençoado a
garças. Nascera engrandecido de nadezas.

– **Manoel de Barros**, “Mundo Pequeno - IV” do
livro “O livro das ignoranças” (1993).

RESUMO

O Pantanal do Negro é uma sub-região do Pantanal Sul-Matogrossense que apresenta, a semelhança da Nhecolândia, um sistema lacustre com lagoas de água alcalina (salinas) e lagoas de água doce (baías). Pesquisas pedológicas relacionadas às lagoas alcalinas nessa sub-região são inéditas. O objetivo do trabalho foi estudar a primeira salina do Pantanal do Negro, caracterizar e classificar os solos da lagoa e compará-los com os solos de baías e, a partir disso, ampliar a compreensão sobre os solos associados às salinas. Foram realizadas análises das propriedades físicas, químicas e mineralógicas dos solos, e análise de condutividade elétrica e pH das águas. A salina e as baías apresentam características muito distintas entre si, em relação aos atributos morfológicos, físicos e, sobretudo, químicos. Os solos da salina são caracterizados por pH alcalinos, elevados valores de ISNa, e teores mais elevados de K e Na. Enquanto os solos relacionados às baías apresentam pH ácido, teores mais altos de Fe e saturação por alumínio. Os solos associados à salina podem ter sua formação ligada a diferentes fases de sedimentação, conjugada ao processo de neoformação de minerais.

Palavras-chave: solos hidromórficos; lagoas alcalinas; áreas úmidas; gênese de solos.

ABSTRACT

The Pantanal do Negro is a sub-region of the Pantanal Sul-Matogrossense that presents, like Nhecolândia, a lacustrine system with alkaline water lakes (salinas) and freshwater lakes (baías). Pedological research related to alkaline lakes in this sub-region is unprecedented. The objective of this work was to study the first salina in the Pantanal do Negro, characterize and classify the soils of the alkaline lake and compare them with the soils of freshwater lakes and, from this, expand the understanding of the soils associated with the salinas. Analyzes of the physical, chemical and mineralogical properties of the soils, and analysis of electrical conductivity and pH of the waters were carried out. The salina and the baías have very different characteristics from each other, in terms of morphological, physical and, especially, chemical attributes. The salina soils are characterized by alkaline pH, high ISNa values, and higher K and Na contents. While the soils related to the baías have an acidic pH, higher Fe contents and aluminum saturation. Soils associated with the salina can have their formation linked to different phases of sedimentation, combined with the mineral neoformation process.

Keywords: hydromorphic soils; alkaline lakes; wetlands; genesis of soils.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Delimitação das sub-regiões do Pantanal segundo Silva e Abdon	13
Figura 2	Distribuição dos elementos típicos da paisagem da Nhecolândia	15
Figura 3	Sistema deposicional da Bacia do Pantanal	18
Figura 4	Mapa de localização da área de estudo	19
Figura 5	Localização dos perfis amostrados	20
Figura 6	Salina no Pantanal do Negro	21
Figura 7	Perfis de solo no Pantanal do Negro	24
Figura 8	Triângulo textural dos perfis coletados	28
Figura 9	Distribuição da relação Zr/Ti e AF/AG em profundidade no P1	40
Figura 10	Distribuição da relação Zr/Ti e AF/AG em profundidade no P2	40
Figura 11	Distribuição da relação Zr/Ti e AF/AG em profundidade no P3	41
Figura 12	Distribuição da relação AF/AG em profundidade no P4 e P5	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Atributos morfológicos dos perfis caracterizados	25
Tabela 2	Características físicas das amostras de solo dos perfis	30
Tabela 3	Propriedades químicas das amostras de solo dos perfis	34
Tabela 4	Estoque de carbono no solo	36
Tabela 5	Dados de pH e condutividade elétrica das águas superficiais da salina e baía	37
Tabela 6	Condutividade elétrica de horizontes de solo selecionados	38
Tabela 7	Estatística descritiva das relações Z_r/T_i e AF/AG dos perfis estudados	39
Tabela 8	Teores totais de óxidos e elementos-traço na TFSA dos perfis amostrados	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Diagrama da Análise de Componentes Principais dos atributos físico-químicos dos horizontes de perfis de solo	43
Gráfico 2	Diagrama da Análise de Componentes Principais dos atributos físico-químicos das amostras compostas de solo	44
Gráfico 3	Difratograma de raio-x relativo à fração argila de horizontes selecionados do P1 e P2	47
Gráfico 4	Difratograma de raio-x relativo à fração argila de horizontes selecionados dos perfis amostrados	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
AU	Área Úmida
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	MATERIAIS E MÉTODOS	18
2.1	Área de Estudo	18
2.2	Métodos	22
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
3.1	Atributos morfológicos e propriedades físicas e químicas	23
3.2	Mineralogia e Teores totais	45
3.3	Classificação dos solos	50
4	CONCLUSÃO	52
	REFERÊNCIAS	53
	APÊNDICE A – FICHA DE DESCRIÇÃO DO PERFIL 1	61
	APÊNDICE B – FICHA DE DESCRIÇÃO DO PERFIL 2	63
	APÊNDICE C – FICHA DE DESCRIÇÃO DO PERFIL 3	65
	APÊNDICE D – FICHA DE DESCRIÇÃO DO PERFIL 4	67
	APÊNDICE E – FICHA DE DESCRIÇÃO DO PERFIL 5	69
	APÊNDICE F – CLUSTER DOS HORIZONTES DOS PERFIS	71
	APÊNDICE G – CLUSTER DAS AMOSTRAS COMPOSTAS	72

1 INTRODUÇÃO

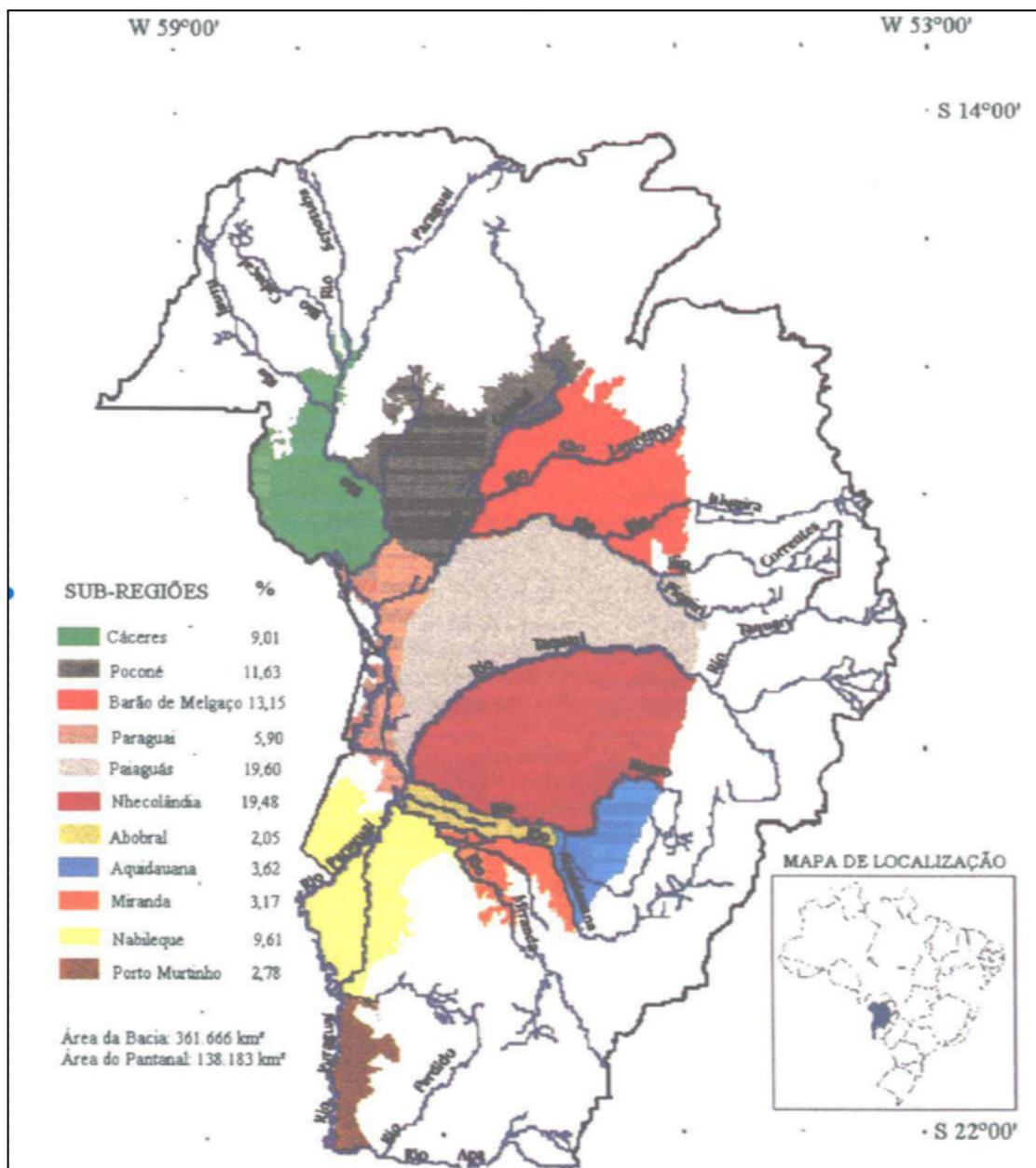
O Pantanal é a maior planície de inundação interiorana da Terra, localizada na região centro-oeste do Brasil, fazendo divisa com Paraguai e Bolívia, com área fisiográfica calculada em 138.183 km² no território brasileiro, sendo 48.865 km² (35,36%) no estado do Mato Grosso e 89.318 km² (64,64%) no Mato Grosso do Sul (POR, 1995; ANA, 2004). Uma das propostas de subdivisões o compartimenta em 11 sub-regiões (Figura 1), sendo os critérios adotados para a delimitação aspectos relacionados à inundação, relevo, solo e vegetação (SILVA; ABDON, 1998). De acordo com a Agência Nacional de Águas - ANA (2004), a planície pantaneira está inserida na bacia hidrográfica do Alto Paraguai, ocupando cerca de 40% da área da bacia.

O Pantanal é o menor dos seis biomas brasileiros (IBGE, 2004). Nele predominam as fitofisionomias não-florestais (Savana [Cerrado], Savana Estépica [Chaco], Áreas de Tensão Ecológica ou Contatos Florísticos [Ecótonos e Encraves] e Formações Pioneiras), correspondendo a 81,70 % da área do Pantanal. Somente a Savana compreende 52,60 % (IBGE, 2004). Enquanto as fitofisionomias florestais (Floresta Estacional Semi-decidual e Floresta Estacional Decidual) respondem por apenas 5,07% da área (IBGE, 2004).

Os solos da planície podem apresentar características bastante diferenciadas, ocorrendo desde solos essencialmente arenosos até com grandes quantidades de argilas expansivas (FERNANDES et al., 2007). Segundo Amaral Filho (1986), no Pantanal os processos pedológicos são condicionados principalmente pelo hidromorfismo, ocorrendo, assim, uma dominância de solos hidromórficos, com prevalência de Planossolos, Plintossolos, Espodossolos, Gleissolos, Vertissolos e Neossolos.

O Pantanal constitui uma extensa planície de acumulação, com topografia plana e alagações periódicas. Processos erosivos atuantes rebaixaram as superfícies do entorno levando à atual esculturação do relevo (SOUZA; LANI; SOUSA, 2006). É uma bacia sedimentar tectonicamente ativa, cujas planícies compõem a unidade geomorfológica denominada Depressão do Rio Paraguai, circundada pelos planaltos de Guimarães e Pareci a norte, Bodoquena a sul, Maracaju-Campo Grande e Taquari-Itiquira a leste e Urucum-Amolar a oeste (ASSINE, 2003). A história evolutiva da bacia do Pantanal tem origem no Terciário, sendo na transição do Pleistoceno para o Holoceno, no Quaternário, quando se manifestaram a morfologia e dinâmica atuais do Pantanal através da individualização dos grandes leques aluviais (BARBOSA, 2016).

Figura 1 – Delimitação das sub-regiões do Pantanal segundo Silva e Abdon.



Fonte: Silva e Abdon (1998).

Sedimentos aluviais da Formação Pantanal (AMARAL FILHO, 1986) e outros depósitos quaternários recobrem a maior parte da região (ALMEIDA, 1945). Os depósitos cenozóicos formam a maioria, exceção do Morro do Urucum, e constituem a Cobertura Detrito-Laterítica, as Formações Xaraiés, Pantanal e Guaporé, e as aluviões holocênicas (RADAMBRASIL, 1982).

O Pantanal é classificado globalmente como uma *wetland*, uma área úmida continental. A Convenção de Ramsar, assinada em 1993 pelo Brasil, é um dos tratados que buscam a conservação e proteção dessas áreas, visto que são ecossistemas específicos, com

peculiaridades climáticas, hidrológicas e geomorfológicas e comunidades de plantas e animais adaptadas a essas condições (JUNK et al., 2015).

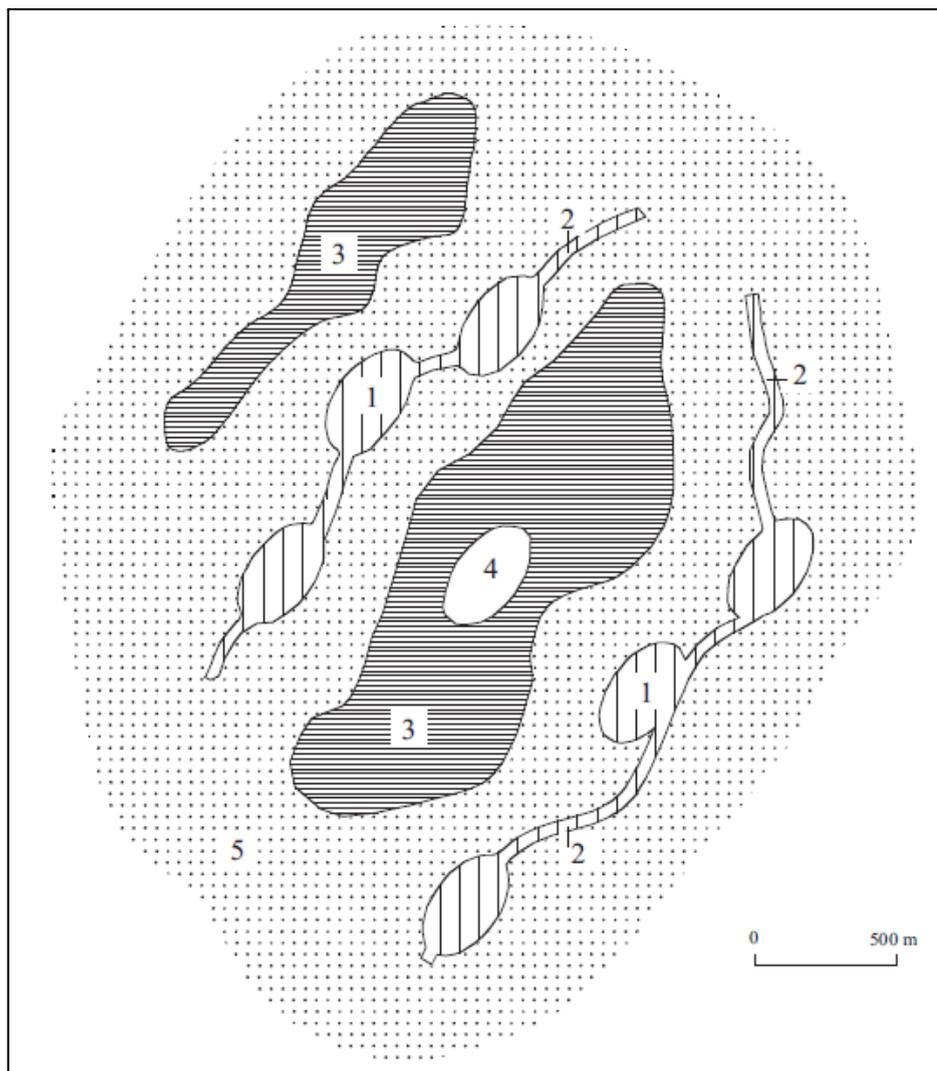
Em contato com outros quatro ecossistemas: Cerrado; Amazônia; Mata Atlântica; e Chaco, no Pantanal se observa uma variedade de habitats que levam a uma grande biodiversidade, com algumas espécies ameaçadas de extinção em outros ecossistemas (JUNK; CUNHA, 2005). A relevância do bioma o levou a ser reconhecido pela UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura - como Reserva da Biosfera (MAMEDE; BENITES; ALHO, 2017) e como Patrimônio Nacional pela Constituição Federal (BRASIL, 1990).

É uma região de grande heterogeneidade paisagística, formando um verdadeiro mosaico de ambientes, tanto terrestres quanto aquáticos. Pequenas variações topográficas formam diferentes feições geomórficas, que vão desde campos inundáveis até cordilheiras. Essas são elevações de cerca de 1 a 5 metros (CUNHA, 1980), tendo origem em antigos diques marginais sinuosos (SOARES; SOARES; ASSINE, 2003) e, no caso do Pantanal da Nhecolândia, muitos autores consideram que as cordilheiras da área possam ter origem associada à retrabalhamento eólico (MENDES et al., 2006). Essas feições mais elevadas são habitats permanentemente terrestres e representam um refúgio ecológico, tanto para a fauna durante a época de cheia quanto para o desenvolvimento distinto da flora lenhosa (CUNHA; JUNK, 2009).

Uma característica marcante no Pantanal, principalmente na porção sul e sudoeste da sub-região da Nhecolândia, é a presença de um amplo sistema lacustre, com milhares de lagoas. Somente na Baixa Nhecolândia, existem cerca de 9.000 lagoas, as quais podem ser identificadas como baías e salinas, sendo que as salinas representam a minoria (FERNANDES, 2007; FURQUIM et al., 2009; MARTINS, 2012). Morrison et al. (2000) destacaram que as salinas compõem cerca de 1% da área de toda a Nhecolândia.

As baías são áreas deprimidas com formas circulares ou irregulares, preenchidas com água doce, associadas a vazantes e corixos (Figura 2). As vazantes representam cursos d'água alongados que conectam baías adjacentes, enquanto os corixos, apesar de parecidos com as vazantes, são canais mais estreitos e profundos (BAZZO et al., 2012). As salinas são circundadas por cordilheiras (Figura 2), extensos cordões arenosos com vegetação de porte médio (CUNHA, 1980).

Figura 2 - Distribuição dos elementos típicos da paisagem da Nhecolândia.



1) Baía; 2) Vazante; 3) Cordilheira; 4) Salina 5) Campos de vegetação.

Fonte: Furquim (2007).

As salinas representam lagoas de formas semelhantes às baías, com extensão variáveis, de dezenas a centenas de metros (MARTINS, 2012). Porém são preenchidas com água salgada, caracterizadas pela elevada alcalinidade, com teores de pH geralmente superiores a 9 (QUEIROZ NETO et al., 1996; BARBIÉRO et al., 2002; FURQUIM, 2007). Além disso, as salinas são identificadas pela ausência de vegetação no seu entorno imediato, são circundadas por uma borda arenosa que precede a presença da vegetação (ALLEN; VALLS, 1987; NOVACK et al., 2010).

Elas podem ser associadas a terrenos com níveis topográficos mais elevados, Almeida et al. (2017) apresentam evidências da concentração de salinas em regiões topograficamente elevadas na Nhecolândia, mas sugere o estabelecimento de mais estudos que comprovem tal

situação. Sakamoto et al. (1996), sugerem que as salinas, ao contrário, estão posicionadas em níveis topográficos inferiores em relação aos seus arredores.

As lagoas alcalinas apresentam caráter perene, ou seja, não secam durante nenhum período, somente em casos excepcionais de seca (BAZZO et al., 2012; SOARES; SOARES; ASSINE, 2003). As variações no lençol freático é que determinam as oscilações no nível de água destas lagoas, pois elas não são alimentadas pela dinâmica de inundação de águas superficiais característica da planície pantaneira (BARBIÉRO et al., 2002; FERNANDES, 2007; FURQUIM, 2007; MARTINS, 2012). As salinas comparecem na paisagem como elementos isolados dessa dinâmica pelas cordilheiras.

A gênese das salinas permanece uma questão controversa e que ainda está em debate no meio científico, diferentes hipóteses já formuladas para explicar a origem dessas lagoas não foram confirmadas. Proposta inicialmente por Wilhelmy (1958) e corroborada por Ab'Sáber (1988; 2006), a hipótese que considera uma origem fluvial para as lagoas considera sua formação a partir do abandono de meandros e/ou barramento por diques marginais pelo deslocamento de rios com esse padrão, formando lagoas de lóbulos internos de meandros ou lagos em “ferradura”. Essa ideia só pode ser confirmada para os trechos ao longo de rios como o Taquari e o Negro, mas não se aplica para a morfologia característica das lagoas da Nhecolândia (MARTINS; FURIAN; BARBIÉRO, 2015).

A segunda hipótese relaciona-se a um processo de deflação eólica e acúmulo posterior de areia, ocorridos durante o Pleistoceno, na vigência de um clima árido, formando dunas do tipo “sebkha” e “lunettes” (ALMEIDA, 1945; TRICART, 1982). No entanto, há áreas com paleodunas sem a presença de lagoas (KLAMMER, 1982). Além disso, Martins, Furian e Barbiéro (2015) constataram que o formato assimétrico das “lunettes” não é observado, bem como o fato da maior parte dessas lagoas não apresentar salinidade. Argumentos estes que rejeitam essa hipótese.

Soares, Soares e Assine (2003) assumem que, após o Pleistoceno, a umidificação do Pantanal provocou regionalmente uma elevação no nível do lençol freático, que preenchendo as depressões de deflação, originou as lagoas alcalinas. Ainda segundo esses autores, no princípio todas as lagoas seriam de água doce, mas somente aquelas que permaneceram isoladas, protegidas dos retrabalhamentos fluviais, e abastecidas exclusivamente pelo lençol teriam se tornado salinas.

Estudos mais recentes (QUEIROZ NETO et al., 1996; SAKAMOTO et al., 1996; FERNANDES et al., 1999; BARBIÉRO et al., 2002; 2008; MARIOT et al., 2007; FURQUIM, 2007; FURQUIM et al., 2008; 2009; 2010) acordam que as lagoas alcalinas não

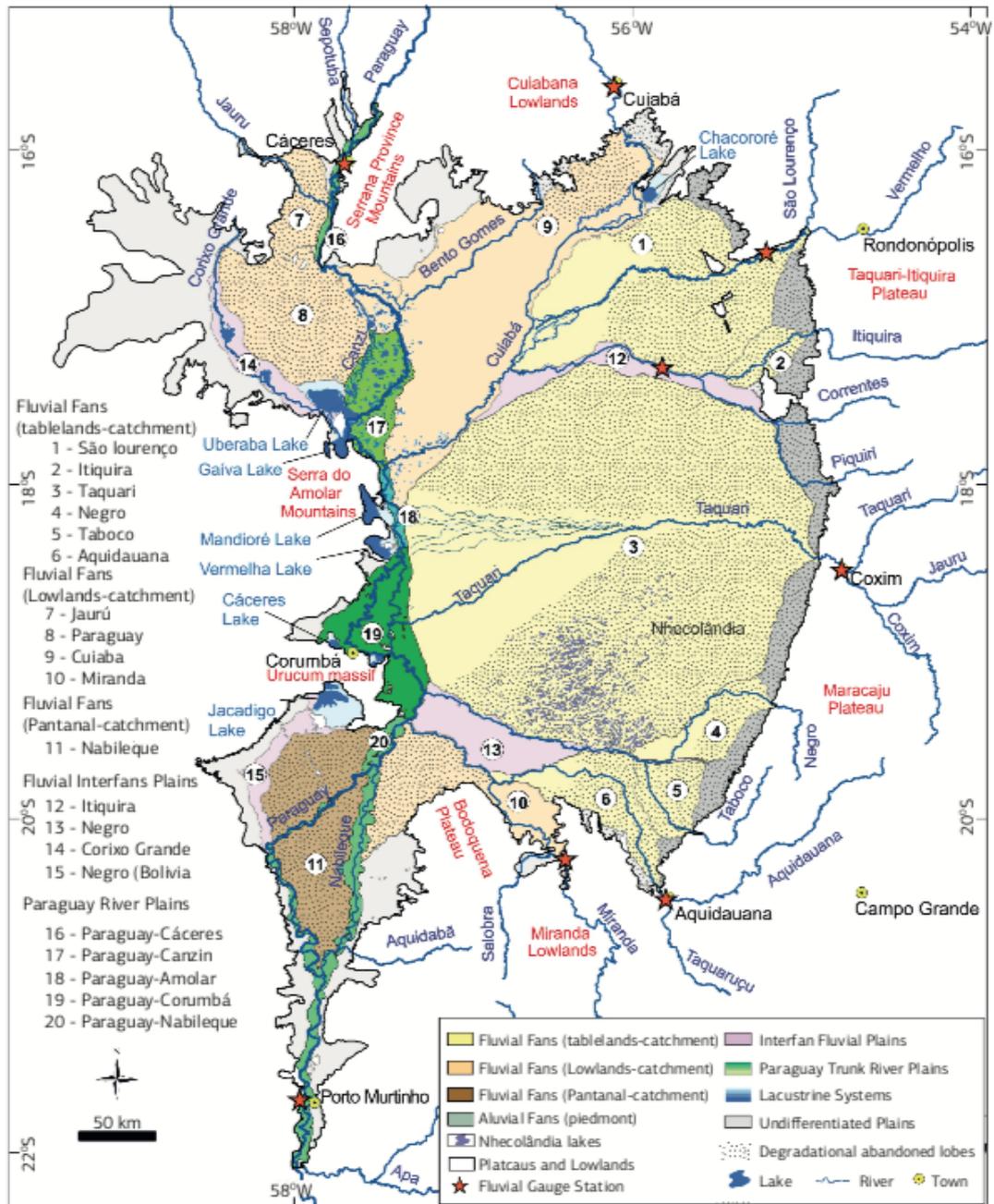
são resultado de um clima mais seco vigente no passado, mas sim de processos atuais. Os autores apontam que o processo de concentração e diluição das águas, controlada pela oscilação do freático, e as altas taxas de evaporação explicam boa parte da variabilidade entre as lagoas, atuando na precipitação e formação de minerais que modificam as características químicas das águas à medida que se tornam mais salinas.

A indicação do Pantanal do Negro como área de estudo deste trabalho foi baseada na delimitação da planície fluvial interleques do Negro proposta por Assine et al. (2015) (Figura 3), indicada na figura pelo número 13.

O Pantanal é um dos ecossistemas do Brasil menos estudados, devido a fatores como a difícil logística de campo e a dificuldade de acesso a muitas áreas da planície. O complexo pantaneiro se mostra, em grande parte, ainda em incógnita. Embora diversas lagoas alcalinas, em especial no Pantanal da Nhecolândia, já tenham sido alvo de estudos científicos, a questão da origem dessas lagoas não foi definida. Além disso, não há na literatura, até o momento, registros dessas lagoas na área de estudo do presente trabalho.

Pesquisas pedológicas relacionadas às lagoas alcalinas na sub-região do Pantanal do Negro são inéditas, pois, até então, não havia sido assinalada a presença de salinas nesta região do Pantanal. Dessa forma, o intuito desta pesquisa foi estudar a primeira salina do Pantanal do Negro, caracterizar e classificar os solos do ambiente da lagoa e compará-los com os solos de baías e, a partir disso, ampliar a compreensão sobre os solos associados às salinas.

Figura 3 – Sistema deposicional da Bacia do Pantanal.



Fonte: Assine et al. (2015).

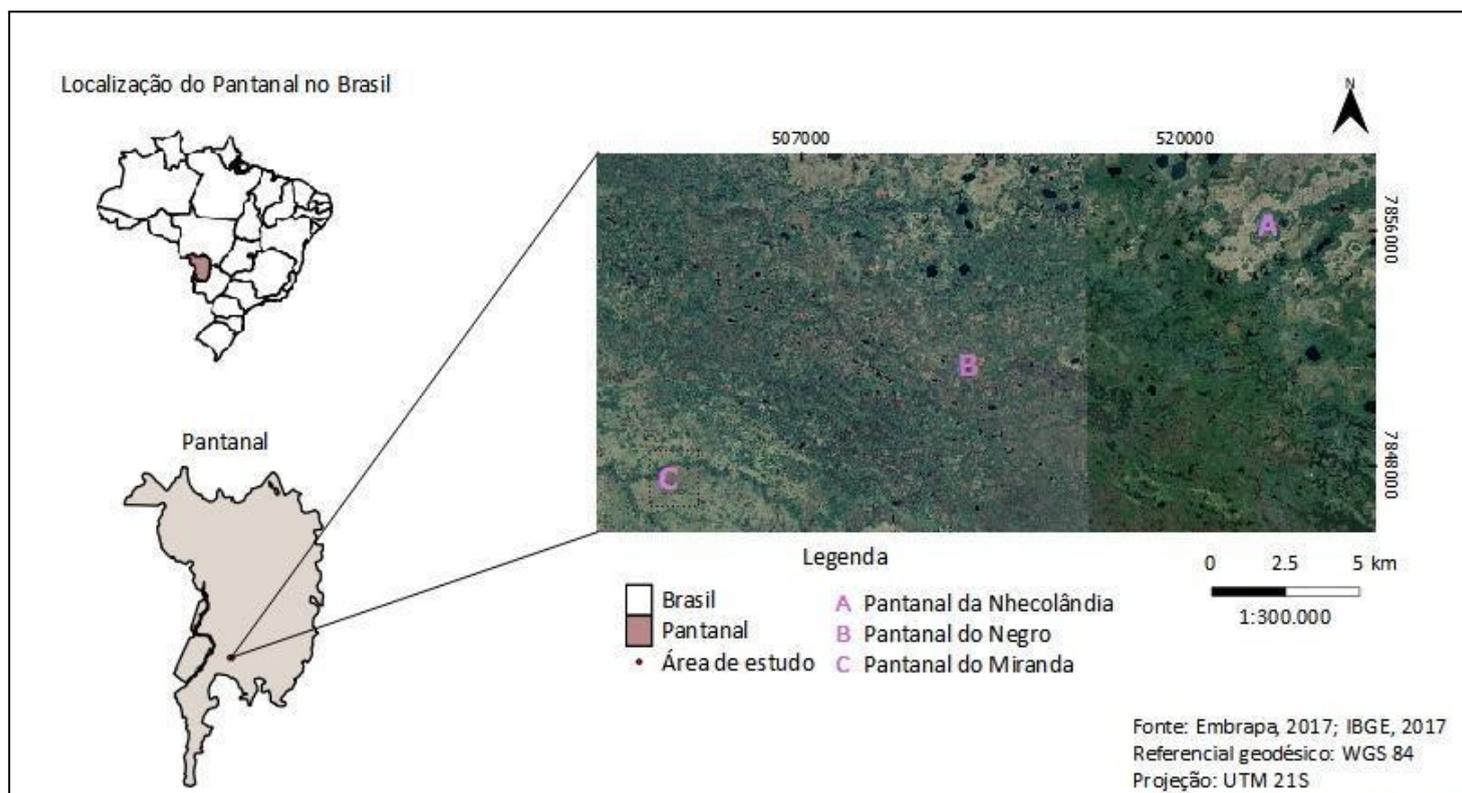
2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O Pantanal do Negro (Figura 4) é uma sub-região localizada na porção sul do Pantanal de Mato Grosso do Sul, em uma planície interleques limitada ao norte pelo megaleque aluvial

do rio Taquari, Nhecolândia, ao sul pelos rios Aquidauana e Miranda, a oeste pela planície do rio Paraguai e a leste pelo leque fluvial do Aquidauana (ASSINE et al., 2015). Com extensão de aproximadamente 2800 km², há um predomínio na sub-região de áreas de acumulação inundáveis dos tipos pouco úmida, úmida e muito úmida, além de planícies fluviais e fluviolacustres (MENDES, 2014).

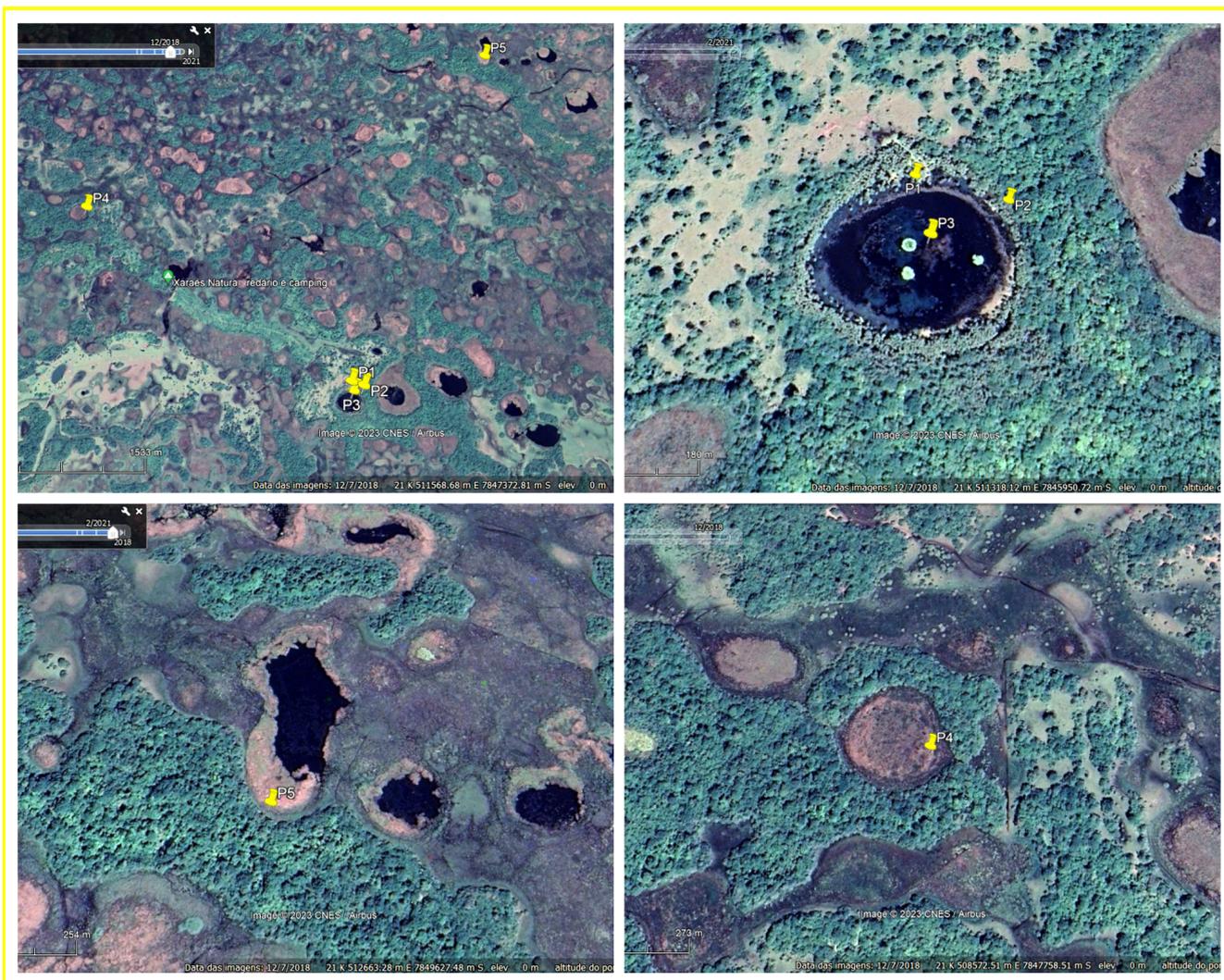
Figura 4 – Mapa de localização da área de estudo.



Elaboração: A autora (2022).

Cinco perfis foram amostrados (Figura 5), três deles associados à salina (Figura 6), um localizado próximo à borda da lagoa (P1), que no momento da coleta encontrava-se emersa, outro na borda (P2), em área vegetada por palmeiras carandá (*Copernecia alba*), e o terceiro no centro da lagoa (P3) (Figura 5). Esse último foi descrito e coletado no início do mês de outubro de 2020, momento no qual a lagoa encontrava-se totalmente seca. A lagoa é rasa e é cercada por um cordão arenoso e em seguida por um cordão de vegetação, com carandás (Figura 6). Os outros dois perfis (P4 e P5) são associados cada um a uma diferente baía, ambos amostrados nas bordas das respectivas baías (Figura 5), em ambientes cobertos por plantas higrófilas.

Figura 5 - Localização dos perfis amostrados.



Organização: A autora (2023). Fonte: Google Earth.

Os levantamentos do projeto RADAMBRASIL (1982) identificaram no Pantanal do Negro a ocorrência de solos das classes Espodosolo – eutrófico, distrófico, solódico e hidromórfico; Vertissolo; Neossolo – distrófico e hidromórfico; e Gleissolo – eutrófico. A litologia da região pertence à Formação Pantanal, a qual é composta por sedimentos aluviais predominantemente arenosos, areno-conglomeráticos, siltico-argilosos a argilosos, inconsolidados ou semiconsolidados (RADAMBRASIL, 1982).

Figura 6 – Salina no Pantanal do Negro.



Foto: Frederico Gradella (2019). Observa-se a salina, objeto desse estudo, em primeiro plano.

Segundo a classificação de Köppen, o tipo climático predominante no Pantanal é o Aw – Tropical de Savana (quente e úmido) (ALVARES et al., 2013), com estação chuvosa no verão e estiagem no inverno. O período úmido compreende os meses de outubro a maio, enquanto o período seco é de junho a setembro. A precipitação média anual é de 1100 mm, a temperatura média anual é de 25 °C, enquanto a umidade relativa é, em média, de 82 % (ALHO, 2005; CARDOSO; MARCUZZO, 2010).

Em consequência do regime hidrológico, há no interior da planície uma vasta diversidade de ambientes, com paisagens bastante diversificadas, variando desde Floresta Estacional Decidual, savana (Cerrado), vegetação chaquenha e campos (fitofisionomias de Campo Limpo e Campo Sujo) até áreas permanentemente alagadas recobertas por vegetação aquática (RADAMBRASIL, 1982; MERINO, 2017).

O rio Negro é afluente da margem esquerda do rio Paraguai, flui num traçado leste-oeste, e é um dos principais rios coletores do sul do Pantanal, sua bacia de drenagem situa-se no planalto de Maracaju-Campo Grande (CORDEIRO et al., 2010). Desde que o rio Negro se lança na planície pantaneira até sua foz no rio Paraguai, sofre profundas mudanças em seu estilo fluvial. Nos seus primeiros trechos o rio apresenta canal meandrante em vale

entrincheirado, após a confluência com o córrego Anhumas passa a ser caracterizado pela presença de canais distributários em padrão *anabanching*, logo assume forma sinuosa e por último se apresenta na forma de canais elevados avulsivos (MENDES; MARCUZZO, 2017).

A planície interleques do rio Negro constitui um sistema deposicional de baixo gradiente hidráulico, apresenta-se como uma feição geomorfológica ativa na bacia sedimentar do Pantanal, tendo se desenvolvido sobre depósitos distais do megaleque do Taquari, preservando-o como formas remanescentes – pequenas lagoas similares àquelas encontradas em abundância na Nhecolândia (CORDEIRO et al., 2010).

2.2 Métodos

Os períodos de coleta ocorreram em setembro de 2019 e em outubro de 2020. Foram amostrados três perfis relacionados à uma lagoa alcalina e dois perfis referentes à baías no Pantanal do Negro. Além dos perfis, foram coletadas no ambiente limítrofe da salina nove amostras compostas de solo em profundidade 0-20 cm, a partir de três amostras simples cada. O mesmo procedimento se deu nas coletas de seis amostras compostas ao redor das baías. Amostras de água da salina e de uma das baías também foram coletadas e aferidos valores de condutividade elétrica (CE) e pH.

Os solos foram caracterizados mediante a abertura de trincheiras com profundidades variadas e posterior coleta de amostras dos horizontes dos perfis. Os solos foram descritos e amostrados conforme Santos et al. (2013), e classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018). A cor dos solos foi determinada tendo como referência a caderneta de Münsell (MUNSELL, 1994).

Após a coleta, as amostras dos horizontes foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA), que foi submetida a análises de acordo com os métodos descritos por Embrapa (2017). A análise granulométrica foi realizada por peneiramento, com dispersão por agitação lenta de 50 rpm por 16 horas e determinação do silte e argila por sedimentação. O pH foi determinado em água e em solução de KCl 1 mol L⁻¹ em suspensão solo/solução na proporção 1:2,5.

Os cátions trocáveis foram extraídos por KCl 1 mol L⁻¹ e quantificados por espectrometria de absorção atômica (Ca²⁺ e Mg²⁺) e por titulometria com NaOH (Al³⁺). A acidez potencial (H⁺ + Al³⁺) foi extraída por acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ tamponado a pH 7,0 e quantificada por titulometria com NaOH. Fósforo disponível, Na⁺, K⁺ e micronutrientes (Cu²⁺, Zn²⁺, Fe²⁺ e Mn²⁺) trocáveis foram extraídos pelo Mehlich-1 e determinados por

espectrofotômetro de plasma induzido. O teor de C-orgânico foi obtido pelo método Walkley Black.

A análise mineralógica foi realizada na fração argila a partir de amostras orientadas, sem tratamentos. A identificação dos argilominerais se deu por difratometria de raios-X com velocidade de leitura $1^\circ 2\theta/\text{min}$, amplitude de 4 a $70^\circ 2\theta$, e operado a 30 mA e 40 kV . Para interpretação dos difratogramas foram utilizados os softwares X-Pert High Score Plus e Origin Pro 8, e padrões de literatura (BRINDLEY; BROWN, 1980). Os solos dos perfis 4 e 5 não foram submetidos à análise mineralógica, do mesmo modo que não foi realizada a quantificação dos teores totais da TFSA destes perfis.

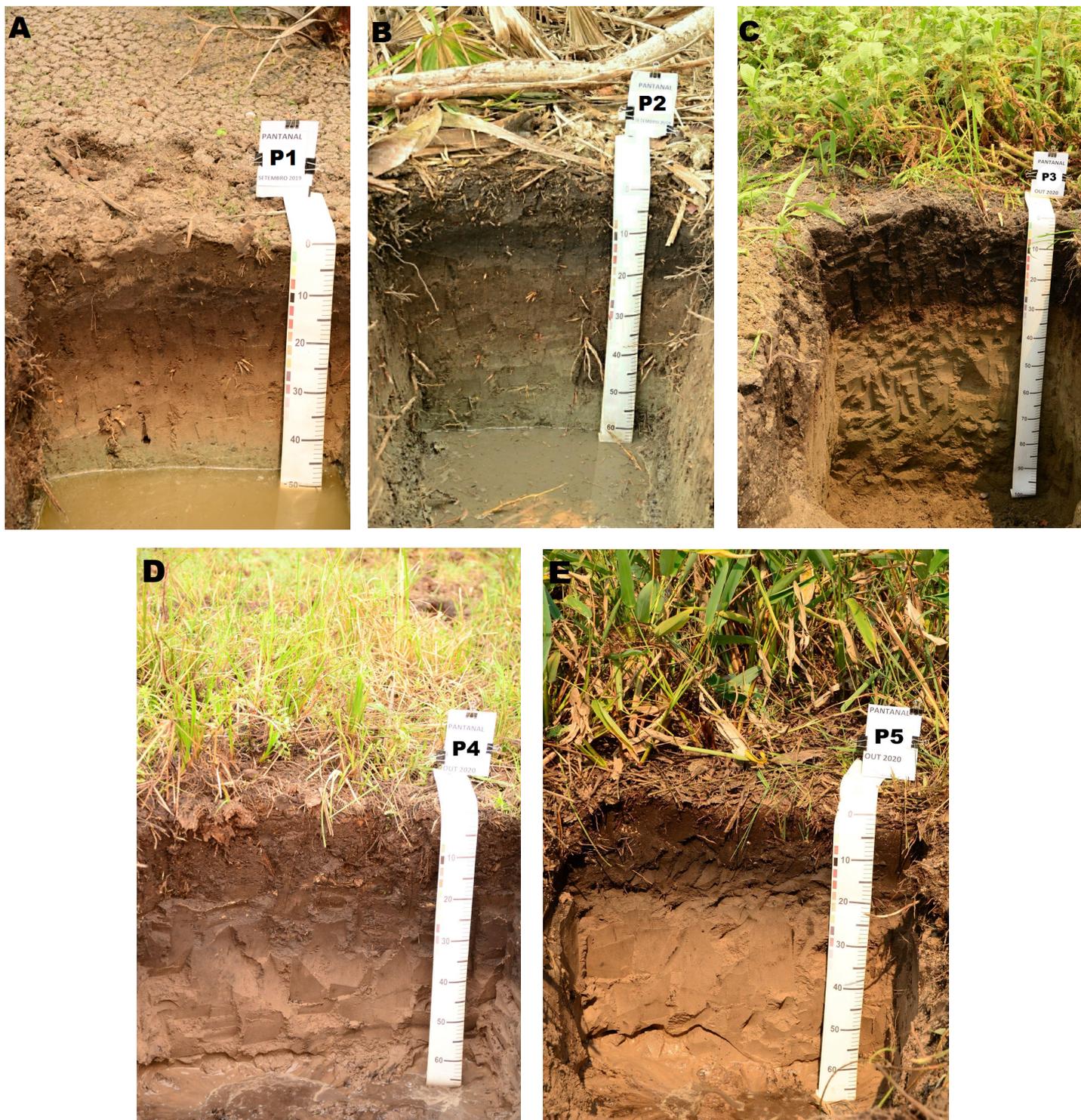
A composição química total da TFSA foi obtida através da técnica de Fluorescência de raios-X (FRX) (PANSU; GAUTHEYROU, 2006). As amostras foram fundidas com metaborato de lítio e analisadas por FRX. O cálculo do estoque de carbono (EC) de cada horizonte de solo se deu conforme Fidalgo et al. (2007). A densidade dos horizontes dos perfis de solo (Ds) foi determinada pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 2017). A condutividade elétrica foi aferida pelo extrato da pasta saturada (EMBRAPA, 2017), com a utilização do aparelho SX 836, Akso. A Análise de Componentes Principais (ACP) dos perfis e das amostras compostas foi realizada através do software R 4.1.1, a partir da Análise de Agrupamentos (Cluster), com as variáveis químicas e físicas previamente padronizadas e centralizadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Atributos morfológicos e propriedades físicas e químicas

Os 5 perfis amostrados (Figura 7) possuem características morfológicas distintas. Os principais atributos morfológicos dos horizontes identificados nos perfis foram sintetizados na Tabela 1.

Figura 7 - Perfis de solo no Pantanal do Negro.



A) Visão geral do solo no P1; B) Visão geral do solo no P2; C) Visão geral do solo no P3; D) Visão geral do solo no P4; E) Visão geral do solo no P5.

Fotos: Guilherme Resende Corrêa (2019; 2020).

Tabela 1 – Atributos morfológicos dos perfis caracterizados.

Horiz.	Profund. (cm)	Cor		Estrutura	Textura	Consistência	Transição
		Úmida					
P1 - Borda Lagoa Salina - PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico méxico							
A1	0-9 (8-10)	10 YR 3/1		Fraca; pequena e média; blocos subangulares	Areia Franca	Macia; muito friável; não plástico e não pegajoso	Ondulada; clara
A2	9-22 (20-24)	10 YR 2/2		Fraca; pequena e média; blocos subangulares	Franco-Arenosa	Macia; muito friável; não plástico e não pegajoso	Ondulada; clara
E1	22-30	10 YR 4/3		Fraca; pequena e média; blocos subangulares	Areia Franca	Macia; muito friável; não plástico e não pegajoso	Plana; clara
E2	30-43	10 YR 5/3		Maciça	Areia	Macia; muito friável; não plástico e não pegajoso	Plana; abrupta
Bt	43-60+	5 Y 6/2		Fraca; pequena e média; blocos subangulares	Franco-Argilo-Arenosa	Ligeiramente dura; muito friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso	-
P2 - Anel de Carandazal (borda da lagoa) - PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico méxico							
A	0-14	10 YR 2/1		Fraca; pequena e média; blocos subangulares	Franco-Arenosa	Macia; muito friável; não plástico e não pegajoso	Plana; clara
E1	14-38	10 YR 4/1		Maciça (úmido)/Grãos simples (seco)	Areia	Macia; muito friável; não plástico e não pegajoso	Plana; clara
E2	38-52	10 YR 5/2		Maciça (úmido)/Grãos simples (seco)	Areia Franca	Macia; muito friável; não plástico e não pegajoso	Plana; clara
Bt	52-70+	10 YR 7/2		Fraca; pequena e média; blocos subangulares	Franco-Argilo-Arenosa	Ligeiramente dura; muito friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso	-
P3 - Centro da lagoa - GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico solódico							
A	0-34	10 YR 2/1		Maciça	Argila	Dura; muito firme; plástico e pegajoso	Ondulada; abrupta
2A	34-38	10 YR 2/2		Maciça	Argila	Ligeiramente dura; friável; plástico e pegajoso	Ondulada; clara
2Eg	38-68	10 YR 3/3		Maciça	Franco-Argilo-Arenosa	Macia, muito friável, não plástico e não pegajoso	Plana; clara
2Cg	68-110	10 YR 5/2		Maciça	Franco-Arenosa	Dura, friável, ligeiramente plástico e	-

					pegajoso	
2Cg2	110-160+	5 Y 5/3	-	Franco-Argilo-Arenosa	-	-
P4 - Baía - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico organossólico						
H	0-25	5 Y 2.5/1	Maciça	Franco-Argilo-Siltosa	Macia; muito friável; não plástico e não pegajoso	Plana; gradual
AH	25-38	5 Y 2.5/2	Maciça	Franco-Arenosa	Macia; muito friável; não plástico e não pegajoso	Plana; gradual
A	38-55	5 Y 3/2	Maciça	Areia Franca	Macia; muito friável; não plástico e não pegajoso	Plana; gradual
Cg	55-70+	5 Y 4/2	Maciça	Areia	Solta, solta, não plástico e não pegajoso	-
P5 - Baía - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico típico						
A1	0-16	5 Y 2.5/1	Maciça	Franco-Argilo-Arenosa	Macia; muito friável; não plástico e não pegajoso	Plana; clara
A2	16-24	5 Y 3/2	Maciça	Franco-Arenosa	Macia; muito friável; não plástico e não pegajoso	Plana; clara
Cg	24-70+	5 Y 5/2	Maciça	Areia	Solta; muito friável; não plástico e não pegajoso	-

Elaboração: A autora (2023).

O perfil 1 apresenta a menor espessura dentre os perfis amostrados, de no mínimo 60 cm (Tabela 1). Caracteriza-se pelo matiz 10YR e pelo domínio de cores brunadas em boa parte do perfil, exceto o horizonte superficial, que apresenta coloração cinzenta escura, e o horizonte Bt, que apresenta matiz 5Y e coloração cinzenta esverdeada. É maciço em E2, nos demais horizontes apresenta estrutura em blocos subangulares, de tamanho pequeno a médio, e grau fraco (Tabela 1).

P1 está localizado na área de influência direta da lagoa, em área que, na ocasião da coleta, encontrava-se recentemente emersa, mas que anteriormente estava coberta pela água da lagoa. Não há cobertura vegetal sobre esse perfil, mas próximo a ele há indivíduos jovens de carandá que secaram. Provavelmente eles se desenvolveram em um período no qual o freático encontrava-se mais baixo, atualmente observa-se que o nível da lagoa se manteve mais elevado, em função do freático mais elevado, deixando essa região mais úmida.

A textura do P1 é predominantemente arenosa (Figura 8), exceto no Bt. Há a prevalência de consistência macia do solo quando seco, muito friável quando úmido, sem apresentar plasticidade e pegajosidade. O horizonte Bt, por apresentar um incremento de argila, apresenta consistência ligeiramente dura quando seco, além de ser ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso (Tabela 1). Há uma abundância de raízes muito finas a médias nos 4 primeiros horizontes do perfil. As raízes mortas dos carandás produziram macroporos bem expressivos nesse perfil.

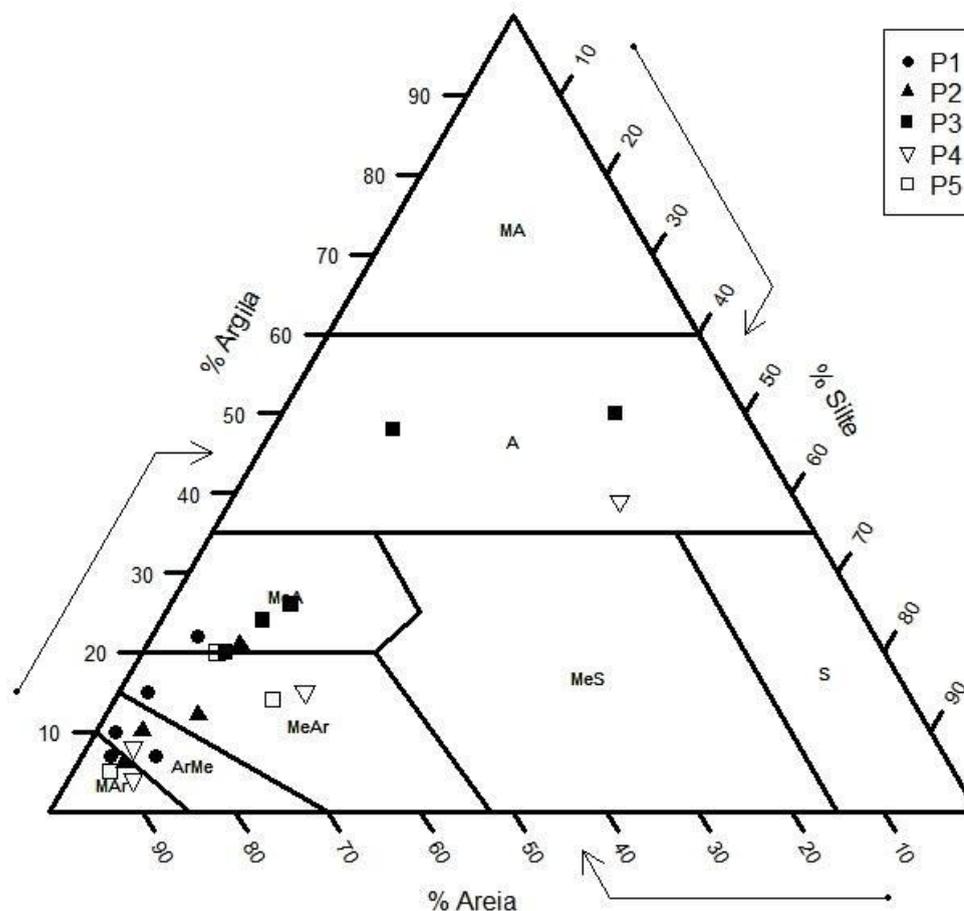
O perfil 2, localizado no “anel” de Carandazal, situa-se próximo à cordilheira. A presença da palmeira carandá é associada à concentração de sais no solo (REZENDE FILHO, 2006). A cordilheira apresenta uma vegetação densa, com vários indivíduos típicos de mata seca, dentre eles piúva roxa (*Handroanthus impetiginosus*), guaritá (*Astronium graveolens*) e tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*).

Ele é mais espesso que o perfil 1, sendo de no mínimo 70 cm. A cor é caracterizada pelo matiz 10YR, tendo o horizonte superficial uma coloração bem mais escura comparada ao perfil 1 devido ao maior aporte de matéria orgânica. A exemplo do primeiro perfil, a cor no Bt é cinzenta esverdeada. É maciço, se solo úmido, e grãos simples, se solo seco, nos horizontes E1 e E2. Em A e Bt apresenta-se estrutura em blocos subangulares, de tamanho pequeno a médio, e grau fraco (Tabela 1).

A textura segue aquela observada no P1, predominando a fração areia, exceto no Bt, em virtude da presença de argila (Figura 8). O P2 caracteriza-se pela consistência macia do solo quando seco, muito friável quando úmido, sem plasticidade e pegajosidade. A consistência do Bt em P1 se repete no P2. A transição vertical entre todos os horizontes é plana e clara. As raízes são muito finas a grossas, presentes em abundância em todo o perfil.

O perfil 3 é o mais profundo, com espessura maior que 160 cm. O matiz 10YR predomina em boa parte do perfil, sendo o horizonte superficial preto, devido ao alto teor de matéria orgânica, e os subsuperficiais acinzentados e brunados. O último horizonte apresenta matiz 5Y. É maciço em toda a profundidade. A textura, diferentemente dos outros perfis, é argilosa (Figura 8), porém apresenta um decréscimo de argila em profundidade. O contraste na transição do horizonte superficial para o subjacente é abrupto. As raízes, muito finas a finas, estão presentes em todo o perfil, em maior quantidade no horizonte superficial (Tabela 1).

Figura 8 – Triângulo textural dos perfis coletados.



Elaboração: A autora (2023). MA: muito argilosa; A: argilosa; S: siltosa; MeS: média siltosa; MeA: média argilosa; MeAr: média arenosa; ArMe: arenosa média; MAr: muito arenosa.

Os três perfis associados à salina têm atributos morfológicos em comum, especialmente o horizonte superficial escurecido (P1, P2 e P3) e arenoso (P1 e P2), horizontes subsuperficiais brunados e acinzentados (P1, P2 e P3), e a presença de um horizonte de coloração esverdeada (P1 e P2), com consistência endurecida. Essas características concordam com os dados encontrados em trabalhos realizados em lagoas salinas no Pantanal da Nhecolândia, como Fernandes (2000); Silva et al. (2004); Rezende Filho (2006); e Furquim (2007).

O perfil 4 foi descrito até a profundidade de 70 cm devido a presença do lençol freático. É caracterizado pelo matiz 5Y, com coloração bem escura no horizonte superficial (horizonte hístico) e o predomínio de cores acinzentadas em profundidade. Apresenta

estrutura maciça em todos os horizontes. Quanto à textura, o horizonte superficial é argiloso e os demais são arenosos (Figura 8), devido ao decréscimo de argila em profundidade. A consistência no solo seco é macia, no solo úmido muito friável e no solo molhado não plástico e não pegajoso. No horizonte mais profundo, a consistência no solo seco e úmido é solta, permanecendo a mesma que os demais no solo molhado (Tabela 1). A transição vertical entre todos os horizontes é plana e gradual.

O perfil 5 também apresentou lençol freático a 70 cm. A cor é caracterizada pelo matiz 5Y, prevalecendo uma coloração mais escura no horizonte superficial que nos demais horizontes (Tabela 1). É maciço em toda a profundidade. Evidenciam-se as mesmas características texturais observadas no P4. A consistência do solo também segue o constatado no perfil anterior. A transição entre os horizontes é plana e clara. As raízes, muito finas a finas, encontram-se por todo o perfil, abundantes em superfície e raras em Cg.

Sakamoto (1997) e Fernandes (2000) encontraram características morfológicas parecidas, para solos de baías, com as encontradas neste trabalho para os perfis 4 e 5, principalmente o horizonte superficial com coloração escura seguido por horizontes bem mais claros e arenosos, e afloramento do lençol freático (Apêndice D e E). Entretanto, essas características contrastam com algumas descritas por Nascimento et al. (2015), que encontraram similaridades entre solos de baías e salinas, como a ocorrência do horizonte com cores esverdeadas, característico de salinas, em um perfil de baía.

Essa condição levanta a hipótese de que as lagoas salinas e as baías eram iguais, tendo a dinâmica do fluxo de águas subsuperficiais a responsável pelo isolamento das salinas, e as taxas maiores de evaporação em relação à precipitação levaram a prevalência da concentração de sais nessas lagoas, mineralizando-as de forma acentuada (FERNANDES, 2000; BARBIÉRO et al., 2002; FURQUIM et al., 2017). Todavia, Martins (2012) afirma que as condições climáticas atuais não são favoráveis à salinização por evaporação, e levanta duas hipóteses para a origem da salinidade dessas lagoas: 1) acumulação de sal no passado de clima seco; 2) processo acumulativo da salinidade no tempo, de ano para ano.

A granulometria e a caracterização química dos solos estão expostas nas Tabelas 2 e 3. As quantidades de areia grossa perfazem entre 20 e 245 g/kg (Tabela 2). O menor valor foi encontrado no horizonte A do Gleissolo, enquanto o maior encontra-se no horizonte E1 do P1. Os teores médios de areia grossa para os perfis são: P1: 191 g/kg; P2: 130 g/kg; P3: 137 g/kg; P4: 116 g/kg; e P5: 53 g/kg (Tabela 2).

A areia fina é predominante nos perfis (FURQUIM, 2007; BALBINO, 2017), com teores entre 121 e 781 g/kg (Tabela 2). Os teores mínimo e máximo encontram-se,

respectivamente, nos horizontes A do P3 e Cg do P5. Em relação aos valores médios de areia fina, têm-se: P1: 644 g/kg; P2: 698 g/kg; P3: 470 g/kg; P4: 646,5 g/kg; e P5: 671 g/kg (Tabela 2). Há uma distribuição errática de areia em profundidade no P1, P2 e P3. Nos P4 e P5 os valores aumentam da superfície para a subsuperfície (Tabela 2).

Os teores de argila estão entre 41 e 504 g/kg, concentrando nos horizontes mais profundos (Bt) (CORINGA et al., 2012) no P1 e P2. Nos demais os maiores valores encontram-se nos horizontes superficiais (Tabela 2). As médias da quantidade de argila nos perfis seguem: P1: 96 g/kg; P2: 113 g/kg; P3: 259 g/kg; P4: 111,5 g/kg; e P5: 137 g/kg (Tabela 2). O processo de eluviação de argila das camadas superficiais e iluviação nas camadas subsuperficiais pode ser considerado nos Planossolos (Tabela 2) (KAMPF; CURI, 2012).

Tabela 2 - Características físicas das amostras de solo dos perfis.

Horiz.	Profund. (cm)	Cor	AG	AF	Silte	Argila	AF/AG	SI/AR	Textura	Densidade
		Úmida	g.kg ⁻¹							g.cm ⁻³
P1 - Borda Lagoa Salina - PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico méxico										
A1	0-9 (8-10)	10 YR 3/1	162	684	80	74	4.22	1.08	Areia Franca	1.18
A2	9-22 (20-24)	10 YR 2/2	203	623	27	146	3.07	0.18	Franco-Arenosa	1.56
E1	22-30	10 YR 4/3	245	644	15	96	2.63	0.16	Areia Franca	1.40
E2	30-43	10 YR 5/3	191	711	34	65	3.72	0.52	Areia	1.48
Bt	43-60+	5 Y 6/2	113	616	53	218	5.45	0.24	Franco-Argilo-Arenosa	1.53
P2 - Anel de Carandazal (borda da lagoa) - PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico méxico										
A	0-14	10 YR 2/1	84	692	102	122	8.24	0.84	Franco-Arenosa	1.14
E1	14-38	10 YR 4/1	187	703	48	63	3.76	0.76	Areia	1.41
E2	38-52	10 YR 5/2	142	704	51	104	4.96	0.49	Areia Franca	1.45
Bt	52-70+	10 YR 7/2	118	578	98	207	4.90	0.47	Franco-Argilo-Arenosa	1.53
P3 - Centro da lagoa - GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico solódico										
A	0-34	10 YR 2/1	20	121	355	504	6.05	0.70	Argila	0.66
2A	34-38	10 YR 2/2	111	286	129	475	2.58	0.27	Argila	0.87
2Eg	38-68	10 YR 3/3	137	470	134	259	3.43	0.52	Franco-Argilo-Arenosa	1.45

2Cg	68-110	10 YR 5/2	185	533	86	197	2.88	0.44	Franco-Arenosa	1.30
2Cg2	110-160+	5 Y 5/3	164	481	113	242	2.93	0.47	Franco-Argilo-Arenosa	-
P4 - Baía - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico organossólico										
H	0-25	5 Y 2.5/1	34	157	419	390	4.62	1.07	Franco-Argilo-Siltosa	0.56
AH	25-38	5 Y 2.5/2	92	563	202	143	6.12	1.41	Franco-Arenosa	1.46
A	38-55	5 Y 3/2	140	730	50	80	5.21	0.63	Areia Franca	1.61
Cg	55-70+	5 Y 4/2	150	740	69	41	4.93	1.68	Areia	1.60
P5 - Baía - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico típico										
A1	0-16	5 Y 2.5/1	45	671	84	200	14.91	0.42	Franco-Argilo-Arenosa	1.09
A2	16-24	5 Y 3/2	53	636	174	137	12	1.27	Franco-Arenosa	1.72
Cg	24-70+	5 Y 5/2	132	781	39	48	5.92	0.81	Areia	1.61

Elaboração: A autora (2023). AG: Areia Grossa; AF: Areia Fina; SI: Silte; AR: Argila.

Em relação a densidade, tem-se valores entre 0,56 e 1,72 para os horizontes do solo (Tabela 2). O maior valor de densidade encontrado corresponde ao horizonte A2 do perfil 5, enquanto o menor corresponde ao horizonte hístico do P4. Em linhas gerais, a densidade tende a aumentar em maiores profundidades. O perfil 3 apresenta-se como o menos denso, enquanto o P1 é o mais denso (Tabela 2).

Os valores de pH (H₂O) nos horizontes do solo tendem a aumentar com o aumento da profundidade, corroborando com dados de Furquim (2007), Balbino (2017), e Nascimento et al. (2015) (Tabela 3). Os solos associados à salina (P1, P2, P3) são fortemente alcalinos (EMBRAPA, 2018), com pH (H₂O) variando de 7,4 a 9,6. Enquanto os solos relacionados à baía são fortemente ácidos, apresentando valores que variam entre 4,8 e 5,7 (Tabela 3). Os valores de pH (KCl) são inferiores aos observados no pH em água, indicando a carga líquida negativa dos solos, com predomínio de minerais silicatados (SOUSA; SOUZA, 2013).

Os valores de saturação por bases (V) são altos nos perfis relacionados à salina, indicando alta saturação (EMBRAPA, 2018), entre 95 a 100%. Já os perfis próximos às baías apresentam baixa saturação, com saturação por bases entre 16 e 42% (Tabela 3), com tendência a aumento em profundidade (NASCIMENTO et al., 2015).

A capacidade de troca catiônica (CTC) varia de 0,7 a 24,3 cmolc/kg. O maior valor foi encontrado no horizonte superficial do P4, em função do maior aporte de MO. No geral, os

valores mais altos estão nos horizontes superficiais do P2 ao P5. Em P1, o maior valor encontra-se no horizonte mais profundo (Bt esverdeado) (Tabela 3).

Os teores de carbono orgânico (CO) se situam entre 0 e 88,75 g/kg. Observa-se que em profundidade os teores de CO vão decrescendo (Tabela 3). De acordo com Noordwijk et al. (1997), em regiões alagadas o teor de carbono no solo aumenta em áreas com baixo pH. Isso evidencia-se, especialmente, para o P4, em que se observa a ocorrência do maior teor de carbono orgânico (88,75 g/kg) entre os solos estudados e valores de pH muito baixos (entre 4,8 e 4,7) (Tabela 3).

Os teores de Na variam de 0 a 369,8 mg/kg, sendo mais altos no P1, P2 e P3. Observa-se que há um incremento de Na nos horizontes Bt, esverdeados (BARBIÉRO; QUEIROZ NETO; SAKAMOTO, 2000). Isso pode ser explicado pelo fato de que esses horizontes são mais argilosos, mais densos, de consistência ligeiramente dura e que, conseqüentemente, favorecem a estagnação de água, promovendo uma concentração de Na. Nos perfis próximos a baía (P4 e P5) os teores de Na são ausentes ou pouco presentes, com tendência a decrescer em profundidade (Tabela 3).

Os teores elevados de K nos solos da salina (Tabela 3) podem ser provenientes da lixiviação da cordilheira situada ao redor da lagoa. A cordilheira atuaria como uma importante reserva desse elemento, que poderia estar ligado a muscovita residual da Formação Pantanal (QUEIROZ, 2018).

O cálcio e o magnésio são os cátions mais abundantes nos perfis, corroborando com dados de Balbino (2017). O Mg^{2+} é um indício da natureza rica em micas do material de origem (CORINGA et al., 2012). Os maiores valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} concentram-se, de modo geral, nas camadas superiores. Eles reduzem a mineralização de matéria orgânica, elevando a sua estabilidade e acumulação nos horizontes superficiais (Tabela 3) (PEREIRA et al., 2012).

Apesar do Na^+ não ser o cátion mais relevante no complexo de troca, os valores do índice de saturação por sódio (ISNa) perfazem entre 0 e 17%. O ISNa dos perfis 4 e 5 são ausentes (0%), enquanto o perfil 1 apresenta o maior valor de saturação (Tabela 3). Já a saturação por alumínio (m) apresenta o comportamento inverso do ISNa (Tabela 3), conforme Nascimento et al. (2015).

Al^{3+} e H+Al são ausentes nas amostras do P1 ao P3. No P4 e P5, por sua vez, Al^{3+} trocável apresenta valores entre 0 e 1 cmolc/kg, enquanto os valores de H+Al estão entre 0,5 e 17,8 cmolc/kg (Tabela 3). Os maiores valores são encontrados nos horizontes superficiais, os quais são os mais ácidos, como no trabalho de Nascimento et al. (2015). Nesses perfis observa-se elevados teores de Fe (Tabela 3). Em solos sazonalmente inundáveis a acidez e os

teores altos de Al^{3+} , observados nos solos das baías, podem decorrer do processo de ferrólise, consequentemente aumentando os teores de ferro nesses solos (BRINKMAN, 1970; PONNAMPERUMA, 1972).

Tabela 3 - Propriedades químicas das amostras de solo dos perfis.

Horiz.	Profund. (cm)	pH	pH	P	K	Na	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	C-org	P-Rem	Cu	Mn	Fe	Zn	
		H ₂ O	KCl	mg.Kg ⁻¹			cmolc.kg ⁻¹						%		g.kg ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.kg ⁻¹									
P1 - Borda Lagoa Salina - PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico méxico																										
A1	0-9 (8-10)	9.0	7.7	176.6	378.7	176.0	1,0	0,8	2.1	1.6	0	0	5.5	5.5	5.5	100	0	14	11.70	6.79	46.3	0	59	5	2	
A2	9-22 (20-24)	8.8	7.8	182.0	371.8	139.6	1,0	0,6	2.4	1.6	0	0	5.5	5.5	5.5	100	0	11	5.20	3.02	39.9	0	82	3	0	
E1	22-30	9.1	8.1	111.1	287.5	115.8	0,7	0,5	1.6	0.6	0	0	3.5	3.5	3.5	100	0	15	2.60	1.51	38.6	0	111	4	0	
E2	30-43	9.5	8.5	60.2	210.3	97.5	0,5	0,4	1.1	0.3	0	0	2.4	2.4	2.4	100	0	17	1.30	0.75	29.1	0	75	8	0	
Bt	43-60+	9.6	8.0	27.8	1359.6	333.8	3,5	1,5	2.0	1.4	0	0	8.3	8.3	8.3	100	0	17	1.30	0.75	29.5	0	33	10	0	
P2 - Anel de Carandazal (borda da lagoa) - PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico méxico																										
A	0-14	8.6	7.4	107.6	459.4	165.4	1,2	0,7	6.1	1.8	0	0	9.8	9.8	9.8	100	0	7	40.40	23.43	41.9	0	73	9	1	
E1	14-38	9.4	8.2	9.1	159.5	82.1	0,4	0,4	1.4	0.5	0	0	2.6	2.6	2.6	100	0	14	1.30	0.75	50.2	0	69	9	0	
E2	38-52	9.6	8.3	99.6	294.8	124.5	0,8	0,5	1.5	0.8	0	0	3.6	3.6	3.6	100	0	15	1.30	0.75	45.4	0	50	16	0	
Bt	52-70+	9.5	8.1	129.1	465.9	201.2	1,2	0,9	2.3	1.7	0	0	6.1	6.1	6.1	100	0	14	1.30	0.75	25.9	0	132	0	0	
P3 - Centro da lagoa - GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico solódico																										
A	0-34	7.4	6.5	415.9	963.5	355.2	2,5	1,5	11.0	4.8	0	1.1	19.9	19.9	21.0	95	0	7	103.10	59.80	43.3	1	150	24	12	
2A	34-38	8.5	7.4	394.9	683.1	369.8	1,7	1,6	8.5	1.6	0	0	13.5	13.5	13.5	100	0	12	25.30	14.68	22.5	0	14	1	0	
2Eg	38-68	8.9	7.6	425.6	743.3	184.9	1,9	0,8	3.7	1.2	0	0	7.7	7.7	7.7	100	0	11	2.70	1.57	19.6	0	262	1	0	
2Cg	68-110	8.7	7.6	509.2	503.4	144.4	1,3	0,6	3.4	0.8	0	0	6.2	6.2	6.2	100	0	10	2.70	1.57	19.2	0	129	4	1	
2Cg2	110-160+	9	7.6	192.0	706.3	228.0	1,8	1,0	3.3	1.6	0	0	7.8	7.8	7.8	100	0	13	6.70	3.89	46.3	0	182	1	0	
P4 - Baía - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico organossólico																										

H	0-25	4.9	4.1	4.7	92.6	26.9	0,2	0,1	5.1	1.0	0.5	17.8	6.5	7.0	24.3	27	8	0	153	88.75	25.7	1	81	1140	28
AH	25-38	4.8	3.8	0.3	41.4	2.3	0,1	0,0	1.4	0.3	0.3	4.2	1.8	2.1	6.0	30	16	0	36.6	21.23	36.9	0	19	408	7
A	38-55	5.6	4.2	0.1	3.3	0.0	0,0	0,0	0.3	0.1	0.0	0.5	0.4	0.4	0.9	42	0	0	0	0	57.2	0	2	85	1
Cg	55-70+	5.7	4.3	0.0	0.0	0.0	0,0	0,0	0.2	0.1	0.0	0.5	0.3	0.3	0.8	39	0	0	0	0	60.1	0	2	55	0
P5 - Baía - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico típico																									
A1	0-16	5.0	3.8	2.7	26.2	11.3	0,1	0,0	1.8	0.2	1.0	10.6	2.1	3.2	12.7	17	33	0	43.2	25.1	20	1	21	944	1
A2	16-24	4.8	3.7	0.3	3.5	1.9	0,0	0,0	0.6	0.0	0.8	3.4	0.6	1.4	4.0	16	57	0	21.3	12.4	30.8	0	8	455	0
Cg	24-70+	5.5	4.3	0.5	0.0	0.0	0,0	0,0	0.1	0.0	0.1	0.5	0.1	0.3	0.7	22	47	0	0	0	55.7	0	1	68	0

Elaboração: A autora (2023). SB: Soma de Bases Trocáveis; t: Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; T: Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V: Índice de Saturação por Bases; m: Índice de Saturação por Alumínio; ISNa: Índice de Saturação por Sódio; MO: Matéria Orgânica; C-org: Carbono Orgânico; P-rem: Fósforo remanescente.

O cálculo do estoque de carbono (EC) foi realizado para todos os horizontes dos perfis (Tabela 4). Os teores de EC nos horizontes variam de 0 a 13,39 kg/m². Em todos os perfis, os níveis de EC apresentam maiores teores nos horizontes superiores e decrescem em profundidade. O EC total dos perfis, em ordem decrescente: P4 com 16,51 kg/m²; P3 com 15,44 kg/m²; P5 com 6,08 kg/m²; P2 com 4,35 kg/m²; e P1 com 1,84 kg/m² (Tabela 4).

Tabela 4 - Estoque de carbono no solo.

Horiz.	Profund. (cm)	C	DS	E	EC
		g.kg ⁻¹	g.cm ⁻³	cm	kg.m ⁻²
P1 - Borda Lagoa Salina - PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico méxico					
A1	0-9 (8-10)	6.79	1.18	9	0.72
A2	9-22 (20-24)	3.02	1.56	13	0.61
E1	22-30	1.51	1.40	8	0.17
E2	30-43	0.75	1.48	13	0.14
Bt	43-60+	0.75	1.53	17	0.20
TOTAL				60	1.84
P2 - Anel de Carandazal (borda da lagoa) - PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico méxico					
A	0-14	23.43	1.14	14	3.73
E1	14-38	0.75	1.41	24	0.26
E2	38-52	0.75	1.45	14	0.15
Bt	52-70+	0.75	1.53	18	0.21
TOTAL				70	4.35
P3 - Centro da lagoa - GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico solódico					
A	0-34	59.80	0.66	34	13.39
2A	34-38	14.68	0.87	4	0.51
2Eg	38-68	1.57	1.45	30	0.68
2Cg	68-110	1.57	1.30	42	0.86
2Cg2	110-160+	3.89		50	0.00
TOTAL				160	15.44
P4 - Baía - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico organossólico					
H	0-25	88.75	0.56	25	12.49
AH	25-38	21.23	1.46	13	4.02
A	38-55	0	1.61	17	0.00
Cg	55-70+	0	1.60	15	0.00
TOTAL				70	16.51
P5 - Baía - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico típico					
A1	0-16	25.1	1.09	16	4.37

A2	16-24	12.4	1.72	8	1.70
Cg	24-70+	0	1.61	46	0.00
TOTAL				70	6.08

Elaboração: A autora (2023). C: Carbono orgânico; DS: Densidade do solo; E: Espessura do horizonte; EC: Estoque de carbono.

As águas superficiais da salina apresentam pH alcalino, de 8, enquanto o pH da baía é 5 (Tabela 5). Esses valores corroboram com outros trabalhos (CUNHA, 1942; BRUM; SOUSA, 1985; BARBIÉRO et al., 2002; ALMEIDA et al., 2011) envolvendo águas mais e menos mineralizadas no Pantanal. Para Barbiéro et al. (2002) a diferença entre elas pode ser explicada pela concentração das águas por evaporação, conservando alguns elementos em solução. Já o valor de CE das águas da lagoa salina é 1664 uS/cm (Tabela 5). A baía referente ao P4 manifestou CE de 46,9 uS/cm (Tabela 5).

Os valores de condutividade elétrica do solo (CE) se situam entre 110 e 1807 uS/cm, sendo os maiores encontrados nos 3 perfis mais próximos a lagoa salina (Tabela 6). Estudando lagoas salinas da Nhecolândia, Furquim (2007) encontrou valores de CE de até 43 dS/m. O maior valor de CE encontra-se no horizonte superficial do perfil situado no centro da lagoa (P3). Os teores de salinidade variam de 0,05 a 0,91 ppt (Tabela 6).

Segundo Rezende Filho (2003), altos valores de CE do solo relacionam-se com valores elevados de salinidade, e ambos apresentam correspondência com a presença de palmeiras carandá (*Copernicia alba*). Rezende Filho e Sakamoto (2006) associam a ocorrência dessas palmeiras como um indicador de ambientes salinos.

Tabela 5 - Dados de pH e condutividade elétrica das águas superficiais da salina e baía.

	Salina	Baía P4	Baía P5 ¹
pH (H ₂ O)	8	5	-
CE (uS/cm)	1664	46,9	-

Elaboração: A autora (2023). ¹Dados não coletados, em razão da ausência de água no momento da coleta em campo. CE: Condutividade elétrica.

Tabela 6 - Condutividade elétrica de horizontes de solo selecionados.

Horiz.	Profund. (cm)	m (g)	V (ml)	PS (%)	CE (uS/cm)	Salinidade (ppt)
P1 - Borda Lagoa Salina - PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico méxico						
A1	0-9 (8-10)	100,035	36	35,9874	1575	0,79
Bt	43-60+	100,067	30	29,9799	990	0,70
P2 - Anel de Carandazal (borda da lagoa) - PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico méxico						
A	0-14	100,053	43	42,9772	1434	0,71
Bt	52-70+	100,022	35	34,9923	983	0,48
P3 - Centro da lagoa - GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico solódico						
A	0-34	100,084	81	80,9320	1807	0,91
2Cg2	110-160+	100,031	30	29,9907	1185	0,58
P4 - Baía - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico organossólico						
H	0-25	100,053	95,5	95,4494	221	0,11
Cg	55-70+	100,074	26,5	26,4804	141,7	0,07
P5 - Baía - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico típico						
A1	0-16	100,023	47	46,9891	214	0,10
Cg	24-70+	100,064	26,5	27,4824	110	0,05

Elaboração: A autora (2023). m: Massa da amostra de água; V: Volume de água gasto; PS: Percentagem de água na pasta de saturação; CE: Condutividade elétrica.

A relação entre os marcadores geoquímicos zircônio (Zr) e titânio (Ti) comumente é utilizada para investigar descontinuidade do material de origem e/ou sedimentação de material alóctone. Esses elementos são utilizados por se configurarem como elementos de baixa mobilidade, ou seja, mais estáveis em relação aos processos de intemperismo (DEMATTE, 1978; KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1992; MOREIRA; OLIVEIRA, 2008).

A relação entre areia fina e areia grossa (AF/AG) também é utilizada na investigação de descontinuidade litológica. Em materiais de origem do solo homogêneos a relação deve se manter uniforme e, em caso de descontinuidade, a relação entre essas frações de areia será desuniforme (KARATHANASIS; MACNEAL, 1994; KUZILA, 1995).

Os resultados da estatística descritiva das relações dos atributos Zr, Ti, AF e AG nos perfis estão na tabela 7. As curvas da distribuição da relação Zr/Ti e AF/AG em profundidade nos perfis 1, 2, e 3 estão expressas nas figuras 9, 10, e 11, respectivamente. Para os perfis 4 e 5, a distribuição da relação AF/AG em profundidade pode ser observada na figura 12. O comportamento das relações Zr/Ti e AF/AG (Tabela 7) demonstra, claramente, variações em sua distribuição no interior dos perfis.

Wilding e Drees (1983) expressaram a variabilidade das relações entre os atributos do solo estabelecidos, aqui considerados Zr, Ti, AF e AG, em três níveis: baixa, se o coeficiente de variação (CV) for menor que 15%; moderada, quando o CV situa-se entre 15 e 35%; e alta, com CV acima de 35%. Segundo esse critério, verifica-se que o P1, P2 e P3 apresentaram variabilidade moderada, quando analisada a relação Zr/Ti (Tabela 7).

Quanto à relação AF/AG, os perfis 1 ao 5 manifestaram coeficientes de variação de 29, 35, 40, 12 e 42%, respectivamente (Tabela 7). Sendo assim, a variabilidade no P4 é considerada baixa, segundo Wilding e Drees (1983), não indicando influência de material alóctone. Enquanto o P1 e P2 apresentam variabilidade moderada, como na relação Zr/Ti, o P3 e P5 têm variabilidades consideradas altas. As relações Zr/Ti e AF/AG desses perfis, permitem, portanto, admitir diferentes fases de sedimentação, com interferência de material externo na formação desses solos.

Tabela 7a - Estatística descritiva das relações Zr/Ti e AF/AG nos perfis estudados.

Relação	Perfis	N	Mínimo	Máximo	Amplitude	Média	S	CV (%)
Zr/Ti	P1	5	0.04	0.09	0.05	0.08	0.02	25
	P2	4	0.05	0.10	0.05	0.08	0.02	27
	P3	5	0.03	0.04	0.02	0.04	0.01	20
AF/AG	P1	5	2.63	5.45	2.82	3.82	1.10	29
	P2	4	3.76	8.24	4.48	5.47	1.93	35
	P3	5	2.58	6.05	3.47	3.57	1.42	40
	P4	4	4.62	6.12	1.5	5.22	0.65	12
	P5	3	5.92	14.91	8.99	10.94	4.59	42

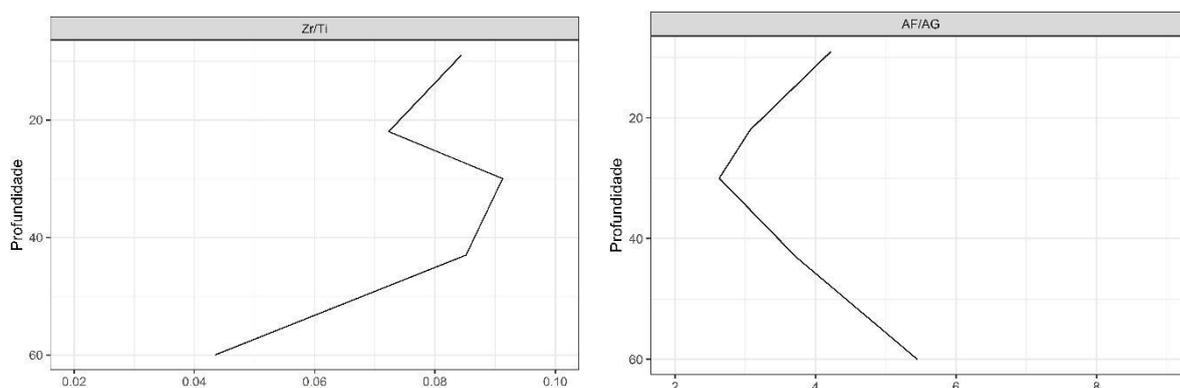
Elaboração: A autora (2023). N: Número de amostras por perfil; S: Desvio-padrão; CV: Coeficiente de variação.

Tabela 7b - Estatística descritiva das relações Zr/Ti e AF/AG nos perfis estudados.

Relação	P1					P2				P3				
	A1	A2	E1	E2	Bt	A	E1	E2	Bt	A	2Ag	2Eg	2Cg	2Cg2
Zr/Ti	0,084	0,072	0,091	0,085	0,043	0,087	0,097	0,068	0,051	0,028	0,030	0,041	0,042	0,044
AF/AG	4,22	3,07	2,63	3,72	5,45	8,24	3,76	4,96	4,90	6,05	2,58	3,43	2,88	2,93
Relação	P4				P5									
	H	AH	A	Cg	A1	A2	Cg							
AF/AG	4,62	6,12	5,21	4,93	14,91	12	5,92							

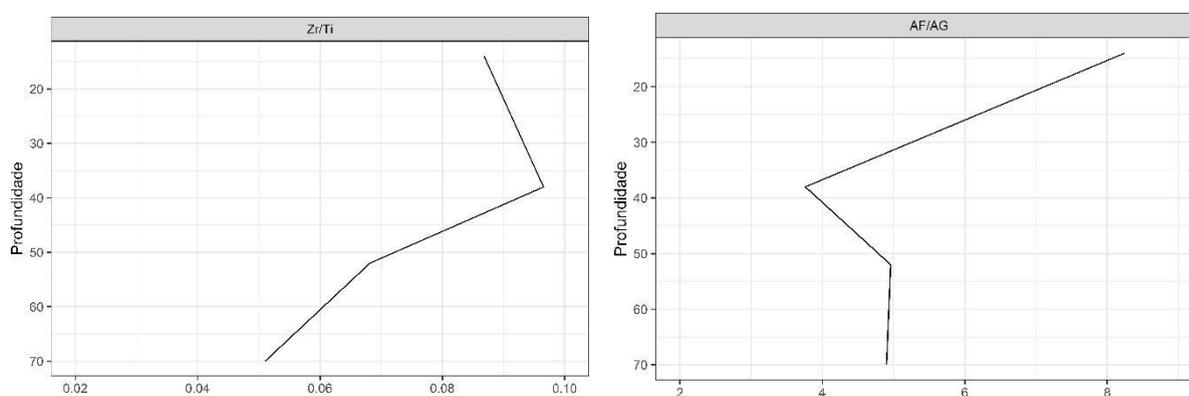
Elaboração: A autora (2023).

Figura 9 - Distribuição da relação Zr/Ti e AF/AG em profundidade no P1.



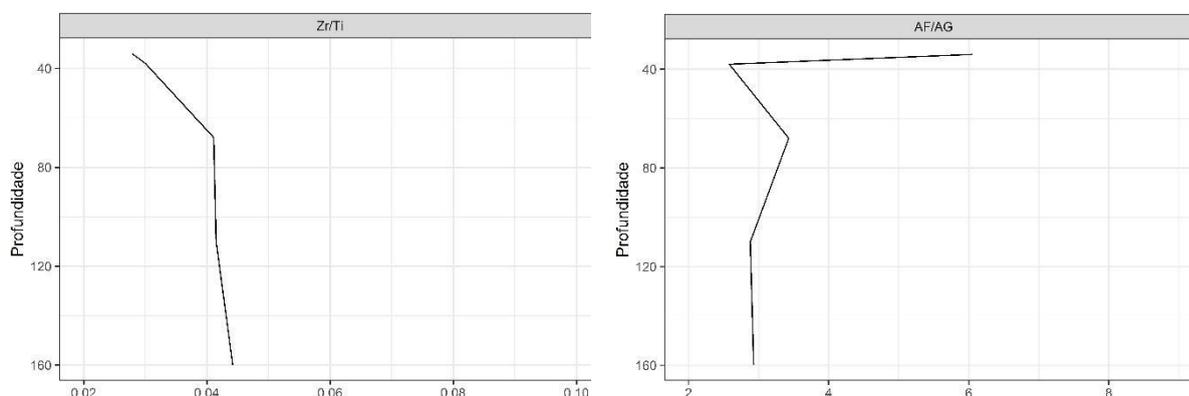
Elaboração: A autora (2023).

Figura 10 - Distribuição da relação Zr/Ti e AF/AG em profundidade no P2.



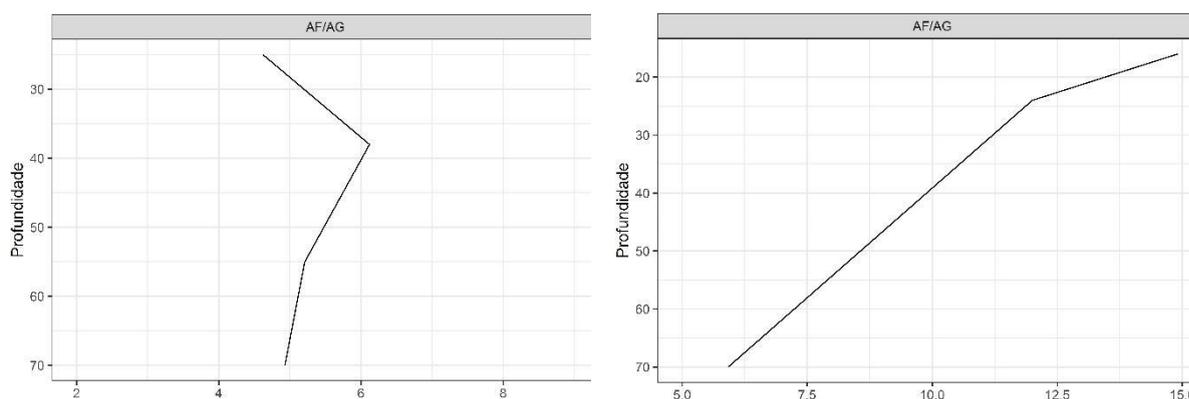
Elaboração: A autora (2023).

Figura 11 - Distribuição da relação Zr/Ti e AF/AG em profundidade no P3.



Elaboração: A autora (2023).

Figura 12 - Distribuição da relação AF/AG em profundidade no P4 e P5.



Elaboração: A autora (2022). P4 a esquerda e P5 a direita.

Para sintetizar as variáveis físicas e químicas e verificar quais estão mais associadas aos solos da salina e das baías, realizou-se uma Análise de Componentes Principais (ACP) (Gráficos 1 e 2). A ACP também possibilita perceber os atributos que melhor explicam o agrupamento de dados estabelecido através da Análise de Agrupamentos (Clusters) (Apêndice F e G).

Os diagramas das ACPs demonstraram que os valores são mais elevados para o eixo 1, em comparação com o eixo 2. Os dois eixos principais do diagrama dos perfis (Gráfico 1) explicaram 77,1% da variação nos dados. Enquanto o primeiro eixo representou 45,5% da variação total dos dados, o segundo eixo corresponde a 31,6%. Já a ACP das amostras

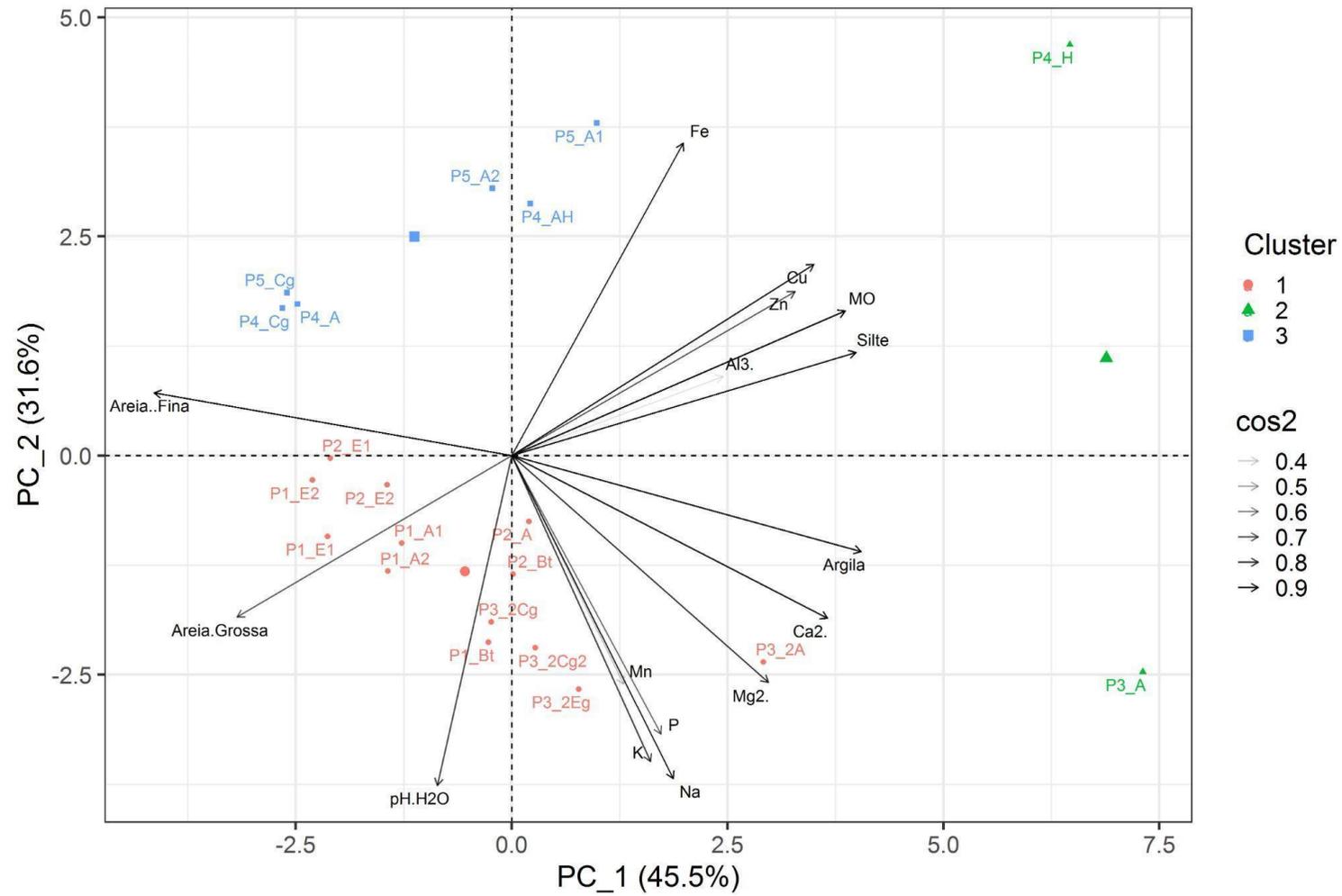
compostas (Gráfico 2) explicou 88,7% da variação dos dados nos dois principais eixos. O eixo 1 retrata 50,3% da variação, e o eixo 2 representa 38,4% dessa variação.

Foi possível discriminar dois grupos distintos (Gráfico 1) para os perfis, do ponto de vista físico-químico do solo. Observa-se que os perfis da salina se agrupam em torno do cluster 1 (em vermelho), associado principalmente às variáveis pH (H₂O), Na, K, Ca²⁺ e Mg²⁺. O cluster 3 (em azul) agrupou os solos das baías na direção oposta às variáveis que caracterizam os solos da salina, com participação significativa do micronutriente Fe (Gráfico 1). De acordo com Abreu, Fernandes e Ruivo (2007) o pH mais baixo (ácido) dos solos proporciona uma maior atividade de íons metálicos, como o Fe.

Os horizontes superficiais do P3 (A) e do P4 (H) se distanciaram dos grupos esperados, formando um terceiro cluster (cluster 2 - em verde) (Gráfico 1). A camada superior do P3 parece ter sido diferenciada pela argila, enquanto o horizonte hístico se diferenciou pelo Fe e, principalmente, pela matéria orgânica. As amostras compostas de solo (Gráfico 2) parecem seguir o mesmo padrão de distribuição das variáveis observado para os perfis. Nota-se que houve uma diferenciação para as compostas relacionadas ao P3, isso se deve ao maior aporte de Ca²⁺ desse solo em relação aos demais (Tabela 3).

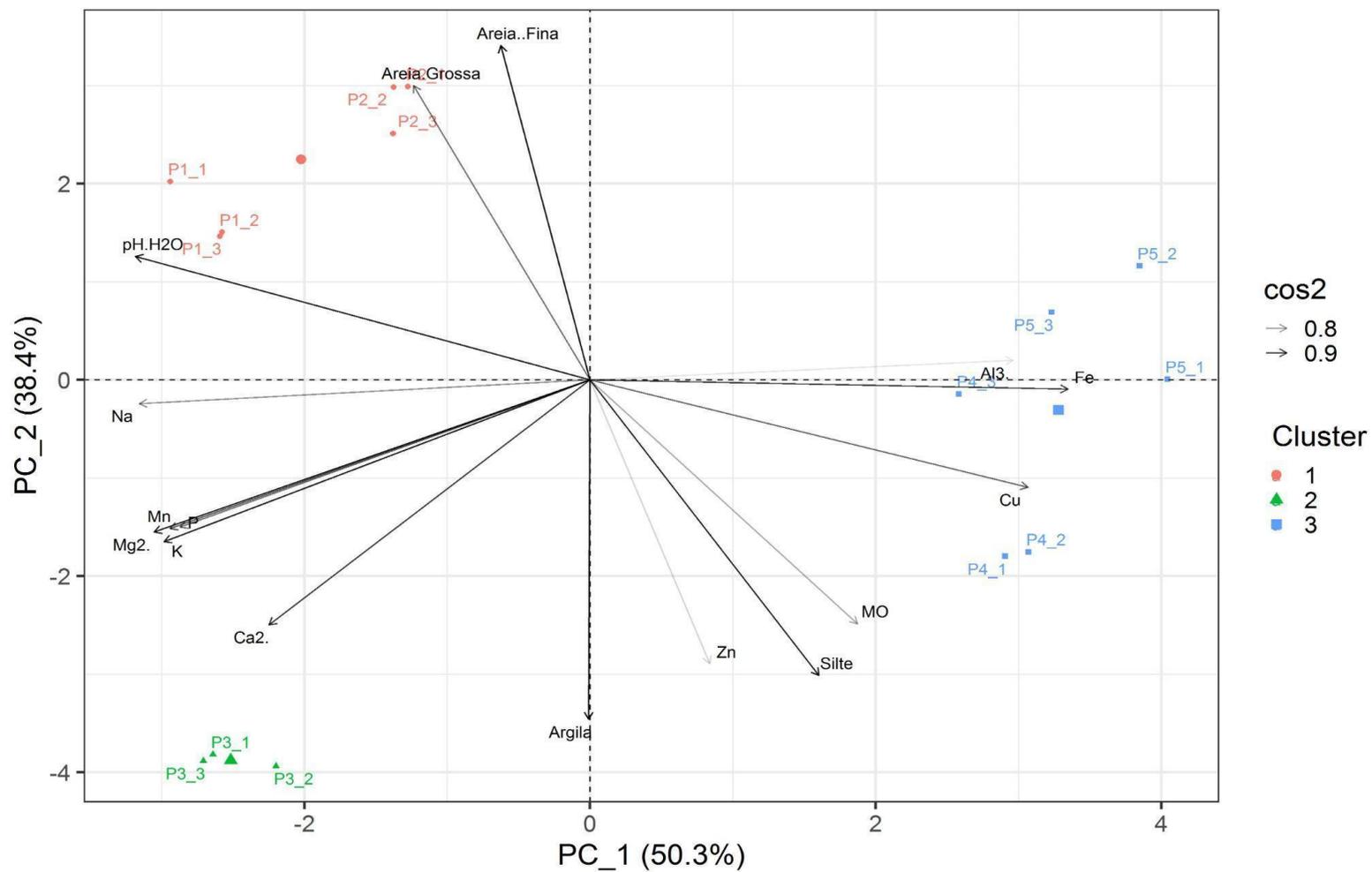
Os gráficos indicam que houve, claramente, distinção entre os solos associados à salina e os solos associados às baías, observada pela distribuição dos clusters. Evidencia-se, portanto, que os atributos pedológicos, especialmente pH, Na e Fe, atuam como fator de diferenciação dos ambientes ligados à salina e às baías.

Gráfico 1 - Diagrama da Análise de Componentes Principais dos atributos físico-químicos dos horizontes de perfis de solo.



Elaboração: A autora (2022).

Gráfico 2 - Diagrama da Análise de Componentes Principais dos atributos físico-químicos das amostras compostas de solo.



Elaboração: A autora (2022).

3.2 Mineralogia e Teores totais

Os principais minerais identificados na fração argila dos perfis 1, 2 e 3 foram quartzo, calcita e ilita (Gráfico 3 e Gráfico 4). O reconhecimento dos minerais se deu por: a) Quartzo: picos presentes nos valores 4,26; 3,34; 2,46; 1,81; 1,53 e 1,37 Å; b) Calcita: presença nos valores 3,03; 2,28; 2,08; 1,91 e 1,87 Å; c) Ilita: presença nos valores 4,48; 2,56 e 10,1 Å; d) Caulinita: presença de picos nos valores 7,15; 3,57; 1,98 e 1,61 Å; e) Feldspato: pico presente em 3,83 Å (BROWN, 1982).

Dentre os minerais presentes nas amostras conduzidas à difração de raios x, tem-se minerais primários, como o quartzo e feldspato, além de minerais secundários, como os argilominerais, e carbonatos como a calcita. Os argilominerais encontrados são do tipo 1:1, como a caulinita; e 2:1 não expansíveis, como a ilita.

Os argilominerais estão inseridos na classe dos filossilicatos. Os filossilicatos, por sua vez, são uma das classes de silicato, que são compostos formados por unidades estruturais extremamente estáveis contendo tetraedros representados por SiO_4 (FONSECA; AIROLDI, 2003). Eles apresentam o arranjo dos tetraedros em folhas ou camadas.

A identificação de filossilicatos é possibilitada pela orientação das lâminas com pasta de argila. Quando os minerais de argila estão orientados, seus planos de difração encontram-se paralelos entre si e à superfície da lâmina, permitindo a identificação dos filossilicatos em detrimento de outros minerais (FURQUIM, 2007).

A análise mineralógica indica que nos horizontes superficiais (Gráfico 3) dos solos da salina o quartzo é o elemento predominante, enquanto nos subsuperficiais nota-se a dominância de calcita (Gráfico 4). Os minerais de quartzo indicam a prevalência da fração areia nos sedimentos de origem.

A calcita constitui um dos minerais carbonáticos mais comum nos solos (QUEIROZ, 2018). Além dos horizontes subsuperficiais, está presente nas camadas superficiais dos perfis (Gráfico 3), o que demonstra a mobilidade desse mineral, podendo ser um indicativo de processo de calcificação nos solos (KAMPF; CURI, 2012). O pH alcalino dos solos aumenta a atividade de ânions carbonato e bicarbonato, promovendo a estabilização da calcita (QUEIROZ, 2018).

A presença da calcita pode decorrer do fluxo subsuperficial de água enriquecida com carbonatos (QUEIROZ, 2018). A partir da evaporação, comum no Pantanal, e do domínio de

Ca^{2+} e Mg^{2+} (Tabela 3), a solução do solo é concentrada, possibilitando a precipitação desse mineral (MELLO; PEREZ, 2009).

Nódulos esbranquiçados observados no horizonte 2Cg2 do P3 (Apêndice C), e a presença de enriquecimento de argila nos horizontes mais profundos (Tabela 3) (BARBIÉRO et al., 2000; 2002; FURQUIM, 2007) podem ser indícios da precipitação de calcita no centro da salina, corroborando com os dados mineralógicos (Gráfico 4).

Para Furquim (2007) a especificidade dos solos encontrados nos arredores das lagoas salinas está ligada às próprias características das águas dessas lagoas. A natureza dessas águas influenciaria nos processos atuantes nesses solos, como o processo de neoformação, precipitando minerais carbonáticos diretamente da solução e das águas concentradas (FURQUIM et al., 2008).

A neoformação e a transformação a partir de outros minerais, como o feldspato potássico, são os processos mais comuns para a formação de illita (PRADA-GAMERO et al., 2004). Na literatura são raros os registros acerca da gênese de illita em ambientes alcalinos, como as salinas (FURQUIM, 2007). Harder (1974) considera o pH alcalino e as concentrações altas de K^+ e Mg^{2+} (Tabela 3) propícias à neoformação desse mineral. E o feldspato potássico, presente nos difratogramas (Gráficos 3 e 4), constitui componente detrítico da Formação Pantanal (QUEIROZ, 2018).

A presença de caulinita é mais comum em solos bem drenados, com baixo pH, tendo sua formação associada a condições de maior intemperismo (GONÇALVES et al., 2006). Os solos associados às salinas apresentam, entretanto, características opostas às consideradas ideais para a formação da caulinita, o que sugere, portanto, uma origem alóctone (FURQUIM, 2007). Furquim et al. (2010) apontam transporte fluvial desse mineral e deposição junto aos sedimentos da Formação Pantanal.

A análise da química total (Tabela 8) determina a concentração de alguns elementos nas amostras, além de elementos-traço, permitindo o estabelecimento de relações entre os solos e as possíveis fontes desses elementos (CHADWICK; BRIMHALL; HENDRICKS, 1990).

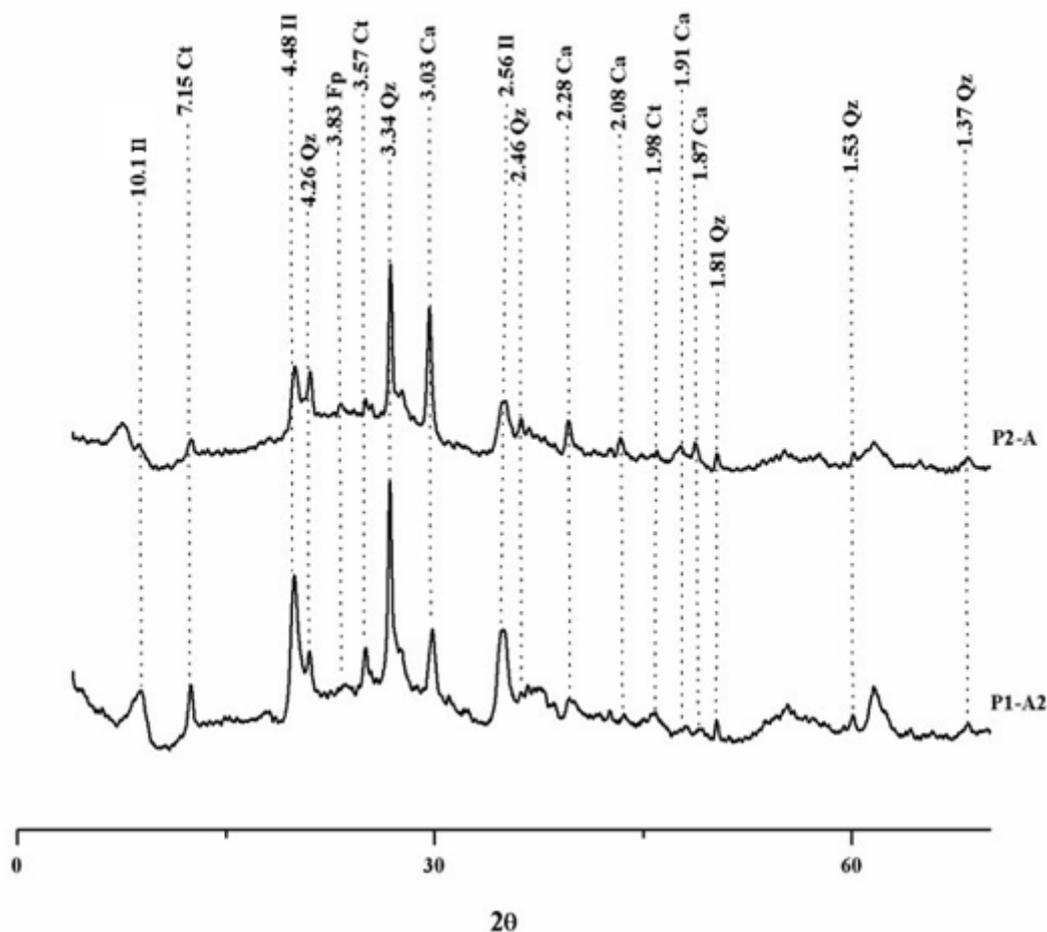
Em todos os perfis amostrados (P1, P2 e P3), observa-se que a sílica (SiO_2) é o elemento predominante, variando de 67,52% até mais de 90% da composição total da TFSA (Tabela 8) (CORINGA et al., 2012). Os altos teores de Si se devem aos sedimentos arenosos,

ricos em quartzo, da Formação Pantanal (QUEIROZ, 2018). A presença majoritária do Si corrobora com as análises físicas (Tabela 2) e mineralógicas (Gráfico 3 e 4).

O Ca ocupa o segundo lugar na composição dos solos estudados, seguido pelo Fe, Al e Mg (Tabela 8). O Ca tem tendência a se acumular em profundidade, relacionando-se à precipitação da calcita (QUEIROZ, 2018), observada nos resultados mineralógicos (Gráficos 3 e 4) e na presença dos nódulos no horizonte mais profundo do P3 (Apêndice C).

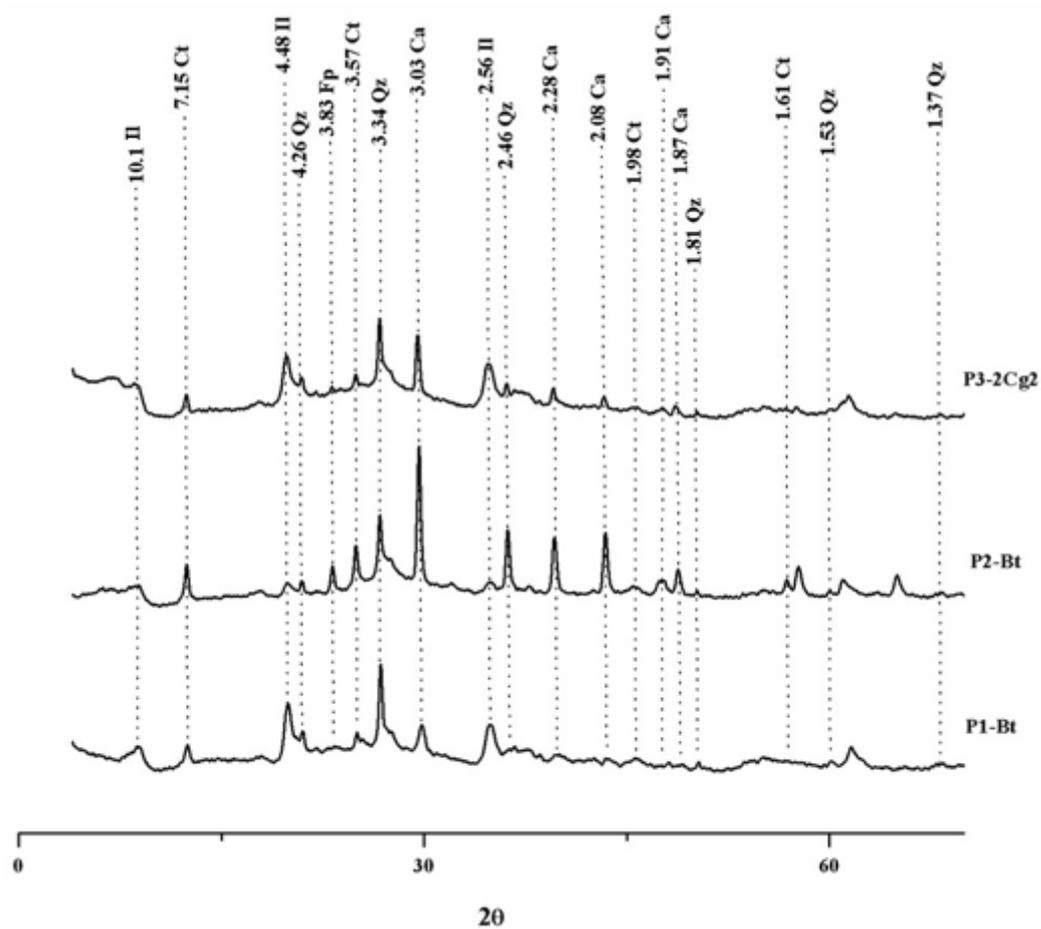
Os óxidos de Fe e Al são mais elevados nos horizontes mais profundos dos solos (Tabela 8), como no trabalho de Coringa et al. (2012). Esses autores relatam que essa distribuição é esperada, considerando a pouca mobilidade do Fe e Al. O maior conteúdo de Al_2O_3 relaciona-se, principalmente, aos minerais de ilita e caulinita (Gráficos 3 e 4) (MORENO, 2012).

Gráfico 3 - Difratoograma de raio-x relativo à fração argila de horizontes selecionados do P1 e P2.



Elaboração: A autora (2023). Valores d indicados em angstrom (\AA). Ct: Caulinita; Il: Ilita; Qz: Quartzo; Fp: Feldspato; Ca: Calcita.

Gráfico 4 - Difratoograma de raio-x relativo à fração argila de horizontes selecionados dos perfis amostrados.



Elaboração: A autora (2023). Valores d indicados em angstrom (Å). Ct: Caulinita; Il: Ilita; Qz: Quartzo; Fp: Feldspato; Ca: Calcita.

Tabela 8 - Teores totais de óxidos e elementos-traço na TFSA dos perfis amostrados.

Óxidos (dag.kg ⁻¹)	P1					P2				P3				
	A1	A2	E1	E2	Bt	A	E1	E2	Bt	A	2A	2Eg	2Cg	2Cg2
	0-9 (8-10) cm	9-22 (20-24) cm	22-30 cm	30-43 cm	43-60+ cm	0-14 cm	14-38 cm	38-52 cm	52-70+ cm	0-34 cm	34-38 cm	38-68 cm	68-110 cm	110-160+ cm
SiO ₂	>90	88.77	>90	>90	87.33	87.91	>90	88.87	80.52	81.54	67.52	79.25	>90	77.51
CaO	0.59	1.63	1.14	0.67	0.68	0.61	0.66	1.09	4.91	1.15	6.3	3.67	1.83	4
Fe ₂ O ₃	2.61	1.87	2.05	1.49	2.55	1.94	1.55	1.78	2.09	2.67	1.93	1.99	1.4	2.1
Al ₂ O ₃	0.91	1.03	0.67	0.73	2.87	1.11	0.95	1.36	2.09	2.96	1.63	3.24	1.89	3.67
MgO	0.45	0.98	0.8	0.46	0.76	0.33	0.25	0.34	0.56	2.59	6.65	1.18	1.66	0.81
K ₂ O	0.4	0.39	0.31	0.4	1.31	0.56	0.45	0.58	0.72	1.19	0.77	1.45	0.96	1.23
TiO ₂	0.32	0.26	0.24	0.29	0.44	0.41	0.23	0.32	0.39	0.6	0.31	0.45	0.4	0.43
MnO	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.12	0.12	0.41	0.23	0.12	0.18
P ₂ O ₅	0.06	0.07	0.02	0.01	<0.01	0.05	<0.01	0.03	0.17	0.27	0.25	0.2	0.2	0.08
Na ₂ O	0.09	0.06	0.06	0.06	0.1	0.08	0.07	0.06	0.09	0.22	0.15	0.1	0.07	0.09
Elementos traço (mg.kg⁻¹)														
Ba	207	411	284	250	314	256	194	260	338	1006	1225	415	401	356
Zr	270	188	219	247	191	356	222	218	199	167	93	185	166	190
Sr	62	169	111	69	78	52	54	76	138	158	845	189	191	148
Zn	<5	5	<5	<5	13	<5	11	8	11	59	112	30	29	15
Cu	8	12	8	6	8	8	7	7	11	54	17	19	9	18

Elaboração: A autora (2022).

3.3 Classificação dos solos

A partir das análises efetuadas, procedeu-se à classificação dos perfis de solo coletados. O perfil 1 possui cinco horizontes, os quais foram enquadrados como A1, A2, E1, E2, e Bt. A utilização de números na designação dos horizontes indica, nesse caso, subdivisão do horizonte em profundidade (IBGE, 2015). O horizonte A foi enquadrado como A moderado. O horizonte E não atendeu aos requisitos para álbico. E o Bt foi classificado como B plânico, conjugado com caráter sódico (EMBRAPA, 2018). Assim sendo, o P1 foi classificado no primeiro e no segundo nível categórico como Planossolo Nátrico. A classificação em terceiro e quarto níveis se enquadraram como Órtico e méxico.

Quanto ao perfil 2, o horizonte superficial foi classificado como A moderado. Os horizontes subjacentes ao superficial foram considerados como E1 e E2, atendendo às exigências de cor para E álbico. E o horizonte mais profundo foi classificado como B plânico, conjugado com caráter solódico. Deste modo, o P2 foi enquadrado também como Planossolo Nátrico Órtico méxico (EMBRAPA, 2018).

Os horizontes do perfil 3 se enquadram como A, 2A, 2Eg, 2Cg, 2Cg2. Os prefixos numéricos foram utilizados para indicar que há indícios de descontinuidade litológica (IBGE, 2015). O horizonte superficial se encaixou apenas como A moderado, enquanto os demais, tanto E quanto C, foram classificados como glei, não atendendo plenamente aos critérios de cor em todos os horizontes. A condição de gleização, associada ao caráter solódico e a alta saturação por bases desse solo lhe atribuíram a classificação de Gleissolo Háptico Ta Eutrófico solódico (EMBRAPA, 2018).

A maioria dos solos do Pantanal, bem como os demais solos de áreas que são frequentemente inundadas, são submetidos ao processo de gleização, um dos principais processos pedogenéticos atuantes nessa região (WEBER; COUTO, 2008). O processo de gleização implica na redução e solubilização do ferro, manifestando cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas no todo ou em partes do perfil (KAMPF; CURI, 2012).

Na área de estudo do presente trabalho, porção sul do Pantanal, a presença dos caracteres sódico, solódico, sálico, salino e carbonático são comuns à maior parte dos solos, podendo ocorrer isoladamente ou em combinação (WEBER; COUTO, 2008). O caráter sódico e solódico nos solos, presentes no P1 ao P3, é propiciado, dentre outras condições, pela restrição do fluxo de água no solo, condicionado pelo alto nível do freático e pela topografia

deprimida. Isso permite altas taxas de evaporação e diminuição da lixiviação, concentrando os íons solubilizados (WESTIN, 1953; BOHN; McNEAL; O'CONNOR, 1985).

Em relação ao perfil 4, o horizonte superficial foi classificado como horizonte H hístico, com predomínio de material orgânico-hêmico. O horizonte subjacente foi considerado um horizonte transicional, com predomínio de características de horizonte A e algumas características de horizonte H (EMBRAPA, 1982; IBGE, 2015). Os demais foram classificados como A e Cg, tendo este último atendido aos requisitos para horizonte glei. Porém, o horizonte glei apresenta textura arenosa, situando-se fora do limite textural definido para Gleissolo (textura franco-arenosa ou mais fina). Além disso, o horizonte H não apresenta profundidade suficiente para a classificação de Organossolo. Sendo assim, o P4 foi enquadrado como Neossolo Quartzarênico Hidromórfico organossólico (EMBRAPA, 2018).

Os três horizontes do perfil 5 foram classificados como A1, A2, e Cg. O horizonte superficial foi categorizado como A proeminente e o Cg enquadrou-se como horizonte glei, e da mesma forma que no P4, o glei apresenta textura areia, o que o impede de ser classificado como Gleissolo. Dessa forma, o P5 foi enquadrado como Neossolo. A subordem que melhor representa o perfil é a Quartzarênica, apesar de nem todos os horizontes apresentarem textura areia ou areia franca. No 3º e 4º níveis categóricos, o perfil foi classificado como Hidromórfico e típico, respectivamente (EMBRAPA, 2018). Segundo Barbiéro et al. (2008) é comum a dominância de Neossolos Quartzarênicos, com predomínio de areia fina (Tabela 2), em baías.

4 CONCLUSÃO

1 - A presença de lagoas alcalinas não é uma característica peculiar somente à sub-região da Nhecolândia. As evidências encontradas a partir deste trabalho afirmam a existência de lagoa alcalina no Pantanal do Negro.

2 - Conforme esperado, a salina e as baías apresentam características muito distintas entre si, em relação aos atributos morfológicos, físicos e, sobretudo, químicos. Os solos da salina são caracterizados por pH alcalinos, elevados valores de ISNa, e teores mais elevados de K e Na. Enquanto os solos relacionados às baías apresentam pH ácido, teores mais altos de Fe e saturação por alumínio. Ressalta-se, dessa forma, a ampla variabilidade encontrada entre os dois sistemas (salinas e baías).

3 - Os solos associados à salina podem ter sua formação ligada a diferentes fases de sedimentação, conjugada ao processo de neoformação de minerais na fração argila.

4 - Em relação ao processo genético das lagoas alcalinas, concorda-se com a teoria de que a formação das salinas é condicionada pela desconexão dessas lagoas com a dinâmica de inundação das águas superficiais.

5 - Sugere-se o desenvolvimento de pesquisas que forneçam maiores subsídios para investigar a complexa questão da origem das lagoas, das águas alcalinas, da manutenção da alcalinidade no sistema e dos solos associados a esses ambientes, e que possam analisar a existência e a distribuição espacial de salinas na sub-região do Pantanal do Negro.

REFERÊNCIAS

ABREU, E. M. A.; FERNANDES, A. R.; RUIVO, M. L. P. Variação temporal e vertical de atributos químicos de um gleissolo do rio Guamá cultivado com Canaranas. **Rev. Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 2, p. 277-285. 2007. DOI: 10.1590/S0100-06832007000200010

AB'SABER, A. N. O Pantanal Mato-Grossense e a Teoria dos Refúgios. **Revista Brasileira de Geografia**, 50, p. 9-57, 1988.

AB'SABER, A. N. **Brasil: Paisagens de Exceção**: o litoral e o Pantanal Mato-Grossense - patrimônios básicos. Cotia, SP: Ateliê Editorial, 182 p. 2006.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, ANA. **Implementação de Práticas de Gerenciamento Integrado de Bacia Hidrográfica para o Pantanal e Bacia do Alto Paraguai ANA/GEF/PNUMA/OEA**: Programa de Ações Estratégicas para o Gerenciamento Integrado do Pantanal e Bacia do Alto Paraguai. Relatório Final. Brasília: TDA Desenho & Arte Ltda., 316 p., 2004.

ALHO, C. J. R. The Pantanal. In: FRASER, L. H.; KEDDY, P. A. (Eds). **The World's Largest Wetlands-Ecology and Conservation**. Cambridge University Press: New York, NY, USA, p. 203-271, 2005.

ALLEN, A. C.; VALLS, J. F. M. **Recursos Forrageiros Nativos do Pantanal Mato-Grossense**: subdivisão do Pantanal Mato-grossense. Brasília: EMBRAPA-CERNAGEM, p. 23-26, 1987.

ALMEIDA, F. F. M. **Geologia do sudoeste Matogrossense**. Bol. Div. Geol. Mineral-DNPM. Rio de Janeiro, v. 116:1-118, 1945.

ALMEIDA, T. I. R. de; FERNANDES, E.; MENDES, D.; et al. Distribuição Espacial de Diferentes Classes de Lagoas no Pantanal da Nhecolândia, MS, a Partir de Dados Vetoriais e SRTM: uma Contribuição ao Estudo de sua Compartimentação e Gênese. **Geologia USP. Série Científica**, v. 7, n. 2, p. 95-107, 2007.
<https://doi.org/10.5327/Z1519-874x2007000200007>

ALMEIDA, T. I. R.; CALIJURI, M. D. C.; FALCO, P. B.; et al. (2011) Biogeochemical processes and the diversity of Nhecolândia lakes, Brazil. **Academia Brasileira de Ciências**, 83(2): 391–407. 2011.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Journal of Meteorology**, 22: 711-728, 2013.

AMARAL FILHO, Z. P. **Solos do Pantanal Mato-Grossense**. Simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos do Pantanal, 1. Corumbá, 1984, Brasília, EMBRAPA - DDT, 1986. p. 91-103.

ASSINE, M. L. **Sedimentação na Bacia do Pantanal Mato-grossense, Centro-Oeste do Brasil**. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro-SP. Tese (Doutorado), 115 p., 2003.

ASSINE, M. L.; MERINO, E. R.; PUPIM, F. d. N.; et al. The Quaternary alluvial systems tract of the Pantanal Basin, Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, 45(3): 475-489, 2015.

BALBINO, M. de A. **Gênese de solos afetados por sais no entorno de uma lagoa salobra no Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo. 147 f. 2017

BARBIÉRO, L.; QUEIROZ NETO, J. P.; SAKAMOTO, A. Y. (2000) **Características Geoquímicas dos Solos Relacionadas à Organização Pedológica e à Circulação da Água (Fazenda Nhumirim: Embrapa CPAP, Nhecolândia, MS)**. In: Anais do III Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal, Corumbá (MS), p. 90-100, 2000.

BARBIÉRO, L.; QUEIROZ NETO, J. P.; CIORNEI, G.; et al. Geochemistry of water and ground water in the Nhecolândia, Pantanal of Mato Grosso, Brazil: variability and associated processes. *Wetlands*, v. 22, n. 3, p. 528-540, 2002.

BARBIÉRO, L.; REZENDE FILHO, A. T.; FURQUIM, S. A. C.; et al. 2008. Soil morphological control on saline and freshwater lake hydrogeochemistry in the Pantanal of Nhecolândia, Brazil. *Geoderma*, 148: 91-106. 2008.

BARBOSA, E. F. F. M. A teoria dos refúgios e as evidências paleoclimáticas do Pantanal Mato-grossense. *Geofronter*, Campo Grande, v. 2, n. 1, p. 107-135, 2016.

BAZZO, J. C.; FREITAS, D. A. F. de; SILVA, M. L. N.; et al. Aspectos geofísicos e ambientais do Pantanal da Nhecolândia. *Revista de Geografia (UFPE)*, v. 29, n. 1, p. 141-161, 2012.

BOHN, H. L.; McNEAL, B. L.; O'CONNOR, G. A. (1985) *Soil Chemistry*. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley and Sons, New York, 341 p. 1985.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. 4 ed. São Paulo: Saraiva, 1990.

BRINDLEY, G. W.; BROWN, G. **Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-ray Identification** (Monograph 5). Min. Soc., London, 495 p., 1980.

BRINKMAN, R. Ferrolysis, a hydromorphic soil forming process. *Geoderma*, 03: 199–206. 1970.

BROWN, G. **Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification**. The Mineralogical Society of Great Britain and Ireland, 1982.

BRUM, P. A. R.; SOUSA, J. C. Níveis de Nutrientes minerais para gado, em lagoas (“baías” e “salinas”) no Pantanal Sul-matogrossense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 20, p. 1451-1454. 1985.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N. **Mapeamento de três decênios da precipitação pluviométrica total e sazonal do bioma Pantanal**. Repositório Institucional de Geociências – CPRM, Cáceres, MT. 2010. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/958>>. Acesso em: 29 abr. 2020.

CHADWICK, O. A.; BRIMHALL, G. H.; HENDRICKS, D. M. From a black to a gray box - a mass balance interpretation of pedogenesis. **Geomorphology**, 3:369-390, 1990.

CORDEIRO, B. M.; FACINCANI, E. M.; PARANHOS FILHO, A. C.; et al. Compartimentação geomorfológica do leque fluvial do rio Negro, borda sudoeste da Bacia do Pantanal (MS). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 40, n. 2, p. 175-183, jun. 2010.

CORINGA, E. A. O.; COUTO, E. G.; PEREZ, X. L. O.; et al. Atributos de solos hidromórficos no Pantanal Norte Matogrossense. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 1, p. 19-28, 2012.

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

CUNHA, J. **Cobre do Jauru e lagoas alcalinas do Pantanal (Mato Grosso)**. Boletim do Laboratório de Produção Mineral, 6, p. 1-43. 1942.

CUNHA, C. N.; JUNK, W. J. A preliminary classification of habitats of the Pantanal of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul, and its relation to national and international wetland classification systems. In: JUNK, W. J.; SILVA, C. J. da.; CUNHA, C. N.; WANTZEN, K. M. (Eds). **The Pantanal: ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland**. Pensoft Publishers, Sofia, Moscow, p. 127-141, 2009.

DEMATTÊ, J. L. I. Zircônio e Titânio da fração areia de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2:74-77. 1978.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA. **Definição e notação de horizontes pedogênicos e outras camadas do solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1982.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 230 p., 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed.: 1-353. EMBRAPA, Brasília, 2018.

FERNANDES, E.; SAKAMOTO, A. Y.; QUEIROZ NETO, J. P.; et al. 1999. Le 'Pantanal da Nhecolândia' - Mato Grosso: Cadre physique et dynamique hydrologique. **Geografia Física e Dinâmica Quaternária**, 22:13-21.

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

FERNANDES, E. 2007. **Organização espacial dos componentes da paisagem da Baixa Nhecolândia - Pantanal de Mato Grosso do Sul**. Tese de Doutorado (Universidade de São Paulo), São Paulo, 176 p. 2007.

FERNANDES, F. A.; FERNANDES, A. H. B. M.; SOARES, M. T. S.; et al. **Atualização do mapa de solos da planície pantaneira para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 61). Corumbá: Embrapa Pantanal. 6 p., 2007.

FIDALGO, E. C. C.; BENITES, V. M.; MACHADO, P. L. O. A.; et al. **Estoques de carbono nos solos do Brasil**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 121), 27 p., 2007.

FONSECA, M. G.; AIROLDI, C. Híbridos Inorgânico-Orgânicos Derivados da Reação de Filossilicatos com Organossilanos. **Química Nova**, v. 26, n. 5, p. 699-707, 2003.

FURQUIM, S. A. C. **Formação de carbonatos e argilo-minerais em solos sódicos do Pantanal Sul-Mato-Grossense**. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. Tese (Doutorado). 208 p. 2007.

FURQUIM, S. A. C.; GRAHAM, R. C.; BARBIÉRO, L.; et al. 2008. Mineralogy and genesis of smectites in an alkaline-saline environment of Pantanal wetland, Brazil. **Clays and Clay Minerals**, v. 56, n. 5, p. 579-595, 2008.

FURQUIM, S. A. C.; GRAHAM, R. C.; BARBIÉRO, L.; et al. Soil mineral genesis and distribution in a saline lake landscape of the Pantanal Wetland, Brazil. **Geoderma**, 154: 518-528, 2009.

FURQUIM, S. A. C.; BARBIÉRO, L.; GRAHAM, R. C.; et al. 2010. Neoformation of micas in soils surrounding and alkaline-saline lake of Pantanal Wetland, Brazil. **Geoderma**, 158: 331-342, 2010.

FURQUIM, S. A. C.; SANTOS, M. A.; VIDOCA, T. T.; et al. Salt-affected soils evolution and fluvial dynamics in the Pantanal wetland, Brazil. **Geoderma**, v. 286, p. 139–152, 2017. doi:10.1016/j.geoderma.2016.10.030

GONÇALVES, D. F.; ROSSETTI, D. F.; TRUCKENBRODT, W.; et al. (2006) Argilominerais da Formação Codó (Aptiano Superior), Bacia de Grajaú, Nordeste do Brasil. **Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis**, 13: 59-75, 2006.

HARDER, H. (1974) Illite mineral synthesis at surface temperatures. **Chemical Geology**, 14, p. 241-253, 1974.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. **Manual técnico de Pedologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 430 p. (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598; n. 4).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. **Mapas de Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros**. 2004. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/mapas_cobertura_vegetal.pdf>. Acesso em: 15 set. 2021.

JUNK, W. J.; CUNHA, C. N. Pantanal: a large South American wetland at a crossroads. **Ecological Engineering**, v. 24, p. 391-401, 2005.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; LOURIVAL, R.; et al. Definição e Classificação das Áreas Úmidas (AUs) Brasileiras: Base Científica para uma Nova Política de Proteção e Manejo Sustentável. In: CUNHA, C. N.; PIEDADE, M. T. F.; JUNK, W. J. (Orgs.). **Classificação e Delineamento das Áreas Úmidas Brasileiras e de seus Macrohabitats**. 1 ed. Cuiabá: INCTINAU – Ed. UFMT, p. 13-76, 2015.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. 2a ed. CRC Press: Florida. 363 p., 1992.

KAMPF, N.; CURI, N. (2012) Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J. C.; CURI, N.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIDAL-TORRADO, P. (Eds.). **Pedologia: Fundamentos**. SBCS, Viçosa, 207-302. 2012.

KARATHANASIS, A. D.; MACNEAL, B. R. Evaluation of parent material uniformity criteria in loess-influenced soils of west- central Kentucky. **Geoderma**, 64:73-92, 1994.

KLAMMER, G. 1982. Die Palaeowüste des Pantanal von Mato Grosso und die Pleistozane Klimageschichte des brasilianischen Randtropen. **Zeitschrift für Geomorphologie**, 26: 393-416, 1982.

KUZILA, M. S. Identification of multiple loess units within modern soils of Clay County, Nebraska. **Geoderma**, 65: 45- 57, 1995.

MAMEDE, S.; BENITES, M.; ALHO, C. J. R. Ciência cidadã e sua contribuição na proteção e conservação da biodiversidade na Reserva da Biosfera do Pantanal. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, São Paulo, v. 12, n. 4, p. 153-164, 2017.

MARIOT, M.; DUBAL, Y.; FURIAN, S.; et al. 2007. Dissolved organic matter fluorescence as a water-flow tracer in the tropical wetland of Pantanal of Nhecolândia, Brazil. **Science of the Total Environment**, Elsevier, v. 388, p. 184-193.

MARTINS, E. R. C. **Tipologia de lagoas salinas no Pantanal da Nhecolândia (MS)**. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. Tese (Doutorado). 210 p., 2012.

MARTINS, E. R. C.; FURIAN, S.; BARBIERO, L. **Dynamic of Lake Morphology on The Taquari Alluvial Fan: Pantanal of Nhecolândia (MS), Brazil**. In: VII Congresso Nacional de Geomorfologia. Lisboa, Portugal. 2015.

MELLO, J. W. V.; PEREZ, D. V. Equilíbrio químico das reações do solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Eds). **Química e Mineralogia do Solo**, Parte I. Viçosa: SBCS, p. 152-228. 2009.

MENDES, D. **Geocronologia de formas deposicionais e evolução da planície interleques do Rio Negro, quaternário da Bacia do Pantanal**. Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro - SP. Tese (doutorado), 111 p., 2014.

MENDES, D.; ALMEIDA, T. I. R. de; FERNANDES, E.; et al. **Utilização de imagens SRTM para a confecção de perfis altimétricos em varredura na baixa Nhecolândia, Pantanal, MS**: considerações sobre a atividade neotectônica. Anais do 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, Campo Grande, p. 200-209, nov. 2006.

MENDES, D.; MARCUZZO, F. F. N. **Padrões de canal e estilos fluviais do alto curso do rio Negro, planície do Pantanal Sul-Mato-Grossense**. XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Florianópolis, 2017.

MERINO, E. R. **Evolução geomorfológica e mudanças paleohidrológicas na porção sul do Pantanal: a planície interleques do Rio Negro e leques fluviais coalescentes**. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP. Tese (doutorado), 126 f., 2017.

MOREIRA, H. L.; OLIVEIRA, V. A. Evolução e gênese de um Plintossolo Pétrico concrecionário êtrico argissólico no município de Ouro Verde de Goiás. **Rev. Bra. de Ciência do Solo**, 32:1683-1690, 2008.

MORENO, M. M. T. **Argilas**: composição mineralógica, distribuição granulométrica e consistência de pastas. Tese (Livre-Docência). UNESP, Rio Claro-SP, 2012.

MORRISON, R. I. G.; MANORE, M.; ROSS, R. K.; et al. Identificação das lagoas salinas da região da Nhecolândia - Pantanal, através de técnicas de sensoriamento remoto. III Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal, Corumbá-MS, (Resumo):88-89, 2000.

MUNSELL, A. **Soil, color charts, revised edition**. New York: MacBeth Division of Kollmorgan Instruments Corporation, 1994.

NASCIMENTO, T. T. V. do; FURQUIM, S. A. C.; SANTOS, M. A. dos; et al. **Análise de parâmetros morfológicos e químicos de solos associados à lagoas de água doce, Pantanal da Nhecolândia**. XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Natal - RN, 2015.

NOORDWIJK, M. V.; CERRI, C. C.; WOOMER, P. L.; et al. Soil carbon dynamics in the humid tropical forest zone. **Geoderma**, v. 79, n. 1-4, p. 187-225, 1997.

NOVACK, T.; HAYAKAWA, E. H.; BERTANI, T. de C.; et al. Classificação de lagoas no Pantanal da Nhecolândia utilizando um sistema livre de Análise de Imagens Orientada a Objeto. **Rev. Geogr. Acadêmica**, v. 4, n. 1, p. 32-45, 2010.

PANSU, M.; GAUTHEYROU, J. **Handbook of soil analysis**: mineralogical, organic and inorganic methods. Springer: Berlin, Germany, 2006.

PEREIRA, M. G.; SCHIAVO, J. A.; FONTANA, A. A.; et al. Caracterização e classificação de solos em uma topossequência sobre calcário na Serra da Bodoquena, MS. **Rev. Bra. de Ciência do Solo**, 37(1): 25-36. 2012. DOI: 10.1590/S0100-06832013000100003.

PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry of submerged soils. **Adv. in Agron.**, New York, v. 24, p. 29-96, 1972.

POR, F. D. **The Pantanal of Mato Grosso (Brazil) - World's Largest Wetlands**. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 122 p., 1995.

PRADA-GAMERO, R. M.; VIDAL-TORRADO, P.; FERREIRA, T. O. Mineralogy and physical chemistry of mangrove soils in the river channel Iriri Bertioga (Santos, SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28: 233-243, 2004.

QUEIROZ, R. F. P. de. **Geoambientes e Solos no Pantanal do Abobral, Mato Grosso do Sul, Brasil**. 2018. 82 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

QUEIROZ NETO, J. P.; SAKAMOTO, A. Y.; LUCATI, H. M.; et al. **Dinâmica hídrica de uma lagoa salina e seu entorno na área do Leque, Nhecolândia, Pantanal – MS**. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL. 2., 1996, Corumbá. Anais... Corumbá: Embrapa Pantanal, p. 144-149.

RADAMBRASIL, Ministério de Minas e Energia. Secretaria Geral. **Folha SE. 21 Corumbá e parte da Folha SE. 20, Geologia, Pedologia, Geomorfologia, Vegetação e Uso e Ocupação da Terra**. Vol. 27, Rio de Janeiro, 1982.

REZENDE FILHO, A. T. **Variabilidade de salinidade de uma área em uma baía/vazante na Fazenda Nhumirim, Pantanal da Nhecolândia: Estudo de um Método Cartográfico**, Três Lagoas - MS. Monografia (Especialização) - UFMS/CPTL - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus de Três Lagoas. 51 p. 2003.

REZENDE FILHO, A. T. 2006. **Estudo da Variabilidade e Espacialização das Unidades da Paisagem: Banhado (baía/vazante), Lagoa salina e Lagoa salitrada no Pantanal da Nhecolândia, MS**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, MS: (s.n), 2006.

REZENDE FILHO, A. T.; SAKAMOTO, A. Y. A variabilidade de salinidade do solo na área do Banhado (baía/vazante) no Pantanal da Nhecolândia, MS. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas**. Três Lagoas - MS, v. 1, n. 3, 2006.

SAKAMOTO, A. Y.; QUEIROZ NETO, J. P.; FERNANDES, E.; et al. Topografia de Lagoas Salinas e seus Entornos no Pantanal da Nhecolândia. In: II SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 1996, Corumbá. **Anais...** Corumbá: EMBRAPA, 1996.

SAKAMOTO, A. Y. (1997) **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 de Doutorado. Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo. 183 p. 1997.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6 ed. Viçosa: SBCS, 100 p., 2013.

SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas Sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, p. 1703-1711, out. 1998.

SILVA, M. H. S. da; SAKAMOTO, A. Y.; BARBIÉRO, L.; et al. **Morfologia do solo de três topossequências na área da lagoa Salina do Meio, fazenda Nhumirim, Pantanal da Nhecolândia, MS**. In: IV Simpósio sobre Recursos Naturais e Socioeconômicos do Pantanal, Corumbá - MS. 2004.

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

SOUSA, J. B. de; SOUZA, C. A. de. Propriedades físico-químicas e gênese de solos em ambientes de cordilheira e campo de inundação periódica, Pantanal de Poconé, Mato Grosso. **Geografia**, v. 38, n. 2, p. 225-242, 2013.

SOUZA, C. A.; LANI, J. L.; SOUSA, J. B. **Origem e evolução do Pantanal Mato-grossense**. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Geomorfologia tropical e subtropical: processos, métodos e técnicas. Goiânia, set. 2006.

TRICART, J. **Paisagem e Ecologia**. Inter-Facies – Escritos e documentos. UNESP, São José do Rio Preto, n. 76, 43 p., 1982.

WEBER, O. L. dos S.; COUTO, E. G. Dinâmica da matéria orgânica no complexo do Pantanal. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; et al. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo - Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Metrópole, p. 463-482, 2008.

WESTIN, F. C. (1953) Solonetz soils on eastern South Dakota: their properties and genesis. **Soil Science Society of America Proceedings**, 17, p. 287-293, 1953.

WILDING, L. P.; DREES, L. R. Spatial variability and pedology. In: WILDING, L. P.; SMECK, N. E. (Eds). **Pedogenesis and soil taxonomy I. Concepts and Interactions**. Amsterdam, Elsevier, p. 83-116, 1983.

WILHELMY, M. Das Grosse Pantanal. *Die Weltumschau*, 18: 55-559, 1958.

APÊNDICE A – FICHA DE DESCRIÇÃO DO PERFIL 1

PERFIL 1

Data: 18/09/19.

Classificação: PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico méxico.

Unidade de mapeamento: SNo.

Localização: Pantanal do Negro (MS) – 21K UTM 0511288 m E / 7846052 m S.

Situação sobre o perfil: Descrito e coletado em trincheira aberta em lagoa salina, em área recentemente emersa.

Altitude: 84 m.

Litologia: Sedimentos aluviais.

Unidade litoestratigráfica: Formação Pantanal.

Cronologia: Quaternário. Holoceno.

Material originário: Produto de alteração do material supracitado.

Pedregosidade: Não pedregosa.

Rochosidade: Não rochosa.

Relevo local: Plano.

Relevo regional: Plano.

Erosão: Não aparente.

Drenagem: Muito mal drenado.

Vegetação primária: Gramíneas.

Uso atual: Natural.

Clima: Aw, da classificação de Köppen.

Descrito e coletado por: Guilherme Resende Corrêa.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 0-9 (8-10) cm; cinzento muito escuro (10YR 3/1); franca; fraca pequena e média blocos subangulares; macia, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição ondulada e clara.

A2 9-22 (20-24) cm; bruno muito escuro (10YR 2/2); franco-arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; macia, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição ondulada e clara.

E1 22-30 cm; bruno (10YR 4/3); franca; fraca pequena e média blocos subangulares; macia, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição plana e clara.

E2 30-43 cm; bruno (10YR 5/3); areia; maciça; macia, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição plana e abrupta.

Bt 43-60+ cm; cinzento-oliváceo-claro (5Y 6/2); franco-argilo-arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

Raízes – Muitas muito finas a médias em A, A2, E1 e E2; poucas finas a médias em Bt.

Observações – Afloramento do lençol freático a 48 cm.

APÊNDICE B – FICHA DE DESCRIÇÃO DO PERFIL 2

PERFIL 2

Data: 18/09/19.

Classificação: PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico mésico.

Unidade de mapeamento: SNo.

Localização: Pantanal do Negro (MS) – 21K UTM 0511405 m E / 7846016 m S.

Situação sobre o perfil: Descrito e coletado em trincheira aberta na borda de lagoa salina, em anel de carandazal.

Altitude: 95 m.

Litologia: Sedimentos aluviais.

Unidade litoestratigráfica: Formação Pantanal.

Cronologia: Quaternário. Holoceno.

Material originário: Produto de alteração do material supracitado.

Pedregosidade: Não pedregosa.

Rochosidade: Não rochosa.

Relevo local: Plano.

Relevo regional: Plano.

Erosão: Não aparente.

Drenagem: Muito mal drenado.

Vegetação primária: Carandazal.

Uso atual: Natural.

Clima: Aw, da classificação de Köppen.

Descrito e coletado por: Guilherme Resende Corrêa.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0-14 cm; preto (10YR 2/1); franco-arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; macia, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição plana e clara.

E1 14-38 cm; cinzento-escuro (10YR 4/1); areia; maciça quando úmido e grãos simples quando seco; macia, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição plana e clara.

E2 38-52 cm; bruno-acinzentado (10YR 5/2); franca; maciça quando úmido e grãos simples quando seco; macia, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição plana e clara.

Bt 52-70+ cm; cinzento-claro (10YR 7/2); franco-argilo-arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

Raízes – Abundantes muito finas a grossas em A, E1 e E2; muitas muito finas a grossas em Bt.

Observações– Presença de horizonte Oo (4-0 cm).

– Afloramento do lençol freático a 65 cm.

APÊNDICE C - FICHA DE DESCRIÇÃO DO PERFIL 3

PERFIL 3

Data: 02/10/20.

Classificação: GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico solódico

Unidade de mapeamento: GXve.

Localização: Pantanal do Negro (MS) – 21K UTM 0511307 m E / 7845967 m S.

Situação sobre o perfil: Descrito e coletado em trincheira aberta no centro de lagoa salina, em área emersa, aterrada por bubalinos.

Altitude: 116 m.

Litologia: Sedimentos aluviais.

Unidade litoestratigráfica: Formação Pantanal.

Cronologia: Quaternário.

Material originário: Produto de alteração do material supracitado.

Pedregosidade: Não pedregosa.

Rochosidade: Não rochosa.

Relevo local: Plano.

Relevo regional: Plano.

Erosão: Não aparente.

Drenagem: Muito mal drenado.

Vegetação primária: Higrófilas.

Uso atual: Natural.

Clima: Aw, da classificação de Köppen.

Descrito e coletado por: Guilherme Resende Corrêa.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0-34 cm; preto (10YR 2/1); argila; maciça; dura, muito firme, plástico e pegajoso; transição ondulada e abrupta.

2A 34-38 cm; bruno muito escuro (10YR 2/2); argila; maciça; ligeiramente dura, friável, plástico e pegajoso; transição ondulada e clara.

2Eg 38-68 cm; bruno-escuro (10YR 3/3); franco-argilo-arenosa; maciça; macia, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição plana e clara.

2Cg 68-110 cm; bruno-acinzentado (10YR 5/2); franco-arenosa; maciça; dura, friável, ligeiramente plástico e pegajoso.

2Cg2 110-160+ cm; coletado com trado holandês.

Raízes – Muitas muito finas a finas em H; comuns muito finas a finas em 2A; poucas muito finas a finas em 2Eg e 2Cg.

Observações – Afloramento do lençol freático a 140 cm.

– Presença de nódulos esbranquiçados a partir de 130 cm.

– Presença de oxidação nos canais de raízes em 2Eg.

APÊNDICE D – FICHA DE DESCRIÇÃO DO PERFIL 4

PERFIL 4

Data: 02/10/20.

Classificação: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico organossólico.

Unidade de mapeamento: RQg.

Localização: Pantanal do Negro (MS) – 21K UTM 0508583 m E / 7842742 m S.

Situação sobre o perfil: Descrito e coletado em trincheira aberta na borda de baía.

Altitude: 138 m.

Litologia: Sedimentos aluviais.

Unidade litoestratigráfica: Formação Pantanal.

Cronologia: Quaternário.

Material originário: Produto de alteração do material supracitado.

Pedregosidade: Não pedregosa.

Rochosidade: Não rochosa.

Relevo local: Plano.

Relevo regional: Plano.

Erosão: Não aparente.

Drenagem: Muito mal drenado.

Vegetação primária: Higrófilas.

Uso atual: Natural.

Clima: Aw, da classificação de Köppen.

Descrito e coletado por: Guilherme Resende Corrêa.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

H 0-25 cm; preto (5Y 2.5/1); franco-argilo-siltosa; maciça; macia, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.

AH 25-38 cm; preto (5Y 2.5/2); franco-arenosa; maciça; macia, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.

A 38-55 cm; cinzento-oliváceo-escuro (5Y 3/2); areia franca; maciça; macia, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.

Cg 55-70 cm; cinzento-oliváceo (5Y 4/2); areia; maciça; solta, solta, não plástico e não pegajoso.

Raízes – Muitas muito finas a finas em H; poucas muito finas a finas em AH; raras muito finas a finas em A.

Observações – Afloramento do lençol freático a 65 cm.

– Presença de material orgânico-hêmico.

APÊNDICE E – FICHA DE DESCRIÇÃO DO PERFIL 5

PERFIL 5

Data: 03/10/20.

Classificação: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico típico.

Unidade de mapeamento: RQg.

Localização: Pantanal do Negro (MS) – 21K UTM 0512594 m E / 7849488 m S.

Situação e declividade: Descrito e coletado em trincheira aberta na borda de baía.

Altitude: 96 m.

Litologia: Sedimentos aluviais.

Unidade litoestratigráfica: Formação Pantanal.

Cronologia: Quaternário.

Material originário: Produto de alteração do material supracitado.

Pedregosidade: Não pedregosa.

Rochosidade: Não rochosa.

Relevo local: Plano.

Relevo regional: Plano.

Erosão: Não aparente.

Drenagem: Muito mal drenado.

Vegetação primária: Higrófilas.

Uso atual: Natural.

Clima: Aw, da classificação de Köppen.

Descrito e coletado por: Guilherme Resende Corrêa.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 0-16 cm; preto (5Y 2.5/1); franco-argilo-arenosa; maciça; macia, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição clara e plana.

A2 16-24 cm; cinzento-oliváceo-escuro (5Y 3/2); franco-arenosa; maciça; macia, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição clara e plana.

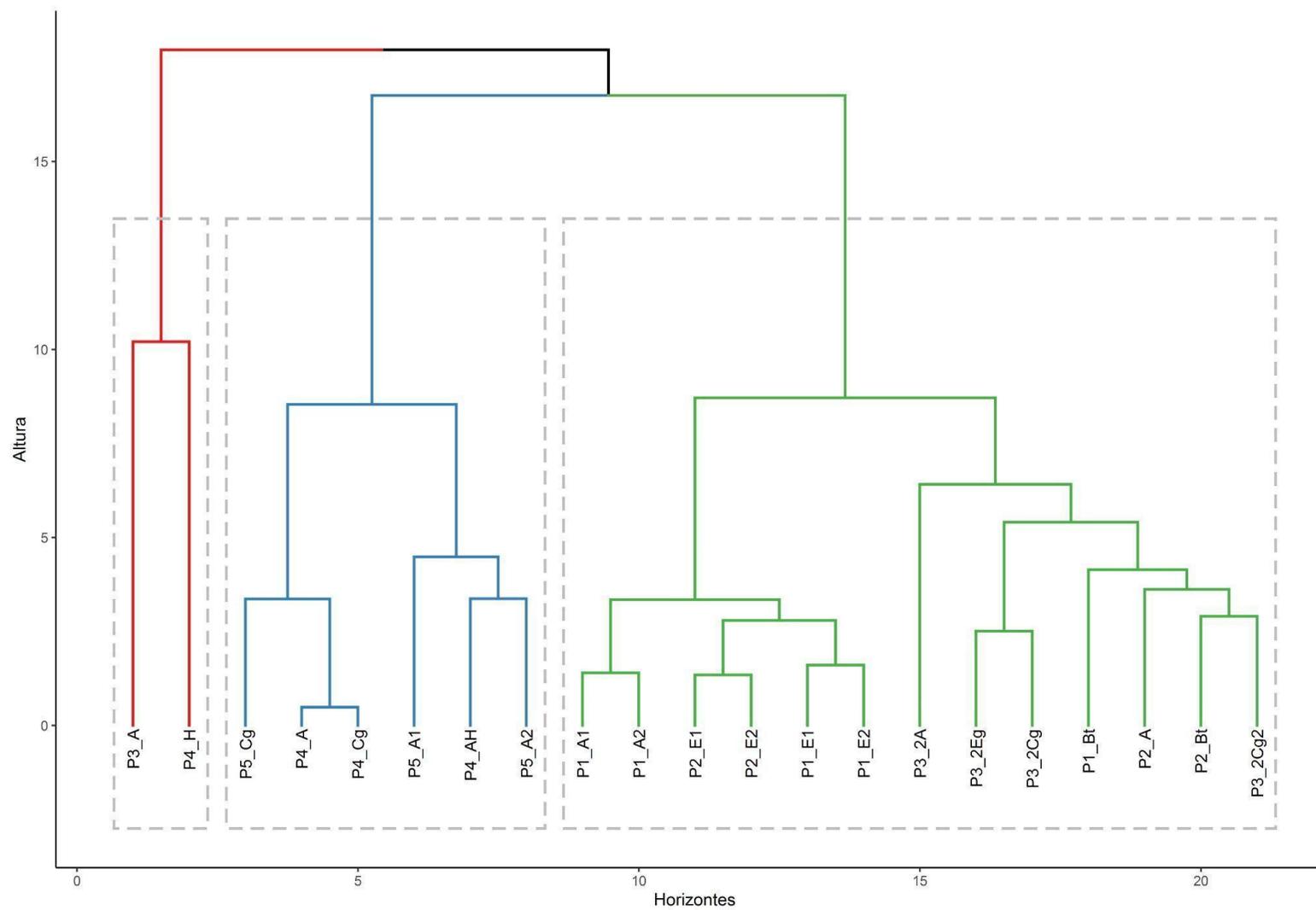
Cg 24-70+ cm; cinzento-oliváceo (5Y 5/2); areia; maciça; solta, muito friável, não plástico e não pegajoso.

Raízes – Abundantes muito finas a finas em H; poucas muito finas a finas em A; raras muito finas a finas em Cg.

Observações – Afloramento do lençol freático a 65 cm.

– Presença de material orgânico-hêmico.

APÊNDICE F - CLUSTER DOS HORIZONTES DOS PERFIS



APÊNDICE G – CLUSTER DAS AMOSTRAS COMPOSTAS

