

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUALIDADE AMBIENTAL

SOLOS E GEOAMBIENTES DO PANTANAL DA NHECOLÂNDIA - MS

MAIKO DE ÁVILA CASSIANO

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS - BRASIL
2020

MAIKO DE ÁVILA CASSIANO

SOLOS E GEOAMBIENTES DO PANTANAL DA NHECOLÂNDIA -MS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração em Gestão e Monitoramento Ambiental, para a obtenção do título de Mestre em Qualidade Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Resende Corrêa
Coorientador: Prof. Dr. Frederico dos Santos Gradella

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS - BRASIL
2020



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Qualidade Ambiental (PPGMQ)				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 03/2020, PPGMQ				
Data:	18 de fevereiro de 2020	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	19:30
Matrícula do Discente:	11812MQA010				
Nome do Discente:	MAIKO DE ÁVILA CASSIANO				
Título do Trabalho:	DESCRIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS DOS GEOAMBIENTES DO PANTANAL SUL-MATOGROSSENSE				
Área de concentração:	Meio Ambiente e Qualidade Ambiental				
Linha de pesquisa:	Monitoramento e Gestão Ambiental				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Caracterização das formas do relevo das áreas central e leste da porção sul do leque fluvial do Taquari, região da Nhecolândia/MS				
Novo título sugerido pela Banca:					

Reuniu-se na Sala 1H14, Bloco 1H, *Campus* Santa Mônica, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental (PPGMQ), assim composta: Prof. Dr. Guilherme Resende Corrêa (orientador do candidato); Prof. Frederico dos Santos Gradella (coorientador - UFMS) Prof. Dr. Alan Silveira (UFU); Prof. Dr. Daniel Meira Arruda (UFMG); e André Mundstock Xavier de Carvalho (UFV).

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa Prof. Dr. Guilherme Resende Corrêa apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o candidato:

[A]provado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título descrito na tabela acima. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Superior, em 21/02/2020, às 13:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Daniel Meira Arruda, Usuário Externo**, em 21/02/2020, às 13:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **André Mundstock Xavier de Carvalho, Usuário Externo**, em 02/03/2020, às 10:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alan Silveira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 02/03/2020, às 20:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Frederico dos Santos Gradella, Usuário Externo**, em 13/03/2020, às 13:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1843638** e o código CRC **5AA8BF80**.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

C345s
2020 Cassiano, Maiko de Ávila, 1992
Solos e geoambientes do Pantanal da Nhecolândia -MS [recurso eletrônico] / Maiko de Ávila Cassiano. - 2020.

Orientador: Guilherme Resende Corrêa.

Coorientador: Frederico dos Santos Gradella.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.5006>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Ecologia. I. Corrêa, Guilherme Resende, 1981, (Orient.). II. Gradella, Frederico dos Santos, 1983, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental. IV. Título.

CDU:574

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Guilherme Resende Corrêa e Prof. Dr. Frederico do Santos Gradella, pela orientação e divisão de um bem tão precioso: o conhecimento.

Aos membros da Banca de Qualificação: Prof. Dr. Bruno Vasconcelos e o Prof. Dr. Enio Costa e da Banca de Defesa: Prof. Dr. Alan Silveira, Prof. Dr. Daniel Arruda e Prof. Dr. André Carvalho, pela dedicação do tempo e conhecimento para o engrandecimento deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fornecimento da bolsa, que me possibilitou dedicação exclusiva à pesquisa.

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) pelo financiamento da pesquisa e a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), por colaborar com a logística de trabalho de campo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental (PPGMQ) e todo seu corpo docente, em especial a Prof. Adriane e a secretária Marília, por todo apoio e suporte para a realização desse trabalho.

À Universidade Federal de Uberlândia por ter sido minha casa desde a graduação e por ter me dado a base e o conhecimento necessários para me tornar a pessoa e profissional que sou hoje.

A minha mãe, Maria Virgínia e ao meu irmão, Lucas Eduardo, por me propiciarem um ambiente feliz, saudável, cheio de amor e compreensão, que foi fundamental para o desenvolvimento desse trabalho. Obrigado mãe, por cuidar de mim e desse trabalho com tanto zelo e cuidado.

À minha namorada e melhor amiga, Fernanda Borges, por dividir comigo essa caminhada. Por me acalmar nos momentos de angústia e sempre estar ao meu lado.

Ao meu pai, Adalardo Cassiano, e minha madrasta, Nilza Santos, por compreenderem tão bem todas as ausências e sempre me apoiarem com tanto carinho nessa caminhada.

A toda minha família que sempre me apoiou em todas as decisões e fases da minha vida. Em especial a meus avós, Lino e Lourdes, que sempre cuidaram de mim tão bem e tiveram papel fundamental no ser humano e profissional que sou hoje.

Aos meus amigos do Laboratório de Pedologia e Estudos da Paisagem (LAPEP): Roberta, G. Palucci, G. Bernardes, Paula, Diogo, Rafael, Ana Paula, Flávia, Viviane e

Pedro, pela acolhida, pelas risadas e por toda ajuda e troca de informações que sempre contribuíram para engradecer este trabalho.

Em especial, também do LAPEP, a Aline, Isabel e Malu. Aline pela paciência e gentileza de sempre. Por ter me acompanhado no trabalho de campo, ter me ajudado na execução do trabalho e pelos bons momentos no laboratório. Isabel pelo bom humor de sempre, por ter me auxiliado tanto na estatística e por me ajudar a ter foco nos momentos de distração. Malu por sempre acreditar em mim e me incentivar a continuar, pelo trabalho de campo (quase terapêutico) na voçoroca. Agradeço a vocês por todos os momentos bons e ruins divididos. Minha mais pura gratidão.

Aos Professores Luciana Carvalho, Eloy Filho e Osvaldo Freitas de Jesus por me ajudarem e me incentivarem a buscar novos conhecimentos na Pós-graduação.

A todos meus amigos, a cada um deles, que se sintam abraçados e agradecidos por tudo que já fizeram e farão por mim.

A todos, meu sincero obrigado!

ÍNDICE

ÍNDICE	3
1 INTRODUÇÃO GERAL	4
1.1 Caracterização do Pantanal	4
1.2 Pantanal da Nhecolândia	5
1.4 Geoambientes	7
1.5 O papel dos solos na paisagem	8
2 OBJETIVOS	10
2.1 Objetivo Geral	10
2.2 Objetivos específicos	10
SOLOS E GEOAMBIENTES DO PANTANAL DA NHECOLÂNDIA - MS	15
RESUMO	15
ABSTRACT	15
1 INTRODUÇÃO	16
2 MATERIAL E MÉTODOS	17
2.1 Área de Estudo	17
2.2 Análises físico-químicas	24
3 RESULTADOS	25
3.1 Baías e salinas	25
3.2 Cordilheiras	29
3.3 Campos de Murundus	35
3.4 Vazantes	40
3.5 Análise integrada dos ambientes	43
4 DISCUSSÃO	45
4.1 Baías e salinas	45
4.2 Cordilheiras	49
4.2 Campos de Murundus	51
4.3 Vazante	52
4.4 Ambientes	53
CONCLUSÕES	54
REFERÊNCIAS	56
ANEXO A: Material Suplementar	62

1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1 Caracterização do Pantanal

O Pantanal é uma depressão na Bacia do Alto Paraguai circundada pelos planaltos dos Guimarães, Taquari-Itiquira, Maracaju-Campo Grande e Bodoquena (SILVA; ABDON, 1998). Apresenta áreas com diferentes níveis topográficos: mais elevadas entre 200 e 1200 metros acima do nível do mar, representadas pelos planaltos ao seu redor; e áreas no centro com elevações entre 80 e 150 metros acima do nível do mar, as quais formam a depressão pantaneira (ALHO, 2005). O Pantanal se estende por três países da América do Sul: Bolívia, Brasil e Paraguai. A porção brasileira está presente nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e ocupa uma área de 147.574 km² (ANA, 2004).

A região pantaneira é considerada a maior área úmida continental ou *wetland* do mundo devido aos seus ciclos de inundações periódicas anuais (POR, 1995). As inundações da região não estão diretamente ligadas à pluviosidade local e, sim, aos planaltos que a circundam, onde se encontram as nascentes dos seus principais tributários (ALHO, 2005). A inundação é o resultado da grande quantidade de água oriunda dos planaltos, que, ao escoar por um sistema frequentemente obstruído por sedimentos, acaba extravasando os leitos dos rios e inundando a planície (BRASIL, 1982). Até o fim do período chuvoso, a quantidade de água que chega ao rio Paraguai e a seus tributários é superior à sua vazão e, por causa da baixa declividade do rio, ocorre um barramento natural do fluxo, que se acumula planície acima, iniciando o pulso de inundação. Sendo assim, cada região pantaneira possui um regime de inundação em tempo diferente, ocorrendo primeiro no norte e mais tarde no sul (GRADELLA, 2008).

A Formação Pantanal é composta por depósitos sedimentares oriundos dos arenitos dos planaltos ao redor. Esses sedimentos são, predominantemente, arenosos (siltico-arenosos, argilo-arenosos e areno-conglomeráticos) semiconsolidados a consolidados (BRASIL, 1982; ADÁMOLI, 1986). Acredita-se que os responsáveis pela variedade e espessura das camadas sedimentares no Pantanal foram as oscilações climáticas extremas que ocorreram no Quaternário, um período recente e notável variação

climática e tectônica (COUTO *et al.*, 2017). Essa variedade de sedimentos aluviais e a variação constante do regime hidromórfico fazem com que o Pantanal apresente uma grande variação de solos, em sua maioria, afetados pelo hidromorfismo, que estão distribuídos em diferentes feições geomórficas (AMARAL FILHO, 1986; FERNANDES, 2007).

Os processos ecológicos no Pantanal são movidos pelos eventos anuais de inundação, pois, a partir deles, são definidas as áreas predominantemente aquáticas ou terrestres. São responsáveis, também, por distribuir esporadicamente espécies de fauna e flora, permitindo assim trocas de componentes bióticos e abióticos (CUNHA; JUNK, 2009; FERREIRA JUNIOR, 2009). Associando isso às pequenas variações topográficas da região, observa-se um mosaico na paisagem, tais como campos sazonalmente inundados, canais efêmeros, lagoas, leques aluviais, cordilheiras, florestas e cerrados (POTT *et al.*, 2000; SAKAMOTO *et al.*, 2005). Assim, a região pantaneira apresenta uma paisagem em constante alteração, onde outros tipos de solos estão sendo formados e evoluindo juntamente à paisagem e distribuindo-se sob as mais diversas unidades de paisagem (BEIRIGO, 2008). Sendo assim, a paisagem apresenta uma grande heterogeneidade, na qual os processos ainda não foram completamente compreendidos (CUNHA; JUNK, 2009; FERREIRA JUNIOR, 2009).

1.2 Pantanal da Nhecolândia

O Pantanal é dividido em 11 sub-regiões que apresentam características distintas entre si, são elas: Cáceres, Poconé, Barão de Melgaço, Paraguai, Paiaguás, Abobral, Miranda, Nabileque, Porto Murtinho, Aquidauana e Nhecolândia (SILVA; ABDON, 1998).

A sub-região da Nhecolândia tem área de aproximadamente 26.000 km², estendendo-se pelos municípios de Rio Verde de Mato Grosso, Aquidauana e Corumbá, no Mato Grosso do Sul (SILVA *et al.*, 1998; BAZZO *et al.*, 2012). Em relação à geologia, a Nhecolândia apresenta sedimentos arenosos finos, do período Quaternário, que não

apresentam estratificação e tem granulação e composição mineralógica homogêneas (BRAUN, 1977).

O clima da Nhecolândia é tropical subúmido, classificado como Aw, segundo a classificação de Köppen. A precipitação média anual de aproximadamente 1.477,2 mm (SORIANO, 1999), distribuída entre duas estações bem definidas, os verões chuvosos, com precipitações superiores a 165 mm/mês e inverno mais secos, com precipitações entre 45 a 85 mm/mês. As temperaturas médias do ar variam entre 19,9° C em julho e 27,4° C em dezembro (RODELLA, 2006).

Essa região da Nhecolândia comporta uma grande variedade de ambientes, sendo os mais comuns as cordilheiras, as vazantes, os corixos, as baías e as salinas, que são nomes atribuídos regionalmente. As cordilheiras compõem a forma positiva do relevo (são convexas) e têm o formato de cordões arenosos resultantes de processos de deflação e deposição eólica (KLAMMER, 1982). A mudança das condições do clima quente e úmido do Pleistoceno para um clima mais frio e seco no Pleistoceno terminal promoveu uma redução no aporte de sedimentos no Pantanal e fez com que houvesse um retrabalhamento por processos eólicos, formando as depressões de deflação (lagoas) e deposição em paleodunas longitudinais (cordilheiras) (KLAMMER, 1982). Cunha (1980) e Querioz Neto (1997) afirmam que as cordilheiras são depósitos fluviais, de borda de leitos de rios fósseis, extensos, contínuos e sinuosos, com largura variável, mas sempre superior a 80 m. Já as depressões que constituem as vazantes, os corixos e as baías são os leitos dos rios fósseis, que, na atualidade, se encontram totalmente obstruídos, mas constituem a drenagem natural da região no período de alagamento (QUEIROZ NETO, 1997).

Em relação à distribuição da vegetação, as principais fitofisionomias encontradas na região são os campos inundáveis, cerrados, cerradões e florestas, que estão intercaladas em um complexo sistema de lagoas (doces e salinas) permanentes ou semipermanentes (CARDOSO, 2008). A partir disso a região é dividida em três grandes unidades:

- Alta Nhecolândia: uma área de topografia praticamente plana, que apresenta um decaimento suave para sudoeste. Seu sistema de drenagem é formado por canais descontínuos e com fluxos intermitentes ou temporários com poucas lagoas, sulcado por corixos e vazantes. As fitofisionomias mais comuns são o cerrado, cerradão, campo limpo e matas de galeria ao longo das vazantes e corixos (QUEIROZ NETO, 1997).

- Vazante de Corixão: área de topografia quase plana e com poucas lagoas. Recebe influência direta dos corixos e do lençol freático. O campo inundável é a fitofisionomia dominante dessa unidade (BAZZO *et al.*, 2012).

- Baixa Nhecolândia: essa unidade possui uma grande concentração do sistema “baía-vazante-corixo/cordilheira-lagoa-salina”. As cordilheiras apresentam elevação entre 1 a 3 m em relação ao seu entorno, com vegetação florestal e apresenta baías ou salinas no seu interior (BAZZO *et al.*, 2012).

As pastagens nativas são importantes não só para a atividade pecuária (bovinos e equinos), mas também para variados mamíferos silvestres encontrados na região. O seu uso para a pecuária é influenciado diretamente pelas condições ambientais da área, uma vez que a Nhecolândia é considerada uma região alagável (BRASIL, 1979). A inundação da área é considerável de baixa altura (30 a 40 cm) e com média de duração de 3 a 4 meses. Estima-se que aproximadamente 30% da área é inundada nos períodos de cheia (BRASIL, 1979).

1.4 Geoambientes

A heterogeneidade da paisagem pantaneira pode ser compartimentada na forma de geoambientes (QUEIROZ, 2018). Os geoambientes possuem características e dinâmicas próprias em relação ao equilíbrio dos nutrientes com a cobertura vegetal e à movimentação da água no solo. Contudo, devido à grande variação na paisagem, tornam-se complexas as análises de causa e efeito, sendo esta nem sempre aplicável a todos os casos (CUNHA; POTT; GONÇALVES, 1985).

Por meio da observação da paisagem, é possível estratificá-la em diferentes geoambientes que, entre si, possuem homogeneidade em relação a determinados fatores (DIAS *et al.*, 2002). Essas unidades ambientais podem ser agrupadas em diferentes escalas e são compreendidas como peças de um quebra-cabeça que nunca se apresentam de forma independente. Quanto menores forem as subdivisões da paisagem, maior relevância adquirem as condições do solo comparado aos aspectos climatológicos na estratificação do ambiente (TROLL, 1997). Este processo de compartimentação do

território e da paisagem em unidades menores e homogêneas procura compreender uma estrutura espacial determinada.

Variados estudos demonstraram estreita relação entre propriedades edáficas e o ambiente sobrejacente, inclusive direcionando a identificação de manchas de solo no campo (DIAS *et al.*, 2002; MARTINS, 2004; ALKIMIN, 2009; FERREIRA JÚNIOR, 2009; BRANDÃO *et al.*, 2010; MENDONÇA *et al.*, 2013; FEITOSA *et al.*, 2016). Os levantamentos pedológicos no Brasil vêm evidenciando uma estreita relação entre as classes de solo e o quadro fitofisionômico sobrejacente (SCHAEFER *et al.*, 2012; ARRUDA *et al.*, 2017).

No Pantanal, existem paisagens não inundáveis, sazonalmente inundáveis e permanentemente inundáveis. Estas sofrem variações de nomenclatura e dinâmica em todas as diferentes sub-regiões (CUNHA; JUNK, 2009). Outra forma de diferenciação dos ambientes é a utilização do mosaico vegetacional, em sua maioria, composto por plantas aquáticas, campos inundáveis, florestas ripárias, savanas (cerrado), cerradão, florestas semidecíduas e formações pioneiras monodominantes (cambarazal, canjiqueiral, entre outros) (ALHO, 2008; POTT *et al.*, 2011). Ainda não há uma compartimentação única dos ambientes do Pantanal, o que, associado à diversidade das unidades de paisagem pantaneiras, é um desafio para cientistas e gestores da área (CUNHA; JUNK, 2009).

1.5 O papel dos solos na paisagem

O solo possui um reconhecido papel como estratificador de ambientes (RESENDE *et al.*, 2007), e, para compreender a abrangência do seu papel na paisagem, é necessário entender a interpelação de ambos (SOMMER, 2006). Assim, o estudo dos atributos químicos, físicos e morfológicos do solo tornam-se uma importante fonte de informações para delimitar fenômenos ambientais (SCHAEFER *et al.*, 2000; SIMAS, 2002; CORRÊA; SCHAEFER; GILKES, 2013). Além disso, ajuda a compreender as relações entre os fatores externos e seu processo de pedogênese no contexto do ambiente (SCHAEFER *et al.*, 2016).

O solo não é um objeto estático que pode ser devidamente descrito como experimentos controlados, mas uma entidade natural com uma dimensão de tempo, que abrange componentes vivos e não vivos e pode ser considerado como parte de um ecossistema (KER, 2012). Portanto, um solo não deve ser normalmente estudado isoladamente, isto é, as interações com o restante do ecossistema ao qual ele pertence devem ser levadas em consideração (KER, 2012). Muitas publicações sobre a formação de solo lidam apenas com um ou alguns aspectos, por exemplo, química do solo ou mineralogia do solo.

Os fatores de formação do solo (clima, organismos, relevo, material de origem e tempo) são estudados por várias disciplinas, principalmente nas abordagens ambientais. A partir de uma abordagem multidisciplinar, tem-se uma importante tendência a obter melhores respostas às indagações da pesquisa, bem como entender e descobrir algo novo sobre os solos e suas relações com os demais componentes das paisagens (VIDAL-TORRADO; LEPSCH; CASTRO, 2005).

De acordo com Schaefer *et al.* (2012), existe uma riqueza de variedade de relações relativas ao solo e à vegetação, específicas de cada bioma brasileiro, que opera em escalas regionais e locais, formando vasta cadeia de interações pedoecológicas desde uma macroescala até a escala local. A vasta riqueza de inter-relações possíveis apresenta grande trabalho, contudo estabelecer algumas relações gerais entre o solo e a vegetação podem se revelar muito úteis e ilustrativas (SCHAEFER *et al.*, 2012). Portanto, o estudo dos solos associados às características geomorfológicas, geológicas e de cobertura vegetal permitem individualizar em unidades geoambientais, que possuem características ecogeográficas e seus próprios problemas geoambientais. (TRICART; KIEWIET DE JONGE, 1992; SCHAEFER, 1997).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Definir e caracterizar os geoambientes, identificar e analisar os diferentes solos que ocorrem no Pantanal da Nhecolândia.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar as unidades que compõem as paisagens;
- Analisar e caracterizar os solos;
- Compreender a relação dos diferentes tipos de solo com os demais aspectos da paisagem;
- Compartimentar as unidades da paisagem para analisá-las de forma mais específica - considerando a influência dos entornos;

REFERÊNCIAS

- ADÁMOLI, J. O pantanal e suas relações fitogeográficas com os cerrados. Discussão sobre o conceito de “Complexo do Pantanal”. *In: Anais do XXXII Congresso Nacional de Botânica: 109-119*. Teresina. 1986.
- ALHO, C. J. R. The Pantanal. *In: FRASER, L.H.; KEDDY, P.A. (Eds.). The World's Largest Wetlands: Ecology and Conservation. Cambridge: Cambridge University Press*, p. 203–271. 2005. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842008000500005>
- ALHO, C. J. R. Biodiversity of the Pantanal: response to seasonal flooding regime and to environmental degradation. *Brazilian Journal of Biology*, 68 (4): 957-966. 2008.
- ALKIMIN, A. F. **Geoambientes, morfometria e solos da bacia do rio Benevente, ES**. Dissertação (Mestrado). 129p. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2009.
- AMARAL FILHO, Z. P. Solos do Pantanal Mato-Grossense. *In: Simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos do Pantanal*, 1. Corumbá, 1984, Brasília, EMBRAPA - DDT. p. 91-103. 1986.
- 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/Agência Nacional de Águas – ANA ... [et al.]**. – Brasília: TODA Desenho & Arte Ltda., 2004.
- ARRUDA, D. M. *et al.* Vegetation cover of Brazil in the last 21 ka: New insights into the Amazonian refugia and Pleistocenec arc hypotheses. *Global Ecology and Biogeography*, [s.l.], p.1-10, 12 out. 2017. Wiley-Blackwell. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/geb.12646>.
- BAZZO, J. C. *et al.*. Aspectos Geofísicos e Ambientais Do Pantanal da Nhecolândia. *Revista Geográfica (UFPE)*, v.29, n.1. 2012.
- BEIRIGO, R. M. **Sistema pedológico planossolo-plintossolo no pantanal de Barão de Melgaço-MT**. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 69p. 2008.
- BRASIL. Ministério do Interior. **Estudos de Desenvolvimento Integrado da Bacia do Alto Paraguai - Relatório de 1ª fase: Descrição física e recursos naturais**. Brasília, 1979. t.2.il.
- BRASIL, **PROJETO RADAM BRASIL**. 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.
- BRAUN, G. Cone aluvial do Taquari: unidade geomorfológica marcante da planície quaternária do Pantanal. *Revista Brasileira de Geografia*, 39:164-180, 1977.

BRANDÃO, P. C. *et al.* Caracterização de geoambientes na Floresta Nacional do Purus, Amazônia ocidental: uma contribuição ao Plano de Manejo. **Revista Árvore**, 34(1):115-126. 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000100013>

CARDOSO, E. L. **Qualidade do solo em sistemas de pastagens cultivada e nativa na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de Lavras, Lavras. 153p. 2008.

COUTO, E. G. *et al.* Solos do Pantanal Mato-Grossense. In: CURI *et al.*. (Ed). **Pedologia: Solos dos biomas brasileiros.** Viçosa: SBCS. 1ª ed.: 303- 352. 2017.

CORRÊA, G. R., C. E. SCHAEFER; GILKES, R. J. Phosphate location and reaction in an archaeoanthrosol on shell-mound in the Lakes Region, Rio de Janeiro State, Brazil. **Quaternary International.** v.315. p.16-23. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.09.036>

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

CUNHA, N. G.; POTT, A.; GONÇALVES, A. R. **Solos calcimórficos da sub-região do Abobral, Pantanal Mato-grossense.** Corumbá: EMBRAPA - CPAP. 52p. 1985.

DIAS, H. C. T. *et al.*. Geoambientes do Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte - MG. **Revista Árvore**, 26(6):777-786. 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000600014>

FERREIRA JÚNIOR, W. G., **Análise de gradientes vegetacionais e pedogeomorfológicos em floresta, cerrado e campo no Pantanal matogrossense, Barão de Melgaço, Mato Grosso.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 190p. 2009.

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

FEITOSA, K. K. A. *et al.*. Relações solo-vegetação em “ilhas” florestais e savanas adjacentes, no nordeste de Roraima. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1. Santa Maria, p. 135-146, jan.-mar., 2016. <https://doi.org/10.5902/1980509821098>

GRADELLA, F. S. **Aspectos da dinâmica hidroclimática da lagoa salina do meio na fazenda Nhumirim e seu entorno, Pantanal da Nhecolândia, MS - Brasil.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Aquidauana, MS. 76 p, 2008.

KER, J. C. *et al.* (Ed.). **Pedologia: Fundamentos.** Viçosa, Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 343 p. 2012.

MARTINS, A. K. E. **Ipucas da Planície do Araguaia, estado do Tocantins: ambiente físico de ocorrência, solos e uso da terra.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 138p. 2004.

MENDONÇA, B. A. F. *et al.*. Solos e geoambientes do Parque Nacional do Viruá e entorno, Roraima: visão integrada da paisagem e serviço ambiental. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 427-442, abr.-jun. 2013. <https://doi.org/10.5902/198050989287>

- POR, F. D. The Pantanal of Mato Grosso (Brazil) - World's Largest Wetlands. Dordrecht, The Netherlands, **Kluwer Academic Publishers**, 122p. 1995.
<https://doi.org/10.1007/978-94-011-0031-1>
- POTT, A. *et al.*. Dinâmica da flora na planície de inundação do baixo Taquari, Pantanal, MS. Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal - Os desafios do Novo Milênio, 3, Corumbá - MS. **Anais**, p. 1-18. 2000.
- QUEIROZ, R. F. P. **Geoambientes e Solos No Pantanal do Abobral, Mato Grosso Do Sul, Brasil**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG. 92p. 2018.
- QUEIROZ NETO, J. P. **Dinâmica de uma paisagem pantaneira: Nhecolândia** (Projeto Científico). São Paulo: Depto. Geografia/ USP – Universidade de São Paulo, 1997.
- RESENDE *et al.*. **Pedologia: base para distinção de ambientes: 5. ed. rev.:** 1-322. UFLA, Lavras. 2007.
- RODELA, L. G. **Unidades de Vegetação e Pastagens Nativas do Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 222p. 2006.
- SAKAMOTO, A. Y. *et al.* Funcionamento hidrológico, físico e biogeoquímico do Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul, Brasil. In: **Encontro de Geógrafos da América Latina**, 10. Universidade de São Paulo. p. 13144 - 13156. Mar. 2005.
- SCHAEFER, C. E. G. R. Ecogeography and human Scenario. **Ciência e Cultura**, v. 49, n. 4, p. 241-252, 1997.
- SCHAEFER, C. E. G. R. *et al.*. Relações Solo-Vegetação em Alguns Ambientes Brasileiros: Fatores Edáficos e Florística. In: MARTINS, Sebastião Venâncio (Ed.). **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. 2. ed. Viçosa: UFV. Cap. 7. p. 252-293. 2012.
- SCHAEFER, C. E. G. R. *et al.*. Geoambientes, solos e estoques de carbono na Serra Sul de Carajás, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, 11(1), p.85-101. 2016.
- SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas Sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 33:1703-1711. 1998.
- SILVA, J. S. V. *et al.*. Fitofisionomias dominantes em parte das Sub-Regiões do Nabileque e Miranda, Sul do Pantanal. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 33, Número Especial, p. 1713-1719, out. 1998.
- SIMAS, F. N. B. **Pedogênese e geoambientes na Serra Verde, parte da Mantiqueira Mineira: atributos físicos, químicos, mineralógicos e micromorfológicos**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 78p. 2002.
- SOMMER, M. Influence of soil pattern on matter transport in and from terrestrial biogeosystems – a new concept for landscape pedology. **Geoderma**, v.133, p.107-123, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.03.040>

TRICART, J.; KIEWIET DE JONGE C. . Ecogeography and rural management. **Longman Group, Harlow**. 1992.

TROLL, C., A paisagem geográfica e sua investigação. **Espaço e cultura**, nº4: 1-7. Rio de Janeiro. 1997.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F.; CASTRO, S. S. de. Conceitos e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas. *In*: VIDAL-TORRADO, Pablo *et al.* (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**. 4. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 143-192. 2005.

SOLOS E GEOAMBIENTES DO PANTANAL DA NHECOLÂNDIA - MS

RESUMO

Localizado no centro da América do Sul, o Pantanal é uma vasta planície de inundação. O ciclo de inundação está relacionado com os planaltos, onde estão as nascentes dos seus principais tributários. É considerado uma grande planície tectônica de preenchimento. A grande variação do seu regime hidrológico, juntamente à redistribuição de sedimentos por retrabalhamento eólico e fluvial, cria uma grande variedade de solos, que, em sua maioria, são afetados pelo hidromorfismo. O presente trabalho tem como objetivo caracterizar os geoambientes da sub-região da Nhecolândia, visando auxiliar na gestão ambiental mais eficiente e integrada com as especificidades da região. Foram descritos e amostrados 16 perfis e definidos 5 geoambientes. As amostras de solo foram submetidas a análises físicas e químicas. A Análise de Componentes Principais (PCA) foi realizada com as variáveis químicas e físicas dos solos. Nas lagoas salinas, foram encontrados Gleissolos Sódico Sáfico típico, de textura argilosa e alto Índice de Saturação por Sódio (ISNa). Nas baías, foram encontrados dois tipos de solo: Planossolo Háptico e Neossolo Quartzarêncio. O primeiro possui propriedades que o assemelham com os solos das salinas e o segundo, que o assemelha com as cordilheiras. Já para as cordilheiras, nos campos de murundus, foram descritos Neossolos Quartzarêncios. Os ambientes de menores altitudes apresentam textura mais fina e maior fertilidade natural, enquanto os solos das áreas intermediárias e mais altas são solos arenosos, mais ácidos e de menor fertilidade natural. Além disso, a predominância de solos arenosos está coerente com o fato de a Nhecolândia ser uma planície fluviolacustre de deposição, que recebe sedimentos, predominantemente, arenosos dos planaltos ao seu redor.

Palavras-chaves: Relação solo-paisagem. Geoambientes. Áreas úmidas. Fitofisionomias.

ABSTRACT

Located in the center of South America, the Pantanal is a vast floodplain. The flood cycle is related to the plateaus, where are the sources of its main tributaries. It is considered a large tectonic fill plain. The wide variation of its hydrological regime, together with the redistribution of sediments by wind and river rework, creates a wide variety of soils, which, in their majority, are affected by hydromorphism. The present work aims to characterize the geoenvironments of the Nhecolândia sub-region, aiming to assist in the

most efficient and integrated environmental management with the specificities of the region. 16 profiles were described and sampled and 5 geoenvironments were defined. The soil samples were subjected to physical and chemical analysis. Principal Component Analysis (PCA) was performed with the chemical and physical variables of the soils. In saline lagoons, typical Sodium Gleisols were found, with a clayey texture and high Sodium Saturation Index (ISNa). In the bays, two types of soil were found: Planossolo Háplico and Neossolo Quartzarêncio. The first has properties that resemble it with the saline soils and the second, that resembles it with the mountain ranges. As for the mountain ranges, in the murundus fields, Neossolos Quartzarêncios were described. The environments of lower altitudes present a finer texture and greater natural fertility, while the soils of the intermediate and higher areas are sandy, more acidic and of less natural fertility. In addition, the predominance of sandy soils is consistent with the fact that Nhecolândia is a deposition fluviolacustral plain, which receives predominantly sandy sediments from the surrounding highlands.

Keywords: Soil-landscape relationship. Geoenvironments. Wet areas. Phytophysionomies.

1 INTRODUÇÃO

O Pantanal é uma grande planície de inundação, localizada no centro da América do Sul que abrange área de 138.000 km². É subdividido em 11 sub-regiões, levando em consideração os períodos de inundação, o relevo, o solo e a vegetação (SILVA; ABDON, 1998). O ciclo de inundação não está relacionado diretamente à pluviosidade *in-situ* e sim aos planaltos que o circundam, onde estão as nascentes dos seus principais tributários (ALHO, 2005). Assim, é uma grande planície de preenchimento e deposição de sedimentos oriundos das áreas mais altas (ALHO, 2005). É uma grande planície de preenchimento e deposição de sedimentos oriundos das áreas mais altas (ALHO, 2005). A Formação Pantanal é marcada pela presença predominante de sedimentos arenosos, semiconsolidados a consolidados, advindos dos arenitos dos planaltos que a circundam (BRASIL, 1982; ADÁMOLI, 1986). Os sedimentos aluviais associados à variação do seu regime hidromórfico criam uma grande variedade de solos, que, em sua maioria, são afetados pelo hidromorfismo (AMARAL FILHO, 1986; FERNANDES, 2007).

Os processos ecológicos da região pantaneira são movidos pelos ciclos de inundação. Eles são responsáveis pela distribuição sazonal de fauna e flora e por permitir trocas químicas e de sedimentos (CUNHA; JUNK, 2009; FERREIRA JUNIOR, 2009).

Essa interação gera um mosaico de diferentes unidades de paisagem, fitofisionomias e solos (CARDOSO *et al.*, 2016).

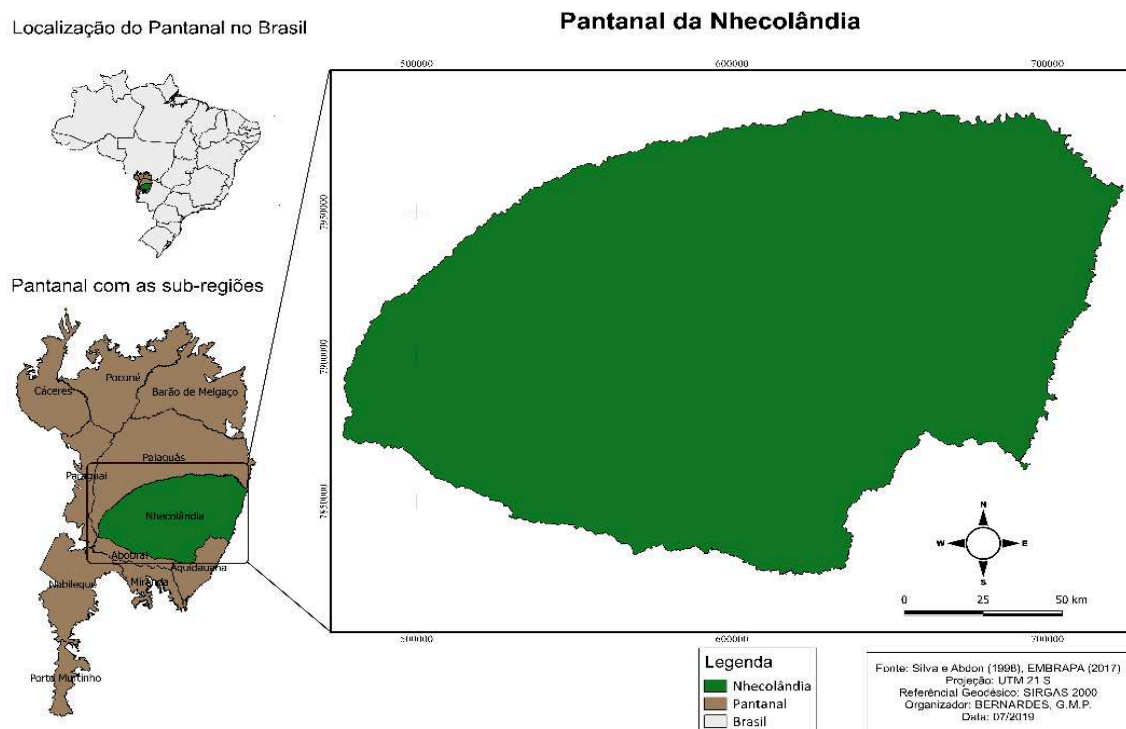
As paisagens da região estão em constante alteração, o que faz com novos tipos de solos sejam formados nas condições climáticas atuais, juntamente à evolução da paisagem (BEIRIGO, 2008). Isso gera uma paisagem extremamente heterogênea que não teve sua dinâmica completamente compreendida (CUNHA; JUNK, 2009; FERREIRA JUNIOR, 2009).

Portanto, o estudo dos solos associado às características geomorfológicas, geológicas e de cobertura vegetal permite individualizar a paisagem em unidades geoambientais, que possuem características ecogeográficas e suas particularidades bióticas e abióticas (TRICART; KIEWIET DE JONGE, 1992; SCHAEFER, 1997). Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo classificar e caracterizar os solos e definir os geoambientes da Nhecolândia.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O Pantanal da Nhecolândia (Figura 1) engloba todo o compartimento sul do megaleque aluvial do rio Taquari, com uma área de 26.000 km², e correspondendo a, aproximadamente, 19,5% de todo o Pantanal (SILVA; ABDON, 1998).

Figura 1 - Localização do Pantanal da Nhecolândia

Fonte: Elaborado pelo autor

No Pantanal, de maneira geral, o verão chuvoso acontece de novembro a março, e o inverno seco de abril a outubro (SORIANO, 1999). Nem a precipitação, nem as inundações ocorrem de maneira homogênea, isto é, as enchentes acontecem de março a abril no norte da planície e de maio a agosto, no sul (MARTINS, 2012). No que tange à compartimentação da paisagem, a própria Nhecolândia foi delimitada em outras três grandes áreas por Fernandes (2000): Área da Vazante do Corixão, Alta Nhecolândia e Baixa Nhecolândia.

A Alta Nhecolândia é uma área de topografia quase plana, decaindo suavemente para sudeste, com uma grande quantidade de corixos e vazantes. O sistema de drenagem é composto por canais descontínuos e fluxos intermitentes ou temporários, além disso é uma área com poucas lagoas (FERNANDES, 2000). Sendo assim, é uma região menos úmida que a Baixa Nhecolândia, com a presença de Espodosolos e Planossolos distróficos (BRASIL, 1982). As fitofisionomias mais importantes da região são o cerrado, cerradão, campo limpo e as matas de galeria ao longo das vazantes e corixos principais (QUEIROZ NETO, 1997). A principal característica da Baixa Nhecolândia é a sua grande quantidade de lagoas alcalinas (salinas) ou de água doce (baías), sendo assim, é uma área

de solos mais úmidos que a Alta Nhecolândia. Os principais ambientes típicos do Pantanal também são encontrados nessa região como as cordilheiras, os vazantes, os corixos, os campos inundáveis e os campos de murundus (FERNANDES, 2007).

De acordo com Parizzoto (2012), as baías são áreas deprimidas, que podem apresentar formatos circulares, semicirculares ou irregulares, podendo chegar a 2 metros de profundidade com água doce efêmera ou permanente. Apresentam medidas que vão de dezenas a centenas de metros e, devido a sua conexão com a rede fluvial, são distribuídas espacialmente de forma linear (PARIZZOTO, 2012). As salinas, por outro lado, são cercadas por cordilheiras, com diâmetro variando de 500 a 1000 metros e profundidade entre 2 e 3 metros. E, no período das cheias, não são atingidas pelas águas superficiais (BRASIL, 1982; BARBIERO *et al.*, 2002, PARIZZOTO, 2012). As salinas possuem morfologia semelhante às baías, com dimensões e formatos equivalentes, mas se diferem pelo pH muito elevado, frequentemente igual ou superior a 9,5 (QUEIROZ NETO *et al.*, 1996; EMBRAPA, 1997) e pelas pequenas faixas de areia, de tamanhos variados ao seu redor. Já as baías são rodeadas por Campos Úmidos/Sazonais. Em relação à vegetação, as baías apresentam a maior concentração de vegetação em suas bordas, principalmente de macrófitas. Já nas salinas predominam algas (FERNANDES, 2007).

As cordilheiras são as áreas mais elevadas da paisagem, estando em média 1 a 5 metros acima do que a região ao seu redor (CUNHA, 1980; LIMA, 2015). Sendo assim, raramente são atingidas pela cheia. São pequenas elevações convexas do terreno, raramente planas, que se apresentam de forma contínua e largura variável de até 80 metros, com o aspecto de grandes cordões arenosos (contínuos e sinuosos) (RODELA, 2006). As cordilheiras são cobertas por vegetação lenhosa, com predominância de matas semidecíduas tipo Cerradão e, em suas bordas, apresenta vegetação campestre a florestal (RODELA; QUEIROZ NETO; SANTOS, 2007). A respeito da gênese das cordilheiras da Nhecolândia, a teoria mais aceita é a de que são resultantes de processos de deflação e deposição eólica (KLAMMER, 1982; SOARES, SOARES, ASSINE, 2003). Alguns pesquisadores sustentam que uma mudança das condições do clima quente e úmido do Pleistoceno para um clima mais frio e seco no Pleistoceno terminal promoveu uma redução no aporte de sedimentos no Pantanal e fez com que houvesse um retrabalhamento por processos eólicos, formando as depressões de deflação (Lagoas) e deposição em paleodunas longitudinais (cordilheiras) (ASSINE; SOARES, 2004).

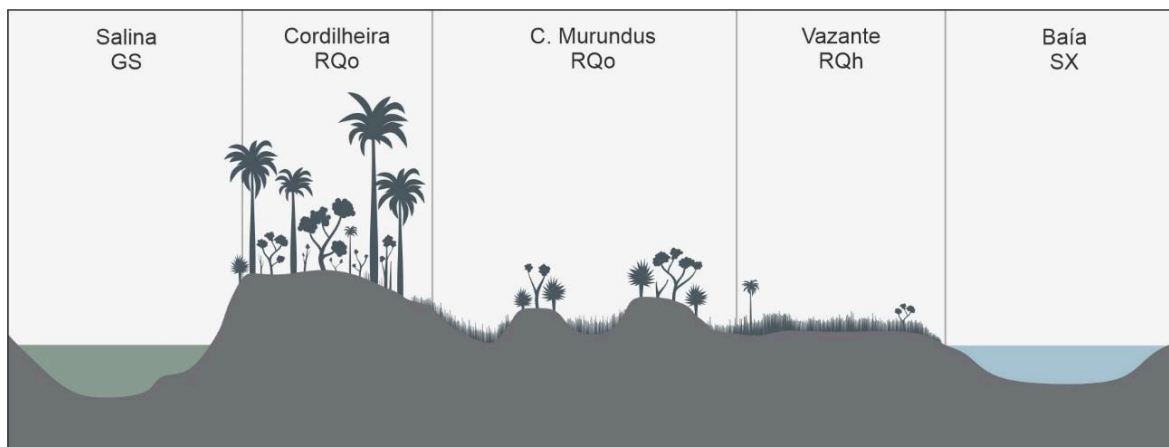
Os campos de murundus são descritos por diversos autores como áreas de campos com vegetação campestre, com pequenas elevações convexas de terra (Murundus), cobertos por vegetação de Cerrado stricto sensu (Figura 2) (ARAÚJO NETO *et al.*, 1986; OLIVEIRA-FILHO, 1992; PONCE; CUNHA, 1993; RESENDE *et al.*, 2004; MARIMON *et al.*, 2009). Os campos estão localizados em áreas planas, um pouco mais baixas que as cordilheiras, porém mais altas que as baías e as vazantes às quais circundam. Sendo assim, eles estão em altitudes intermediárias na paisagem da Nhecolândia, podendo apresentar caráter sazonal ou intermitente, em relação às inundações.

No Brasil, os murundus podem ocorrer em duas condições ambientais distintas: áreas com e sem influência de lençol freático sazonal (OLIVEIRA-FILHO; FURLEY, 1990). A maioria dos estudos desenvolvidos, conforme exposto por Simões (2012), ocorrem em áreas de campos brejosos e planícies de inundação, as quais o solo permanece saturado por água durante uma parte do ano, como é o caso do Pantanal. A respeito da gênese dos murundus, muito ainda se é discutido. Alguns autores (MATHEWS, 1977; FURLEY, 1985 e 1986; OLIVEIRA-FILHO, 1992; MIDGLEY, 2010; SILVA *et al.*, 2010) defendem a teoria geomorfológica, na qual as águas de escoamento superficial seriam responsáveis pela erosão diferencial, que os deixariam como relevos residuais. Por sua vez, Araújo Neto *et al.* (1986), Corrêa (1989) e Simões (2012) defendem que os murundus foram formados em função da atividade de térmitas. Mas ainda não há nenhuma hipótese que consiga explicar a gênese dos murundus associando os dois fatores (SIMÕES, 2012). Beirigo *et al.* (2010) propuseram, em seus estudos no Pantanal de Barão de Melgaço, que existem fortes evidências dos Campos de Murundus serem oriundos de antigas cordilheiras remodeladas por erosão diferencial. Sendo assim, as cordilheiras se tornaram descontínuas devido à dissecação, o que, segundo o autor, pode ser interpretada erroneamente como uma confluência de Murundus grandes (BEIRIGO *et al.*, 2010).

As vazantes são amplas áreas de depressão suave e alongada entre as cordilheiras, podendo apresentar trechos com água e sem água, que conectam e servem de escoadouro de água entre as baías no período das cheias. Neste período, adquirem um caráter intermitente, porém não contínuo. Podem apresentar vários quilômetros de extensão e largura (RODELA, 2006, PARIZZOTO, 2012). Esse ambiente é marcado por vegetação de gramíneas, ciperáceas e arbustivas (RODELA, 2006). A Figura 2 é um perfil esquemático da paisagem do Pantanal da Nhecolândia, representando as variações

altimétricas dos principais geoambientes. A Figura 3 é uma fotografia aérea, tirada em setembro de 2017 da Nhecolândia.

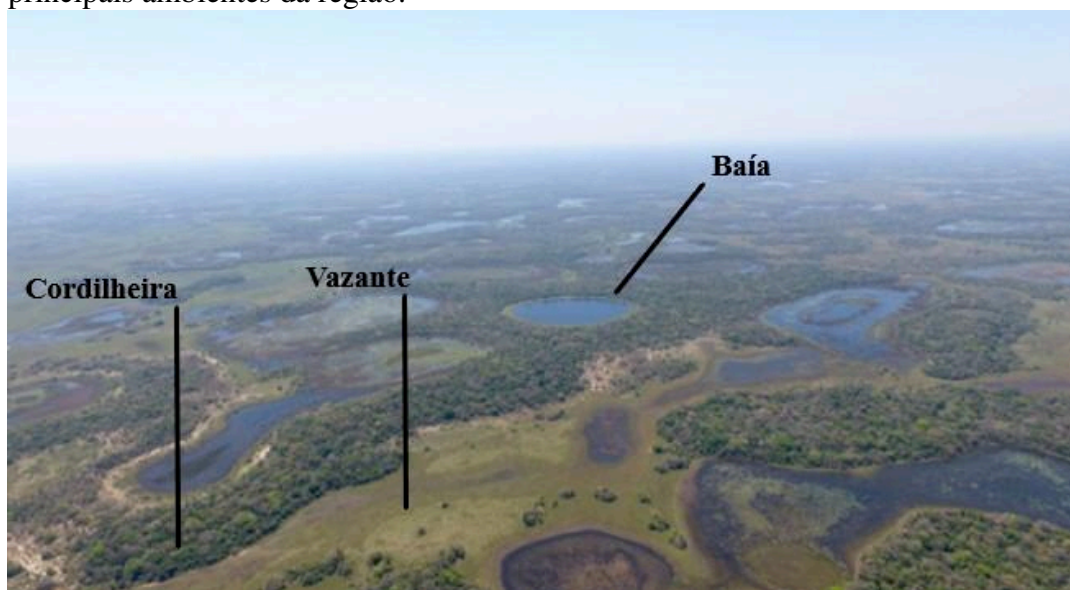
Figura 2 - Perfil esquemático dos Geoambientes do Pantanal do Nhecolândia.



***GS** – Gleissolo Sáfico ou Planossolo, **RQo** – Neossolo Quartzarênico Órtico, **RQh** – Neossolo Quartzarênico Hidromórfico, **SX** – Planossolo ou Gleissolos ou RQ hidromórfico.

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 3 - Fotografia aérea de drone do Pantanal da Nhecolândia, representando os principais ambientes da região.



Fonte: Acervo do autor

Foram amostrados 16 perfis, na Alta e Baixa Nhecolândia, nos principais ambientes da região: salinas (2 perfis), baía (2 perfis), vazante (1 perfil), cordilheiras (7 perfis) e campos de murundus (4 perfis). A Tabela 1, apresenta os perfis com suas

respectivas coordenadas geográficas e os geoambientes associados. O mapa com os perfis georreferenciados é apresentado na Figura 4.

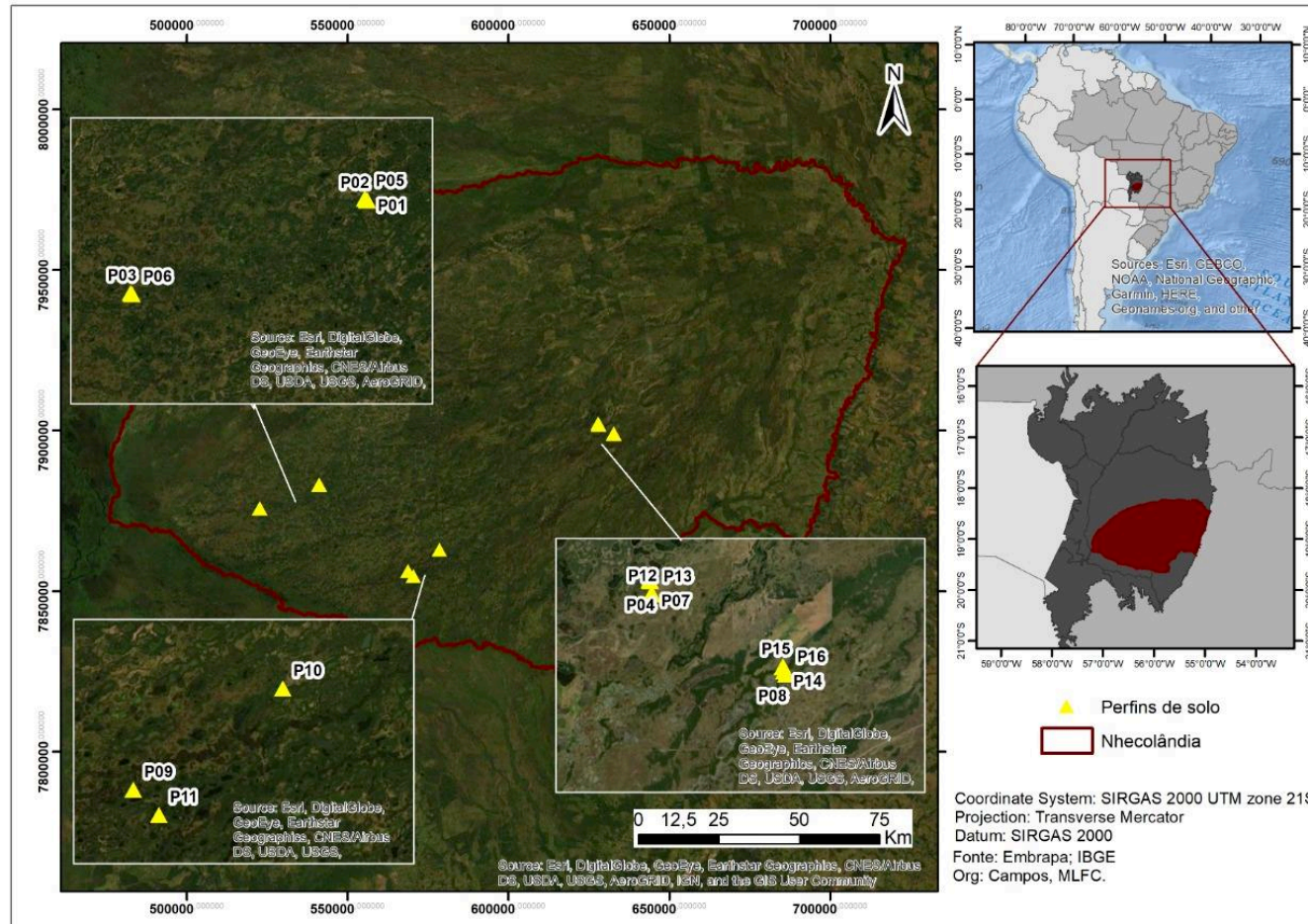
Tabela 1 – Ambientes, sub-região da Nhecolândia, coordenadas geográficas e elevação dos perfis amostrados.

Perfil	Ambiente	Sub-Região*	Coordenadas (UTM - 21K)		Elevação (m)
			E	S	
P1	Salina	Baixa Nhecolândia	541267	7883118	110
P2	Salina	Baixa Nhecolândia	541321	7883080	106
P3	Baía	Baixa Nhecolândia	522731	7875813	91
P4	Baía	Alta Nhecolândia	627919	7902296	129
P5	Cordilheira	Baixa Nhecolândia	541104	7883235	119
P6	Cordilheira	Baixa Nhecolândia	522853	7875719	104
P7	Cordilheira	Alta Nhecolândia	627965	7902277	137
P8	Cordilheira	Alta Nhecolândia	632791	7899002	146
P9	Cordilheira	Baixa Nhecolândia	568794	7856308	175
P10	Cordilheira	Baixa Nhecolândia	578573	7862927	117
P11	Cordilheira	Baixa Nhecolândia	570474	7854651	139
P12	Campo de Murundus	Alta Nhecolândia	628006	7901826	134
P13	Campo de Murundus	Alta Nhecolândia	628028	7901800	139
P14	Campo de Murundus	Alta Nhecolândia	632735	7899156	123
P15	Campo de Murundus	Alta Nhecolândia	632753	7899169	136
P16	Vazante	Alta Nhecolândia	632860	7898894	138

*de acordo com Fernandes, 2000.

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4 - Mapa da localização dos perfis amostrados no Pantanal da Nhecolândia.



Fonte: Elaborado pelo autor

2.2 Análises físico-químicas

O período de coleta do solo aconteceu em agosto de 2015, dezembro de 2016 e novembro de 2017, em épocas de estiagem. Trincheiras foram abertas com profundidade variável, os solos foram descritos e amostrados conforme Santos *et al.* (2015) e IBGE (2015) e classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018). As cores dos horizontes foram determinadas por meio de comparação na caderneta de cores de Munsell (1994).

As amostras de solo foram secadas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de malha de 2 mm de abertura para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA), e foram submetidas a análises de acordo com os métodos descritos em EMBRAPA (2017). A análise textural foi realizada pelo método da pipeta com utilização de agitação lenta de 50 rpm por 16 horas e determinação da argila por pipetagem e gravimetria. 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 + Al) foi extraída por acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0 e quantificada por titulometria com NaOH. O Na⁺, P disponível e K⁺ trocável foram extraídos pelo Mehlich-1, e K⁺ determinado por fotometria de chama. Os micronutrientes Cu²⁺, Zn²⁺, Fe²⁺ e Mn²⁺ disponíveis foram extraídos pelo extrator Mehlich-1 e determinados por absorção atômica. O teor de matéria orgânica (MO) foi estimado após a determinação do C orgânico pelo método Walkley-Black.

Para visualização das diferenças texturais dos perfis, fez-se o Triângulo Textural para cada grupo de ambientes. Para interpretação e discussão dos dados foram realizadas análises de similaridade de *clustering* hierárquico e de cluster k-means, cujo objetivo foi a identificação de padrões nas características e distribuição dos solos da Nhecolândia. Para sintetizar as correlações dos atributos de solo entre os Geoambientes, realizou-se uma Análise de Componentes Principais (PCA, sigla em inglês) com as variáveis químicas e físicas previamente padronizadas e centralizadas, também foi elaborada uma matriz de correlação para descartar algumas das variáveis redundantes. Ambas realizadas com o auxílio do *software* R (R CORE TEAM, 2020).

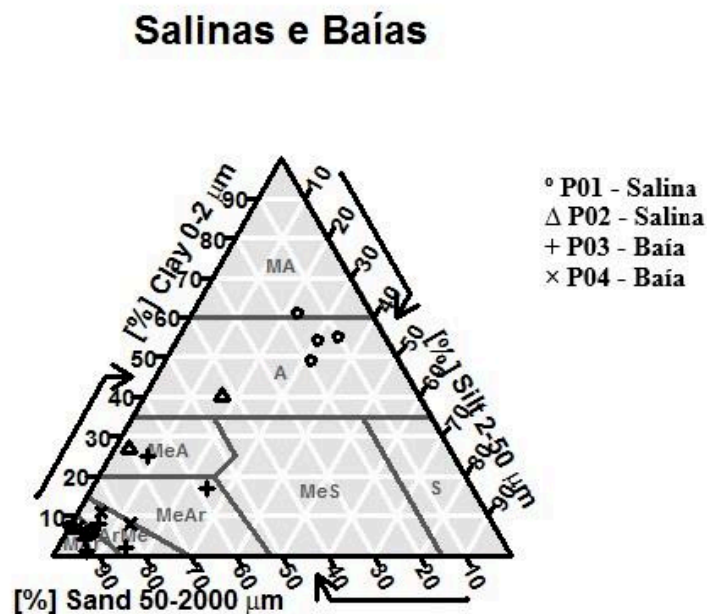
3 RESULTADOS

3.1 Baías e salinas

Foram descritos 4 perfis, sendo dois em salinas (P1 e P2) e dois em baías (P3 e P4). Os Perfis 01, 02 e 03 estão na Baixa Nhecolândia, e o Perfil 04 na Alta Nhecolândia. Ambos os perfis das salinas (P1 e P2) foram classificados, de acordo com o SiBCS (EMBRAPA, 2018), em GLEISSOLO SÁLICO Sódico típico. Já os perfis das baías se diferiram já em primeiro nível categórico: P3 foi classificado como PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico gleissólico, enquanto P4 se enquadrou na classe de NEOSSOLO QUARTZARÊNICOS Hidromórficos típicos (Tabela 2).

Os perfis das baías, por sua vez, apresentaram textura mais arenosa (Figura 5). Na relação entre areia grossa e fina o horizonte C do Perfil 1 indica uma deposição de materiais de fontes diferentes (Tabela 2). O Perfil 3, da Baixa Nhecolândia, apresentou horizontes superficiais com texturas franco arenoso e areia franca (A e AE), seguidos de horizontes arenosos (E, Eg, Eg2) e, por fim, um horizonte B textural, com um incremento de argila, suficiente para classificá-lo como B plânico (Tabela 2). No Perfil 04, da região da Alta Nhecolândia, predominou-se a textura arenosa (A2, AC, C1), com a ocorrência de dois horizontes de textura Areia franca (A e C1) (Tabela 2).

Figura 5 - Triângulo textural dos perfis de salinas (P1 e P2) e baías (P3 e P4) coletados na região da baixa (P1, P2 e P3) e alta (P4) Nhecolândia.



*Sand: Areia, Clay: Argila, Silt: Silte

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 2 - Textura dos solos coletados em salinas (P1 e P2) e baías (P3 e P4)

Horizonte (cm)	Cor	Areia Grossa	Areia fina	Silte	Argila	AG/AF	Textura
	Úmida	g/kg					
P1 - Salina Borda - Gleissolo Sálco Sódico típico							
A (0-11)	5Y 3/2	49	46	351	554	1,1	Argila
Abg (11-23)	5Y 4/1	71	114	326	489	0,6	Argila
Bg (23-57)	5Y 4/2	76	77	311	536	1,0	Argila
Bg 2 (57-88)	5Y 2/2	67	94	232	608	0,7	Muito argilosa
C (88-110+)	2,5 Y 5/4	112	813	3	72	0,1	Areia
P2 - Salina Interior - Gleissolo Sálco Sódico típico							
A (0-9)	5Y 3/2	130	298	172	400	0,4	Argila arenosa
A2 (9-16)	2,5 Y 5/4	247	455	28	271	0,5	Franco argilo arenoso
Bgs (16-29)	2,5Y 5/2	196	724	12	68	0,3	Areia
Cg (29-70+)	2,5Y 5/2	168	721	46	64	0,2	Areia
P3 - Baía - Planossolo Háplico eutrófico gleissólico							
A (0-10)	5Y 3/1	84	499	248	169	0,2	Franco arenoso
AE (10-17)	5Y 4/1	116	719	145	19	0,2	Areia franca
E (17-44)	5Y 5/3	165	760	68	7	0,2	Areia
Eg (44-75)	5Y 3/1	102	759	56	83	0,1	Areia
Eg2 (75-108)	5Y 5/3	114	795	53	38	0,1	Areia

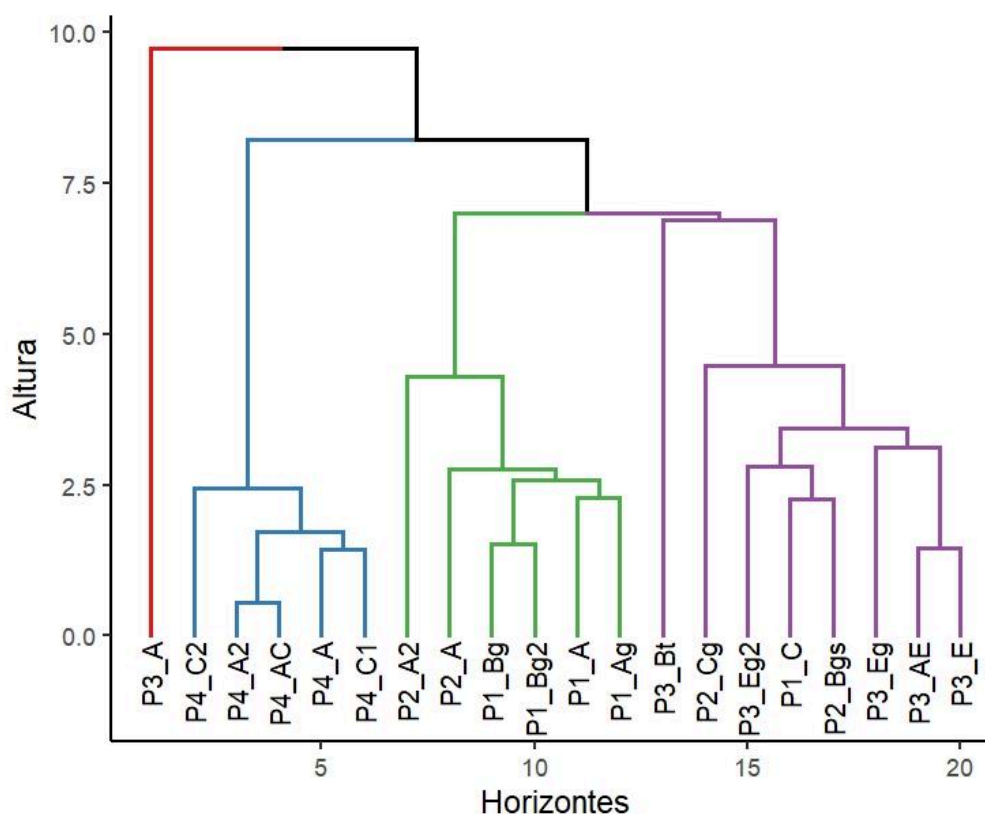
Bt (108-130+)	5Y 4/2	98	572	84	246	0,2	Franco argilo arenoso
P4 – Baía - Neossolo Quartzarênico hidromórfico típico							
A (0-20)	10YR 3/2	265	527	125	83	0,5	Areia Franca
A2 (20-31)	10YR 3/2	291	595	50	64	0,5	Areia
AC (31-38)	10YR 4/4	290	621	22	66	0,5	Areia
C1 (38-63)	10YR 5/3	232	606	51	111	0,4	Areia Franca
C2 (63-110)	10YR 5/3	322	577	43	58	0,6	Areia

*AG/AF – Relação Areia Grossa/Areia Fina

Fonte: Elaborado pelo autor

O horizonte P3_A apresentou baixíssima similaridade com os outros horizontes dos perfis. Os horizontes superficiais (A e A2) do P2 se assemelham mais aos solos de P1 (salina borda), apesar de as amostras mais profundas de P2 (P2_Bgs e P2_Cg) se agruparem com os solos de P3 (baía). Mesmo pertencente ao mesmo grupo o horizonte Bt do P3 apresentou uma distância de similaridade entre os outros horizontes (Figura 6).

Figura 6 - Dendograma com os dados físicos e químicos dos grupos de solos das salinas (P1 e P2) e baías (P3 e P4) coletados na região da baixa (P1, P2 e P3) e alta (P4) Nhecolândia: horizontes baía alta Nhecolândia (azul); horizontes superficiais e B das salinas (P1 e P2) da baixa Nhecolândia (verde); e horizontes superficiais das salinas (P1 e P2) baixa Nhecolândia e da baía (P3) da alta Nhecolândia (roxo). *Outlier* natural (vermelho).



Fonte: Elaborado pelo autor

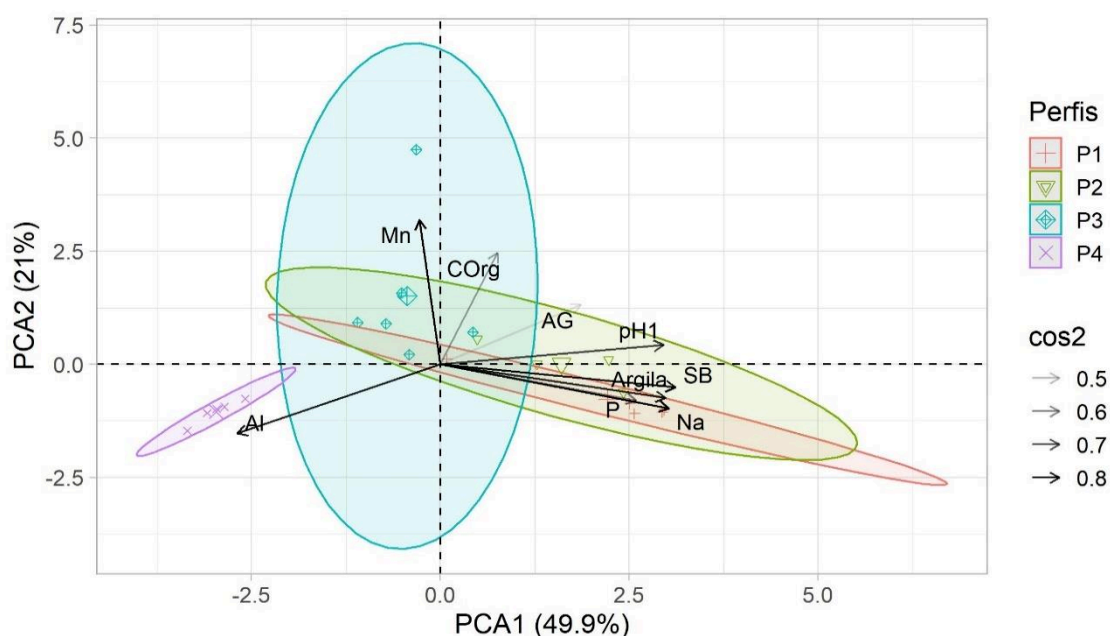
Tabela 3 - Atributos químicos dos perfis de salinas (P1 e P2) e de baías (P3 e P4) coletados na região da baixa (P1, P2 e P3) e alta (P4) Nhecolândia.

Horizonte (cm)	pH	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	T	V	M	ISNa	MO	P-Rem	Cu	Mn	Fe	Zn
	H ₂ O	mg/kg			cmol _c /kg					%			dag/kg	mg/L	mg/kg				
P1 - Salina Borda - Gleissolo Sálco sódico típico																			
A (0-11)	9,09	32,41	2297	1004	8,401	0,98	0	0	19,6	19,6	100	0	22,2	1,68	20,2	0,4	754,9	17,34	0,2
Ag (11-23)	9,12	42,84	3028	1105	8,006	0,67	0	0,7	21,3	22	97	0	21,9	2,07	29	0,5	507,3	30,48	0,3
Bg (23-57)	9,35	26,24	1824	985,8	7,494	1,2	0	0	17,7	17,7	100	0	24,3	1,81	17,8	0,3	948,9	8,51	0,2
Bg2 (57-88)	9,43	41,99	1389	852,6	6,435	1,4	0	0	15,1	15,1	100	0	24,5	1,94	18,4	0,3	1019	16,65	0,2
C (88-110+)	9,96	9,48	132,2	101,1	0,644	0,07	0	0,21	1,49	1,7	88	0	25,9	0,9	50,4	0,2	53	11,62	0,1
P2 - Salina Interior - Gleissolo Sálco Sódico típico																			
A (0-9)	9,35	19,47	2076	891	5,745	0,67	0	0,24	15,6	15,8	98	0	24,5	1,42	19	0,4	334,4	14,39	0,3
A2 (9-16)	9,46	19,29	1477	555,3	3,389	0,37	0	0	9,96	9,96	100	0	24,3	1,42	21,6	0,5	542,7	13,20	0,2
Bgs (16-29)	9,69	12,53	150,2	91,82	1,046	0,06	0	0	1,89	1,89	100	0	21,1	1,68	40,7	0,2	347,8	4,70	0,1
Cg (29-70+)	9,63	35,75	173,4	85,06	1,17	0,08	0	0,13	2,07	2,2	94	0	16,8	1,29	30,3	0,4	412	28,64	0,1
P3 - Baía - Planossolo Háptico Eutrófico gleissólico solódico																			
A (0-10)	6,54	1,50	284,62	221,16	4,07	1,12	0	6,81	6,88	13,69	50	0	7,03	10,33	28,6	0,90	135,37	1405,42	0,94
AE (10-17)	7,47	0,66	113,44	35,59	0,81	0,28	0	0,66	1,54	2,19	70	0	7,05	0,26	51,6	0,16	19,32	267,81	0,16
E (17-44)	8,6	0,34	71,25	24,11	0,48	0,16	0	0,48	0,92	1,40	66	0	7,47	0,52	55,2	0,08	13,43	125,02	0,10
Eg (44-75)	8,95	1,48	147,72	45,50	1,99	0,40	0	0,15	2,97	3,12	95	0	6,35	0,39	43,2	0,36	271,47	448,07	0,11
Eg2 (75-108)	9,35	5,72	75,85	31,24	1,01	0,20	0	0,00	1,54	1,54	100	0	8,83	0,13	52,7	0,19	493,71	50,96	0,09
Bt (108-130+)	8,75	7,20	408,32	88,62	4,28	1,67	0	0,16	7,38	7,54	98	0	5,11	0,78	43,3	0,91	929,15	305,46	0,16
P4 - Baía - Neossolo Quartzarênico Hidromórfico típico																			
A (0-20)	5,18	0,81	9,58	8,18	0,13	0,02	0,77	2,43	0,21	2,65	8	78,40	1,34	0,91	37,70	0,10	174,53	7,37	0,48
A2 (20-31)	4,75	0,42	9,01	4,92	0,11	0,02	0,53	1,32	0,17	1,49	12	75,20	1,44	0,39	40,80	0,10	187,52	6,45	0,44
AC (31-38)	4,85	0,56	7,69	3,57	0,12	0,03	0,47	1,19	0,19	1,38	14	71,30	1,13	0,26	41,10	0,07	167,13	6,78	0,52
C1 (38-63)	5,17	0,23	11,46	25,30	0,16	0,06	1,02	1,91	0,36	2,27	16	73,90	4,85	0,26	32,60	0,05	203,51	8,41	0,63
C2 (63-110+)	5,39	0,14	8,82	4,82	0,07	0,05	0,33	0,34	0,16	0,50	32	66,70	4,17	0,26	47,20	0,10	70,31	5,29	0,33

***SB** - Soma de Bases Trocáveis; **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; **P-rem** - Fósforo Remanescente.

Para sintetizar as diferenças químicas e físicas apresentadas entre os perfis das salinas e das baías, foi executada a Análise dos Componentes Principais (PCA). Os dois primeiros eixos da PCA explicaram 70,9% da variação nos dados, reconhecendo um gradiente edáfico, sobretudo pelo distanciamento de P4 dos demais perfis (Figura 7). O primeiro eixo explicou 49,9% das variâncias e correlacionou-se positivamente com SB ($R=0,89$), Na ($0,86$), pH ($R = 0,85$) e argila ($R = 0,85$) (Tabela A.1). O segundo eixo explicou 21% da variação nos dados dos perfis e correlacionou-se positivamente com a Mn ($R = 0,91$) e negativamente com o Al ($R = -0,44$) (Tabela A.1).

Figura 7 - Análise dos Componentes Principais (PCA) com os dados das análises físicas e químicas dos perfis das salinas (P1 e P2) e baías (P3 e P4) dos solos coletados na região da baixa (P1, P2 e P3) e alta (P4) Nhecolândia.



*AG: Areia Grossa; SB - Soma de Bases Trocáveis; pH1: pH em H₂O.

Fonte: Elaborado pelo autor

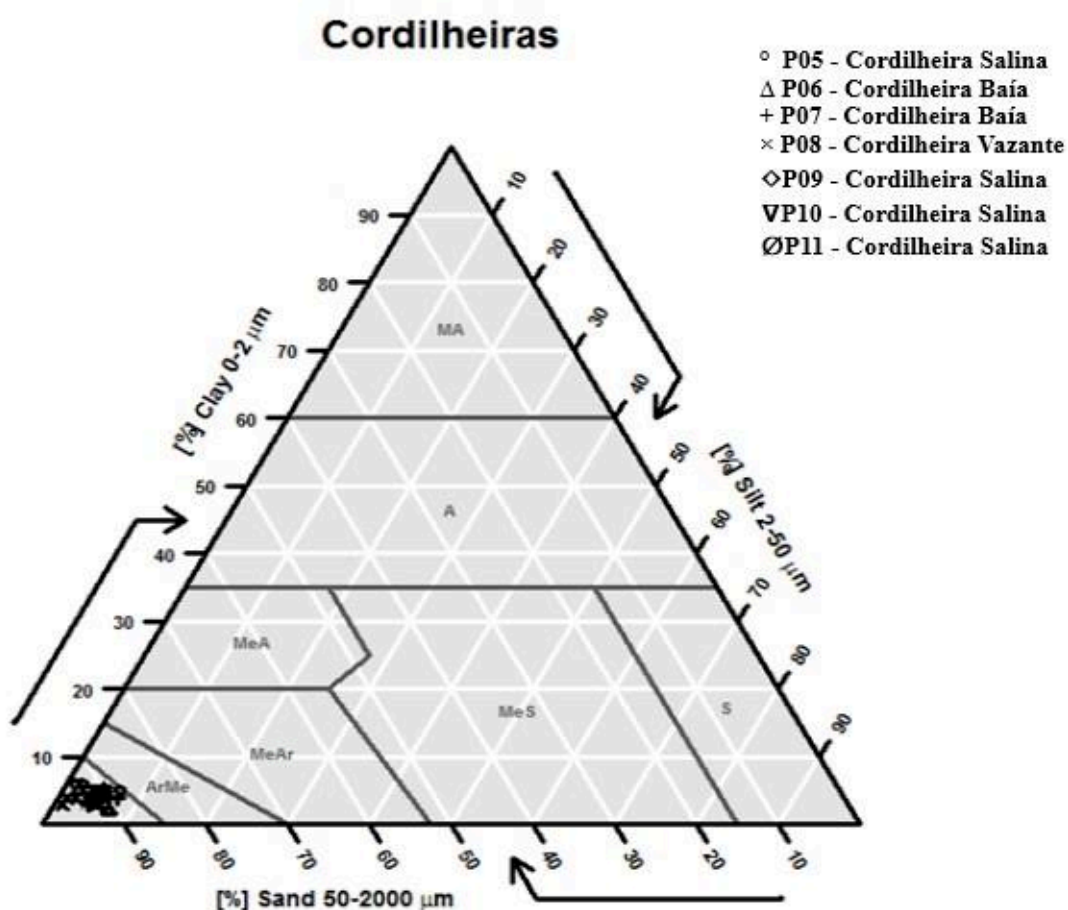
3.2 Cordilheiras

Os perfis amostrados neste ambiente foram divididos em: cordilheiras próximas as lagoas salinas (P5, P9, P10, P11), cordilheiras próximas as baías (P6 e P7) e cordilheira associada a Vazante (P8). Os perfis 05, 06, 09, 10 e 11 foram amostrados na Baixa Nhecolândia, enquanto os perfis 07 e 08 na Alta Nhecolândia. Em nível de diferenciação,

foram chamadas de cordilheiras salinas, cordilheiras baías e cordilheira vazante, respectivamente.

Todos os perfis apresentaram uma sequência de horizontes A-C ou A-CA-C, o que, de acordo com o SiBCS (EMBRAPA, 2018), são enquadrados na classe dos Neossolos Quartzarênicos. Até o 4º nível categórico foram classificados como NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos típicos, com exceção de P6, classificado como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico redóxico, devido à presença de mosqueados no seu horizonte Cs (Tabela 4).

Figura 8 - Triângulo Textural das cordilheiras - **Perfis 05, 09, 10, 11**- cordilheira próxima a Lagoa salina; **Perfis 06 e 07** - cordilheira próxima a baía; **Perfil 08** - cordilheira próxima a Vazante. Perfis coletados na região da baixa (P5, P6, P9, P10 e P11) e alta (P7 e 08) Nhecolândia. Aponta a homogeneidade da textura das cordilheiras, onde todos os perfis se agruparam na Textura Muito Arenosa (> 85% de areia).



*Sand: Areia, Clay: Argila, Silt: Silte

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 4 - Textura dos solos coletados em cordilheiras salinas (P5, P9, P10, P11), cordilheiras baías (P6 e P7), cordilheira vazante (P8) coletados na região da baixa (P5, P6, P9, P10 e P11) e alta (P7 e 08) Nhecolândia.

Horizonte (cm)	Cor	Areia Grossa	Areia fina	Silte	Argila	AG/AF	Textura
	Úmida	g/kg					
P5 - Cordilheira da salina - Neossolo Quartzarênico Órtico típico							
A (0-19)	10YR 3/3	277	603	66	54	0,5	Areia
A2 (19-30)	10YR 4/3	266	666	16	52	0,4	Areia
C1 (30-73)	10YR 5/6	316	604	16	63	0,5	Areia
C2 (73-94+)	10YR 5/3	277	659	5	59	0,4	Areia
P6 - Cordilheira baía - Neossolo Quartzarênico Órtico redóxico							
A (0-23)	10YR 4/4	131	782	46	40	0,2	Areia
C (23 - 64)	10YR 5/3	119	788	64	30	0,2	Areia
Cs (64-120+)	10YR 7/4	168	747	65	20	0,2	Areia
P7 - Cordilheira baía - Neossolo Quartzarênico Órtico típico							
A (0-27)	10YR 4/3	285	616	47	52	0,5	Areia
CA (27-44)	10YR 4/4	275	636	49	40	0,4	Areia
C (44-67)	10YR 4/4	243	645	68	43	0,4	Areia
C2 (67-91)	10YR 5/8	256	644	61	39	0,4	Areia
C3 (91-115+)	10YR 6/4	324	601	43	32	0,5	Areia
P8 - Cordilheira isolada - Neossolo Quartzarênico Órtico típico							
A1 (0-14)	10YR 4/3	502	453	8	36	1,1	Areia
A2 (14-38)	10YR 4/2	497	457	13	32	1,1	Areia
C1 (38-66)	10YR 5/3	514	407	47	32	1,3	Areia
C2 (66-93+)	10YR 5/3	485	451	24	40	1,1	Areia
P9 - Cordilheira salina - Neossolo Quartzarênico Órtico típico							
A (0-9)	10YR 3/2	236	659	53	52	0,4	Areia
A2 (9-23)	10YR 2/2	242	679	41	38	0,4	Areia
CA (23-52)	10YR 3/3	239	685	38	37	0,3	Areia
C1 (52/99)	10YR 4/3	237	686	34	44	0,3	Areia
C2 (99-130+)	10YR 3/4	247	685	32	35	0,4	Areia
P10 - Cordilheira salina- Neossolo Quartzarênico Órtico típico							
A (0-24)	10YR 3/2	198	714	38	50	0,3	Areia
A2 (24-33)	10YR 4/2	211	702	48	40	0,3	Areia
CA (33-59)	10YR 4/2	205	715	38	42	0,3	Areia
C1 (59-106)	10YR 4/4	198	724	31	47	0,3	Areia
C2 (106-120+)	10YR 3/4	208	702	46	45	0,3	Areia
P11 - Cordilheira salina - Neossolo Quartzarênico Órtico típico							
A (0-6)	10YR 3/2	370	556	17	57	0,7	Areia
CA (6-35)	10YR 4/2	371	572	16	41	0,6	Areia
C1 (35-51)	10YR 4/3	371	565	14	50	0,7	Areia
C2 (51-97)	10YR 3/4	422	510	10	58	0,8	Areia
C3 (97-120+)	10YR 4/4	346	584	16	54	0,6	Areia

*AG/AF – Relação Areia Grossa/Areia Fina

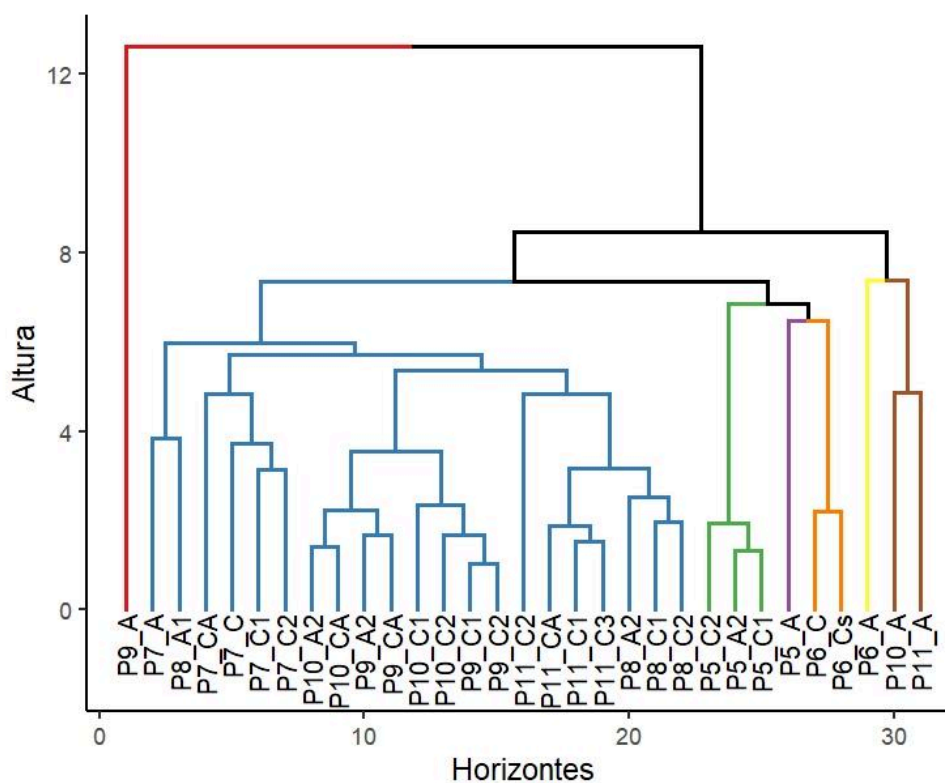
Fonte: Elaborado pelo autor

A textura arenosa reflete na baixa capacidade desses solos de reter cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , Na^{+}), resultando em baixos valores de CTC (T média: 1,82

cmol_c/kg) (Tabela 5). Além disso, devido à acidez (pH médio: 5,93), a maior parte do complexo de troca está sendo ocupada por íons Al³⁺ (Tabela 5).

O cluster apresenta que o horizonte A do P9 apresentou baixíssima similaridade com os outros horizontes dos perfis (Figura 10). Os horizontes superficiais A de P10 e P11 se assemelham mais ao horizonte A de P6, sendo todos os solos coletados na baixa Nhecolândia. Os demais perfis (P5, P6, P7, P8, P9, P10 e P11) apresentaram similaridades entre seus horizontes, estando mais próximos os horizontes de P5 e P6.

Figura 10 - Dendograma com os dados físicos e químicos dos grupos de solos das Cordilheiras coletados na região da baixa (P5, P6, P9, P10 e P11) e alta (P7 e 08) Nhecolândia. Perfis 05, 09, 10, 11- cordilheira próxima a Lagoa salina; Perfis 06 e 07 - cordilheira próxima a baía; Perfil 08 - cordilheira próxima a Vazante: horizontes superficiais (P10 e P11) próximos à lagoa salina da baixa Nhecolândia (marrom); horizonte superficial P6 próximo à baía da baixa Nhecolândia (amarelo); horizonte superficial (P5) próximo à salina da baixa Nhecolândia (roxo); horizontes e subsuperficiais (P5) próximo à salina da baixa Nhecolândia (verde); e demais horizontes (azul). *Outlier* natural (vermelho).



Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 5 - Atributos químicos dos solos em cordilheiras salinas (P5, 09, 10 e 11), cordilheira baía (P6 e P7) e cordilheira vazante (P8) coletados na região da baixa (P5, P6, P9, P10 e P11) e alta (P7 e 08) Nhecolândia.

Horizonte (cm)	pH	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	T	V	m	ISNa	MO	P-Rem	Cu	Mn	Fe	Zn
	H ₂ O	mg/Kg			cmol _c /kg						%			dag/kg	mg/l	mg/kg			
P5 - Cordilheira salina - Neossolo Quartzarênico Órtico típico																			
A (0-19)	6,23	15,77	28,28	0,00	1,00	0,21	0,00	1,77	1,28	3,05	42,00	0,00	0,00	0,52	42,50	0,18	65,04	40,51	0,23
A2 (19-30)	5,23	3,61	10,42	0,00	0,15	0,01	0,21	1,60	0,19	1,79	10,50	52,60	0,00	0,13	41,50	0,08	14,17	34,67	0,10
C1 (30-73)	5,21	3,31	4,06	0,00	0,13	0,01	0,27	1,56	0,16	1,71	9,10	63,50	0,00	0,00	43,90	0,12	10,21	36,66	0,08
C2 (73-94+)	5,18	3,66	3,27	0,00	0,11	0,01	0,26	1,63	0,13	1,77	7,40	66,70	0,00	0,65	44,50	0,17	8,50	36,55	0,08
P6 - Cordilheira baía - Neossolo Quartzarênico Órtico redóxico																			
A (0-23)	6,80	2,44	67,24	4,58	1,59	0,51	0,00	0,52	2,29	2,81	81,60	0,00	0,71	1,42	55,80	0,28	61,62	85,56	0,54
C (23 - 64)	6,59	0,61	30,37	0,00	0,31	0,04	0,00	0,54	0,43	0,97	44,40	0,00	0,00	0,39	49,70	0,03	3,24	42,65	0,07
Cs (64-120+)	6,70	0,31	17,62	0,13	0,18	0,03	0,00	0,19	0,26	0,45	57,70	0,00	0,12	0,39	57,40	0,06	2,77	26,19	0,06
P7 - Cordilheira baía - Neossolo Quartzarênico Órtico típico																			
A (0-27)	4,79	8,03	38,02	0,00	0,69	0,21	0,21	1,94	1,00	2,93	34,00	17,30	0,00	1,30	46,40	1,08	38,52	33,50	0,27
CA (27-44)	5,32	0,79	29,60	0,00	0,16	0,17	0,21	0,00	0,40	0,40	100	34,10	0,00	0,52	44,50	0,13	111,70	5,99	0,17
C (44-67)	5,49	0,59	54,30	0,00	0,04	0,15	0,14	0,95	0,33	1,28	25,70	29,70	0,00	0,26	48,70	0,09	88,42	5,80	0,27
C2 (67-91)	5,35	0,27	57,38	0,73	0,05	0,09	0,00	0,20	0,29	0,49	58,90	0,00	0,66	0,26	50,50	0,08	50,24	8,27	0,24
C3 (91-115+)	6,22	0,19	25,95	0,00	0,03	0,06	0,00	0,19	0,16	0,35	45,50	0,00	0,00	0,13	52,10	0,16	21,39	5,38	0,17
P8 - Cordilheira vazante - Neossolo Quartzarênico Órtico típico																			
A1 (0-14)	4,82	7,90	33,95	0,00	0,35	0,15	0,13	1,11	0,58	1,69	34,40	18,40	0,00	0,65	51,00	0,53	23,76	32,84	0,24
A2 (14-38)	4,91	16,28	13,62	0,00	0,11	0,04	0,31	0,71	0,18	0,90	20,30	63,20	0,00	0,26	45,70	0,21	35,35	14,59	0,27
C1 (38-66)	4,98	9,20	9,79	0,00	0,10	0,05	0,19	0,52	0,18	0,70	25,20	51,80	0,00	0,26	49,20	0,16	39,88	12,99	0,27
C2 (66-93+)	4,88	3,74	8,68	0,00	0,05	0,04	0,25	0,60	0,11	0,71	15,90	69,10	0,00	0,39	45,70	0,21	43,32	4,41	0,41
P9 - Cordilheira salina - Neossolo Quartzarênico Órtico típico A-Moderado																			
A (0-9)	6,68	13,73	53,27	8,32	3,58	0,89	0,00	1,75	4,64	6,39	72,70	0,00	0,57	2,20	32,40	0,60	5,24	107,71	0,55
A2 (9-23)	6,51	7,63	17,62	5,87	0,98	0,23	0,00	1,25	1,29	2,54	50,90	0,00	1,01	0,63	53,90	0,23	19,75	47,27	0,57
CA (23-52)	6,26	11,41	14,44	7,22	0,71	0,19	0,00	1,16	0,96	2,12	45,40	0,00	1,48	0,63	52,10	0,21	16,03	36,32	0,64
C1 (52-99)	6,10	13,88	16,91	9,86	0,32	0,07	0,13	0,92	0,47	1,39	34,00	22,10	3,09	0,38	50,80	0,13	15,92	21,77	0,54
C2 (99-130+)	6,21	16,68	12,67	8,44	0,36	0,04	0,13	0,91	0,47	1,39	34,00	22,10	2,65	0,25	50,50	0,11	24,91	20,76	0,56

P10 - Cordilheira salina- Neossolo Quartzarênico Órtico típico A-Moderado

A (0-24)	5,83	6,37	46,98	4,55	1,81	0,34	0,00	1,59	2,30	3,89	59,10	0,00	0,51	1,57	52,70	0,38	14,70	99,95	0,40
A2 (24-33)	5,98	5,27	26,73	7,03	0,85	0,15	0,00	1,13	1,10	2,23	49,50	0,00	1,37	0,63	52,70	0,17	17,30	46,14	0,34
CA (33-59)	5,97	7,41	23,73	5,93	0,82	0,13	0,00	1,04	1,03	2,07	49,80	0,00	1,25	0,25	54,80	0,22	18,39	36,26	0,37
C1 (59-106)	6,05	12,25	26,09	7,25	0,40	0,08	0,00	0,94	0,58	1,52	38,10	0,00	2,07	0,25	54,00	0,19	23,34	21,96	0,39
C2 (106-120+)	5,83	14,89	29,22	6,96	0,34	0,07	0,13	0,77	0,51	1,28	40,20	20,40	2,36	0,13	50,70	0,21	33,25	26,36	0,55

P11 - Cordilheira Salina - Neossolo Quartzarênico Órtico típico A-Moderado

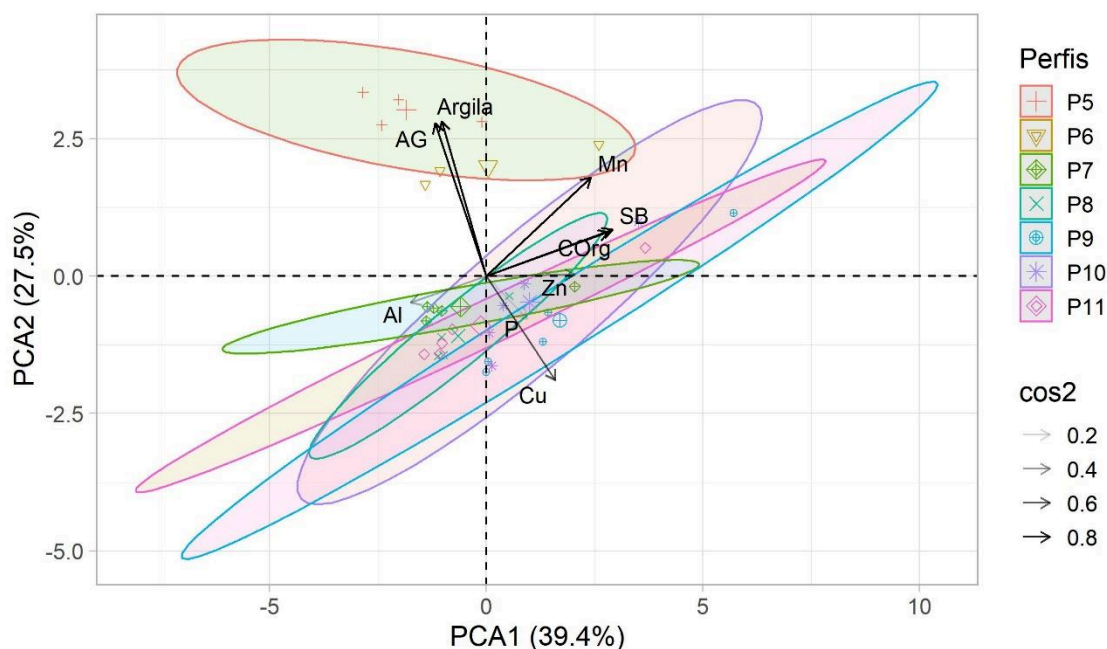
A (0-6)	5,53	5,62	10,29	8,78	0,14	0,02	0,00	2,14	2,05	4,19	49,00	0,00	0,66	1,88	57,30	0,86	12,35	65,77	0,43
CA (6-35)	5,56	2,78	9,25	5,05	0,11	0,02	0,21	1,49	0,23	1,72	13,20	47,50	0,72	0,50	55,20	0,18	43,62	18,15	0,38
C1 (35-51)	5,42	3,48	7,65	3,55	0,12	0,03	0,27	1,11	0,23	1,34	17,10	54,20	0,45	0,50	48,60	0,18	53,18	9,87	0,39
C2 (51-97)	5,43	2,07	10,34	22,83	0,14	0,06	0,20	1,10	0,21	1,31	15,80	49,20	0,00	0,25	50,20	0,14	54,27	8,00	0,46
C3 (97-120+)	5,76	1,95	9,03	4,93	0,08	0,05	0,27	0,90	0,20	1,10	18,20	57,40	1,09	0,25	52,10	0,10	53,23	5,70	0,43

***SB** - Soma de Bases Trocáveis; **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; **P-rem** - Fósforo Remanescente.

Fonte: Elaborado pelo autor

Os dois primeiros eixos da PCA explicaram 66,6% da variação nos dados, reconhecendo um gradiente edáfico (Figura 11). O primeiro eixo explicou 39,4% das variâncias e correlacionou-se positivamente com SB ($R=0,92$), COrg (0,86), Mn ($R = 0,76$) e Zn ($R = 0,64$) (Tabela A.2) e negativamente com Al ($R = -0,55$). O segundo eixo explicou 27,5% da variação nos dados dos perfis e correlacionou-se positivamente com a Argila ($R = 0,89$) e AG ($R = 0,88$) (Tabela A.2).

Figura 11 - Análise dos Componentes Principais (PCA) com os dados das análises físicas e químicas dos perfis das cordilheiras: salinas – P5, P9, P10 e P11; baías – P6 e P7; vazante – P8 coletados na região da baixa (P5, P6, P9, P10 e P11) e alta (P7 e 08) Nhecolândia.



*AG: Areia Grossa; SB - Soma de Bases Trocáveis; pH1: pH em H₂O.

Fonte: Elaborado pelo autor

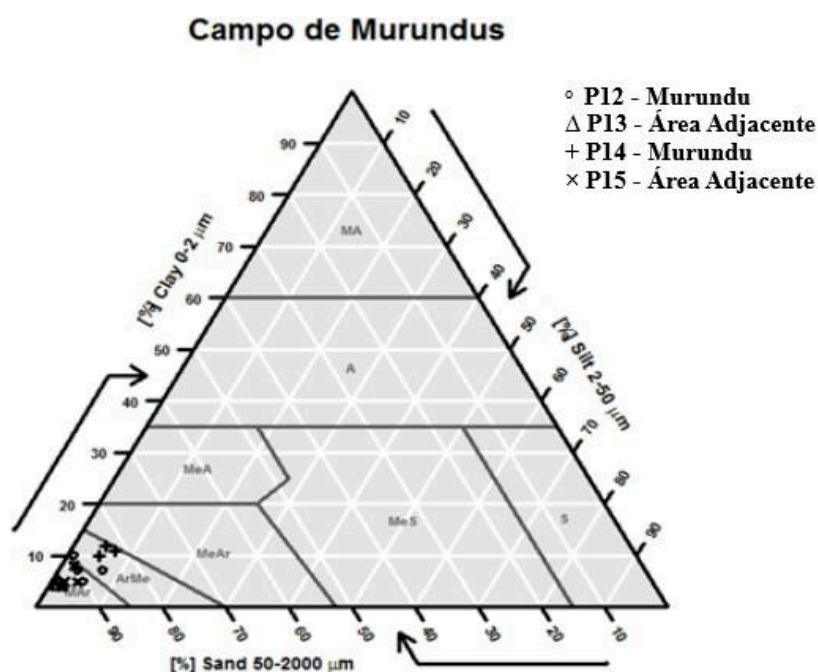
3.3 Campos de Murundus

Os perfis P12 e P14 foram coletados no alto de murundus. Já os perfis P13 e P15 foram coletados entre os murundus. Portanto, em nível de nomenclatura foram divididos em: murundus (P12 e P14) e áreas adjacentes (P13 e P15). Os quatro perfis apresentaram uma sequência de horizontes A-C ou A-CA-CA que, associado à ausência de outros horizontes e características diagnósticos, foram classificados até 4º nível categórico como

NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos típicos, de acordo com o SiBCS (EMBRAPA, 2018).

Em relação à textura, os perfis são bem semelhantes. Houve o predomínio da fração areia, típica dos Neossolos Quartzarênicos, cujos perfis de murundus (P12 e P14) apresentaram textura um pouco mais fina em relação aos perfis de área adjacente (P13 e P15). O Perfil 12 apresentou horizontes subsuperficiais (C1 e C2) de textura areia franca, enquanto o Perfil 14 apresentou a mesma textura ao longo de toda a seção (Tabela 6). Essa variação textural foi sintetizada no Triângulo Textural (Figura 12).

Figura 12 - Triângulo textural dos campos de murundus: **Perfis 12 e 14** - Coletados em cima de murundus. **Perfis 13 e 15** - Coletados na área Adjacente aos murundus. Perfis coletados na sub-região da alta Nhecolândia.



*Sand: Areia, Clay: Argila, Silt: Silte

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 6 - Textura dos solos em Campos de Murundus Perfis coletados na sub-região da alta Nhecolândia.

Horizonte (cm)	Cor	Areia Grossa	Areia fina	Silte	Argila	AG/AF*	Textura
	Úmida						
P12 - Murundu - Neossolo Quartzarênico Órtico típico							
A (0-5)	10YR 3/2	372	533	28	67	0,7	Areia
CA (5-16)	10YR 4/2	375	523	45	57	0,7	Areia
C1 (16-67)	10YR 4/2	351	537	11	101	0,7	Areia Franca
C2 (67-110+)	10YR 5/2	343	513	71	72	0,7	Areia Franca

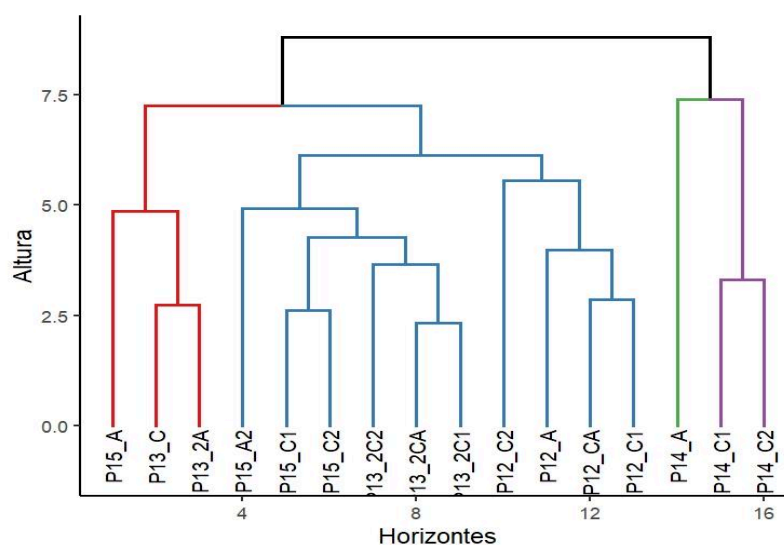
P13 - Área Adjacente - Neossolo Quartzarênico Órtico típico							
C (0-3)	-	503	445	14	39	1,1	Areia
2A (3-7)	10YR 3/2	470	484	3	43	1,0	Areia
2CA (7-16)	10YR 4/2	398	542	18	42	0,7	Areia
2C1 (16-63)	10YR 4/3	393	550	9	48	0,7	Areia
2C2 (63-97+)	10YR 5/4	474	469	21	35	1,0	Areia
P14 - Murundu - Neossolo Quartzarênico Órtico típico							
A (0-5)	10YR 3/2	350	498	51	101	0,7	Areia Franca
C1 (5-47)	10YR 4/2	363	469	52	117	0,8	Areia Franca
C2 (47-95+)	10YR 3/4	368	456	65	111	0,8	Areia Franca
P15 - Área Adjacente - Neossolo Quartzarênico Órtico típico							
A (0-2)	10YR 5/2	452	489	16	43	0,9	Areia
A2 (2-35)	10YR 5/3	456	483	16	45	0,9	Areia
C1 (35-72)	10YR 6/3	404	511	38	47	0,8	Areia
C2 (72-90+)	10YR 7/3	427	473	24	77	0,9	Areia

*AG/AF – Relação Areia Grossa/Areia Fina

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir do cluster foi possível identificar que os horizontes subsuperficiais (2A e C) do P13 se assemelham mais ao horizonte superficial A de P15. Os horizontes subsuperficiais (C1 e C2) de P14 e horizonte superficial A de P14 apresentam alta similaridade. Os demais horizontes apresentaram uma distância de similaridade entre seus perfis.

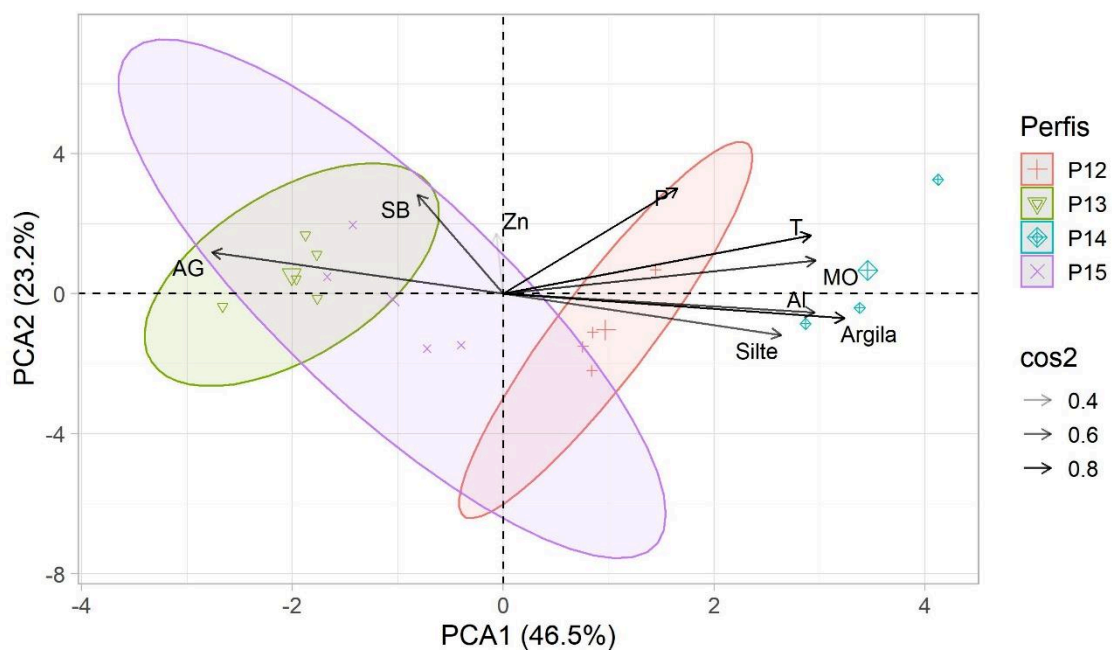
Figura 13 - Dendograma com os dados físicos e químicos dos grupos de solos dos murundus coletados na sub-região da Alta Nhecolândia: horizontes subsuperficiais (C1 e C2) de P14 (roxo); horizonte superficial A de P14 (verde); solos vulcânicos (azul); e horizontes subsuperficiais (2A e C) de P13 e horizonte superficial A de P15 (vermelho).



Fonte: Elaborado pelo autor

Os dois primeiros eixos da PCA explicaram 69,7% da variação nos dados, reconhecendo um gradiente edáfico (Figura 2). O primeiro eixo explicou 46,5% das variâncias e correlacionou-se positivamente à Argila ($R=0,90$), MO ($0,82$), Al ($R = 0,82$) e T ($R = 0,81$) e negativamente à AG ($R = -0,76$) (Tabela A.3). O segundo eixo explicou 23,2% da variação nos dados dos perfis e correlacionou-se positivamente a P ($R = 0,83$) e SB ($R = 0,78$) (Tabela A.3).

Figura 6 - Análise dos componentes principais (PCA) com os dados das análises físicas e químicas dos perfis de Campo de Murundus coletados na sub-região da alta Nhecolândia.



*AG: Areia Grossa; SB - Soma de Bases Trocáveis; MO: Matéria Orgânica.

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 7 - Atributos químicos dos perfis de Campo de Murundus – P12, P13, P14 e P15

Horizonte (cm)	pH	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	T	V	m	ISNa	MO	P-Rem	Cu	Mn	Fe	Zn
	H2O	mg/kg			cmol _c /kg					%			dag/kg	mg/l	mg/kg				
P12- Murundu - Neossolo Quartzarênico Órtico típico																			
A (0-5)	4,14	4,82	41,63	0,00	0,20	0,07	0,69	3,36	0,38	3,74	10,20	64,60	0,00	1,70	43,90	0,26	41,04	6,72	0,23
CA (5-16)	4,10	1,70	21,97	0,00	0,04	0,02	0,67	2,20	0,12	2,32	5,20	84,80	0,00	1,04	39,90	0,12	60,11	1,77	0,30
C1 (16-67)	4,17	0,74	12,51	3,75	0,02	0,01	0,70	1,77	0,08	1,85	4,40	89,60	0,88	0,52	39,80	0,11	79,47	1,77	0,35
C2 (67-110+)	4,85	0,52	20,19	14,28	0,01	0,01	0,57	1,05	0,13	1,18	11,40	80,90	5,26	0,13	46,90	0,05	91,07	2,69	0,40
P13 – Área Adjacente - Neossolo Quartzarênico Órtico típico																			
C (0-3)	5,52	3,18	15,91	0,00	0,29	0,15	0,48	0,00	0,51	0,99	48,40	0,00	0,00	0,52	52,60	0,39	29,66	10,44	0,19
2A (3-7)	5,51	2,83	19,52	0,00	0,25	0,11	0,41	0,00	0,88	1,29	31,70	0,00	0,00	0,52	49,80	0,09	23,17	1,45	0,17
2CA (7-16)	5,44	1,04	15,94	0,00	0,08	0,06	0,19	0,20	0,62	0,81	23,10	51,80	0,00	0,52	44,50	0,03	10,54	0,42	0,13
2C1 (16-63)	5,12	0,70	10,44	0,00	0,03	0,01	0,08	0,33	0,90	0,98	7,80	81,40	0,00	0,39	42,40	0,07	4,87	0,28	0,20
2C2 (63-97+)	4,94	0,56	3,48	0,00	0,03	0,01	0,04	0,26	0,42	0,46	9,10	86,40	0,00	0,26	47,60	0,03	3,69	0,21	0,17
P14 - Murundu - Neossolo Quartzarênico Órtico típico																			
A (0-5)	4,12	10,44	78,86	0,00	0,43	0,23	0,73	4,02	0,86	4,88	17,60	46,10	0,00	0,38	42,70	0,82	42,53	32,24	0,49
C1 (5-47)	4,34	2,97	40,36	14,54	0,06	0,05	0,94	2,36	0,28	2,64	10,70	77,00	2,39	0,25	37,60	0,43	53,99	19,49	0,73
C2 (47-95+)	4,92	1,28	84,19	21,87	0,03	0,06	0,71	1,88	0,40	2,28	17,50	64,20	4,18	1,57	38,90	0,17	72,23	16,76	0,74
P15– Área Adjacente - Neossolo Quartzarênico Órtico típico																			
A (0-2)	5,07	4,82	60,80	0,00	0,30	0,24	0,22	1,19	0,70	1,89	37,30	23,40	0,00	1,30	49,20	1,01	19,80	39,15	0,33
A2 (2-35)	5,10	1,19	20,23	0,00	0,08	0,03	0,33	0,63	0,16	0,79	20,40	67,60	0,00	0,39	44,10	1,87	20,86	3,77	0,38
C1 (35-72)	4,97	0,78	13,49	0,00	0,03	0,01	0,40	0,78	0,07	0,85	8,30	85,10	0,00	0,39	42,00	0,03	10,65	0,78	0,37
C2 (72-90+)	4,83	0,59	9,55	0,00	0,04	0,01	0,63	1,03	0,07	1,10	6,70	89,60	0,00	0,26	36,70	0,00	5,87	0,59	0,46

***SB** - Soma de Bases Trocáveis; **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; **P-rem** - Fósforo Remanescente;

Fonte: Elaborado pelo autor

3.4 Vazantes

O solo amostrado em área de vazante (P16) apresentou uma sequência de horizonte A-CA-C (Tabela 8), que o encaixa, também, na classe dos Neossolos Quartzarênicos (EMBRAPA, 2018), assim como nas cordilheiras e nos campos de murundus. Em terceiro e quarto níveis categóricos, foi classificado NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico típico. As Vazantes, conforme exposto anteriormente, são áreas que servem como escoadouro para as águas da cheia, sendo assim, os solos são sujeitos a severo hidromorfismo na maior parte do ano e, por mais de 5 meses, esse ambiente fica inundado. A elevação do lençol freático gera um ambiente redutor de ferro, o que ocasiona a formação de mosqueados, sendo refletido na presença comum de mosqueados de tamanho médio nos horizontes Cg e Cgf (Anexo A).

Esse solo apresentou textura arenosa (Figura 15), ao longo do perfil, com exceção do horizonte A1, que possui uma maior quantidade de argila (Tabela 8) e apresentou textura franco-arenosa.

Tabela 8 - Atributos físicos do perfil da vazante (P16) coletado na sub-região da alta Nhecolândia.

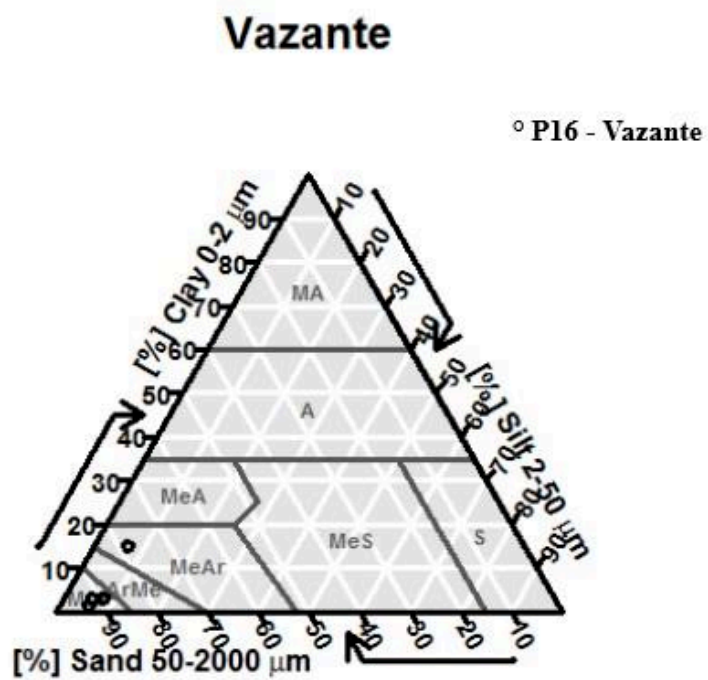
Horizonte (cm)	Cor	Areia Grossa	Areia fina	Silte	Argila	AG/AF	Textura
	Úmida	g/kg					
P16 - Vazante - Neossolo Quartzarênico Hidromórfico típico							
A1 (0-15)	10YR 3/1	221	559	70	150	0,4	Franco-Arenosa
CA (15-26)	10YR 3/2	250	639	80	32	0,4	Areia
Cg1 (26-37)	10YR 6/4	269	666	58	7	0,4	Areia
Cgf (37-50+)	10YR 6/4	223	683	58	26	0,3	Areia

*AG/AF – Relação Areia Grossa/Areia Fina

Fonte: Elaborado pelo autor

P16 apresenta baixos teores de cátions básico, tem-se pH (média: 4,95) e altos valores de saturação por alumínio (m) (média: 53%), ocorrem baixas quantidades de micronutrientes: Cu (média: 0,12 mg/kg), Fe (média: 8,35 mg/kg), Mn (média: 137,21 mg/kg) e Zn (média: 0,67 mg/kg) (Tabela 9).

Figura 7 - Triângulo textural do solo de vazante (P16) coletado na sub-região da alta Nhecolândia.



*Sand: Areia, Clay: Argila, Silt: Silte

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 9 - Atributos químicos do perfil da vazante (P16) coletado na sub-região da alta Nhecolândia.

Horizonte (cm)	pH	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	T	V	m	ISNa	MO	P-Rem	Cu	Mn	Fe	Zn
	H2O	mg/Kg			cmolc/kg						%			dag/kg	mg/L	mg/kg			
P16 - Vazante - Neossolo Quatzarênico Hidromórfico plintossólico																			
A1 (0-15)	4,50	3,77	62,77	4,57	0,15	0,06	1,19	3,77	0,39	4,16	9,50	75,10	0,48	2,22	30,10	0,27	319,33	27,62	1,54
CA (15-26)	4,67	1,27	21,64	0,00	0,05	0,01	0,43	0,97	0,12	1,09	11,00	78,10	0,00	0,39	46,40	0,08	143,93	4,55	0,68
Cg1 (26-37)	5,29	0,52	8,48	0,00	0,05	0,02	0,12	0,13	0,08	0,22	39,40	59,40	0,00	0,26	53,10	0,05	39,06	0,72	0,25
Cgf (37-50+)	5,35	0,72	7,23	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,06	0,06	100,00	0,00	0,00	0,26	51,80	0,09	47,15	0,53	0,23

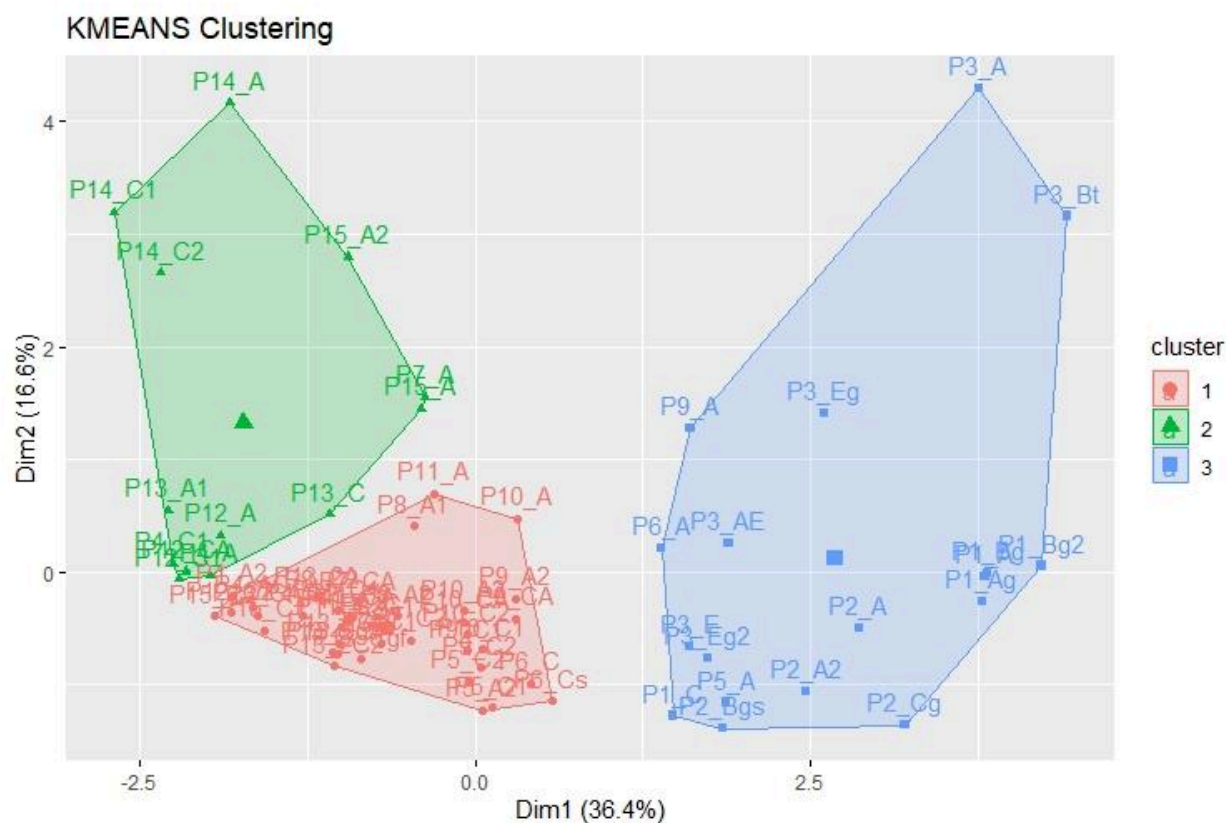
***SB** - Soma de Bases Trocáveis; **T** - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; **V** - Índice de Saturação por Bases; **m** - Índice de Saturação por Alumínio; **ISNa** - Índice de Saturação por Sódio; **MO** - Matéria Orgânica; **P-rem** - Fósforo Remanescente.

Fonte: Elaborado pelo autor

3.5 Análise integrada dos ambientes

Analisando-se o dendograma gerado pelo cluster k-means, identificam-se três grandes grupos principais no conjunto de horizontes dos solos amostrados nos diferentes ambientes (Figura 16). Verifica-se que o clustering delimitou as heterogeneidades internas dos diferentes ambientes da Nhecolândia. No grupo 1, em que estão inseridos horizontes dos perfis das cordilheiras, verifica-se uma diferenciação entre os mesmos. Para o grupo 2 que inclui os murundus, destaca-se o alto grau de similaridade entre os horizontes de P12 e P13. No grupo 3, dos horizontes das baías e salinas (P1, P2 e P3), observa-se uma separação clara entre os perfis dos demais ambientes. (Figura 16).

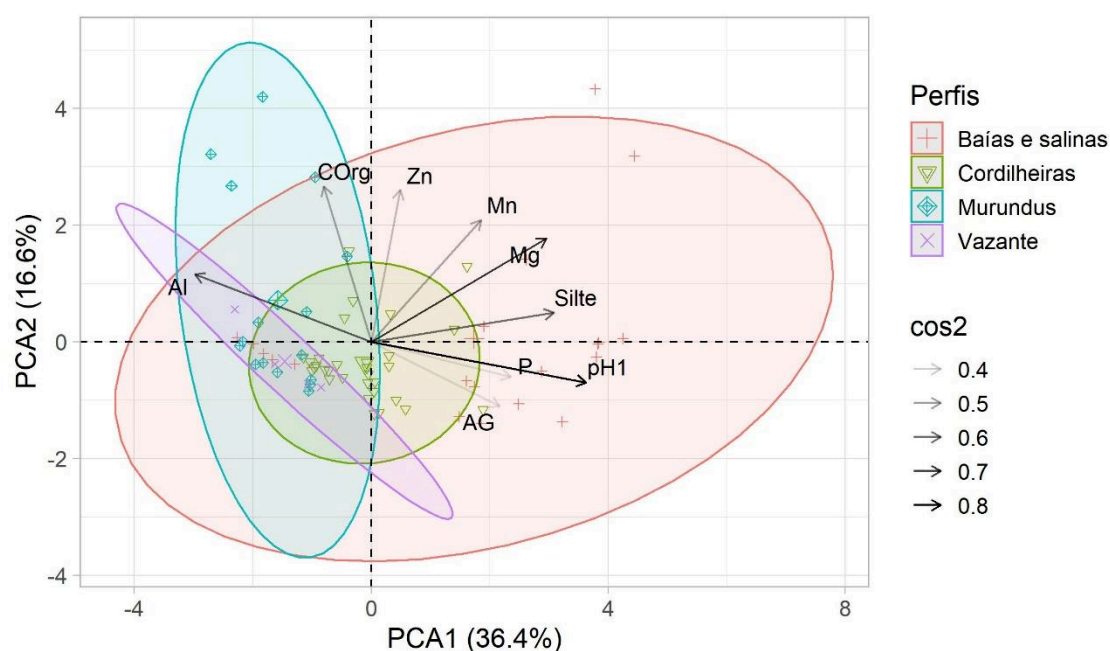
Figura 8 - Agrupamentos k-means identificados, com seus centroides (símbolos maiores localizados no centro de cada grupo) dos solos dos horizontes dos perfis coletados em todos os ambientes amostrados da Nhecolândia.



Fonte: Elaborado pelo autor

A Análise dos Componentes Principais (PCA) dos atributos físicos e químicos do solo, entre os ambientes explicou 36,4% da variância dos dados (eixo 1), enquanto o eixo 2 explicou 16,6%. Totalizando 53 % do total da variância podem ser explicados pelos dois primeiros eixos da análise (Figura 17). O primeiro eixo correlacionou-se positivamente com pH ($R=0,89$), Silte ($0,75$), Mg ($R = 0,72$) e P ($R = 0,58$) e negativamente com o Al ($R = -0,73$) (Tabela A.4). O segundo eixo correlacionou-se positivamente com COrg ($R = 0,65$), Zn ($R = 0,64$) e Mn ($R = 0,51$) (Tabela A.4).

Figura 9 - Análise dos Componentes Principais (PCA) com os dados das análises físicas e químicas de todos os ambientes na Região da Nhecolândia.

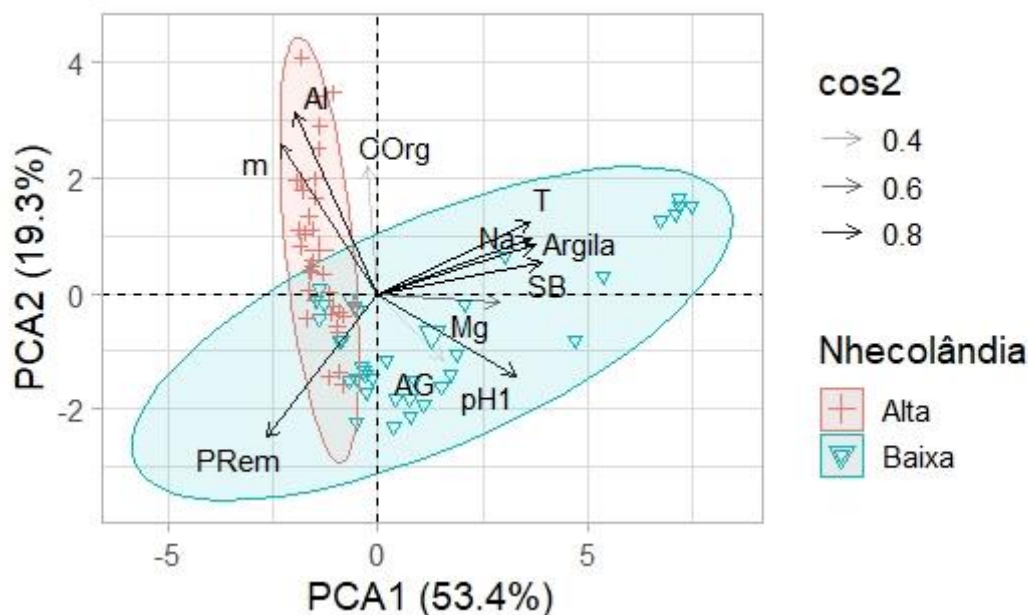


***AG**: Areia Grossa; **pH1**: pH em H₂O; **COrg**: Carbono Orgânico.

Fonte: Elaborado pelo autor

Já para as sub-regiões da Nhecolândia (alta e baixa), os dois primeiros eixos da PCA explicaram 72,7% da variação nos dados (Figura 18). O primeiro eixo explicou 53,4% das variâncias e correlacionou-se positivamente com SB ($0,97$), Argila ($R=0,94$), Na ($R = 0,91$), T ($R=0,90$), pH ($R=0,82$), e Mg ($R = 0,73$) e negativamente com m ($R = -0,58$) e PRem ($R = -0,67$) (Tabela A.5). O segundo eixo explicou 19,3% da variação nos dados dos perfis e correlacionou-se positivamente com Al ($R = 0,78$) e m($R=0,64$) e negativamente com PRem ($R = -0,62$) (Tabela A.5).

Figura 10 - Análise dos Componentes Principais (PCA) com os dados das análises físicas e químicas de todos os perfis coletados nas sub-regiões da Nhecolândia.



*AG: Areia Grossa; pH1: pH em H₂O; COrg: Carbono Orgânico; SB - Soma de Bases Trocáveis, P-rem - Fósforo Remanescente.

Fonte: Elaborado pelo autor

4 DISCUSSÃO

4.1 Baías e salinas

Os Gleissolos são solos com hidromorfia expressa pela forte gleização, (P1 – Ag, Bg, Bg2; P2 – Bgs, Cg) (Tabela 2), devido aos processos de redução do ferro com matéria orgânica, podendo ou não ter alternância de oxidação, devido às variações do nível do lençol freático (EMBRAPA, 2018). As baías apresentaram solos bem distintos: Neossolo Quartzarênico (P3) é um solo de textura arenosa, com 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala, além da ausência de materiais primários facilmente intemperizáveis (EMBRAPA, 2018). Planossolo (P4) é um solo que

apresenta um horizonte B plânico, um tipo especial de B textural, que tem mudança textural abrupta em relação ao horizonte imediatamente acima (EMBRAPA, 2018).

No Triângulo Textural (Figura 5) os perfis das salinas apresentaram grande diferença textural: P1 possui um horizonte muito argiloso, seguido de uma sequência de horizontes argilosos e um horizonte arenoso (Tabela 2); P2, por outro lado, é um pouco mais arenoso, com uma sequência de horizontes de argila arenosa, franco argilo arenosa e os demais arenosos (Tabela 2).

Essa diferença textural ocasiona uma grande descontinuidade vertical e das camadas argilosas e impermeáveis das salinas (BARBIERO *et al.*, 2008; FURQUIM, 2007; MARTINS, 2012). Na borda da salina (P1), os horizontes argilosos, duros e com alta concentração de Na⁺ (Tabela 2) resultam em pouca permeabilidade e se assemelham ao descrito por Barbiero *et al.* (2008) como um “anel externo”. Segundo a proposta de Barbiero *et al.* (2008), as salinas são compostas por um “anel externo”, com camadas argilosas impermeáveis que ascendem no perímetro externo da salina, controlando o fluxo de água que a abastece. Nas épocas de cheia, o lençol tem de estar alto o suficiente para verter por este anel argiloso ascendente e abastecer a salina. Já no interior, a salina possui um “anel interno”, caracterizado por camadas impermeáveis que limitam o contato hídrico subterrâneo entre salinas e baías e vazantes. O contato abrupto entre horizontes arenosos superficiais e horizontes endurecidos subsuperficiais cria uma grande diferença de potencial hidráulico, o que governa os fluxos de água entre salinas e cordilheiras.

Essa dinâmica explica porque, no perfil da borda (P1), o lençol freático estava 88 cm de profundidade, mas o perfil no interior da salina (P2) não se verificou sinais da ocorrência do lençol freático até a profundidade de 75 cm. Ainda segundo essa proposta (Barbiero *et al.*, 2008), é de se esperar que exista um horizonte argiloso e pouco permeável subposto ao horizonte P2-Cg, responsável por limitar o contato subterrâneo hídrico da salina com vazantes e baías. Horizontes argilosos e esverdeados já foram descritos por Sakamoto (1997) e Fernandes (2000) e são representativos da região, sempre associados a maiores salinidades (FURQUIM, 2007). Segundo Martins (2012), a cobertura pedológica impermeável ao redor das salinas é um padrão morfológico regional e representativo da Nhecolândia. Os estudos também demonstram que a camada verde impermeável aparece nas cordilheiras, subjacentes aos espessos horizontes arenosos (SAKAMOTO, 1997; FERNANDES, 2000; MARTINS, 2012), que contrastam com as cordilheiras próximas às salinas descritas nesse trabalho, que não apresentam camada esverdeada.

De acordo com a proposta de Barbiero *et al.*, (2008), corroborada por Martins (2012), as ondulações dos horizontes argilosos, endurecidos e impermeáveis (“soleiras”), resulta numa cobertura pedológica em que a água fica armazenada e se concentra. Na estiagem, o lençol freático fica fragmentado em água doce sobre a cordilheira, e água salgada na salina. Dessa maneira, os horizontes argilosos impermeáveis no perímetro externo impedem que haja influxo de água doce para as salinas, o que resultaria na diluição de suas águas. Haja vista as condições climáticas do Pantanal, em que a evaporação supera a precipitação (FERNANDES, 2007), as águas superficiais das salinas se tornariam concentradas em íons, havendo conservação e saturação por alguns elementos, no caso deste estudo, por sódio (BARBIERO *et al.*, 2008).

As baías estão nas áreas mais baixas da paisagem. Em outros estudos, descreveram-se características comuns dos solos dessas áreas, nos quais se tem a presença de um horizonte B textural, com marcas de hidromorfismo, eutrofia, alcalinidade e saturação por Na^+ (SAKAMOTO, 1997; FERNANDES, 2000; FURQUIM, 2007; BÁRBIERO *et al.*, 2008). Tais associaram à acumulação de água durante um período do ano ou ao ano todo (SAKAMOTO, 1997; FERNANDES, 2000; FURQUIM, 2007; BÁRBIERO *et al.*, 2008). O Perfil 3 apresenta todas essas características, onde as marcas de hidromorfismo são notadas na presença de horizontes com características glei (Eg e Eg2) (Tabela 3). Por outro lado, P4 que é descrito no mesmo ambiente, apresenta características completamente opostas. Não apresenta horizonte B textural, alcalinidade e nem saturação por Na^+ (Tabela 3). A diferença entre esses perfis (P3 e P4) pode estar associados às variações sedimentológicas entre a Alta e a Baixa Nhecolândia.

Em relação aos atributos químicos, as salinas e as baías, conforme esperado, apresentam características muito diferentes entre si (Figura 7). Além disso, as baías (P3 e P4) também apresentam algumas características distintas entre si. As salinas são marcadas por pH alcalinos (média: 9,45), elevados valores de ISNa, características eutróficas ($V > 50\%$) (Tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados em outros estudos em salinas da Nhecolândia (SAKAMOTO, 1997; FERNANDES, 2000; FURQUIM, 2007; BÁRBIERO *et al.*, 2008). Por outro lado, o solo da baía P3 apresenta características que o assemelham mais às salinas do que a baía (P4), tais como pH alcalino (média: 8,27), características eutróficas ($V\%$ médio: 79,8%), além dos valores de ISNa (Tabela 3, Figura 7), semelhantes aos perfis descritos em baías por Reis (2017). Esses valores, corroboram com a proposta de Cunha (1981) de que as baías já foram salinas

em um período pretérito mais seco e que, ao se comunicaram com Vazantes e Corixos, começaram a perder a salinidade gradativamente. As que se mantêm isoladas, por outro lado, continuam com as elevadas concentrações de sais (CUNHA, 1981).

A baía da Alta Nhecolândia (P4) se assemelha bastante aos solos encontrados nas cordilheiras. Apresentou pH ácido, baixos valores de SB e CTC (T) e alta saturação de alumínio (Tabela 3). Esses valores, associados à textura arenosa com predominância de Areia Fina, corroboram com a proposta de retrabalhamento por processos eólicos, proposto por Almeida e Lima (1959); Soares, Soares e Assine (2003); Assine e Soares (2004).

Os horizontes mais profundos de P1 (C) e P2 (Bgs) se agrupam (Figura 6), pois em profundidade, a textura destes tende a se tornar mais arenosa, o que faz com que eles se assemelhem texturalmente aos horizontes das baías (Figura 6). Verifica-se, neste caso, que o processo de transformação de salinas em baías, conforme proposto por Cunha (1981), pode ainda estar atuante no Pantanal da Nhecolândia.

Utilizando-se a PCA foi possível verificar quais das variáveis químicas e físicas estão mais associadas aos perfis dos solos e, conseqüentemente, que possuem a maior capacidade de explicação dos agrupamentos estabelecidos nas análises de *clustering* (Figura 6). Observou-se que, apesar de os eixos principais criados pela PCA, possuírem uma capacidade de explicação da variância dos dados de 70,9%, os perfis de solos ficaram distribuídos e discriminados no espaço bidimensional dos gráficos (Figura 7), mostrando a presença de um perfil de solo (P4) com características mais ácidas, intermediada por um perfil (P2), que compartilha características em comum com os outros perfis (Figura 6).

Assim, as salinas apresentaram características químicas muito semelhantes: pH alcalinos, altas concentrações de Na^+ e K^+ , elevadas CTC, SB e V, porém se diferem no que tange à granulometria dos horizontes subsuperficiais que são mais arenosos que os superficiais argilosos. Já as baías apresentaram características distintas para cada região da Nhecolândia. A baía da Baixa Nhecolândia (P3) se assemelhou muito às salinas, enquanto a da Alta Nhecolândia (P4) se assemelhou às cordilheiras, com pH ácido, baixa fertilidade e textura arenosa. Isso pode indicar que os processos de formação das baías são diferentes nas regiões da Nhecolândia.

4.2 Cordilheiras

Mesmo estando em regiões diferentes (Alta e Baixa Nhecolândia), as cordilheiras não apresentaram diferença granulométrica, onde todas apresentaram textura Areia, conforme é sintetizado no Triângulo Textural (Figura 7). Os perfis apresentaram uma relação Areia Grossa/Areia Fina baixa (média: 0,4) e homogênea, indicando mesmo material de origem, sem descontinuidade litológica. A predominância de Areia Fina se dá devido aos processos de formação das cordilheiras por deposição eólica, descrito por Klammer (1982) e Soares, Soares e Assine. (2003).

A gênese desses solos estaria condicionada à variação de clima nos períodos passados, de semiárido ao úmido. Atualmente são submetidos à variação climática anual com seus períodos secos e úmidos (CUNHA; POTT; GONÇALVES, 1985; BEIRIGO, 2013). Isto é importante, pois o contexto evolutivo é necessário para compreender os processos pedogenéticos, assim como o considerável caráter poligenético (REIS, 2017).

As cordilheiras salinas apresentaram pHs semelhantes às cordilheiras baías (Tabela 5). Esperava-se que os pHs das cordilheiras seriam semelhantes aos ambientes aos quais elas estão associadas, sendo assim, as cordilheiras baías apresentariam maior acidez, enquanto as cordilheiras salinas, maior alcalinidade. Portanto, os ambientes associados não exercem influência sobre os pHs das cordilheiras. Esses resultados estão de acordo com os trabalhos de Barbiero *et al.* (2008) e Cardoso *et al.* (2016), que também descreveram Neossolos Quartzarênicos com pH ácido e baixos teores de argila, no Pantanal da Nhecolândia. Contudo, diferem-se das cordilheiras do Pantanal do Abobral, descritas por Queiroz (2018), que estão sobre Chernossolo Rêndzico, com maiores teores de argila e pH's básicos (> 8,0). A formação das cordilheiras do Abobral é descrita, pela autora, em conformidade com a proposta de paleodiques aluviais (CUNHA; POTT; GONÇALVES, 1985), onde houve a decantação de partículas mais finas nas planícies de inundação e a deposição de material mais grosso nas cordilheiras (QUEIROZ, 2018). Sendo assim, ressalta as diferenças de gênese das cordilheiras em outras regiões do Pantanal.

As cordilheiras, apesar de serem cobertas por vegetação florestal, apresentaram baixas quantidades de matéria orgânica (MO) tanto nos horizontes superficiais, quanto nos subsuperficiais. Os maiores valores nos horizontes A (média: 1,02 dag/kg), são associados à deposição de material orgânico pela vegetação e fauna, que utilizam as cordilheiras como abrigo durante as inundações. Os valores de M.O no Pantanal da Nhecolândia são bem inferiores aos encontrados por Queiroz (2018), em cordilheiras do Pantanal do Abobral (média: 1,84 dag/kg). Isso ocorre, provavelmente porque os solos descritos por Queiroz (2018) são solos com maiores teores de argila (Chernossolo Rêndzico), que favorece a formação de complexos argilo-orgânicos (SILVA; MENDONÇA, 2007), responsáveis pela estabilização da MO. Enquanto os Neossolos Quartzarênicos encontrados no Pantanal da Nhecolândia não conseguem estabilizar a MO devido à textura arenosa, justificando os baixos valores encontrados.

A maior disponibilidade de micronutrientes está associada a solos associados com pH entre 4,0 e 6,0 (ABREU; LOPES; SANTOS, 2007), que é o caso das cordilheiras amostradas. Contudo, devido à textura arenosa, pouca MO e baixa CTC dos mesmos, os micronutrientes são facilmente lixiviados durante os períodos de inundação, o que justifica os baixos valores encontrados nesses perfis: Cu (média: 0,24 mg/kg), Fe (média: 33,02 mg/kg), Mn (média: 32,21 mg/kg) e Zn (média: 0,34 mg/kg) (Tabela 5).

A baixa capacidade desses solos de reter cátions trocáveis relacionada à textura arenosa, pode se dar, pois são solos da Formação Pantanal, oriundos de materiais pré-intemperizados vindos das chapadas, pobres em nutrientes (AMARAL FILHO, 1986; FERNANDES, 2007). Apesar da baixa capacidade desses solos de reter cátions trocáveis, percebe-se a influência das salinas sobre os solos das cordilheiras associadas a elas (Tabela 5), uma vez que a maioria das cordilheiras salinas tendem a apresentar teores de Na^+ , enquanto as cordilheiras baías não os apresenta.

A análise de cluster sugere uma grande distância entre os grupos (P5, P6, P10 e P11) em relação aos demais. Os perfis P5 e P6 foram claramente distinguidos pela clusterização (são os únicos perfis de cordilheiras próximos de baías) já P10 e P11 se mantêm em outro grupo (Figura 10). As relações explicadas pelos eixos da PCA apresentam uma distribuição regular dos perfis dos solos, exceto pelos perfis P5 e P6 (Figura 11). Isso indica que as cordilheiras (salinas, baía) apresentam características físico-químicas distintas, sobretudo nos horizontes superficiais (Figura 10). Portanto, acredita-se que os processos de pedogenéticos atuantes tanto na Alta, quanto na

Baixa Nhecolândia são semelhantes. E que as cordilheiras baías, se assemelhassem às baías, com pHs ácidos e baixas concentrações de bases e micronutrientes (Figura 10). Portanto, os solos das cordilheiras da Alta e da Baixa Nhecolândia, tanto as próximas às baías, quanto as próximas às salinas, possuem solos arenosos, ácidos, com baixa SB e quantidade de COrg, além de apresentarem deficiência em micronutrientes (Figura 11).

4.2 Campos de Murundus

As térmitas são chamadas de “Engenheiros do Ecossistema”, pois modificam características morfológicas, físicas e químicas do solo (BLACK; OKWAKOL, 1997; DESOUZA; CANCELLO, 2005), transportando material do solo de horizontes mais profundos para os mais superficiais. Sendo assim, esse transporte de material do solo pelas térmitas pode gerar horizontes superficiais com maiores teores de argila, devido à capacidade de selecionar partículas de menor diâmetro (LEE; WOOD, 1971) ou pelo fracionamento que as partículas minerais sofrem ao passarem pelo trato intestinal deles (JOUQUET; LEPAGE; VELDE., 2002). Assim como alguns autores, o presente trabalho observou que os teores de argila são maiores no topo e na base do murundu, comparados as suas adjacências, melhorando as condições de drenagem, umidade e areação nesses locais (KONATÉ *et al.*, 1999; FAGERIA; BALIGAR, 2004; KASCHUK *et al.*, 2006). Contudo, outros autores descrevem que nem sempre é observado diferenças texturais entre os murundus e os solos adjacentes (KASCHUK *et al.*, 2006), o que se opõe à hipótese de seleção de partículas mais finas. Para Joquet, Tessier e Lepage (2004), essa seleção dependerá do tipo de solo e do tipo de formação associado.

Em relação às propriedades químicas, apresentam pH's são ácidos, ficando na entre 4 e 5,0, nos murundus apresentando valores relativamente mais baixos (P12 e P14 média: 4,38), que nas áreas adjacentes (P13 e P15 média: 5,17) (Tabela 7).

Alguns autores descrevem que os murundus apresentam maiores quantidades de micro e macronutrientes (ACKERMAN *et al.*, 2007; SARCINELLI *et al.*, 2009; SIMÕES, 2009) se comparados aos solos adjacentes. Esses estudos não corroboram os resultados encontrados, pois os murundus (P12 e P14) apresentam teores médios de micronutrientes (Média - Cu: 0,28 mg/kg;

Mn: 62,92 mg/kg; Fe: 11,64 mg/kg e Zn: 0,46 mg/kg) relativamente superiores às Áreas Adjacentes (P13 e P15) (Média - Cu: 0,39 mg/Kg; Mn: 14,35 mg/Kg; Fe: 6,34 mg/Kg e Zn: 0,27 mg/kg) (Tabela 7).

Outros estudos constataram maiores teores de Matéria Orgânica e CTC (ROOSE-AMSALEG; MOURA; HARRY., 2005; SIMÕES, 2009; ABE; YAMAMOTO; WAKATSUKI., 2009) nos murundus em relação às Áreas Adjacentes. Isso também é observado neste trabalho, onde os valores médios de M.O (0,80 dag/kg) e CTC (2,70 cmolc/kg) nos murundus (P12 e P14), são superiores aos das Áreas Adjacentes (P13 e P15) (M.O média: 0,51 dag/kg, CTC média: 1,02 cmolc/kg) (Tabela 7).

Os horizontes subsuperficiais de P13 (2Ae C) se agrupam com o horizonte superficial de P15, esse grupo de solos coletados na área adjacente ao murundu apresenta uma distância maior para os horizontes de P14 (murundu) que os demais horizontes (Figura 13). Os horizontes do perfil 14 ainda se agrupam em superficiais e subsuperficiais. Esses agrupamentos ficam bem explicados com os dados da PCA (Figura 14). Por meio da análise de PCA se observa que o perfil 14 se distancia dos demais por características química e física. Sendo assim, os murundus são homogêneos entre si, mas os valores relativamente maiores de M.O e CTC (T) dos murundus cima (P12 e P14), demonstram ser relevantes para separar esses perfis em grupos distintos.

4.3 Vazante

A textura arenosa, assim como nas cordilheiras, influencia nos teores de cátions trocáveis (médias de K^+ : 25,03 mg/kg; Na^+ : 1,14 mg/kg, Mg^{2+} : 0,03 cmolc/kg e Ca^{2+} : 0,07 cmolc/kg) (Tabela 9), além da pobreza de minerais ricos em nutrientes da Formação Pantanal, onde predominam matérias pré-intemperizados, com ampla dominância de quartzo (AMARAL FILHO, 1986; FERNANDES, 2007). Os baixos teores de cátions básicos apresentados no P16, podem estar relacionados ao seu material de origem. Sendo assim, tem-se pH (média: 4,95) e altos valores de saturação por alumínio (m) (média: 53%) (Tabela 9). Nas cordilheiras e nos solos de Vazante

ocorrem baixas quantidades de micronutrientes: Cu (média: 0,12 mg/kg), Fe (média: 8,35 mg/kg), Mn (média: 137,21 mg/kg) e Zn (média: 0,67 mg/kg) (Tabela 9), esses micronutrientes se tornam facilmente lixiviados durante as inundações, devido aos baixos valores de CTC (média: 1,38 cmol_c/Kg) (Tabela 9) e a textura arenosa e baixos teores de MO (Tabela 8).

4.4 Ambientes

Nos ambientes de melhor drenagem, apesar de apresentarem vegetação diferente, possuem características físico-química similares, principalmente aqueles que estão nas partes mais elevadas da paisagem, como as cordilheiras e campo de murundus. Contudo, estudos mais aprofundados são necessários para comprovar essa afirmação. Estes estão sob solos pobres, ácidos e muito arenoso. Diferentemente dos ambientes que estão na parte mais baixa da paisagem, as baías e as salinas apresentaram solos mais alcalinos, argilosos, com elevada CTC, V, associados principalmente à vegetação aquática (Tabela 3). Formam um ambiente redutor e conservador, com acúmulo de material orgânico. A vazante, apresentou características semelhantes aos ambientes mais elevados (cordilheiras e campos de murundus), com pH mais ácidos e de textura arenosa (Figuras 16 e 17). Isso ocorre devido a sua função de dreno na paisagem, recebendo uma grande quantidade de sedimentos das unidades mais altas durante os períodos de inundação.

As cordilheiras (P5, P6, P7, P8, P9, P10 e P11), os Campos de Murundus (P12, P13, P14 e P15) e a Vazante (P16), apresentam um certo grau de similaridade (Figura 16). Esses solos apresentam características semelhantes em relação à textura, sendo eles predominantemente arenosos. Devido aos pH ácidos, eles tiveram forte correlação com Al^{3+} e se sobrepõem na PCA (Figura 17). Outro fator que esses solos têm em comum é que todos estão em altitudes intermediárias ou mais elevadas na paisagem Pantaneira e estão sujeitos ao hidromorfismo somente uma parte do ano. Já as baías e as salinas, que são ambientes mais baixos da paisagem, apresentaram uma maior distância de similaridade com os outros ambientes (Figura 16). As salinas apresentam solos com uma granulometria mais fina. Por serem um ambiente de acumulação e com maiores teores de argila, valores de pH mais alto e, apesar da sua baixa quantidade de micronutrientes, ainda possuem valores mais elevados do que os demais ambientes (Figura 17).

Os mesmos grupos identificados através do método de clustering hierárquico para cada ambiente foram identificados no de cluster kmeans para cada todos os ambientes, com algumas distinções. Através do kmeans se observou que os horizontes superficiais das cordilheiras próximas a lagoas salinas (P5 e P9) e o horizonte superficial da cordilheira próximo a baía (P6) apresentam características semelhantes às salinas, como pHs alcalinos e elevadas concentrações de Na e ISNa (Figura 16 e 17). Nas cordilheiras e nos solos de Vazante, ocorrem baixas quantidades de micronutrientes. Por meio das análises, entende-se que o solo da vazante é muito parecido física e quimicamente com os solos das cordilheiras (Figura 16 e 17). Acredita-se que isso ocorre devido ao sistema lagoa-vazante-cordilheira (BARBIERO *et al.*, 2002) que, durante os períodos da cheia, sedimentos são carreados das cordilheiras e depositados nas áreas de vazante, conferindo-lhes características semelhantes, além da homogeneidade do material de origem regional.

A análise da PCA para as sub-regiões de Alta e Baixa Nhecolândia apresentou que as variáveis de Al, m e PRem são mais significativas para a sub-região da Alta Nhecolândia, já as variáveis de textura argila e químicas como SB, Na e pH mais significativas para a sub-região da Baixa Nhecolândia (Figura 18). Evidenciando uma variação desses ambientes e a variedade de tipos de solo associados a eles. Na Baixa Nhecolândia, as baías são antigas salinas que, ao se conectarem com o sistema e receberem águas das inundações, tiveram suas águas diluídas. Por outro lado, na Alta Nhecolândia, o processo mais atuante ainda é o retrabalhamento pelo sistema de vazantes, que faz com que as baías se assemelhem às cordilheiras nas suas adjacências.

CONCLUSÕES

1 – Foram caracterizados 5 ambientes diferentes no Pantanal da Nhecolândia, em relação a suas características edáficas e variações altimétricas: cordilheiras, campo de murundus, salinas, baías e vazantes. As cordilheiras são a porção mais elevada da paisagem, enquanto os campos de murundus e as lagoas (salinas e baías) ocupam a fase intermediária e a vazante ocupa a parte mais baixa.

2 - As cordilheiras e os campos de murundus, ambientes intermediários que estão localizados na parte mais elevada da paisagem, apresentaram solos com características físico-químicas muito semelhantes. São solos pobres, com pH ácidos, baixos valores de CTC e SB e com baixas quantidades micronutrientes, que estão relacionados, principalmente, a sua textura arenosa.

3 – Na parte mais baixa da paisagem, as salinas e baías sofrem maior influência do hidromorfismo. Apresentam texturas mais finas com maiores teores de argila e silte. Quando comparado aos demais ambientes (cordilheiras, vazantes, campo de murundus) apresentam pH mais básicos, CTC e SB mais elevadas. Além disso, são solos com uma fertilidade natural maior ($V > 50\%$), devido aos maiores teores de argila. Essas características estão associadas ao aporte de material orgânico recebido durante as cheias, a vegetação aquática presente nesses ambientes e pelo ambiente redutor que é formado.

4 – A classe de solo mais encontrada, tanto na Alta, quanto na Baixa Nhecolândia são os Neossolos Quartzarênicos, herança dos sedimentos predominantemente arenosos dos planaltos.

REFERÊNCIAS

- ABE, S.S., YAMAMOTO, S., WAKATSUKI, T. Physicochemical and morphological properties of termite (*Macrotermes bellicosus*) mounds and surrounding pedons on a toposequence of an inland valley in the southern Guinea savanna zone of Nigeria. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 55, p.514-522, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2009.00396.x>
- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. Micronutrientes. *In*: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. LF.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L (Eds). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS. p. 645-736. 2007
- ACKERMAN, L. L.; *et al.* The impact of mound-building termites on surface soil properties in a secondary forest of Central Amazonia. **Applied Soil Ecology**, v. 37, p.449-452, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2007.08.005>
- ALHO, C. J. R. The Pantanal. *In*: FRASER, L.H.; KEDDY, P.A. (Eds.). **The World's Largest Wetlands: Ecology and Conservation**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 203–271. 2005.
- ALMEIDA, F. F. M.; LIMA, M.A. Planalto centro ocidental e Pantanal Matogrossense. *In*: Guia de excursão n.1, realizado por ocasião do XVIII Congresso Internacional de Geografia. CNG. Rio de Janeiro. 170pg. 1959.
- AMARAL FILHO, Z. P. Solos do Pantanal Mato-Grossense. *In*: **Simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos do Pantanal**, 1. Corumbá, 1984, Brasília, EMBRAPA - DDT. p. 91-103. 1986.
- 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/Agência Nacional de Águas – ANA ...** [et al.]. – Brasília: TODA Desenho & Arte Ltda., 2004.
- ARAÚJO NETO, M. D. *et al.* The “murundus” of the “cerrado” region of Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**. v. 2, p. 17-35. 1986. <https://doi.org/10.1017/S0266467400000559>
- ASSINE, M. L.; SOARES, P. C. Quaternary of the Pantanal, West-central Brazil. **Quaternary International**, 114 (23-34), 2004. [https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(03\)00039-9](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(03)00039-9)
- BARBIERO, L. *et al.* Geochemistry of water and ground water in the Nhecolândia, Pantanal of Mato Grosso, Brazil: variability and associated processes. *In*: **Wetlands**. The Society of Wetlands Scientists. V1. 22, número 3, p 528-540. Setembro 2002. [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2002\)022\[0528:GOWAGW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2002)022[0528:GOWAGW]2.0.CO;2)
- BARBIERO, L. *et al.* Soil morphological control on saline and freshwater lake hydrogeochemistry in the Pantanal of Nhecolândia, Brazil. **Geoderma**. v. 148. p. 1–16. 2008. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.09.010>

BEIRIGO, R. M. **Sistema pedológico planossolo-plintossolo no pantanal de Barão de Melgaço-MT**. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 69p. 2008.

BEIRIGO, R. M. *et al.* Solos da Reserva Particular do Patrimônio Natural SESC Pantanal. **Rio de Janeiro: SESC, Departamento Nacional**. 76p. 2010.

BEIRIGO, R. M. **Formação e degradação de feições redoximórficas em solos do Pantanal - MT**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, SP. 126 p. 2013.

BLACK, H. I. J.; OKWAKOL, M. J. N. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of térmites. **Applied Soil Ecology**, v.6, p. 37-53, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(96\)00153-9](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(96)00153-9)

BRASIL, **Projeto RADAMBRASIL: Levantamento de Recursos Naturais Vol. 27 - Corumbá**. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1982.

CARDOSO, E. L. *et al.*. Relação entre solos e unidades de paisagem no ecossistema Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 51, n. 9, p. 1231-1240. Set. 2016. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900023>

CORRÊA, G. F. **Les microreliefs murundus et leur environnement pedologique dans l'ouest du Minas Gerais, região do Planalto Central Brasileiro**. Tese (Doutorado). Université de Nancy I. 144p. 1989.

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

CUNHA, N. G. **Classificação e fertilidade de solos da planície sedimentar do Rio Taquari, Pantanal Mato-Grossense**. Corumbá, MS: EMBRAPA-UEPAE, 1981, 56. (Circular Técnica N.4)

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., DA SILVA, C.J., NUNES DA CUNHA, C., WANTZEN, K.M. (Eds) **The Pantanal: Ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland**. Pensoft Publishers, Sofia–Moscow. 127-141, 2009.

DESOUZA, O. F. F. & CANCELLO, E. M. **Soil engeneering by térmites and its impacto n the ecosystem function**. (ONLINE). Homepage: <http://www.isoptera.ufv.br>. 2005.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Plano de utilização da Fazenda Nhumirim** – Documento 21. Corumbá: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 1997.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. EMBRAPA, Brasília. 3. ed. 353p, 2018.

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

FAGERIA, N. K; BALIGAR, V. C. Properties of térmites mound soils and responses of rice and bean to nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization on such soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 35, p. 2097-2109, 2004. <https://doi.org/10.1081/LCSS-200028919>

FERREIRA JÚNIOR, W. G., **Análise de gradientes vegetacionais e pedogeomorfológicos em floresta, cerrado e campo no Pantanal matogrossense, Barão de Melgaço, Mato Grosso**. Tese (Doutorado em Botânica). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 190p. 2009

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

FERNANDES, E. **Organização espacial dos componentes da paisagem da Baixa Nhecolândia - Pantanal de Mato Grosso do Sul**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia. 177 p. 2007.

FURLEY, P. A. **Notes on the soils and plant communities of Fazenda Água Limpa, Brasília, DF, Brasil**. Edinburg: Dept. Geography. 1985. <https://doi.org/10.2307/2844925>

FURLEY, P. A. Classification and distribution of murundus in the cerrado of Central Brazil. **Journal of Biogeography**, v. 13, p. 265-268. 1986.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. **Manual técnico de pedologia**. 3. ed. 430p. Rio de Janeiro: IBGE. 2015.

JOUQUET, P.; LEPAGE, M.; VELDE, B. Termites soil preferences and particle selections: strategies related to ecological requirements. **Insects Sociaux**, v.49, p. 1-7, 2002. <https://doi.org/10.1007/s00040-002-8269-z>

JOUQUET, P. TESSIER, D.; LEPAGE, M. The soil structural stability of térmité nests: role of clays in *Macrotermes bellicosus* (Isoptera, Macrotermitinae) mound soils. **European Journal of Soil Biology**, v. 40, p23-29, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2004.01.006>

KASCHUK, G. *et al.*. Termite activity in relation natural grassland soil attributes. **Sci. Agric**, v. 63, p.583-588, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000600013>

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

- KONATÉ, S. *et al.*. Influence of large termitaria on soil characteristics, soil water regime, and tree leaf shedding pattern in a West African savanna. **Plant and Soil**, v. 206, p. 47-60, 1999. <https://doi.org/10.1023/A:1004321023536>
- LEE, K. E.; WOOD, T. G. Physical and chemical effects on soils of some Australian térmites, and their pedological significance. **Pedologia**, v.11, p.376-409, 1971.
- LIMA, S. F. **Análise multi-temporal da morfologia fluvial do rio Abobral, Pantanal –MS**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Três Lagoas. 84p. 2015.
- MARIMON, B. S. *et al.*. Estrutura da vegetação e características dos campos de murundus do Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL. 2009. LOCAL. **Resumos**. São Lourenço-MG: 2009. p.1-2.
- MARTINS, E. R. C. **Tipologia de lagoas salinas no Pantanal da Nhecolândia (MS)**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. Piracicaba - SP. 210 p. 2012.
- MATHEWS, A. G. A. Studies on termites from the Mato Grosso State, Brazil. **Academia Brasileira de Ciências** – Rio de Janeiro. 267p. 1977.
- MIDGLEY, J. J. **More mysterious mounds: origins of the Brazilian campos de murundus**. *Plant Soil*, 336:1-2. 2010. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0355-9>
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FURLEY, P. A. Monchão, cocoruto, murundu. **Ciência hoje**, v. 61, p. 30-37. 1990.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. Floodplain ‘Murundus’ of Central Brazil: Evidence of the Termite-Origin Hypothesis. **Journal of Tropical Ecology**, v. 8, p. 1-19. 1992. <https://doi.org/10.1017/S0266467400006027>
- PARIZOTTO, T.M. **Estudo Morfológico e Hidroquímico de Pequenas Depressões na Nhecolândia, Pantanal, MS**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - Universidade de São Paulo. São Paulo. 142p. 2012
- PONCE, V. M.; CUNHA, C. N. Vegetated earthmounds in tropical savannas of central Brazil: a synthesis. With special reference to the Pantanal do Mato Grosso. **Journal of Biogeography**, v.20, p.219-225, 1993. <https://doi.org/10.2307/2845673>
- QUEIROZ, R. F. P. **Geoambientes e Solos No Pantanal do Abobral, Mato Grosso Do Sul, Brasil**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG. 92p. 2018.
- QUEIROZ NETO, J. P. *et al.*. . Dinâmica hídrica de uma lagoa salina e seu entorno na área do Leque, Nhecolândia, Pantanal – MS. **II SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL**. Corumbá, p. 144-149. 18 a 22 de Novembro de 1996.
- QUEIROZ NETO, J. P. **Dinâmica de uma paisagem pantaneira: Nhecolândia** (Projeto Científico). São Paulo: Depto. Geografia/USP – Universidade de São Paulo, 1997.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2019. Disponível em: <https://www.R-project.org/>

RESENDE, I. L. M. *et al.*. A comunidade vegetal e as características abióticas de um campo de murundu em Uberlândia, MG. **Acta Botânica Brasileira**, v.18, n.1, p.9-17, 2004.

<https://doi.org/10.1590/S0102-33062004000100002>

REIS, J. S. **Caracterização e Gênese de Solos da Região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 98p. 2017.

RODELA, L. G. **Unidades de Vegetação e Pastagens Nativas do Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 222p. 2006.

RODELA, L. G.; QUEIROZ NETO, J. P. de.; SANTOS, S. A. Classificação das pastagens nativas do Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul, por meio de imagens de satélite. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 13., 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 4187-4194

ROOSE-AMSALEG, C.; MORA, P.; HARRY, M. Physical, chemical and phosphatase activities characteristics in soil-feeding termite nests and tropical rainforest soils. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 37, p. 1910-1917, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.02.031>

SAKAMOTO, Y. A. **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 do Firme, MS. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. 1997.

SANTOS, R. D. *et al.*. **C. Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7.ed. Viçosa: SBCS. 100p. 2015.

SARCINELLI, T.S. *et al.* Chemical, physical and micromorphological properties of termite mounds and adjacent soils along a toposequence in Zona da Mata, Minas Gerais State, Brazil. **Catena**, v. 76, p. 107-113. 2009. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2008.10.001>

SCHAEFER, C. E. G. R. Ecogeography and human Scenario. **Ciência e Cultura**, v. 49, n. 4, p. 241-252, 1997.

SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas Sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 33:1703-1711. 1998.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria Orgânica do Solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. LF.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L (Eds). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS. p. 645-736. 2007

SILVA, L. C. R. *et al.* Deciphering Earth mounds origins in cetral Brazil. **Plant Soil**, 336:3-14. 2010. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0329-y>

SIMÕES, D.F.F. **Química, física e mineralogia de solos utilizados na agricultura familiar e na fabricação de cerâmica artesanal em Itaobim, Médio Jequitinhonha, MG**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, 151p. 2009.

SIMÕES, D. F. F. **Pedogênese e Propriedades Físicas, Químicas, Morfológicas de Solos e Murundus no Médio Jequitinhonha, Minas Gerais**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, 89p. 2012.

SOARES, A. P.; SOARES, P. C.; ASSINE, M. L. Areias e Lagoas do Pantanal, Brasil: Herança Paleoclimática. **Revista Brasileira de Geociências**. 33(2): 221-224. 2003.
<https://doi.org/10.25249/0375-7536.2003332211224>

SORIANO, B.M.A. Caracterização climática da sub-região da Nhecolândia, Pantanal-MS. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 2, 1996, Corumbá, MS. **Manejo e conservação: anais**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 1999. p.151-158.

TRICART, J. & C. KIEWIET DE JONGE. *Ecogeography and rural management*. **Longman Group**, Harlow. 1992.

ANEXO A: Material Suplementar

Tabela A.1: Os níveis de significância são baseados nos coeficientes de correlação de Pearson entre os parâmetros do solo e os principais componentes do PCA ao longo das baías e salinas.

<i>Parâmetros do Solo</i>	PCA1	PCA2
Al	-0.77	-0.44
pH1	0.85	0.12
AG	0.53	0.37
P	0.74	-0.23
SB	0.89	-0.14
Argila	0.85	-0.21
Na	0.86	-0.28
Mn	-0.08	0.91
COrg	0.21	0.71

Os fatores que se correlacionam significativamente com os eixos PCA são destacados em negrito. Para análise, **AG:** Areia Grossa; **SB** - Soma de Bases Trocáveis; **pH1:** pH em H₂O.

Tabela A.2: Os níveis de significância são baseados nos coeficientes de correlação de Pearson entre os parâmetros do solo e os principais componentes do PCA ao longo das cordilheiras.

<i>Parâmetros do Solo</i>	PCA1	PCA2
Al	-0.55	-0.15
AG	0.37	0.88
P	0.30	-0.25
SB	0.92	0.27
Argila	-0.32	0.89
Zn	0.64	0.00
Mn	0.76	0.57
Cu	0.50	-0.60
COrg	0.89	0.25

Os fatores que se correlacionam significativamente com os eixos PCA são destacados em negrito. Para análise, **AG:** Areia Grossa; **SB** - Soma de Bases Trocáveis; **pH1:** pH em H₂O.

Tabela A.3: Os níveis de significância são baseados nos coeficientes de correlação de Pearson entre os parâmetros do solo e os principais componentes do PCA ao longo dos murundus.

<i>Parâmetros do Solo</i>	PCA1	PCA2
Al	0.82	-0.15
AG	-0.76	0.33
P	0.46	0.83
SB	-0.22	0.78
Argila	0.90	-0.19
Zn	-0.02	0.48
Silte	0.73	-0.33
MO	0.82	0.26
T	0.81	0.46

Os fatores que se correlacionam significativamente com os eixos PCA são destacados em negrito. Para análise, **AG:** Areia Grossa; **SB** - Soma de Bases Trocáveis; **MO:** Matéria Orgânica.

Tabela A.4: Os níveis de significância são baseados nos coeficientes de correlação de Pearson entre os parâmetros do solo e os principais componentes do PCA ao longo dos ambientes.

<i>Parâmetros do Solo</i>	PCA1	PCA2
Al	-0.73	0.28
COrg	-0.20	0.65
P	0.58	-0.15
Mn	0.45	0.51
AG	0.53	-0.27
pH_H ₂ O	0.89	-0.17
Silte	0.75	0.12
Mg	0.72	0.43
Zn	0.12	0.64

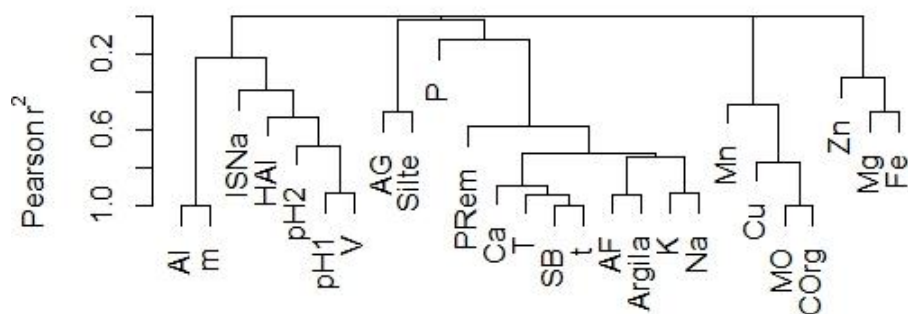
Os fatores que se correlacionam significativamente com os eixos PCA são destacados em negrito. Para análise, **AG:** Areia Grossa; **pH1:** pH em H₂O; **COrg:** Carbono Orgânico.

Tabela A.5: Os níveis de significância são baseados nos coeficientes de correlação de Pearson entre os parâmetros do solo e os principais componentes do PCA ao longo das sub-regiões da Nhecolândia.

<i>Parâmetros do Solo</i>	PCA1	PCA2
PRem	-0.67	-0.62
Argila	0.94	0.21
pH1	0.82	-0.35
AG	0.39	-0.29
T	0.90	0.31
SB	0.97	0.13
Al	-0.50	0.78
Mg	0.73	-0.04
COrg	-0.06	0.54
m	-0.58	0.64
Na	0.91	0.23

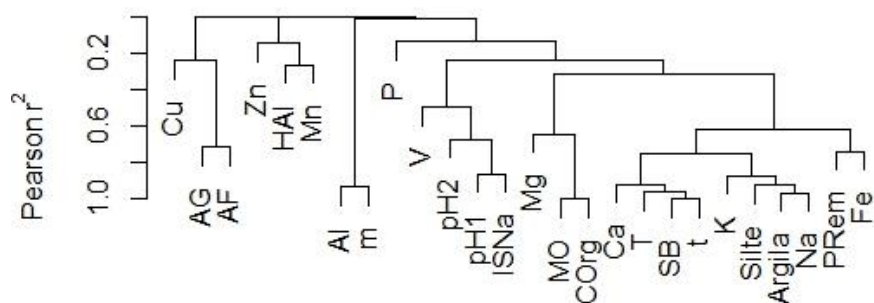
Os fatores que se correlacionam significativamente com os eixos PCA são destacados em negrito. Para análise, **AG:** Areia Grossa; **pH1:** pH em H₂O; **COrg:** Carbono Orgânico; **SB** - Soma de Bases Trocáveis, **P-rem** - Fósforo Remanescente.

Figura A.1: Aplicação da correlação de Pearson permitiu observar o grau de correlação das variáveis químicas e físicas dos solos das baías e salinas.



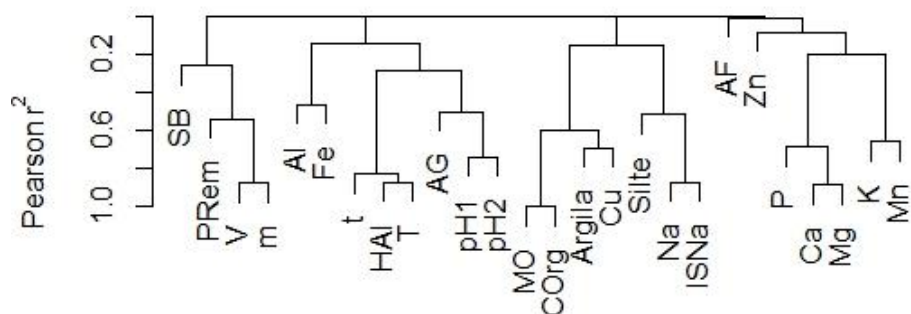
***SB** - Soma de Bases Trocáveis; **T** - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; **V** - Índice de Saturação por Bases; **m** - Índice de Saturação por Alumínio; **ISNa** - Índice de Saturação por Sódio; **MO** - Matéria Orgânica; **P-rem** - Fósforo Remanescente.

Figura A.2: Aplicação da correlação de Pearson permitiu observar o grau de correlação das variáveis químicas e físicas dos solos das cordilheiras.



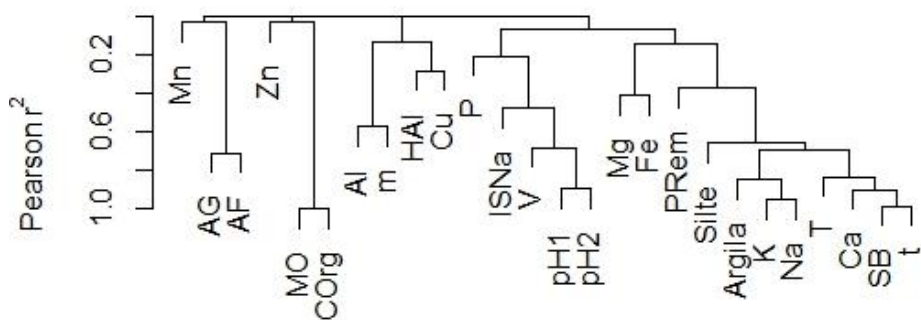
***SB** - Soma de Bases Trocáveis; **T** - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; **V** - Índice de Saturação por Bases; **m** - Índice de Saturação por Alumínio; **ISNa** - Índice de Saturação por Sódio; **MO** - Matéria Orgânica; **P-rem** - Fósforo Remanescente.

Figura A.3: Aplicação da correlação de Pearson permitiu observar o grau de correlação das variáveis químicas e físicas dos solos dos murundus.



***SB** - Soma de Bases Trocáveis; **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; **P-rem** - Fósforo Remanescente.

Figura A.4: Aplicação da correlação de Pearson permitiu observar o grau de correlação das variáveis químicas e físicas dos solos dos ambientes.



***SB** - Soma de Bases Trocáveis; **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; **P-rem** - Fósforo Remanescente.