

# Solos de ambientes lacustres do Pantanal Sul-Mato-Grossense

Soils of lake environments in the Brazilian Pantanal

Diogo Costa Nascimento<sup>1</sup> 

Guilherme Resende Corrêa<sup>2</sup> 

Frederico dos Santos Gradella<sup>3</sup> 

Prímula Viana Campos<sup>4</sup> 

Viviane Arantes Koch<sup>5</sup> 

Bruno Nery Fernandes Vasconcelos<sup>6</sup> 

## Palavras-chave:

Áreas úmidas  
Baía  
Cordilheira  
Salina  
Nhecolândia

## Resumo

O Pantanal compreende um conjunto de paisagens heterogêneas e biodiversas de estimado valor ambiental, econômico e social. O estudo dos solos é efetivo para estratificar e compreender o funcionamento desses ambientes. Objetivou-se caracterizar e comparar solos de paisagens lacustres do Pantanal Sul-Mato-Grossense: baías (lagos de água doce), salinas (lagos alcalinos) e suas respectivas cordilheiras (cordões arenosos originalmente com vegetação florestal). Para tanto, realizou-se trabalho de campo com amostragens, em triplicata, de camadas superficiais do solo em 12 áreas representativas da baixa e alta Nhecolândia; procedeu-se determinações analíticas de 26 atributos do solo, totalizando 936 variáveis resposta e; análises estatísticas foram realizadas visando a síntese dos dados e apresentação dos resultados. Em ambas as paisagens predomina a fração areia fina na granulometria do solo. A classe textural dos solos variou de muito arenosa, arenosa média e média arenosa para as baías; muito arenosa para as cordilheiras, com Dp relacionada a presença do quartzo; e muito arenosa, arenosa média, média argilosa e argilosa para as salinas. Com relação aos atributos químicos e matéria orgânica, as baías se destacam pela maior acidez potencial (H+Al), teores de MO ligeiramente elevados e disponibilidade de íons metálicos, sobretudo Fe; nas cordilheiras, maiores médias de P-rem são mais evidentes; já os solos de salinas se relacionam a valores de pH mais alcalinos, elevada saturação por bases e altos índices de saturação por Sódio (ISNa). Paisagens de salinas apresentaram a maior variabilidade de dados e possuem atributos do solo que remetem a ação de diferentes processos ambientais.

## Keywords

Wetlands  
Baía  
Levee  
Salina  
Nhecolândia

## Abstract

The Pantanal comprehends a set of heterogeneous and biodiverse landscapes of esteemed environmental, economic and social value. The study of soils is effective to stratify and to understanding the operation of these environments. The purpose of this study was to characterize and compare soils of lake landscapes of the Pantanal: baías (freshwater lakes), salinas (alkaline lakes) and their respective levees (sandy ridges originally with forest vegetation). For this purpose, we carried out field work with sampling, in triplicate, of superficial soil layers in 12 representative areas of low and high Nhecolândia; analytical determinations of 26 soil attributes were performed, totaling 936 response variables and statistical analyses were performed in order to synthesize the data and present the results. In both landscapes, the fine sand fraction predominates in the soil granulometry. The textural class of the soils varied from very sandy, medium sandy and medium sandy for the baías; very sandy for the levees, with particle density related to the presence of quartz; and very sandy, medium sandy, medium clayey and clayey for the salinas. In the chemical attributes and organic matter, the baías stand out for higher potential acidity (H+Al), slightly high organic matter contents and availability of metal ions, especially Fe; in the levees, higher average remaining phosphorus (Prem) are more evident; while the saline lake soils are related to more alkaline pH values, high base saturation and high Sodium Saturation Indices (ISNa). Salinas landscapes presented the highest data variability and have soil attributes that refer to the action of different environmental processes.

<sup>1</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET, Curvelo, MG, Brasil. [diogocn@cefetmg.br](mailto:diogocn@cefetmg.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia, MG, Brasil. [guilhermecorrea@ufu.br](mailto:guilhermecorrea@ufu.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS, Três Lagoas, MS, Brasil. [fregradella@gmail.com](mailto:fregradella@gmail.com)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG, Brasil. [primula.vc@gmail.com](mailto:primula.vc@gmail.com)

<sup>5</sup> Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - UFU, MG, Brasil. [vivianearantes98@gmail.com](mailto:vivianearantes98@gmail.com)

<sup>6</sup> Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG, Brasil. [brunonery@ufv.br](mailto:brunonery@ufv.br)

## INTRODUÇÃO

O Pantanal compreende um mosaico de paisagens com características pedológicas, de fitofisionomias e gradientes de inundação distintos, inseridas no contexto da bacia hidrográfica do rio Paraguai e com território em três países latino-americanos: Brasil, Paraguai e Bolívia. É reconhecido pela exuberância de seus ambientes e por sua grande biodiversidade associada, sendo uma das principais áreas úmidas do mundo (JUNK et al., 2006).

Em virtude de serviços ecossistêmicos indispensáveis para a sociedade e manutenção de processos ecológicos, as áreas úmidas têm sido foco de variados estudos científicos (JUNK et al., 2014; RIBEIRO et al., 2019). Por ser constituído por um conjunto de grandes extensões de áreas úmidas contínuas do planeta, o Pantanal é considerado Patrimônio Nacional pela Constituição Brasileira de 1988 (BRASIL, 1988). Assim, suas paisagens compreendem ambientes reconhecidos pela grande relevância, em termos econômicos, culturais, recreativos, estéticos, científicos e educacionais (ALHO; SABINO, 2011; JUNK et al., 2006; SCHULZ et al., 2019).

Apesar da grande relevância ecológica e social que as áreas úmidas intactas fornecem à sociedade brasileira (JUNK et al., 2014), o conjunto de ecossistemas pantaneiros são áreas vulneráveis às mudanças promovidas pelas atividades antrópicas (AB'SABER, 1988; JUNK et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2019).

A planície intermitentemente inundada – onde se estabelece o Pantanal – não é homogênea, pois varia em função dos ciclos de inundação e vazante, dentre outras variáveis (SILVA; ABDON, 1998). Nesse sentido, as variações geomórficas sutis na abrangência das planícies resultam em diferenças comparativamente grandes na extensão da área de inundação (JUNK et al., 2018) influenciando sobre as dimensões físicas, ecológicas e humanas da região pantaneira (SCHULZ et al., 2019).

Dentre os “Pantanais”, a região denominada Nhecolândia desperta a atenção em virtude da coexistência de centenas de lagos com características geoquímicas distintas, que desembocam em inúmeras interações ecológicas entre os elementos bióticos e abióticos da paisagem (FURQUIM et al., 2017; MENEZES et al., 2022).

Os solos, reconhecidamente, possuem relevância na estratificação da paisagem, permitindo, a partir dos seus atributos, a obtenção de informações de um local, além de evidenciar os processos pedogenéticos atuantes (RESENDE et al., 2014; SCHAEFER et al., 2016).

O estudo da natureza do solo possibilita a compreensão de suas propriedades físicas, químicas e biológicas; permitindo compreender o passado e o presente do solo e prever o seu futuro (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015). Dessa maneira, compreender a diversidade de paisagens sob o ponto de vista pedológico é um desafio para a pesquisa científica sobre o Pantanal, em um cenário onde a dinâmica econômica de uso do território vem se intensificando à custa da integridade dos ecossistemas pantaneiros.

Estudos de pedologia nos ambientes do Pantanal ainda são escassos, o que indica a necessidade de pesquisas de levantamento e caracterização dos solos para as grandes áreas da planície inundável (MENEZES et al., 2022). Assim, a caracterização dos solos nas paisagens lacustres de regiões pantaneiras corrobora a definição de regiões mais homogêneas e informações ambientais em escala mais abrangente, individualizando aquelas com características semelhantes e com potencial para subsidiar estratégias de uso e monitoramento dos recursos naturais, contribuindo para a gestão sustentável e preservação (CUNHA; JUNK, 2009; JUNK et al., 2018; SCHULZ et al., 2019).

O objetivo deste estudo é realizar a caracterização e comparação dos atributos químicos, físicos e de matéria orgânica de solos de diferentes paisagens de sistemas lacustres do Pantanal da Nhecolândia: baías (lagos de água doce), salinas (lagos alcalinos) e as respectivas cordilheiras (cordões arenosos originalmente com vegetação florestal).

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

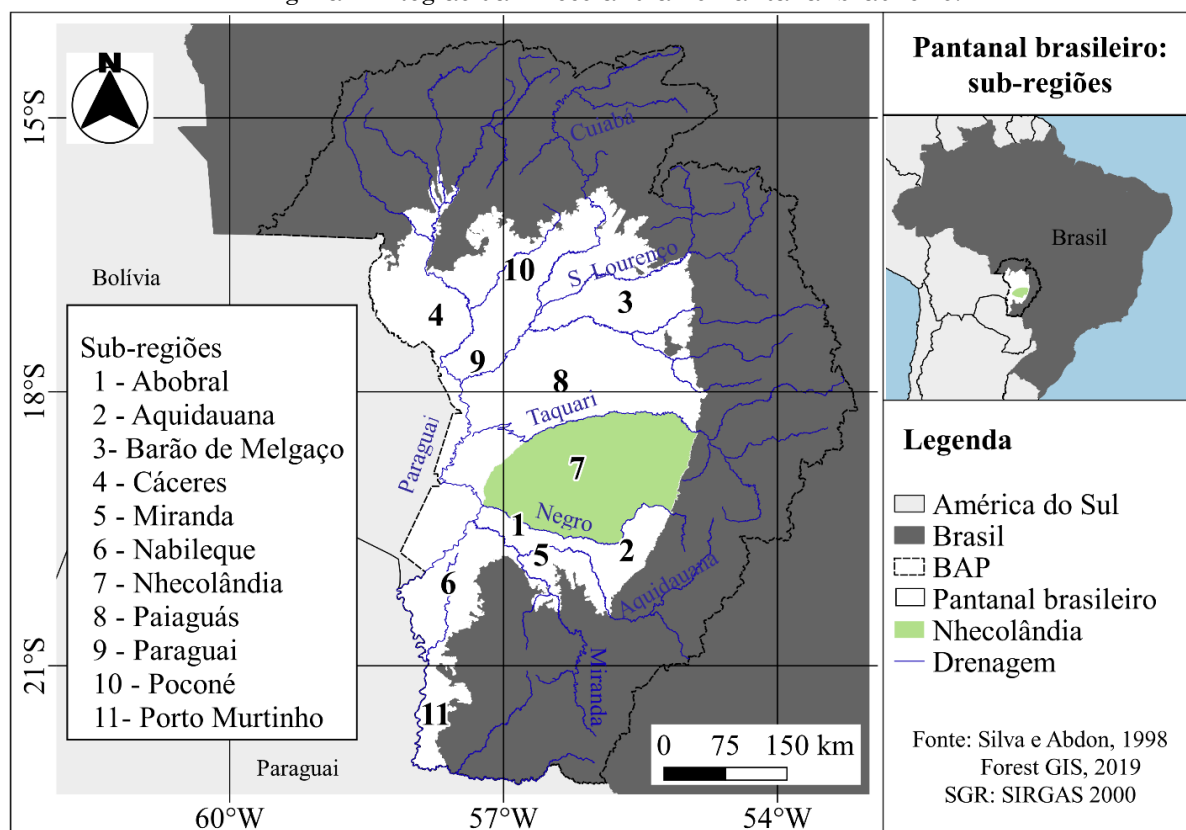
O Pantanal é uma bacia sedimentar ativa preenchida com uma sequência espessa de sedimentos quaternários, cujas características geomórficas são relíquias de mudanças paleoclimáticas e paleogeográficas ocorridas desde o Pleistoceno (ASSINE; SOARES, 2004). Sua litologia é compreendida majoritariamente pela unidade litoestratigráfica denominada Formação Pantanal, caracterizada pela presença de depósitos aluviais antigos recobertos por sedimentos mais recentes que constituem as planícies de inundação formando camadas sobre o embasamento Paleozóico da bacia do rio Paraguai (BAZZO et al., 2012).

A área de estudo corresponde à região da Nhecolândia, que faz parte do Pantanal brasileiro, abrangendo uma área de 26.921 km<sup>2</sup>, correspondente a 19,5% da sua área total

(SILVA; ABDON, 1998). Limita-se ao norte pelo rio Taquari, a leste pelo planalto da Serra de Maracaju, ao sul pelo rio Negro e a oeste pela

confluência dos rios Taquari e Negro com o rio Paraguai (Figura 1).

Figura 1 - Região da Nhecolândia no Pantanal brasileiro.

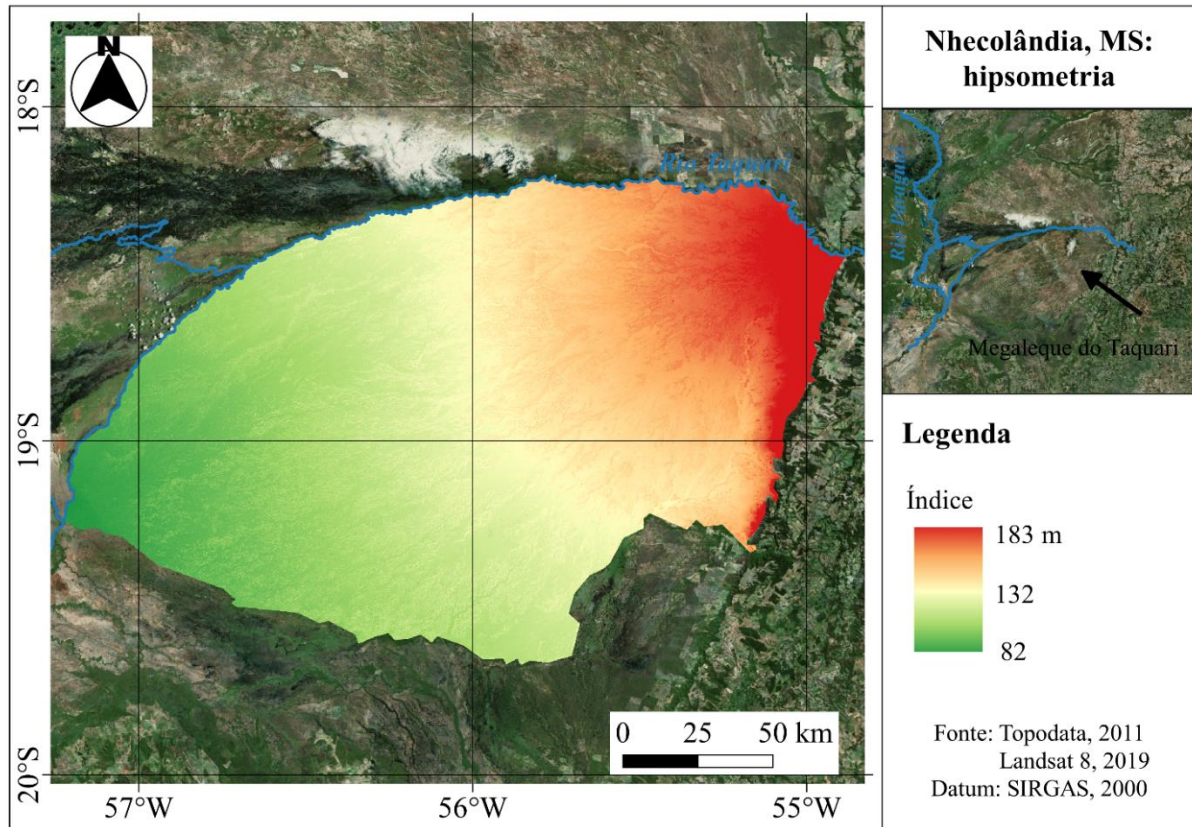


Fonte: SILVA; ABDON (1998) e FOREST GIS (2019). Elaborado pelos autores (2020).

A Nhecolândia se situa na porção sul do megaleque aluvial do rio Taquari, em cotas hipsométricas baixas, entre 82 a 183 m acima do nível do mar (Figura 2). É constituída por lóbulos deposicionais abandonados em duas

situações contrastantes: a região superior marcada por paleossolos e antigos canais de drenagem; e a região inferior que concentra centenas de pequenos lagos (GUERREIRO et al., 2018).

Figura 2 - Hipsometria do Pantanal da Nhecolândia, MS.

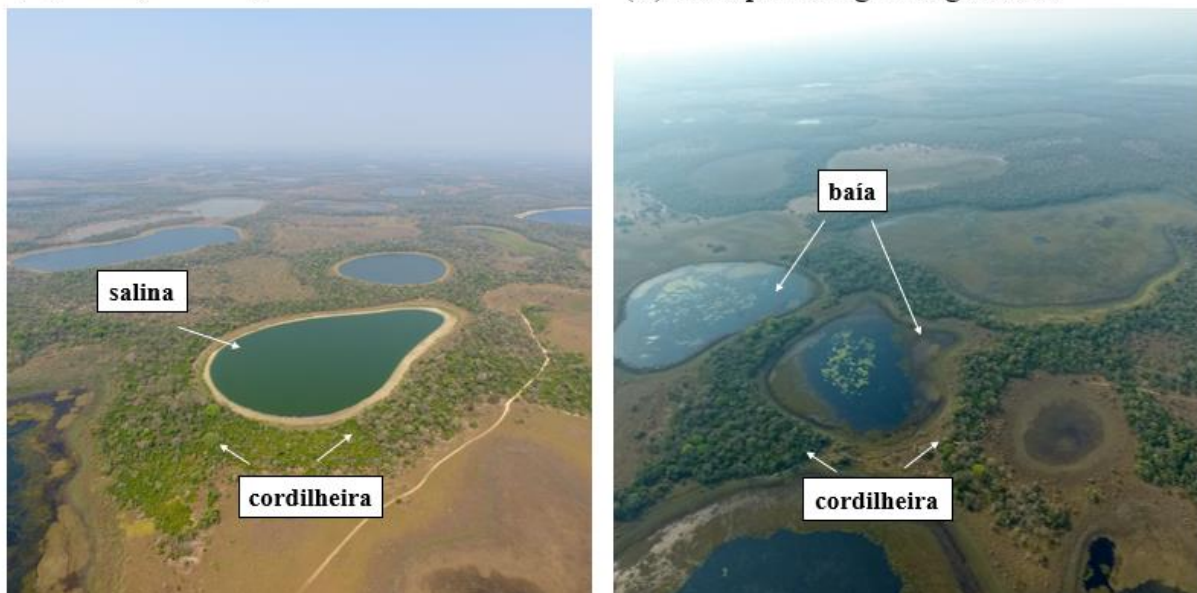


Fonte: TOPODATA (2011) e USGS (2019). Elaborado pelos autores (2020).

As paisagens da Nhecolândia possuem denominações regionais típicas, como: baías, salinas e cordilheiras (Figura 3). As salinas normalmente encontram-se associadas a renques arenosos (chamados cordilheiras), constituídas por águas alcalinas e comumente com presença de carbonato de cálcio e conchas preservadas de moluscos (ASSINE; SOARES, 2004), possuindo pH básico (~10) e elevada

condutividade elétrica (500-65.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ). Já as baías podem ocorrer dissociadas de cordilheiras em meio a canais intermitentes (vazantes e corixos), que se conectam periodicamente à rede de drenagem superficial, podem atingir a profundidades de ~2 m e pH variando de 5 a 8, baixa condutividade elétrica (750-2000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) e presença de macrófitas (GUERREIRO et al., 2018).

Figura 3 - Imagens aéreas de paisagens do Pantanal da Nhecolândia.  
 (A) Exemplo de lago alcalino-salino  
 (B) Exemplo de lago de água doce



Fonte: Os autores (2021).

O clima da região da Nhecolândia se enquadra no tipo Aw (KÖPPEN; GEIGER, 1928). A temperatura média anual do ar é de 25 °C, com médias de mínimas e máximas de 18 e 29 °C, respectivamente; o regime de chuvas possui dois períodos bem definidos: um chuvoso (outubro a março), que concentra cerca de 80% do volume total de chuvas, e outro seco (abril a setembro), tipicamente de clima tropical savânico. A precipitação média anual é de 1100 mm. A evapotranspiração da região é superior a precipitação, totalizando uma deficiência hídrica anual de 289 mm (INMET, 2019).

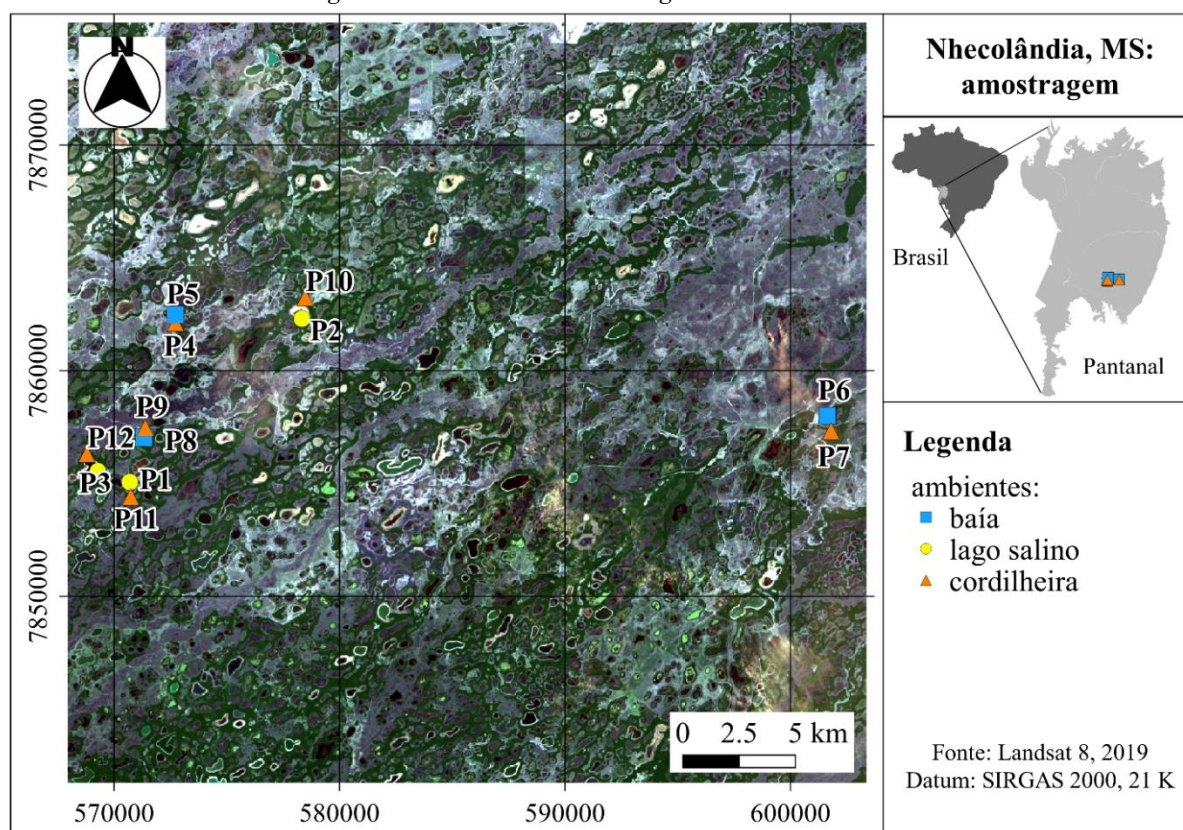
A Nhecolândia comporta formações vegetais constituída por espécies de fitofisionomias do Cerrado, compreendendo Campos inundáveis, Cerrados, Cerradões e Florestas. As formas de vegetação são fortemente influenciadas pela topografia local e pelos diferentes níveis de inundação ou alagamento, assim há a presença

de estrato de vegetação arbórea, campestre e aquática (BAZZO et al., 2012).

### *Delineamento amostral e coletas de solo*

Com a mediação de imagens do satélite Landsat-8 OLI, foram selecionadas paisagens típicas do pantanal da Nhecolândia: baías, cordilheiras associadas às baías, salinas e cordilheiras associadas às salinas. Em campo, doze pontos de amostragem foram estabelecidos (Figura 4) através de tradagens (trado holandês), a partir de onde foram diferenciadas as classes de solos com base em atributos morfológicos (cor, mosqueados, textura, presença de nódulos e concreções etc.) e então estabelecidos pedons representativos para proceder as coletas. Os trabalhos de campo foram conduzidos durante períodos de vazante (estação seca), onde se torna possível a prospecção de amostras nas extensas bordas de ambientes sazonalmente inundáveis.

Figura 4 - Pontos de amostragem e coletas de solo.



Fonte: USGS (2019). Elaborado pelos autores (2020).

Em cada um dos pontos (Figura 4), foram coletadas nove amostras de solo na camada 0-20 cm, totalizando 108 amostras simples que posteriormente foram homogeneizadas em 36 amostras compostas. Os procedimentos de coleta, na camada 0-20 e em diversos pontos do terreno, estão em consonância com o preconizado no manual de coleta e descrição de solo no campo, para fins de caracterização

analítica da variação de atributos do solo (SANTOS et al., 2015).

Em laboratório as amostras compostas de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de aço inoxidável com 2 mm de abertura de malha para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Posteriormente as amostras foram destinadas para a realização de análises químicas, físicas e de matéria orgânica do solo.

### *Caracterização química, física e da matéria orgânica do solo*

Foram determinados 26 atributos do solo, a saber: atributos físicos (areia grossa, areia fina, silte, argila e densidade de partículas), químicos (pH H<sub>2</sub>O, pH KCl, P, K, Na, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, H+Al, SB (soma de bases trocáveis), t (CTC efetiva), T (CTC a pH 7), V% (porcentagem de saturação por bases), m% (porcentagem de saturação por alumínio), ISNa (índice de saturação por Na), Cu, Mn, Fe, Zn, P-remanescente e matéria orgânica do solo. Os métodos de análises, unidades do SI adotadas e a precisão analítica estão de acordo com recomendações descritas por Teixeira et al. (2017).

### *Análises estatísticas*

Para a estatística descritiva foram calculadas medidas de tendência central (média e mediana), de posição (quartis), de dispersão (desvio padrão e intervalo interquartil), além de valor mínimo e máximo. Para a Análise de Componentes Principais, os dados foram previamente padronizados, uma vez que as variáveis estão em escalas diferentes. No teste de hipótese com dados multivariados (PERMANOVA), os ambientes foram avaliados através da função de comparação múltipla de grupos multivariados *pairwise.perm.manova* do pacote *RVAideMemoire*. O nível de significância considerado foi de 5% de probabilidade.

As análises foram realizadas no software R 4.1.1 (2022), utilizando os pacotes *FactoMineR* (HUSSON et al., 2020), *factoextra* 1.0.7 (KASSAMBARA; MUNDT, 2020), *dplyr* (WICKHAM et al., 2022a), *ggplot2* (WICKHAM

et al., 2022b), *RVAideMemoire* (HERVÉ, 2022) e *vegan* (OKSANEN et al., 2022) e apresentadas em tabelas e gráficos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

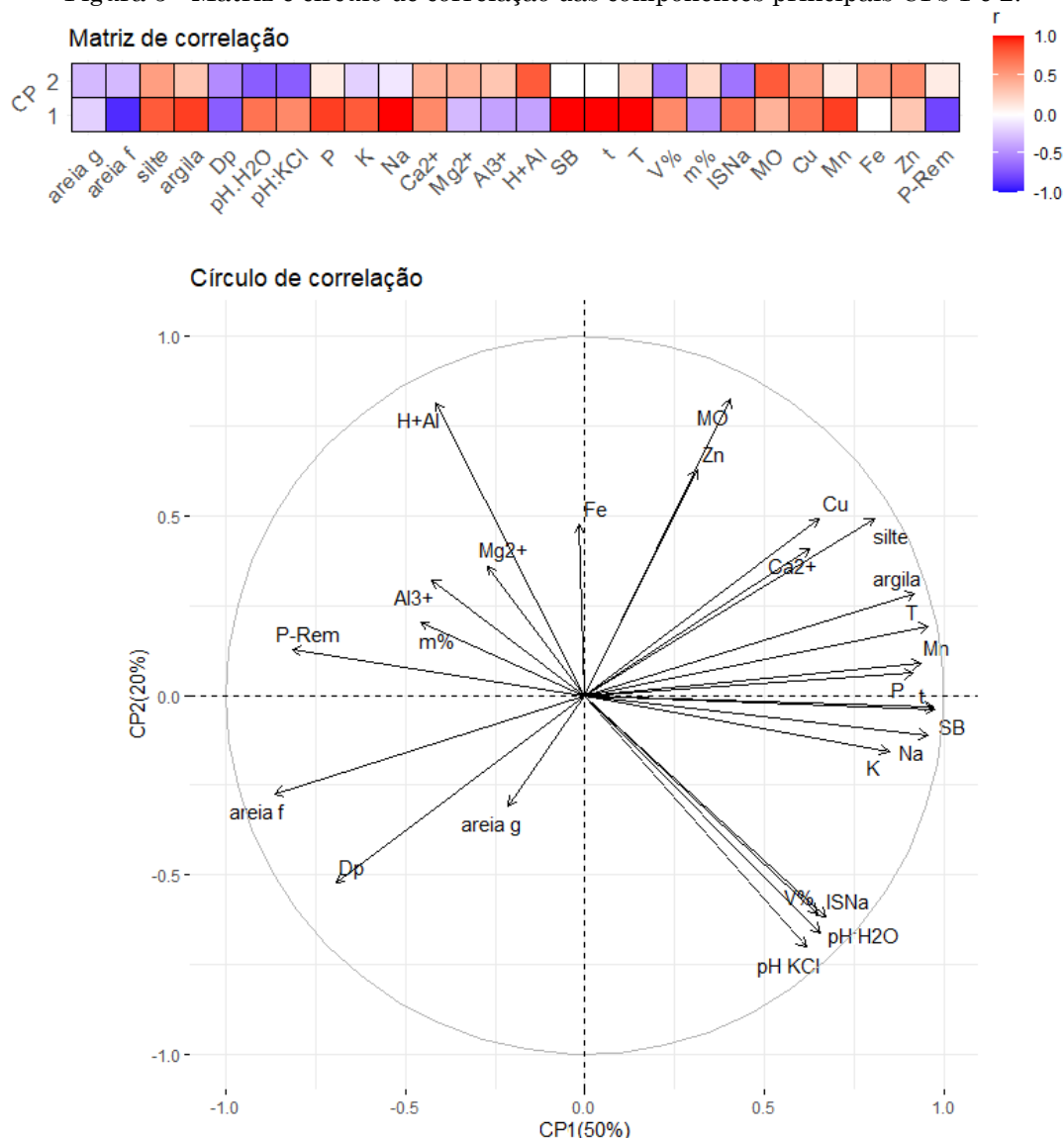
### *Análise de Componentes Principais (ACP)*

A ACP contemplou o conjunto de 936 variáveis resposta (26 atributos do solo x 36 amostras compostas). O primeiro componente principal (CP1) foi responsável por representar 49,9% da variância total dos dados, já o segundo componente (CP2) 20,2%, portanto, os dois primeiros componentes principais foram suficientes para explicar 70% da variância total dos dados (Figura 5). O limiar de 70% da variância total explicada é um ponto de corte comum para a definição do número de CPs a serem avaliadas (JOLLIFFE; CADIMA, 2016). Sendo assim, foram considerados os dois primeiros componentes.

Com relação ao CP1, os atributos do solo que tiveram maior contribuição foram SB, t, T, Na, Mn, argila, P e areia fina (Figura 5). A contribuição desses atributos corresponde a 54,1% do CP1, portanto, entende-se que esse componente principal represente principalmente esses atributos. Já na CP2, os atributos que contribuíram de maneira mais evidente foram MO, H+Al, pH KCl, pH H<sub>2</sub>O, Zn, ISNa, V% e Dp, cujo peso da contribuição somou 70,9% neste componente.

A representação gráfica da ACP é apresentada na matriz e círculo de correlação de variáveis (Figura 5).

Figura 5 - Matriz e círculo de correlação das componentes principais CPs 1 e 2.



Fonte: Os autores (2022).

Analisando a correlação das variáveis com o componente principal 1, nota-se que dentre as variáveis que mais contribuem (SB, t, T, Na, Mn, argila, P e areia fina), todas possuem uma correlação positiva muito forte com esse componente ( $r > 0,90$ ), exceto areia fina, cujo  $r$  é  $-0,86$ , estando negativamente correlacionada com o CP1 (Figura 5). Já o CP2 é caracterizado por apresentar correlação positiva com os atributos MO, H+Al e Zn ( $r$  0,82; 0,81 e 0,61, respectivamente) e correlação negativa com pH KCl, pH H<sub>2</sub>O e ISNa ( $r$   $-0,70$ ;  $-0,66$  e  $-0,61$ , respectivamente).

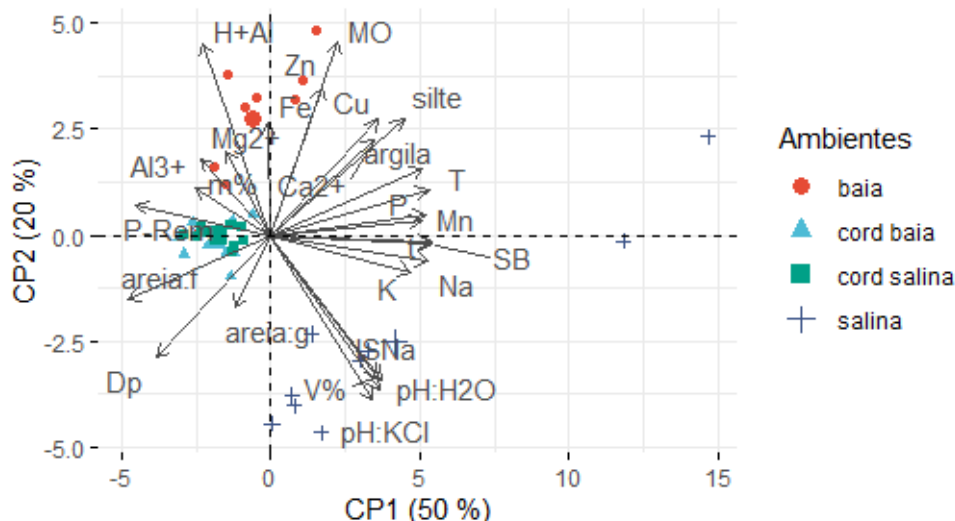
O círculo de correlações das variáveis resposta (Figura 5), evidencia que os atributos pH H<sub>2</sub>O, pH KCl, ISNa e V% estão altamente correlacionadas entre si. Constata-se que esse grupo de variáveis está correlacionado positivamente ao CP1 e opostamente ao CP2. Do mesmo modo, existe associação entre um amplo grupo de variáveis, como MO, Zn, K, Na, SB, P, t, T, Mn, argila e silte. Ainda em relação ao

gráfico, é possível constatar que H+Al possui uma relação inversa com pH, V% e ISNa, bem como areia f e Dp possuem uma relação inversa com MO, Zn, Cu, Ca, silte e argila. As variáveis m%, Al<sup>3+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Fe e areia grossa, apresentaram uma baixa qualidade de representação (vide comprimento do vetor).

A representação combinada das coordenadas dos pontos amostrais e variáveis respostas (vetores) da CP1 e CP2 é apresentada em gráfico biplot (Figura 6).

As amostras de salinas estão relacionadas aos maiores valores de ISNa, pH H<sub>2</sub>O, V% e pH KCl. O ambiente de baía, possui uma relação positiva com as variáveis H+Al, MO, Zn, Fe e Cu. Já ambos os ambientes de cordilheiras apresentam comportamento muito semelhante na ACP, o que indica grande similaridade de condições ambientais dado as sobreposições evidenciadas, estando relacionadas positivamente com os atributos P-Rem, frações areia e Dp (Figura 6).

Figura 6 - Gráfico biplot de representação das CPs 1 e 2 e coordenadas amostrais.



Fonte: Os autores (2022).

**Análise de Variância Permutacional Multivariada (PERMANOVA)**

O uso de testes de hipótese com dados multivariados visa obter inferências sobre as várias médias de atributos do solo para testar a igualdade das variáveis respostas, que são tidas como preditores comuns das paisagens estudadas. Para definir se as médias são estatisticamente significativas, foram selecionados para análise aqueles atributos com maior contribuição na CP1 e CP2: SB, t, T, Na, Mn, argila, P, MO, H+Al, pH KCl, pH H<sub>2</sub>O, Zn, ISNa.

Com base no teste de normalidade multivariada de Henze-Zirkler (valor-p <0.001),

os dados não possuem uma normalidade multivariada (requisito para a realização da MANOVA) o que motivou a realização da PERMANOVA.

Procedeu-se a análise da PERMANOVA, sendo observado um efeito significativo de ambientes, ou seja, existe uma diferença significativa entre ambientes, em outras palavras, o ambiente é influenciado pelas variáveis resposta. Como a PERMANOVA indicou efeito significativo de ambientes, procedeu-se a comparação entre grupos de permutação em matriz de distância euclidiana (Tabela 1).

**Tabela 1 - Comparação múltipla entre grupos de permutação em uma matriz de distâncias.**

	baía	cord baía	cord salina
cord baía	0.0012**	-	-
cord salina	0.0012**	0.267ns	-
salina	0.0012**	0.0012**	0.0012**

Fonte: Os autores (2022).

Com base no teste de comparação, constatou-se que ocorre diferença significativa (p<0,05) entre os grupos testados, exceto entre os ambientes “cordilheira baía” e “cordilheira salina”, que possuem igualdade estatística dos atributos do solo simultaneamente avaliados.

**Resultados analíticos e estatísticas descritivas**

De posse dos resultados obtidos (Tabela 2), atributos dos solos característicos das paisagens de baía (B), cordilheira (C) e salina (S) são evidenciados.

A fração areia fina predomina nos solos, sobretudo nas cordilheiras. Para as baías, cordilheiras e salinas, o teor médio de areia fina na composição granulométrica do solo é, respectivamente: 622, 696 e 557 g kg<sup>-1</sup>. Teores de argila maiores e com elevada dispersão são observados em ambientes de salinas (143±144 g kg<sup>-1</sup>), seguido de baías (92±28 g kg<sup>-1</sup>). Já nos ambientes de cordilheira o teor de argila é, em média, 52 g kg<sup>-1</sup>. A granulometria do solo reflete na ocorrência de variadas classes texturais (Figura 7). Os ambientes de cordilheira apresentam menor variabilidade de classes texturais.

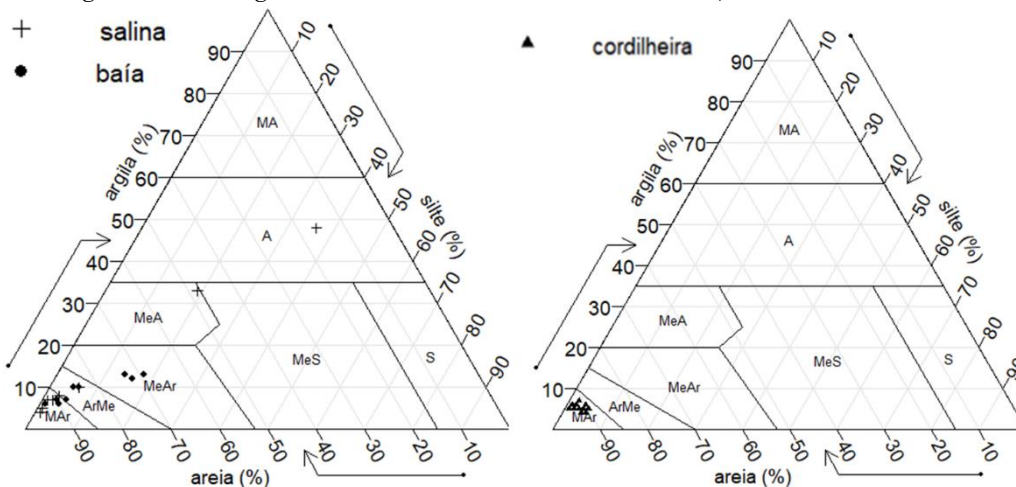


**Tabela 2** - Resultados das análises físicas, químicas e de matéria orgânica do solo (média aritmética seguida de desvio padrão).

ID / Paisagem	Granulometria				Dp kg dm <sup>-3</sup>	pH		P mg kg <sup>-1</sup>	Cátions trocáveis					
	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila		H <sub>2</sub> O	KCl		K	Na	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	
	g kg <sup>-1</sup>					-			mg kg <sup>-1</sup>					
												cmolc kg <sup>-1</sup>		
P1	S	166±11	767±11	10±1	57±16	2,61±0,04	10,2±0,0	9,2±0,2	5±0	130,13±45,44	351,77±63,46	0,4±0,1	0,0±0,0	0,0±0,0
P2	S	157±68	336±211	203±122	304±154	2,41±0,09	10,0±0,0	8,3±0,1	40±32	391,39±342,04	238,11±224,50	0,8±0,0	0,1±0,1	0,0±0,0
P3	S	346±49	569±41	19±9	66±9	2,61±0,03	8,8±1,9	7,5±2,3	18±6	410,47±146,53	832,37±106,43	0,7±0,3	0,1±0,1	0,0±0,0
P5	B	175±12	703±22	46±2	76±15	2,57±0,04	5,5±0,1	4,0±0,0	1±0	32,80±3,46	6,23±1,47	0,8±0,1	0,1±0,0	0,2±0,1
P6	B	199±7	514±9	160±17	127±7	2,42±0,03	5,7±0,1	4,4±0,0	1±0	53,97±6,99	7,67±2,41	1,5±0,3	0,3±0,1	0,0±0,0
P8	B	241±13	651±25	34±22	74±17	2,54±0,04	5,1±0,5	3,9±0,2	1±0	10,87±10,01	1,10±1,56	0,4±0,2	0,0±0,0	0,3±0,1
P4	CB	192±13	712±8	52±1	44±5	2,63±0,03	5,8±0,2	4,9±0,3	5±1	38,50±9,61	0,00±0,00	1,1±0,3	0,2±0,1	0,0±0,0
P7	CB	189±20	740±23	12±8	59±2	2,61±0,03	5,6±0,2	4,0±0,1	2±0	20,77±5,05	0,00±0,00	0,1±0,0	0,1±0,0	0,3±0,1
P9	CB	244±13	661±25	41±22	54±17	2,62±0,04	5,5±0,2	4,5±0,2	7±3	26,97±7,43	0,00±0,00	0,9±0,1	0,3±0,1	0,1±0,1
P10	CS	203±34	726±35	24±13	47±4	2,61±0,01	5,2±0,3	4,4±0,5	4±1	23,27±10,20	0,00±0,00	0,7±0,5	0,2±0,1	0,2±0,1
P11	CS	195±14	726±12	23±6	56±8	2,61±0,03	5,2±0,1	4,3±0,2	9±2	23,10±3,43	0,00±0,00	0,5±0,3	0,1±0,0	0,1±0,1
P12	CS	301±84	612±94	39±9	48±2	2,64±0,03	5,7±0,1	4,7±0,1	8±2	33,93±4,13	0,00±0,00	1,0±0,2	0,3±0,0	0,0±0,0
ID / Paisagem	Acidez	Complexo sortivo				m	ISNa	Microelementos				P-rem	MO	
	H+Al cmolc kg <sup>-1</sup>	SB	t	T	V			Cu	Mn	Fe	Zn			
		cmolc kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>						
					%		%					mg L <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	
P1	S	0,0±0,0	2,3±0,2	23±0,2	2,3±0,2	100±0	0±0	67±5	0±0	13±3	7±1	0±0	40,7±3	0,3±0,1
P2	S	0,7±0,5	3,0±1,8	3,0±1,7	3,7±1,2	100±0	0±0	60±13	0±0	46±17	32±39	0±0	15,4±8	1,9±1,4
P3	S	0,5±0,8	4,4±1,8	4,4±1,8	4,9±1,3	86±19	0±0	68±4	0±0	77±26	197±148	0±0	26,4±5	0,2±0,2
P5	B	2,8±0,5	1,0±0,2	1,2±0,2	3,8±0,7	27±0	14±2	1±0	0±0	27±9	205±56	0±0	44,3±2	2,5±0,6
P6	B	2,9±0,4	1,9±0,4	1,9±0,4	4,8±0,8	40±1	0±0	1±0	0±0	39±5	248±51	1±0	43,4±3	2,4±0,4
P8	B	2,8±1,1	0,5±0,2	0,7±0,4	3,3±1,4	14±4	37±2	0±0	0±0	9±5	303±108	0±0	39,2±6	1,9±0,9
P4	CB	1,0±0,2	1,4±0,4	1,4±0,4	2,4±0,2	58±12	0±0	0±0	0±0	20±2	20±13	0±0	55,8±1	0,6±0,1
P7	CB	1,7±0,0	0,3±0,1	0,6±0,1	1,9±0,0	16±4	47±8	0±0	0±0	17±3	34±9	0±0	48,2±2	0,4±0,0
P9	CB	1,1±0,3	1,3±0,2	1,4±0,1	2,4±0,3	55±9	7±10	0±0	0±0	26±8	36±10	0±0	51,1±1	0,5±0,2
P10	CS	1,3±0,3	0,9±0,7	1,1±0,6	2,2±0,4	38±21	23±18	0±0	0±0	23±11	35±12	0±0	48,4±2	0,7±0,2
P11	CS	1,9±0,0	0,7±0,3	0,9±0,2	2,6±0,3	26±9	19±14	0±0	0±0	24±4	22±6	0±0	46,0±2	0,9±0,1
P12	CS	1,2±0,1	1,4±0,2	1,4±0,2	2,6±0,3	54±5	0±0	0±0	0±0	34±5	15±2	0±0	54,0±1	0,7±0,0

Fonte: Os autores (2022). Legenda: baía (B), cordilheira baía (CB) cordilheira salina (CS) e salina (S).

Figura 7 - Triângulos texturais dos ambientes de baía, cordilheira e salina.



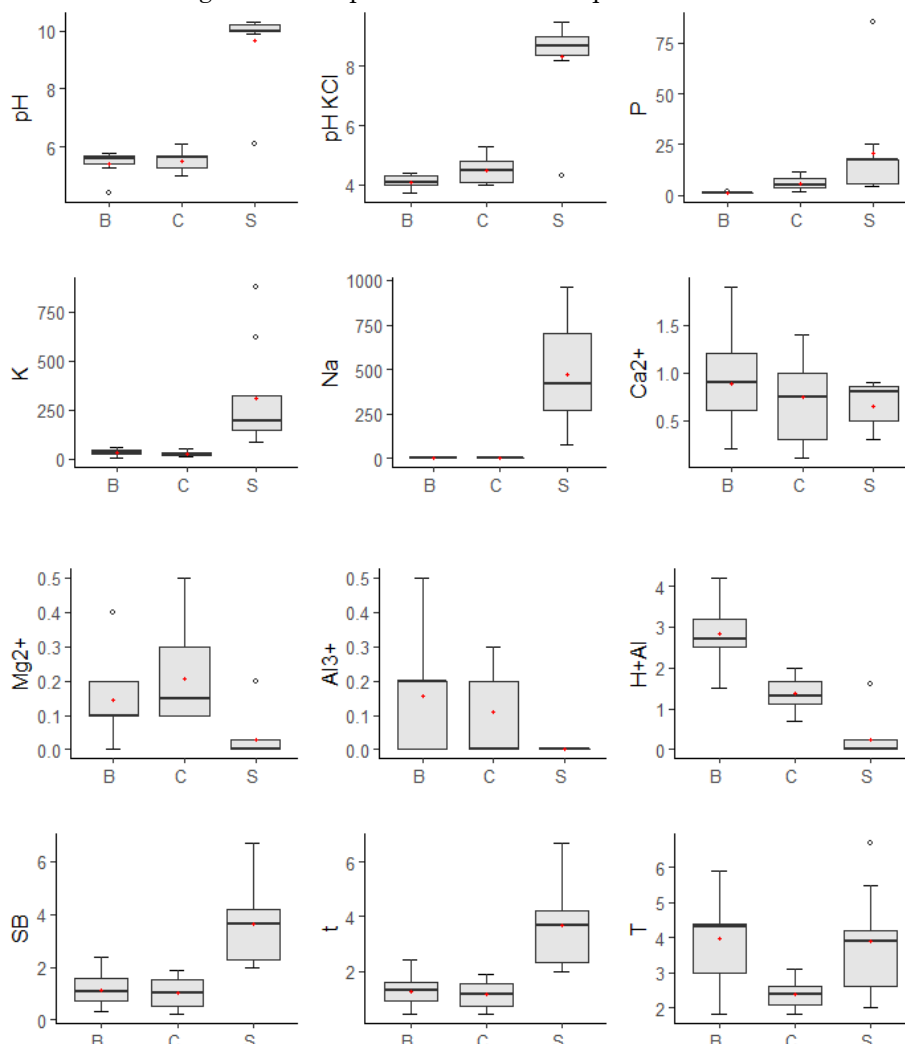
Fonte: Teixeira et al. (2017). Elaborado pelos autores (2022).

A média da densidade de partículas ( $D_p$ ) nas cordilheiras é a mais elevada ( $2,62 \text{ kg dm}^{-3}$ ) se comparada com as das baías e salinas ( $2,51$  e  $2,54 \text{ kg dm}^{-3}$ , respectivamente).

orgânica do solo, através das medidas de estatísticas descritivas (valores mínimos, máximos, quartis, IIQ, mediana, média e outliers da base de dados).

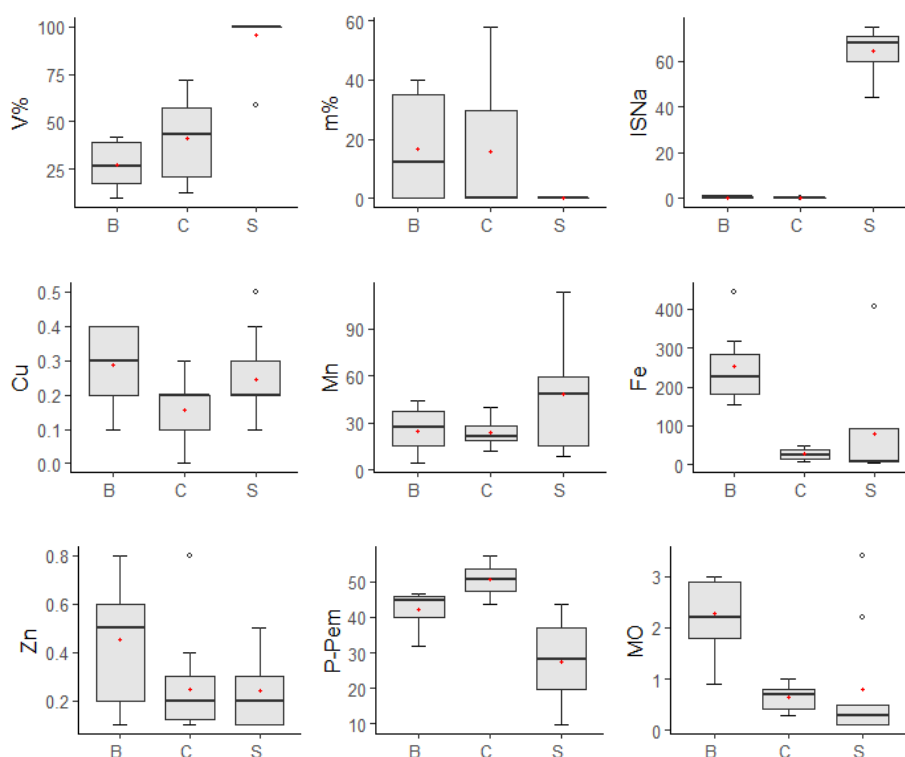
Gráficos boxplot (Figuras 8 e 9) comparam a variabilidade dos atributos químicos e matéria

Figura 8 - Boxplots dos atributos químicos do solo.



Fonte: Os autores (2022). Unidades: vide tabela 2. Abreviações: B = baía, C = cordilheira, S = salina.

Figura 9 - Boxplots dos atributos químicos e matéria orgânica do solo.



Fonte: Os autores (2022). Unidades: vide tabela 2. Abreviações: B = baía, C = cordilheira, S = salina.

### Relação solo-paisagem

As baías são áreas sujeitas ao pulso de inundação sazonal da planície pantaneira, e se conectam periodicamente à rede fluvial através de corixos e vazantes. Os atributos do solo mais relacionados são: H+Al, MO e Fe.

Tais atributos são tradicionalmente relacionados ao processo de podzolização (solos ácidos devido ao acúmulo de vegetação em decomposição e consequente iluviação de MO e óxidos no horizonte espódico). No entanto, pesquisas (MENEZES et al., 2022; SCHIAVO et al., 2012) vêm apontando particularidades (MO, pH, Al, Fe) dos solos do pantanal que divergem da literatura central sobre Podzols (Espodosolos), que é mais relacionada a regiões bioclimáticas frias com vegetação de coníferas (RESENDE et al., 2014).

Comparando baías, cordilheiras e salinas, constatou-se que os maiores teores de MO foram observados em baías, porém em baixos níveis ( $2,3 \pm 1,1 \text{ g kg}^{-1}$ ). Em três perfis de uma baía da Nhecolândia, Menezes et al. (2022) também determinaram, em horizontes superficiais, baixos teores ( $< 10,7 \text{ g kg}^{-1}$ ) de MO, sem observar a ocorrência de acumulação iluvial em subsuperfície característica do processo de podzolização (MENEZES et al., 2022).

A condição do aporte de MOS nas baías é atribuída à anaerobiose e deposição de remanescentes orgânicos pelo ciclo sazonal de cheia, especialmente de macrófitas aquáticas

(CARDOSO et al., 2016). Já os baixos níveis de MO verificados têm relação com maior taxa de ciclagem dos constituintes orgânicos em paisagem tropical dinâmica.

A MOS atua como ácido fraco com ação tamponante em ampla faixa de pH do solo (SILVA; MENDONÇA, 2007). Esse processo, em nosso estudo, se relaciona com a acidez ativa média (pH  $\text{H}_2\text{O}$   $5,4 \pm 0,4$ ) e, conseqüentemente, com os maiores valores observados ( $2,6 \pm 0,8 \text{ cmolc kg}^{-1}$ ) de acidez potencial (H+Al) na camada superficial dos solos de baías. Também, sob pH ácido, o alumínio se torna mais solúvel, o que contribui para valores de Índice de Saturação por Alumínio elevados (valor m de até 40%).

Como efeito indireto do pH está a atividade de  $\text{H}^+$ , que altera a solubilidade dos micronutrientes do solo, tornando-os mais disponíveis em meio mais ácido (SOUSA et al., 2007). Esse processo é típico das paisagens de baía de nosso estudo, sendo caracterizadas por teores elevados de Fe ( $252 \pm 86 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e, comparativamente, também do Zn ( $0,5 \pm 0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ ), mesmo com incipiente MOS.

As paisagens de cordilheiras estão situadas em cotas hipsométricas ligeiramente superiores aos dos ambientes lacustres (até  $\sim 5\text{m}$ ), onde predomina reduzida pedogênese, por ser área pouco sujeita a ciclos de inundação somado a um clima com pronunciados déficits hídricos. Assim, os solos são pouco desenvolvidos, com textura arenosa (frações areia  $> 900 \text{ g kg}^{-1}$ ) e Dp,

variando de 2,59 a 2,66 kg dm<sup>-3</sup> (Tabela 2), refletindo a presença dominante do quartzo (peso específico de 2,65 kg dm<sup>-3</sup>) na composição mineralógica do solo.

A predominância de areias de granulometria fina, originada de áreas fontes ao longo do megaleque do rio Taquari, é um processo sugestivo das condições paleoclimáticas operadas no Pleistoceno, devido a deflação eólica, com remobilização, transporte e sedimentação das areias finas (SOARES et al., 2003). Com o advento de período mais úmido, novos retrabalhamentos vêm alterando a paisagem muito rapidamente, potencializados pela ação humana, com aumento da erosão e aporte de sedimentos no leque aluvial (ASSINE; SOARES, 2004).

As paisagens de cordilheiras apresentam baixa quantidade de cátions (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K + H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>) em condição permutável (t); bem como baixos níveis de CTC a pH 7 (T), indicando pequena capacidade para reter cátions em forma trocável. Variações dos atributos dos solos nesses ambientes, como a saturação por alumínio (m%), não é devido a influência dos ambientes lacustres, hipótese verificada pelo teste PERMANOVA (Tabela 1). As elevadas médias de P-rem nas cordilheiras estão relacionadas a baixa capacidade de adsorção dos solos nessas paisagens, devido ao baixo teor de MO e textura arenosa (Tabela 2). Dado os atributos físicos e químicos dessas paisagens, a substituição de cordilheiras por pastagens favorece a erosão dos solos.

Solos salino-sódicos resultantes da acumulação de água em canais abandonados em altos topográficos durante o Holoceno são característicos de salinas (FURQUIM et al., 2017). Solos afetados por sais têm características ainda pouco compreendidas em muitas situações em todo o mundo (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2019). Acreditava-se que as salinas permaneciam isoladas das cheias em níveis mais elevados (GUERREIRO et al., 2018; RADAM-BRASIL, 1982). No entanto, perspectivas recentes vêm apontando para a degradação das salinas pelo aporte atípico de água doce (FURQUIM et al., 2017)

A Nhecolândia passou por dessalinização geral em decorrência da dinâmica fluvial estabelecida em fases climáticas úmidas com o fim do Pleistoceno. Assim, algumas salinas vêm experimentando a lixiviação dos solos por enchentes sazonais, modificando os atributos pedológicos dessas paisagens que ficam sob influência de diversos processos pedogenéticos: salinização, solonização e solodização (FURQUIM et al., 2017). Os resultados apontam a complexidade da pedogênese dos solos de salinas, em virtude da grande variabilidade de atributos apresentada, sobretudo com relação à

granulometria, pH, K, Na, H+Al, complexo sortivo, Mn e Fe.

De maneira geral, os solos de salinas estudados são alcalinos (pH H<sub>2</sub>O 9,8±0,6), possuem alta saturação por bases (V%), devido aos altos teores de sódio disponível (trocável) e CTC muito baixa. Elevados índices de saturação por Sódio (ISNa 64±9 %) os caracterizam como solos sódicos (ISNa > 15%) (SANTOS et al., 2018).

Solos sódicos tem gênese relacionada a pouca precipitação aliada à alta evapotranspiração, o que favorece a dissolução de minerais primários com altos teores de Na<sup>+</sup>. Nessas condições há maior dispersão das argilas, o que interfere em suas propriedades físicas, como preenchimento do espaço poroso e adensamento em subsuperfície, desfavorecendo a lixiviação das bases do solo, resultando no estabelecimento de condições alcalinas (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2017).

Devido ao elevado pH, espera-se que ocorra a precipitação do Al e que os íons metálicos como o Fe, Zn, Mn e Cu, tornem-se escassos no complexo de troca, restando os cátions básicos na solução do solo de forma trocável (SOUSA et al., 2007). No entanto, em salinas do nosso estudo (P2 e P3), o Fe e Mn encontram-se disponíveis apesar da influência de pH alcalino, o que é sugestivo de um desequilíbrio na ciclagem de nutrientes desses solos. Com relação a acidez total, amostra da salina P3 apresentou teor de H+Al mais elevado, relacionando-se com a maior disponibilidade observada de Fe e menores ISNa%, o que indica a ocorrência de mudanças dos padrões ambientais alcalinos nessas paisagens.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que em ambas as áreas predomina a fração areia fina, sendo que a classe textural dos solos variou de muito arenosa, arenosa média e média arenosa para as baías; muito arenosa para as cordilheiras, com Dp relacionada a mineralogia do quartzo; e muito arenosa, arenosa média, média argilosa e argilosa para as salinas.

Com relação aos atributos químicos e matéria orgânica, as baías se destacam pela maior acidez potencial (H+Al), teores de MO ligeiramente elevados e disponibilidade de íons metálicos, sobretudo Fe. Nas cordilheiras, maiores médias de P-rem são mais evidentes, já os solos de salinas se relacionam a valores de pH mais alcalinos, elevada saturação por bases e altos índices de saturação por Sódio (ISNa). Infere-se também, que os solos de paisagens lacustres do pantanal possuem especificidades, devido,

provavelmente, à coexistência entre sistemas lacustres com características geoquímicas distintas, sobretudo nas paisagens de salinas, que apresentam grande variabilidade dos dados e casos de atributos não condizentes com ambiente alcalino.

## FINANCIAMENTO

Este trabalho foi viabilizado graças ao fomento das seguintes agências brasileiras de pesquisa: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Apoio e Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso do Sul (FUNDECT).

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. O Pantanal Mato-Grossense e a teoria dos refúgios. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 2, p. 9–57, 1988.
- ALHO, C.; SABINO, J. A conservation agenda for the Pantanal's biodiversity. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 1, p. 327–335, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842011000200012>
- ASSINE, M. L.; SOARES, P. C. Quaternary of the Pantanal, west-central Brazil. **Quaternary International**, v. 114, n. 1, p. 23–34, 2004. [https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(03\)00039-9](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(03)00039-9)
- BAZZO, J. C. et al. Aspectos geofísicos e ambientais do Pantanal da Nhecolândia. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 29, n. 1, p. 141–161, 2012.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 12 abr. 2019.
- CARDOSO, E. L. et al. Relação entre solos e unidades da paisagem no ecossistema Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1231–1240, 2016. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900023>
- CUNHA, C. N. DA; 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. In: JUNK, W. et al. (Eds.). **The Pantanal: Ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland**. 1. ed. Sofia: PENSOFT Publishers, 2009. p. 127–141.
- FOREST GIS. **Banco de links de dados geográficos 2019**. Disponível em: <https://forest-gis.com/>. Acesso em: 20 dez. 2019.
- FURQUIM, S. A. C. et al. Salt-affected soils evolution and fluvial dynamics in the Pantanal wetland, Brazil. **Geoderma**, v. 286, p. 139–152, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.10.030>
- GUERREIRO, R. L. et al. Paleoecology explains Holocene chemical changes in lakes of the Nhecolândia (Pantanal-Brazil). **Hydrobiologia**, v. 815, n. 1, p. 1–19, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3429-3>
- HERVÉ, M. **RVAideMemoire: Testing and Plotting Procedures for Biostatistics**, 2022. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/RVAideMemoire/index.html>. Acesso em: 09 mai. 2022.
- HUSSON, F. et al. **FactoMineR: Multivariate Exploratory Data Analysis and Data Mining**, 2020. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/FactoMineR/index.html>. Acesso em: 09 mai. 2022.
- INMET BDMEP: **Banco de Dados Meteorológicos (1993-2019)**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br>. Acesso em: 21 mai. 2020.
- IUSS WORKING GROUP WRB. **World reference base for soil resources 2014, update 2015: International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps**. 3. ed. Rome: FAO, 2015.
- JOLLIFFE, I. T.; CADIMA, J. Principal component analysis: a review and recent developments. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 374, n. 2065, p. 1–16, 2016. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
- JUNK, W. J. et al. Biodiversity and its conservation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. **Aquatic Sciences**, v. 68, n. 3, p. 278–309, 2006. <https://doi.org/10.1007/s00027-006-0851-4>
- JUNK, W. J. et al. Brazilian wetlands: Their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 24, n. 1, p. 5–22, 2014. <https://doi.org/10.1002/aqc.2386>
- JUNK, W. J. et al. Macrohabitat studies in large Brazilian floodplains to support sustainable development in the face of climate change. **Ecology and Hydrobiology**, v. 18, n. 4, p. 334–344, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2018.11.007>
- KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. **factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses**, 2020. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/factoextra/index.html>. Acesso em: 09 mai. 2022.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.
- MENEZES, A. R. DE et al. Soils with dark subsurface horizons in saline basins in the Brazilian Pantanal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, p. 1–24, 2022. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20210088>
- OKSANEN, J. et al. **Vegan: Community Ecology Package**, 2022. Disponível em:

- <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/index.html>. Acesso em: 09 mai. 2022.
- OLIVEIRA, E. C. D. E.; PLA-PUEYO, S.; HACKNEY, C. R. Natural and anthropogenic influences on the Nhecolândia wetlands, SE Pantanal, Brazil. **Geological Society**, v. 488, p. 167–180, 2019. <https://doi.org/10.1144/SP488.5>
- OLIVEIRA JÚNIOR, J. C. DE et al. Genesis and Classification of Sodic Soils in the Northern Pantanal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. 1–19, 2017. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170015>
- OLIVEIRA JUNIOR, J. C. et al. Salt-affected soils on elevated landforms of an alluvial megafan, northern. **Catena**, v. 172, p. 819–830, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.09.041>
- RADAM-BRASIL. **Projeto RADAMBRASIL: Levantamento de Recursos Naturais Vol. 27 - Corumbá**. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1982.
- RESENDE, M. et al. **Pedologia - Base para distinção de ambientes**. 6. ed. Lavras: Editora UFLA, 2014.
- RIBEIRO, B. T. et al. Assessment of trace element contents in soils and water from cerrado wetlands, triângulo mineiro region. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 43, 2019. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20180059>
- SANTOS, H. G. DOS et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018.
- SANTOS, R. D. DOS et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.
- SCHAEFER, C. E. G. R. et al. Geoambientes, solos e estoques de carbono na Serra Sul de Carajás, Pará, Brasil. **Geoenvironments, soils and carbon stocks at Serra Sul of Carajás, Para State, Brazil. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat**, v. 11, n. 1, p. 85–101, 2016. <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v11i1.462>
- SCHIAVO, J. A. et al. Characterization and Classification of Soils in the Taquari River Basin - Pantanal Region. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 697–707, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000300002>
- SCHULZ, C. et al. Physical, ecological and human dimensions of environmental change in Brazil's Pantanal wetland: Synthesis and research agenda. **Science of the Total Environment**, v. 687, p. 1011–1027, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.023>
- SILVA, I. R. DA; MENDONÇA, E. DE S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007. p. 275–374.
- SILVA, J. DOS S. V. DA; ABDON, M. DE M. Delimitação do pantanal brasileiro e suas subregiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. especial, p. 1703–1711, 1998.
- SOARES, A. P.; SOARES, P. C.; ASSINE, M. L. Areiais e lagoas do Pantanal, Brasil: herança paleoclimática? **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 2, p. 211–224, 2003. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2003332211224>
- SOUSA, D. M. G. DE; MIRANDA, L. N. DE; OLIVEIRA, S. A. DE. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205–274.
- TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017.
- TOPODATA. **Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil 2011**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: 25 jul. 2020.
- USGS, UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Landsat Missions 2019**. Disponível em: <https://www.usgs.gov/landsat-missions>. Acesso em: 25 mar. 2019.
- WICKHAM, H. et al. **dplyr: A Grammar of Data Manipulation**, 2022a. Disponível em: <https://github.com/tidyverse/dplyr>. Acesso em: 09 mai. 2022.
- WICKHAM, H. et al. **ggplot2: Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics**, 2022b. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/ggplot2/index.html>. Acesso em: 09 mai. 2022.

## CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Diogo Costa Nascimento participou de trabalho de campo, realizou experimentos em laboratório, analisou os dados e contribuiu na redação do manuscrito. Guilherme Resende Corrêa orientou o estudo, participou do trabalho de campo e contribuiu na redação do manuscrito. Frederico dos Santos Gradella coorientou o estudo, participou de trabalho de campo e contribuiu na produção de informação espacial. Prímula Viana Campos coorientou o estudo, participou de trabalho de campo, revisou o texto principal e contribuiu na análise de dados. Viviane Arantes Koch participou de trabalho de campo, realizou experimentos em laboratório e revisou o manuscrito. Bruno Nery Fernandes Vasconcelos participou de trabalho de campo, revisou o texto principal e contribuiu na discussão dos resultados.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.