

Estudo gamaespectrométrico da influência da agricultura em uma área úmida geograficamente isolada na Depressão Periférica Paulista

Trabalho de Conclusão de Curso
Graduação em Geologia

JOÃO GABRIEL LAHOZ RINALDI

Rio Claro – SP

2022

JOÃO GABRIEL LAHOZ RINALDI

**Estudo gamaespectrométrico da influência da
agricultura em uma área úmida geograficamente isolada
na Depressão Periférica Paulista**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual
Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do
grau de Geólogo.

Orientador: Msc. Matheus Felipe Stanfoca Casagrande

Rio Claro - SP
2022

R578e Rinaldi, João Gabriel Lahoz
Estudo gamaespectrométrico da influência da agricultura em uma
área úmida geograficamente isolada na Depressão Periférica Paulista /
João Gabriel Lahoz Rinaldi. -- Rio Claro, 2022
80 p. : il., tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geologia) -
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e
Ciências Exatas, Rio Claro

Orientador: Matheus Felipe Stanfoca Casagrande

1. Gamaespectrometria terrestre. 2. Influência da agricultura. 3.
Área úmida geograficamente isolada. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de
Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

JOÃO GABRIEL LAHOZ RINALDI

**Estudo gamaespectrométrico da influência da agricultura
em uma área úmida geograficamente isolada na Depressão
Periférica Paulista**

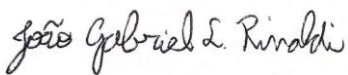
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas
do Campus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
para obtenção do grau de Geólogo.

Comissão Examinadora

Msc. Matheus Felipe Stanfoca Casagrande
(IGCE/UNESP/Rio Claro-SP)

Prof. Dr^a. Vania Silvia Rosolen
(IGCE/UNESP/Rio Claro-SP)

Msc. Lucas Moreira Furlan
(IGCE/UNESP/Rio Claro-SP)



Assinatura do aluno



Assinatura do orientador

Rio Claro, 28 de julho de 2022.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Miguel e Elaine, e meu irmão João Miguel, que são a minha base, meu exemplo de vida e minha saudade diária, por tudo que fazem e sempre fizeram por mim, por todo o amor e todo o apoio e incentivo durante a minha caminhada.

Aos meus avós Athiê, João, Elmi, e minha tia Heloísa, os quais se foram e me deixaram uma saudade infinita e muitas memórias repletas de amor e carinho. À minha avó Josefa, a qual eu espero ter muitos bons momentos batendo um papo e tomando café juntos.

Aos meus irmãos de vida da República Villa, Ricota, Bussa, Urso, Calderon, André e Baby por todos os anos de convivência com inúmeras risadas, bons momentos e histórias das quais jamais vou me esquecer.

Aos meus companheiros de turma Plínio, Sarjeta, Ricota, Matheus, Totoro, Grella e Fraga, pela amizade e parceria que construímos durante esses anos. Foi uma honra dividir o mesmo ônibus e viajar o Brasil para aprender geologia com vocês.

A todos os meus amigos unespianos, em especial a Pólen, por todo o carinho e bons momentos compartilhados e por toda a força que tem me dado nos momentos difíceis.

Aos meus amigos da Cerrado Gold, especialmente Andres, Camila, Drayan, Edre e Ricardo, por fazerem minha vida no interior de Tocantins ser muito mais interessante e divertida.

Ao Msc. Matheus Felipe Stanfoca Casagrande, pelas conversas e companhia durante os monótonos campos adquirindo dados, pela ótima orientação e por toda atenção e disponibilidade em me ajudar, inclusive além do projeto.

Ao Prof. Dr. César Augusto Moreira, pelas excelentes aulas e por me incluir nesse projeto.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, por me proporcionar a experiência de ser unespiano e possibilitar a minha profissionalização. O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa UNESP de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) – Projeto 3105/2021-4.

RESUMO

As áreas úmidas sempre foram importantes para o desenvolvimento humano e para a manutenção do meio ambiente por fornecerem serviços ecossistêmicos, como armazenamento de águas superficiais, purificação de água, recarga de águas subterrâneas, retenção de sedimentos, entre outros. A degradação desse tipo de ecossistema, que é um dos mais ameaçados do planeta, ocasiona no comprometimento da qualidade hídrica regional e local devido aos danos irreparáveis de reservas subterrâneas de água, retenção de poluentes, controle de inundações, entre outros. O interior do Estado de São Paulo é uma região muito populosa com um contexto de agricultura intensiva voltada para a cana-de-açúcar, na qual são utilizados grandes volumes de fertilizantes fosfatados, que podem conter radionuclídeos das séries de decaimento do ^{232}Th , ^{238}U e ^{40}K provenientes das matérias-primas utilizadas para sua produção. Dessa forma, o uso intensivo da adubação fosfatada pode aumentar a concentração de radionuclídeos no solo e, potencialmente, comprometer a qualidade dos solos e dos recursos hídricos locais e regionais. Assim, o presente estudo teve como objetivo aplicar o método da gamaespectrometria terrestre para realizar uma avaliação ambiental de uma área úmida geograficamente isolada em um contexto de agricultura intensiva de cana-de-açúcar, tendo como base os mecanismos de mobilidade do Th. Através da análise e interpretação da distribuição espacial do elemento no local, ao associar o transporte de sedimentos (adsorção do Th) e eventuais contaminantes, foi possível estabelecer uma associação entre a fertilização do solo com as principais zonas de acúmulo do elemento, além de reconhecer as bordas da área úmida como zona importante na retenção de sedimentos carregados a partir de suas vertentes e a identificação de alterações antrópicas nestes locais. Assim, foi afirmada a importância desse tipo de ecossistema na manutenção da qualidade hídrica ao constatar sua capacidade de retenção em suas margens, embora estudos complementares sejam necessários para a determinação de outros contaminantes mais comuns, como metais pesados e pesticidas.

Palavras-chave: Gamaespectrômetro; influência da agricultura; área úmida geograficamente isolada

ABSTRACT

Wetlands have always been important for human development and environmental maintenance through their ecosystemic benefits, such as superficial water storage, water purification, groundwater recharge, and sediment retention, among others. The loss of this kind of ecosystem, which is one of the most threatened on Earth, leads to the compromise of local and regional water quality due to irreparable damages to groundwater reserves, as well as pollutant retention, and control of inundation, etc. The paulista countryside is a populous region with an intensive agriculture context, mainly directed to sugarcane, in which large volumes of phosphate fertilizers are used, which may contain radionuclides from the decay series of ^{232}Th , ^{238}U e ^{40}K from raw materials used on its production. Therefore, intensive phosphate fertilization can increase the ground radionuclides concentration and potentially compromise the soil and the local and regional water quality. The present project aimed to apply the terrestrial gammaespectrometry method to conduct an environmental evaluation of a geographically isolated wetland in a sugarcane-intensive agriculture context, based on the thorium mobility mechanism. Throughout the analysis and interpretation of the element thorium spatial distribution on the site, by linking the sediment transport and possible contaminant, it was possible to establish an association between the soil phosphate fertilization and the main accumulation areas of the element, in addition, to recognize the edges of the wetland as an important zone on the retention of the sediments transported from the uplands and the identification of the anthropic alteration on this sites. Thus, the importance of this ecosystem on water quality maintenance was proven by recognizing its capacity to retain possible contaminants in its margins, although further studies are necessary to determine more common contaminants, such as heavy metals and pesticides.

Keywords: Gamma-ray spectrometer; agriculture influence, geographically isolated wetland

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo.	13
Figura 2 - Imagem de maior detalhe da área de estudo, localizada na zona rural do município de Cordeirópolis-SP. Em vermelho, estão destacados uma outra área úmida a noroeste e uma drenagem a sudeste da área de estudo.	14
Figura 3 - Mapa Hipsométrico de Cordeirópolis (SP).....	16
Figura 4 - Mapa de Declividade de Cordeirópolis (SP).	17
Figura 5 - Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná, com o contorno estrutural (profundidade) do embasamento cristalino.	20
Figura 6 - Seção geológica esquemática da Bacia do Paraná.....	20
Figura 7 - Distribuição das unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná no estado de São Paulo.	22
Figura 8 - Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná na região de Rio Claro / Limeira / Piracicaba (SP).	23
Figura 9 - Mapa geológico de Cordeirópolis (SP).....	23
Figura 10 - Diabásio inalterado na rodovia Bandeirantes (SP-348).	24
Figura 11 – Série de decaimento dos radionuclídeos ^{238}U , ^{232}Th e ^{235}U	35
Figura 12 – Gráfico da meia-vida ($t_{1/2}$).....	37
Figura 13 - Variação do conteúdo de K, U, Th em rochas ígneas com aumento do teor de sílica.....	40
Figura 14 – Espectro natural do raio gama emitido por K e radionuclídeos da série do U e Th...	43
Figura 15 - Equipamento portátil RS-332 Multipurpose Gamma-Ray Spectrometer System e um cristal do tipo BGO (germanato de bismuto) utilizado no estudo. Na imagem o equipamento está em funcionamento para a coleta de sinais do solo das vertentes da área úmida de estudo.	44

Figura 16 - Mapa de pontos de coleta de dados realizados durante a campanha de 2020 e de 2021, respectivamente.	45
Figura 17 - Diagrama de caixas (boxplot) dos valores de eTh das campanhas de 2020 e 2021. ..	47
Figura 18 – Mapa de distribuição espacial de eTh (ppm) utilizando os dados adquiridos ao longo da campanha de 2020.	49
Figura 19 - Mapa de distribuição espacial de eTh (ppm) utilizando os dados adquiridos em setembro de 2021.....	50
Figura 20 – Mapas de distribuição de eTh nos anos de 2020 e 2021, respectivamente.	51
Figura 21 - Fotografia E-W da área úmida queimada em 2021.	51
Figura 22 - Mapa topográfico da área úmida gerado utilizando os dados de altitude adquiridos pelo GPS do gamaespectrômetro.....	54
Figura 23 – Mapa indicando a direção do perfil topográfico da área úmida apresentado na Figura 22.	55
Figura 24 – Perfil topográfico da área úmida elaborado com base no modelo digital de elevação desenvolvido por Casagrande <i>et al.</i> (2021). As setas em azul indicam os fluxos de água e o círculo em vermelho indica a porção degradada na borda da área úmida na qual se encontra a estrada.	55
Figura 25 - Fotografia E-W da área úmida demonstrando o empoçamento na estrada de terra ocasionado pela degradação da borda oeste do ecossistema.	57

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. ÁREA DE ESTUDO	13
2.1. Município de Cordeirópolis.....	14
2.2. Caracterização da área de estudo	15
2.2.1. Características fisiográficas.....	15
2.2.2. Geologia Regional	17
2.2.3. Geologia Local.....	21
2.2.3.1. Formação Serra Geral.....	24
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
3.1. Áreas Úmidas.....	25
3.1.1. Estado da Arte.....	27
3.1.1.1. Convenção Ramsar	28
3.1.1.2. Lista Ramsar	29
3.1.2. Uso Sustentável	29
3.1.3. Brasil e Áreas Úmidas	30
3.1.4. Estudos recentes	31
3.2. A radioatividade e sua quantificação	34
3.2.1. Estado da Arte.....	34
3.2.2. Radioatividade natural.....	36

3.2.3. Tório.....	39
3.3. Fertilizantes fosfatados	40
4. MATERIAIS E MÉTODOS	42
4.1. Levantamento bibliográfico	42
4.2. O método da gamaespectrometria terrestre	42
4.3. Aquisição de dados.....	44
4.4. Processamento dos dados	46
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
6. CONCLUSÃO	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXO A – TABELA DE DADOS DE 2020	69
ANEXO B – TABELA DE DADOS DE 2021	78

1. INTRODUÇÃO

Crises hídricas têm sido recorrentes na última década no Brasil, como as ocorridas no ano de 2021 nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste (DINIZ *et al.*, 2021). Alguns fatores que impulsionam esse problema são as mudanças antrópicas do ambiente natural que desencadeiam a perda ou redução na qualidade dos recursos hídricos, principalmente pela expansão desordenada de meios urbanos e do agronegócio, que tem sido um grande responsável pelo represamento de água para irrigação, alteração do fluxo natural de água superficial pelas mudanças do terreno e grandes fontes de contaminação de mananciais pelo uso massivo de compostos fertilizantes e agrotóxicos (FISCHER *et al.*, 2016). Como consequência, os problemas socioambientais e socioeconômicos provocados demonstram a necessidade de enxergar de uma forma mais acurada e repensar relação do ser humano com recursos naturais. Assim, a substituição do uso reservatórios superficiais por abastecimento por aquíferos tem sido uma das alternativas para enfrentar as crises hídricas (MARENGO *et al.*, 2015). Essa busca por alternativas para a distribuição de água para a população destaca a importância da conservação e gerenciamento sustentável fontes naturais de água potável, sejam elas superficiais ou subsuperficiais, além de encontrar formas de mitigar os problemas ocasionados pelo uso e ocupação de terra indevido ou não planejado.

A fim de aumentar a produtividade agrícola, fertilizantes e defensivos agrícolas são empregados em grandes volumes na agricultura. Todavia, esses compostos contêm metais pesados e radionuclídeos naturais em sua composição, os quais podem ser transportados das plantações até sistemas hídricos ocasionando em sua poluição e comprometimento da qualidade das águas em escalas regional e local (BEYRUTH, 2008; GOMES & BARIZON, 2014). Em fertilizantes minerais do tipo NPK (nitrogênio-fósforo-potássio), estão presentes radionuclídeos das séries de decaimento do ^{232}Th , ^{238}U e ^{40}K provenientes das matérias-primas utilizadas para a produção de fertilizantes, como o caso de minerais fosfatados (BECEGATO, 2005; SOUZA & FERREIRA, 2005; MAZILLI, 2016; FRANZOI, 2019), o que acarreta na redistribuição de U, Th e K nos solos em regiões com agricultura intensiva. Os fertilizantes fornecem as plantações insumos para seu crescimento em solos nos quais a lixiviação de nutrientes essenciais é um fator limitante e, no caso da cana-de-açúcar, a deficiência do macronutriente fósforo na maioria dos solos do Brasil é um fator que torna necessária o uso em grande escala de fertilizantes fosfatados no seu plantio (SOUZA & KORNDORFER, 2011). Assim, a utilização intensiva da adubação

fosfatada por várias décadas, muitas vezes de forma inadequada, pode dobrar a concentração de radionuclídeos de solo (EISENBUD & GESELL, 1997; SOUZA & FERREIRA, 2005).

As áreas úmidas são ecossistemas importantes para o desenvolvimento humano e para a manutenção do meio ambiente por fornecerem serviços ecossistêmicos, como armazenamento de águas superficiais, purificação de água, regulação de microclimas, recarga de águas subterrâneas, retenção de sedimentos, armazenamento de carbono (TODHUNTER & RUNDQUIST, 2004; JUNK *et al.*, 2014; HAYASHI *et al.*, 2016). Sua definição comumente engloba três componentes principais: presença de água, condições pedológicas diferenciadas de suas adjacências e biota adaptada para condições úmidas (MITSCH & GOSELINK, 2015).

Dentro deste contexto, estão inseridas ainda as áreas úmidas geograficamente isoladas, caracterizadas pela ausência de conexão hídrica por meios superficiais (TINER, 2003). Por serem bacias de ordem zero, a água precipitada converge na direção de seu interior, carreando sedimentos e substâncias provenientes de fertilizantes e defensivos agrícolas em regiões com atividade agrícola. Nesse contexto, as áreas úmidas geograficamente isoladas, as quais mantêm muitos dos serviços ecossistêmicos citados (TINER, 2003), podem contribuir de modo eficaz na retenção natural de contaminantes antrópicos e manutenção da qualidade hídrica local e regional.

O processo de expansão de áreas urbanas e da agropecuária já resultou em uma degradação de mais de 50% das áreas úmidas mundiais (MATTHEWS, 1993; MALTCHIK *et al.*, 2010; MITSCH & GOSELINK, 2015), configurando, assim, um dos ecossistemas mais ameaçados do planeta (MALTCHIK *et al.*, 2010; JUNK *et al.*, 2014). A destruição ou modificação desses ecossistemas ocasionam em alterações irreparáveis de reservas subterrâneas e superficiais de águas, fauna e flora endêmicas, bem como acúmulo de poluentes, controle de inundações com consequentes resultados negativos para comunidades humanas locais e regionais (MATTHEWS, 1993).

Assim, é fundamental a compreensão de seus processos e dinâmicas hidrológicas para auxiliar em seu gerenciamento sustentável e encontrar maneiras de mitigar a degradação das áreas úmidas geograficamente isoladas ocasionada pela agropecuária, haja vista que são os fluxos superficiais e subsuperficiais de água os meios principais de mobilização de compostos e elementos contaminantes.

O interior paulista é uma região muito populosa com um contexto de agricultura intensiva, principalmente voltada para a cana-de-açúcar desde a iniciativa do Programa Nacional

do Álcool (Proálcool) na década de 70. Em regiões como essa é necessário entender a interação entre o uso massivo de fertilizantes, pesticidas e agrotóxicos e áreas úmidas, para ponderar sua capacidade de filtragem e retenção de poluentes e avaliar os danos causados. Apesar de 20% do território brasileiro ser recoberto por áreas úmidas, não existem políticas públicas nacionais específicas voltadas para áreas úmidas (JUNK *et al.*, 2011). Dessa forma, é fundamental o desenvolvimento de pesquisas em áreas úmidas e gerar produtos substanciais que demonstrem sua importância e benefícios para a sociedade, sobretudo na manutenção da qualidade hídrica, para que auxiliem governantes e tomadores de decisão a agir em prol do gerenciamento e conservação desse ecossistema, e eventualmente, ajudar a mitigar crises hídricas futuras.

Essa pesquisa teve como objetivo estudar a relação do uso intensivo de fertilizantes fosfatados e a dinâmica hídrica superficial em uma área úmida geograficamente isolada da Depressão Periférica Paulista através do método da gamaespectrometria terrestre baseado na distribuição espacial do tório.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área úmida do presente estudo está localizada na zona rural do município Cordeirópolis, São Paulo (Figura 1), posicionada na zona UTM 23S, com latitude e longitude de 244103 m E e 7510862 m S, respectivamente. Inserido no contexto geológico da Bacia do Paraná, o local estudado está associada à latossolos espessos provenientes do intemperismo de diabásios da Formação Serra Geral.

A área úmida pode ser classificada como geograficamente isolada, visto que é uma pequena depressão topográfica completamente envolta por vertentes e que não possui qualquer conexão com outra área úmida ou corpos d'água por vias superficiais (TINER, 2003), mesmo ao estar próxima a uma drenagem a sudeste e a outra área úmida a noroeste (Figura 2). Suas vertentes possuem baixa declividade e delimitam sua bacia de captação de água superficial. Por estar em uma zona agrícola, o uso das vertentes é voltado para a cultura semi-perene da cana-de-açúcar, sendo que na porção leste seu plantio é realizado no formato semicircular de acordo com as curvas de nível, contornando a área úmida. O centro da mesma, o qual é zona mais baixa da depressão, tem como característica presença majoritária de plantas gramíneas e solo hidromórfico (gleissolo), gerados por saturação quase constante e influenciados diretamente por águas superficiais e de aquífero raso.

Figura 1 - Localização da área de estudo.

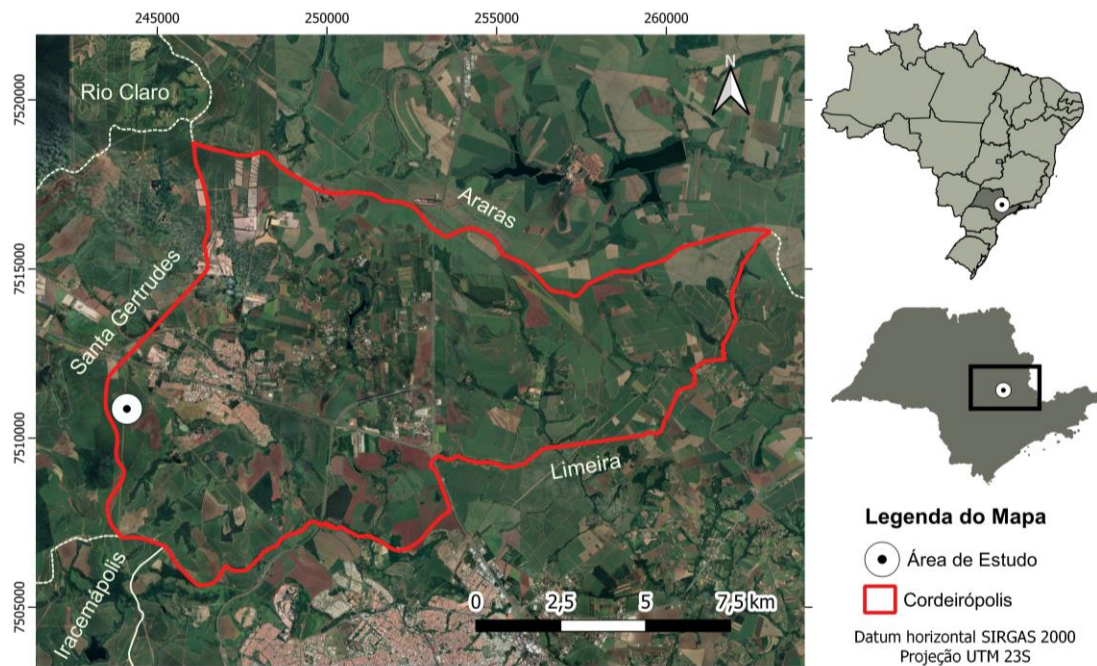
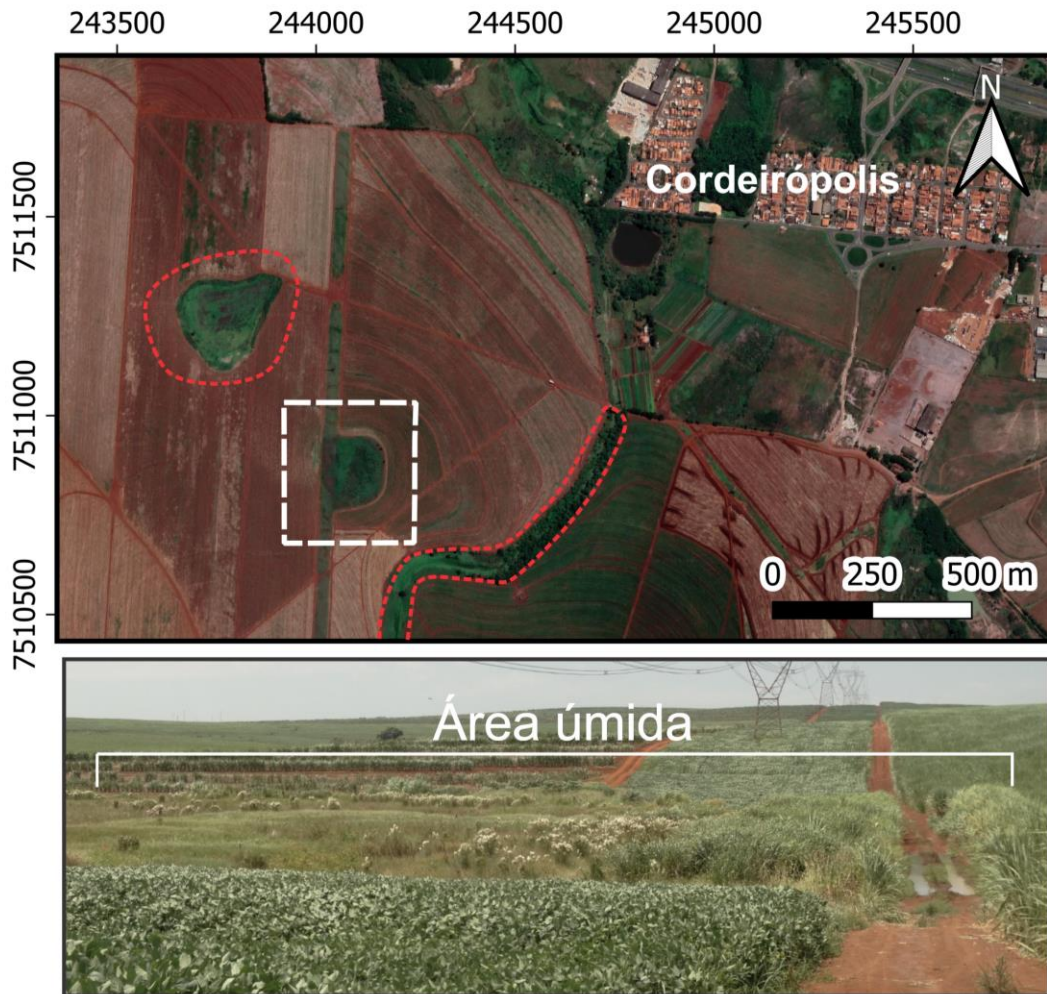


Figura 2 - Imagem de maior detalhe da área de estudo, localizada na zona rural do município de Cordeirópolis-SP. Em vermelho, estão destacados uma outra área úmida a noroeste e uma drenagem a sudeste da área de estudo.



2.1. Município de Cordeirópolis

Cordeirópolis é um município paulista inserido na microrregião de Limeira e macrorregião de Campinas. Segundo o IBGE (2021), seu território possui uma área de 137,58 km² e estima-se que sua população seja de 24.826 habitantes. Na cidade, estão contidas as rodovias estaduais Washington Luís (SP-310), Anhanguera (SP-330) e Bandeirantes (SP-348), formando uma importante infraestrutura de fácil acesso e circulação de produtos cerâmicos e agrícolas produzidos na região.

Conjuntamente a Ipeúna, Limeira, Rio Claro, Piracicaba, Iracemápolis e Santa Gertrudes, o município integra o Polo Cerâmico Santa Gertrudes (PCSG), um importante centro

extração de argila e concentração de indústrias cerâmicas. O PCSG é o polo cerâmico com a maior produção da América e a segundo maior do mundo, sendo responsável por 85% da produção do Estado de São Paulo, o que corresponde a cerca de 70% dos revestimentos cerâmicos produzidos no país (ASPACER, 2016). Segundo Poletto (2008), em 1930, as atividades envolvendo cerâmicas vermelhas já eram exercidas em Cordeirópolis, no entanto, o verdadeiro crescimento desse ramo ocorreu apenas durante a década de 70 e 80 através da vinda de empresas de pisos e revestimentos, que impulsionaram o mercado com a instalação de algumas indústrias motivadas pelo crescimento desse setor industrial em Santa Gertrudes.

Durante a década de 60, o café, que era a base econômica do município, foi substituído pelo cultivo de cana-de-açúcar, responsável por acelerar o processo de urbanização de Cordeirópolis. Contudo, o desenvolvimento da atividade industrial da cerâmica intensificou esse processo ao gerar diversos empregos no município e atrair migrantes da região Nordeste, região Sul e Minas Gerais, o que acarretou no aumento do número de habitantes, que passou de 9.334 residentes ao final da década de 80, para 24.826 em 2021 (VIEIRA, 2018; VIEIRA; DA SILVA VIEIRA, 2018; IBGE, 2021). Segundo o SEADE (2021), o grau de urbanização da população é de 90% e densidade demográfica de 179 habitantes por km².

Apesar de seu crescimento populacional durante as últimas décadas, sua área urbana de Cordeirópolis corresponde apenas a 4,22% e seu território (VIEIRA, 2018). Na zona rural, a cultura semi-perene de cana-de-açúcar é a atividade agrícola mais praticada, com plantações abrangendo 6730 hectares ocupa 44% área do município (LUPA, 2017; VIEIRA, 2018).

2.2. Caracterização da área de estudo

2.2.1. Características fisiográficas

A cidade de Cordeirópolis é topograficamente plana com colinas amplas e médias, com um baixo desnível de 323 metros entre o nível de maior elevação de 825 metros e o menor de 502 metros, no fundo de vale, predominando as cotas entre 600 e 700 metros (PENTEADO, 1969) (Figura 3). Além de possuir uma baixa amplitude altimétrica, a maioria do terreno está dentro da faixa de até 12% de declividade, composto, predominantemente, por áreas planas e levemente onduladas (Figura 4). O clima é tropical de altitude, com uma estação chuvosa de

outubro a março e outra significativamente mais seca que vai de maio a setembro. A temperatura média anual é de 21,1 °C (BLAIN; BRUNINI, 2007).

A área úmida está inserida nas proximidades do divisor de águas entre as sub-bacias do Córrego Santa Gertrudes e do Ribeirão Tatu. O destino da água captada nas bacias citadas é a bacia hidrográfica do rio Piracicaba, na qual a cidade de Cordeirópolis está englobada. O Ribeirão Tatu deságua diretamente no rio Piracicaba, enquanto o Córrego Santa Gertrudes deságua em seu afluente, o rio Corumbataí.

Existem quatro tipos de solo no município: latossolo vermelho, latossolo vermelho e amarelo, argissolos e gleissolos. O território é composto principalmente por latossolo vermelho, abrangendo 105,2 km², cerca de 77% da área. Os 23% restantes são divididos entre os 7% de latossolo vermelho e amarelo (9,56 km²), os 13% de argissolo (18,1 km²) e os 3% de gleissolo (3,31 km²) (VIEIRA, 2018).

Figura 3 - Mapa Hipsométrico de Cordeirópolis (SP).

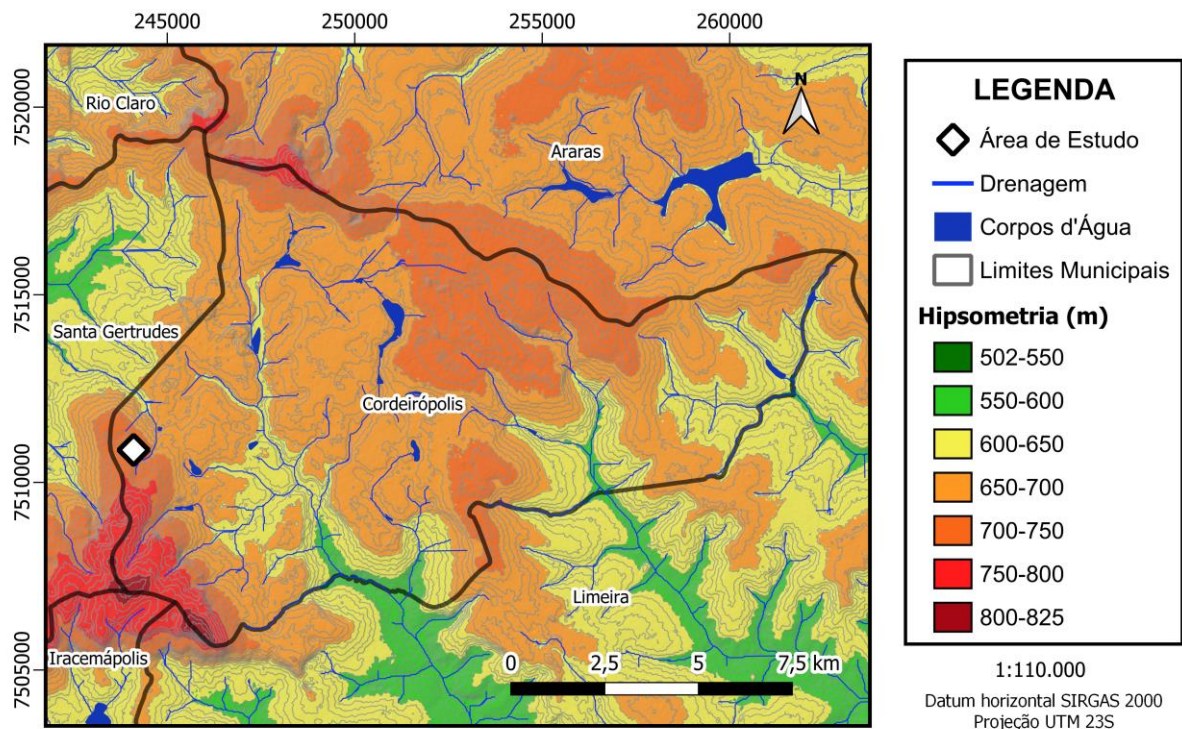
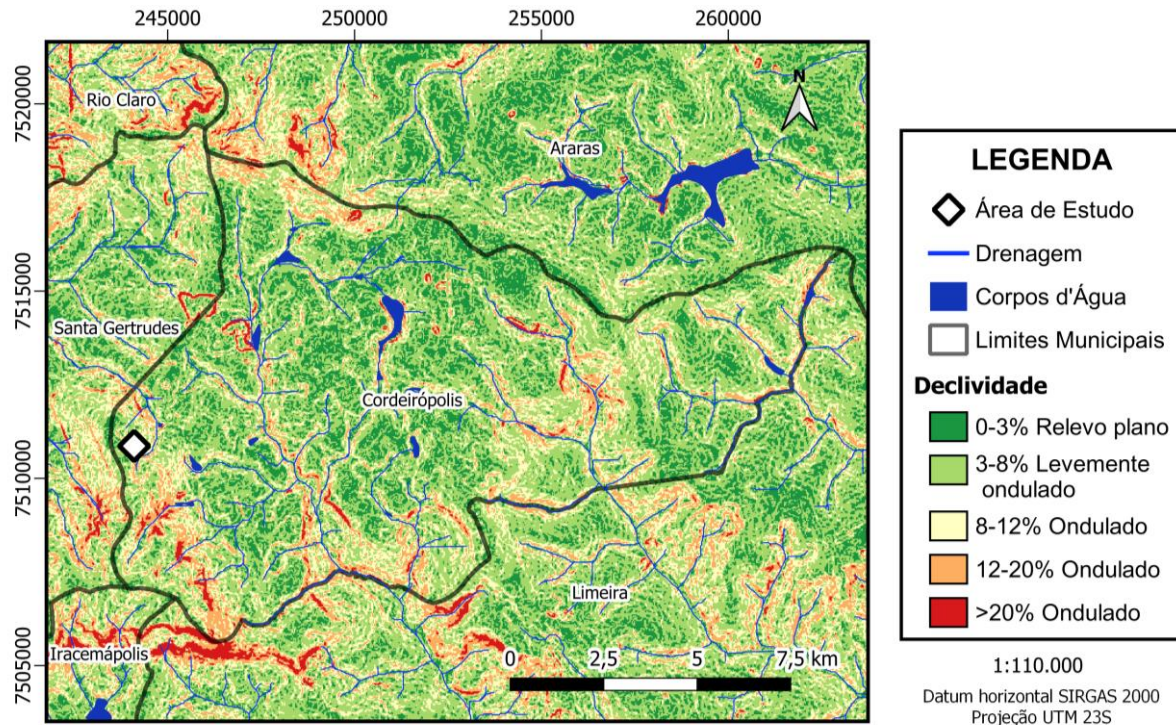


Figura 4 - Mapa de Declividade de Cordeirópolis (SP).

2.2.2. Geologia Regional

Com uma área de aproximadamente 1,5 milhão de km², a Bacia do Paraná está engloba porções territoriais de quatro países sul-americanos: norte do Uruguai, leste do Paraguai, nordeste da Argentina e Brasil, abrangendo estados do Centro-Oeste, Sudeste e Sul do país (Milani *et al.*, 2007) (Figura 5). A bacia sedimentar intracratônica possui formato ovalado com o maior eixo na direção N-S e é delimitada por limites erosivos estabelecidos pela geotectônica posterior ao Paleozoico (Milani, 2004; Milani *et al.*, 2007). A figura 6 representa a seção geológica esquemática da Bacia do Paraná.

Segundo Milani *et al.* (1997), o registro sedimentar da Bacia do Paraná é policíclico e dividido em seis unidades litoestratigráficas: Supersequência Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Supersequência Paraná (Devoniano), Supersequência Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico), Supersequência Gondwana II (Mesotriássico-Neotriássico), Supersequência Gondwana III (Neojurássico-Éocretáceo) e Supersequência Bauru (Neocretáceo). Dessa forma, a subsidência e sucessivos episódios de sedimentação e eventos magmativismo da Bacia do Paraná perdurou

entre cerca de 450 Ma e 65 Ma, formando uma espessura máxima de 7 km de um pacote sedimentar-magmático em seu depocentro (Milani, 2004; Milani *et al.*, 2007) (Fig. 6).

A Supersequência Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano) é a primeira unidade litoestratigráfica da bacia, está acomodada diretamente no embasamento cristalino da sinéclise, e representa o primeiro ciclo transgressivo-regressivo da bacia sedimentar. A unidade é constituída por arenitos conglomeráticos com estratificações cruzadas da Fm. Alto Garças, diamictitos com matriz siltíco-arenosas da Fm. Iapó sucedidos por arenitos e pelitos fossilíferos da Fm. Vila Maria. A transgressão ocorreu desde a base da Fm. Alto Garças até os pelitos da Fm. Vila Maria, que representa uma porção de inundação, desenvolvendo uma fração regressiva na parte superior da unidade (Milani, 1997; Milani *et al.*, 2007).

A Supersequência Paraná (Devoniano) foi o segundo ciclo transgressivo-regressivo da bacia, que acarretou na deposição de um pacote sedimentar de espessura máxima de 800 m que se acomoda sobre as rochas da Supersequência Rio Ivaí. A base dessa unidade litológica é constituída por uma sucessão transicional de arenito com estratificação cruzada da Fm. Furnas, que é sobreposta pela Fm. Ponta Grossa, a qual reflete condições de inundação do sistema dividida em três membros pelítico-argilosos: Jaguariaíva (folhelho com lente de arenito), Tibagi (areno-siltíco) e São Domingos (dominantemente pelítico). Entre o topo da Fm. Ponta Grossa e o início da unidade litoestratigráfica seguinte há uma inconformidade, conhecida como “pré-Itararé”, que representa um hiato de cerca de 70 Ma (Milani, 1997; Milani *et al.*, 2007).

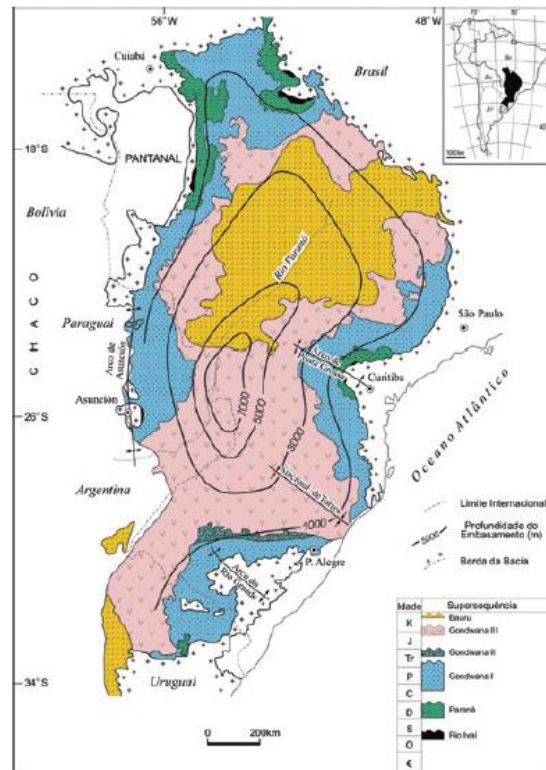
A Supersequência Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico) é marcada por datar o processo de continentalização da Bacia do Paraná. Essa unidade inclui diferentes ambientes deposicionais, variando desde condições glaciais até áridas contendo dunas eólicas. A base é composta pelas variadas fácies periglaciais do Grupo Itararé, intrinsicamente ligados com a fase de degelo das geleiras, contendo espessuras superiores a 1300 metros. A parte inferior da unidade é sobreposta pelo Grupo Guatá (Fm. Rio Bonito e Palermo), Fm. Tatuí e outras formações correspondentes. Acima dessa fração, depositou-se o Grupo Passa Dois, constituído pelas formações Irati, Serra Alta, Teresina, Corumbataí (no domínio paulista da bacia), Rio do Rasto, e pela Fm. Piramboia (Milani, 1997; Milani *et al.*, 2007).

A Supersequência Gondwana II (Mesotriássico-Neotriássico) é sintetizada nos pelitos fossilíferos de origem fluvial e lacustre da Formação Santa Maria. Essa unidade litoestratigráfica abrange um curto período de sedimentação e restritamente localizada no estado do Rio Grande do

Sul e norte do Uruguai (Milani, 1997; Milani *et al.*, 2007). A Supersequência Gondwana III (Neojurássico-Éocretáceo) abrange o intervalo de deposição de arenitos eólicos jurássicos da Fm. Botucatu e o intenso magmatismo fissural de rochas básicas da Fm. Serra Geral durante o Cretáceo que recobriram o deserto Botucatu. A origem do magmatismo está relacionada com a instabilidade do continente durante a separação do continente sul-americano e da África durante o rifteamento do Gondwana, a partir do Triássico (Milani, 1997; Milani *et al.*, 2007).

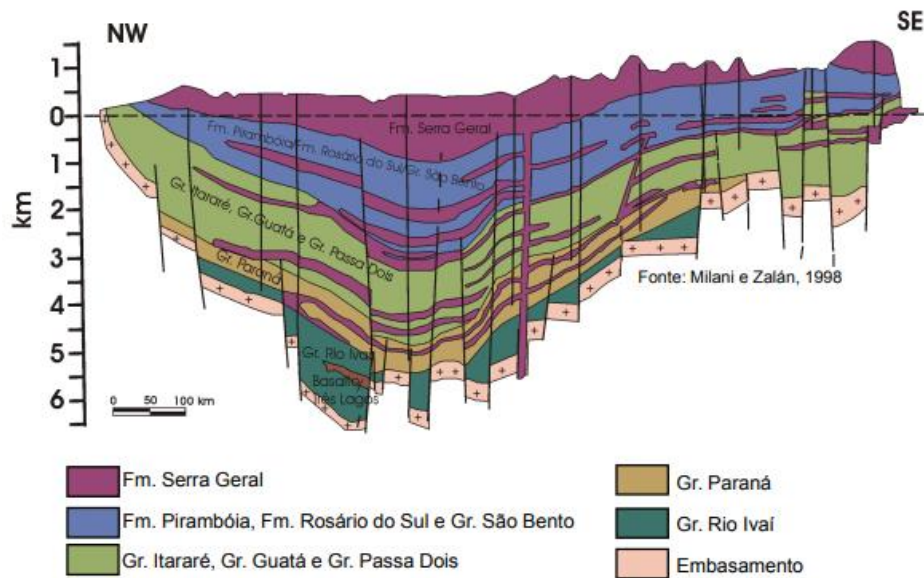
Por fim, a última unidade litoestratigráfica da Bacia do Paraná, a Supersequência Bauru (Eocretáceo), representa uma sedimentação em ambientes desérticos e semiáridos, distribuídos ao longo dos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, além da porção nordeste do Paraguai. O limite com a Supersequência Gondwana III é marcado por uma não conformidade com as rochas básicas da Fm. Serra Geral. A Supersequência Bauru é composta por arenitos e conglomerados flúvio-aluviais do Grupo Bauru (constituído pelas formações Uberaba, Vale do Rio do Peixe, Araçatuba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente e Marília) e eólicos do Grupo Caiuá (formações Rio Paraná, Goio Erê, Santo Anastácio). A passagem lateral entre os grupos é gradual e interdigitada (Milani, 1997; Milani *et al.*, 2007).

Figura 5 - Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná, com o contorno estrutural (profundidade) do embasamento cristalino.



Fonte: Retirado de Milani (2004).

Figura 6 - Seção geológica esquemática da Bacia do Paraná.



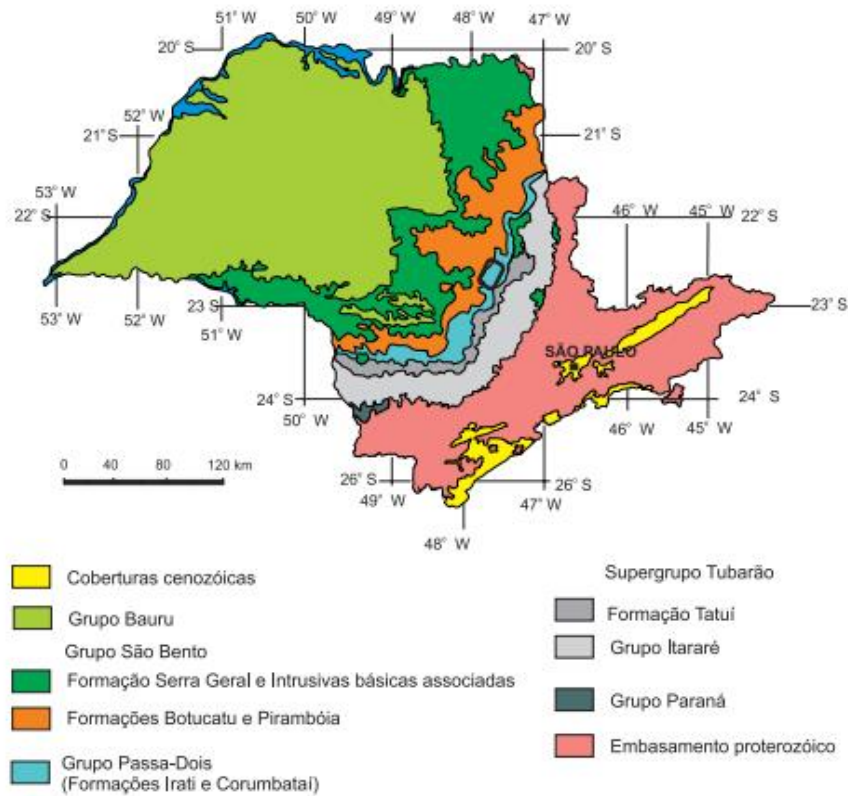
Fonte: Retirado de Milani e Zalán, 1998.

2.2.3. Geologia Local

A maior parte do território do estado de São Paulo está inserida na Bacia do Paraná (Figura 7). Na porção paulista, das unidades litoestratigráficas citadas por Milani (1997), estão ausentes as Supersequências Rio Ivaí, Paraná e Gondwana II. As rochas mais antigas da bacia sedimentar são do Grupo Itararé, de idade Carbonífera, pertencente à Supersequência Gondwana I. As unidades geológicas constituintes da Bacia do Paraná no estado de São Paulo, além do Grupo Itararé, são as seguintes: formações Tatuí, Irati, Corumbataí, Piramboia, Botucatu, Serra Geral e Grupo Bauru, as quais encontram resumidas na coluna estratigráfica de Perinotto e Zaine (2008) (Figura 8).

O município de Cordeirópolis é composto por diferentes unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná, sendo estas as formações Itararé, Tatuí, Irati, Corumbataí, Piramboia, Serra Geral e Rio Claro. As unidades de maior extensão territorial são a Fm. Corumbataí, correspondendo a 40,86 km² e 30% do total, e a Fm. Serra Geral, com 72,07 km² e 52%, as quais somadas representam um total de 82% da área do município. Os 18% restante é dividido em 11% da Fm. Tatuí (15,12 km²), 2% das formações Piramboia (3,51 km²), Itararé (2,62 km²) e Irati (2,53 km²) e 1% da Fm. Rio Claro (0,79 km²) (VIEIRA, 2018) (Figura 9).

Figura 7 - Distribuição das unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná no estado de São Paulo.



Fonte: Retirado de Perinotto *et al.* (2008).

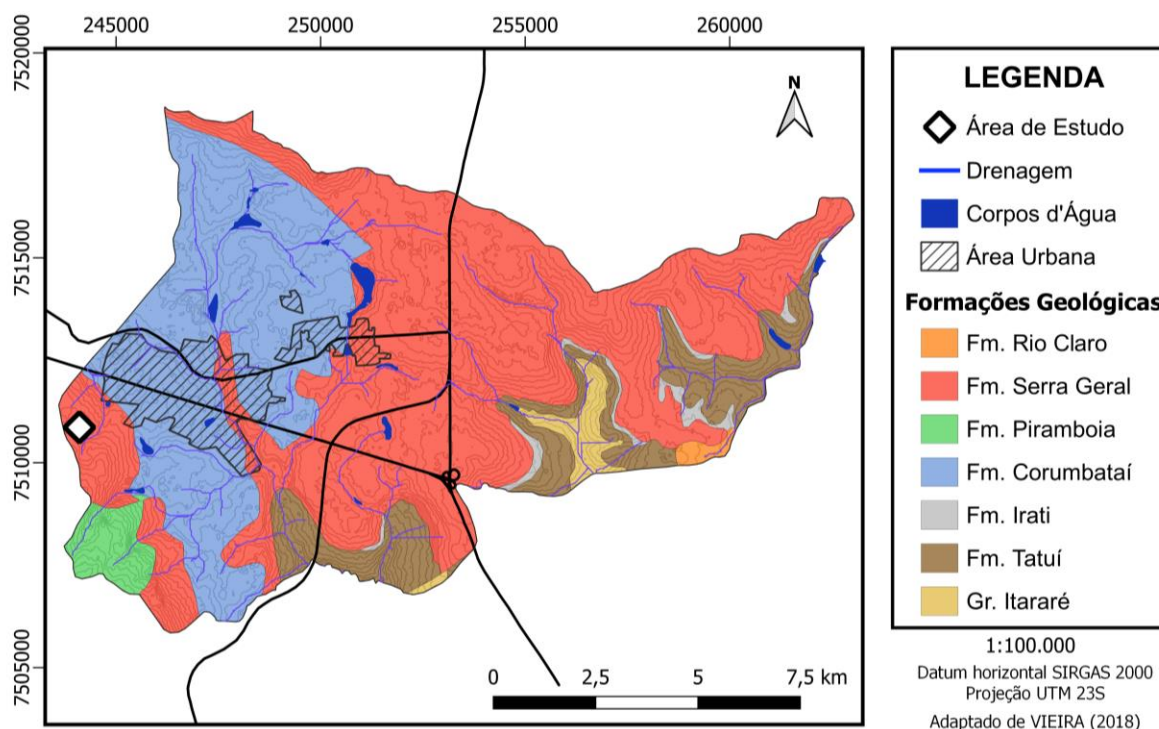
A área úmida está inserida no contexto geológico da Fm. Serra Geral, como demonstrado no mapa geológico de Cordeirópolis (SP) (Figura 9), situada em latossolos vermelhos com presença de magnetita provenientes do intemperismo das rochas básicas da unidade. Segundo Casagrande *et al.* (2021), a área de estudo está localizada acima de uma soleira de diabásio com 45 metros de espessura sobrepondo-se à Fm. Corumbataí. Por conta disso, apenas essa formação será resumida no subcapítulo seguinte.

Figura 8 - Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná na região de Rio Claro / Limeira / Piracicaba (SP).

ERA	PERÍODOS	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA	Espes. Aprox. (metros)	DESCRIÇÃO SUCINTA	AMBIENTE DE DEPOSIÇÃO
CENOZOICA	QUATERNÁRIO	SÃO BENTO	RIO CLARO		30	arenitos pouco consolidados com lentes de argilas e níveis conglomeráticos na base (Arenitos = reservatório de água subterrânea em poços rasos da região de Rio Claro)	Continental: Planície aluvial e lacustre, Coluviões
	TERCIÁRIO		ITAQUERI		100	arenitos conglomeráticos e arenitos silicificados / ferricretes	Continental: Leques aluviais, Fluvial e lacustre
MESOZOICA	CRETÁCEO		SERRA GERAL		100	derrames de basaltos com lentes de arenito na base, Diques e soleiras de diabásio (Basalto e diabásio = matéria-prima para brita)	Magmatismo Fissural
	JURÁSSICO		BOTUCATU		100	arenitos bem selecionados com grãos bem arredondados e bem esféricos, pouca argila	Continental: Desértico
	TRIÁSSICO		PIRAMBÓIA		150	arenitos com grãos arredondados e esféricos. Diversos níveis de lamitos	Continental: Fluvial e Desértico
PALEOZOICA	PERMIANO	PASSA DOIS	CORUMBATAÍ		100	siltitos contendo lentes de arenitos finos argilitos, siltitos, arenitos finos, níveis de calcários dolomíticos e coquinas (Argilitos = matéria-prima para a indústria cerâmica da região de Rio Claro)	Continental: Lacustre Transicional: Planície de Maré
			IRATI		40	folhelhos, siltitos, folhelhos pirobetuminosos, calcários dolomíticos (pedreiras de calcário na região de Assistência, Ipeúna e Piracicaba/Saltinho)	Transicional: Laguna Marinho Raso: Plataforma
		ITAQUERI	TATUI		50	siltitos e siltitos arenosos	Transicional: Planície Costeira Marinho Raso: Plataforma
			Grupo ITARARÉ (indiviso no Estado de São Paulo)		900	arenitos, siltitos, varvitos e diamictitos (alguns verdadeiros tilitos) (Arenitos = reservatórios de água subterrânea em poços profundos da região)	Continental (Glacial): Aluvial - Leques e Fluvial; Lacustre Transicional: Deltas Marinho (glácio-marinho): Plataformal
	CARBONIFERO						
Pré-Cambriano			EMBASAMENTO			granitos, migmatitos, gnaisses, xistos, quartzitos	

Fonte: Retirado de Perinotto e Zaine (2008).

Figura 9 - Mapa geológico de Cordeirópolis (SP).



2.2.3.1. Formação Serra Geral

A Fm. Serra Geral é composta predominantemente por basalto e diabásio toleítico maciço de coloração cinza-escuro a preto (Figura 10) encontrados na forma de corpos tabulares horizontais extrusivos com espessuras frequentemente quilométricas, bem como corpos intrusivos (soleiras e diques) em unidades sedimentares mais antigas da Bacia do Paraná, com composição similar às rochas extrusivas (ERNESTO et. al, 1990). As rochas básicas foram geradas por dezenas de derrames continentais provocados por vulcanismo fissural originado durante o processo de rifteamento do Gondwana que formou o Atlântico Sul durante o Mesozoico. As rochas originadas pelos derrames estão sobrepostas a arenitos eólicos da Fm. Botucatu e sotopostas a formações eocretáceas pertencentes ao Gr. Bauru. Segundo Frank *et al.* (2009), a dimensão da Fm. Serra Geral é de 917.00 km² ($\pm$ 15.000 km²) distribuída ao longo da Bacia do Paraná e volume de rocha superior a 600.000 km³. Dados geocronológicos adquiridos por Ernesto *et al.* (1999) indicam que a idade dessas rochas varia entre 129,9 $\pm$ 0,1 Ma e 131,9 $\pm$ 0,4 Ma, pertencente ao Eocretáceo. O intemperismo dessas rochas básicas resultam em latossolos espessos de coloração avermelhada, férteis e argilosos, conhecidos como *terra roxa*.

Figura 10 - Diabásio inalterado na rodovia Bandeirantes (SP-348).



3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Áreas Úmidas

Há milênios, as grandes civilizações (e.g.: babilônios, egípcios e astecas) já aproveitavam os benefícios de áreas úmidas ao utilizarem-nas para desenvolver sistemas de drenagens (MITSCH; GOSSELINK, 2015). As áreas úmidas sempre foram importantes para o desenvolvimento humano e para a manutenção do meio ambiente por fornecerem “serviços ecossistêmicos”, como armazenamento de águas superficiais, purificação de água, regulação de microclimas, recarga de águas subterrâneas, retenção de sedimentos, armazenamento de carbono, além de serem habitat de uma vasta biodiversidade (TODHUNTER; RUNDQUIST, 2004; JUNK *et al.*, 2014; HAYASHI *et al.*, 2016). Além disso, são muito importantes por serem áreas de cultivo da principal fonte de alimento de mais da metade da população mundial, o arroz, que é plantado em áreas úmidas adaptadas para os arrozais (MALTCHIK *et al.*, 2010). Do mesmo modo, são fontes importantes de outros alimentos, como diversas espécies peixes, camarão, lagostim e vegetais nativos, e também, são alvos de exploração de ervas medicinais, turfas e materiais de construção, como madeira e argila (JUNK *et al.*, 2014; MITSCH; GOSSELINK, 2015).

Apesar de sua grande importância ecológica e econômica, é um dos ecossistemas mais ameaçados do planeta (MALTCHIK *et al.*, 2010; JUNK *et al.*, 2014). Atualmente, mais de 50% das áreas úmidas naturais já foram degradadas, drenadas e substituídas em expansões de áreas urbanas e pela agricultura (inclusive as plantações de arroz) e pecuária (MATTHEWS, 1993; MALTCHIK *et al.*, 2010; MITSCH; GOSSELINK, 2015). Em algumas localidades, as áreas úmidas já correram grave risco de extinção, visto que na Nova Zelândia, Vietnã e os estados de Ohio e Califórnia, nos Estados Unidos, devastaram mais de 90% desse ecossistema (MALTCHIK *et al.*, 2010; MITSCH; GOSSELINK, 2015). As consequências desse dano a esse ecossistema são desastrosas, ocasionando na perda de reservas subterrâneas de água, inundações, desaparecimento de espécies de animais e plantas endêmicas, acúmulo de poluentes, entre outros resultados danosos (MATTHEWS, 1993).

Embora a definição de uma área úmida seja relativamente variada na literatura, existem três componentes principais que permitem definir uma área úmida: presença de água, condições pedológicas únicas distintas de suas adjacências e biota adaptada para condições úmidas

(MITSCH; GOSELINK, 2015). Segundo KEDDY (2010), o ecossistema surge da interface de um ambiente aquático e terrestre através da produção de solos hidromórficos por processos anaeróbios, com adaptação de comunidades de plantas e animais às suas dinâmicas hidrológicas. As áreas úmidas podem ser tanto costeiras quanto continentais, com presença de água doce ou salgada e com permanente ou periódica inundação por águas rasas ou solos alagados (JUNK *et al.*, 2014).

Existem diferentes perspectivas para classificar uma área úmida como “isolada”, como a geográfica, ecológica e hidrológica. Para uma área úmida ser geograficamente isolada, basta essa estar completamente envolta por vertentes, sem haver conexões superficiais com outra área úmida, corpo d’água e drenagem (TINER, 2003). Segundo o mesmo autor, essa é a classificação mais fácil de fazer, satisfaz utilizar o apenas parâmetro citado, enquanto que para a perspectiva hidrológica e ecológica a definição é mais complexa. É importante salientar que o termo “área úmida geograficamente isolada” não implica em um isolamento hidrogeológico e ecológico (LEIBOWITZ, 2015), na verdade, muitas são conectadas a outras áreas úmidas através de águas subsuperficiais e até mesmo por águas superficiais pouco frequentes e com curtas durações (TINER, 2003).

A entrada de água no sistema de uma área úmida é condicionada pelo escoamento superficial (*runoff*), que é contribuição de água das vertentes ocasionada por drenagens e pela precipitação (neve e chuva) e também pela conexão com águas subsuperficiais da porção central e da margem úmida. Como áreas úmidas geograficamente isoladas são bacias de ordem zero, o modo de saída de água ocorre pela evapotranspiração da vegetação e pela infiltração de água para recarga de aquíferos. Esses fatores condicionam o balanço hídrico de uma área úmida, o qual varia de acordo com a morfologia e condições climáticas, ecológicas e geológicas de cada área úmida e aquífero associado (HAYASHI *et al.*, 2016). Lissey (1971) designou o termo “áreas úmidas de recarga” àquelas que estão topograficamente em posições mais altas e perdem água para águas subterrâneas, enquanto que “áreas úmidas de descarga” estão em baixas posições e recebem água.

A interação da área úmida com seu entorno é muito importante. Estresse antrópico, ocasionado, por exemplo, pela agropecuária nas adjacências do ecossistema, é um fator que modifica o escoamento superficial e, conseqüentemente, alteram o balanço hídrico (HAYASHI *et al.*, 2016).

3.1.1. Estado da Arte

Um dos primeiros programas de preservação de áreas úmidas a se preocupar com os danos ecológicos e econômicos que vinham sofrendo foi o “Selo de Caça e Conservação de Aves Migratórias” (Federal Duck Stamp), iniciado em 1934, nos Estados Unidos (MATTHEWS, 1993; MITSCH; GOSSELINK, 2015). Anualmente, os caçadores eram obrigados a comprar um selo adesivo emitido pelo governo, a fim de se obter uma licença para poderem exercer suas atividades de caça de aves aquáticas migratórias (gansos, cisnes e patos) (MITSCH; GOSSELINK, 2015). Ao utilizar uma excelente publicidade para promover a redução de danos ecológicos, o resultado foi muito positivo, visto que o dinheiro adquirido ao longo desse programa foi utilizado para comprar milhares de hectares de áreas úmidas pelo programa, assegurando a sua proteção (MATTHEWS, 1993; MITSCH; GOSSELINK, 2015; FWS, 2017).

Os estudos científicos pioneiros sobre áreas úmidas até meados do século passado eram focados em botânica convencional e estudos hidrológicos em turfeiras europeias e russas (MITSCH; GOSSELINK, 2015). Posteriormente, surgiu uma nova geração de pesquisadores que passaram a abordar estudos ecossistêmicos e biogeoquímicos em áreas úmidas, resultando em novos entendimentos do funcionamento das áreas úmidas e sua importância ecológica. Desde 1960, o interesse por essa vertente científica e seu gerenciamento cresceu intensamente, o que é demonstrado pelo aumento do número de conferências, artigos científicos, livros e revistas relacionados às áreas úmidas demonstrando sua importância para o futuro do planeta (MITSCH; GOSSELINK, 2015).

Até o começo dos anos 70, não havia políticas ambientais para preservar as áreas úmidas e mitigar os danos causados pela sua devastação. Durante a década de 60, ecólogos de áreas úmidas e aves aquáticas, conjuntamente a ONG's e autoridades governamentais reconheceram a necessidade de criar um acordo internacional, ao notarem a contínua perda territorial do habitat e declínio de espécies de aves aquáticas (GARDNER; DAVIDSON, 2011). O Projeto MAR, estabelecido em 1960, focado na conservação e gestão de pântanos e outros tipos de áreas úmidas europeias (MATTHEWS, 1993), foi uma iniciativa muito importante para o futuro das áreas úmidas. Ao longo de suas conferências realizadas a partir de 1962, com a participação de órgãos internacionais como a IUCN (União Internacional para a Conservação da Natureza), IWRB (atual Wetlands International), entre outros, manifestou-se a ideia de negociar

um acordo internacional específico para a preservação de áreas úmidas e aves aquáticas migratórias (MATTHEWS, 1993; RAMSAR HANDBOOK, 2016).

3.1.1.1. Convenção Ramsar

Após anos de discussões e negociações, em Fevereiro de 1971, na cidade iraniana de Ramsar, localizada na costa sul do Mar Cáspio, 18 países assinaram o primeiro acordo ambiental multilateral com o intuito de preservar e promover o uso sustentável de recursos naturais em escala global, através de atuações locais e cooperação internacional (MATTHEWS, 1993; GARDNER; DAVIDSON, 2011; RAMSAR HANDBOOK, 2016). O nome oficial “A Convenção sobre Áreas Úmidas de Importância Internacional Especialmente Enquanto Habitat de Aves Aquáticas” (Ramsar Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat), popularmente conhecida como Convenção Ramsar (*Ramsar Convention*), reflete que a finalidade inicial de preservação e uso sustentável de áreas úmidas era fundamentada pelo fato de serem habitat de aves aquáticas ecologicamente dependentes do ecossistema (e.g.: gansos, pelicanos, gaivotas, flamingos, gansos, cisnes). Posteriormente, apesar de manter seu nome devido a fatores burocráticos, a Convenção passou a abranger seus princípios em todos os aspectos em áreas úmidas (MATTHEWS, 1993; RAMSAR HANDBOOK, 2016). Devido a alguns termos, o acordo entrou em vigor apenas em Dezembro de 1975.

Para cada parte contratante, existem três obrigações conhecidas como os pilares do acordo: cooperação internacional; incluir adequadamente pelo menos uma área úmida para a Lista Ramsar de Áreas Úmidas de Importância Internacional dentro do seu território; e abordagem de “manejo inteligente” (GARDNER; DAVIDSON, 2011). Segundo o site oficial da Convenção Ramsar, desde seu início até 2021, 169 países aderiram a Convenção e mais de 2424 áreas úmidas ao redor do mundo foram incluídas na Lista Ramsar (RAMSAR, 2021).

Os representantes de todas as partes contratantes se reúnem uma vez a cada triênio na Conferência das Partes Contratantes (COP). Durante esses encontros, são elaborados arranjos orçamentários para os anos seguintes e passadas orientações às Partes Contratantes sobre as questões ambientais em andamento e emergentes (RAMSAR, 2014). Ao todo, já foram realizadas 13 COPs, sendo que a primeira ocorreu em 1980, na cidade de Cagliari, na Itália, e a próxima, a COP14, ocorrerá em Wuhan, China, ao final de 2022 (RAMSAR HANDBOOK, 2016).

3.1.1.2. Lista Ramsar

Atualmente, a Lista Ramsar (ou apenas “Lista”) é a maior rede de áreas protegidas do mundo (GARDNER; DAVIDSON, 2011). Segundo o Artigo 2.2 da Convenção, para entrar para essa listagem, é exigido que a área úmida designada possua significância em termos de ecologia, botânica, zoologia, limnologia e hidrologia (RAMSAR HANDBOOK, 2016; RAMSAR, c2014). Foram estabelecidos nove critérios para identificar as áreas úmidas de importância internacional, que são divididos entre: sítios contendo tipos de áreas úmidas representativas, raras ou únicas; e sítios de importância internacional para a conservação de diversidade biológica (GARDNER; DAVIDSON, 2011). Qualquer área úmida que possua pelo menos um desses critérios pode ser incluída na Lista e qualificada como um Sítio Ramsar.

Ao cumprir esse comprometimento, a parte contratante tem acesso a diversos benefícios, como apoio para o desenvolvimento de pesquisa e acesso a fundos internacionais para o financiamento de projetos de conservação e uso sustentável de áreas úmidas, sobretudo dos Sítios Ramsar (MMA, 2018; MMA; 2019). O status de “Sítio Ramsar” reforça a necessidade de preservação da área, revigorando sua proteção e gerenciamento de políticas governamentais. Além de aumentar o suporte financeiro da área de preservação, esse status promove maior visibilidade do público, tanto nacional quanto internacional, incentivando o turismo sustentável (GARDNER; DAVIDSON, 2011).

3.1.2. Uso Sustentável

O Artigo 3 da Convenção prevê que a Parte Contratante deve incluir a conservação de áreas úmidas em seu planejamento nacional, de forma que impulse seu uso sustentável ao longo de seu território, o máximo possível (RAMSAR HANDBOOK, 2016). A definição proposta pela Convenção, segundo a Resolução IX, Anexo A (2005) é: “Uso sustentável de áreas úmidas é a manutenção de suas características ecológicas, alcançada mediante a implementação de abordagens ecossistêmicas, no contexto de desenvolvimento sustentável”.

Com o crescimento exponencial do número de seres humanos no planeta, a atual exploração dos recursos naturais presente em áreas úmidas irá rapidamente esgotá-los, e seus serviços ecossistêmicos irão cessar. Dessa forma, como os produtos de áreas úmidas são

importantes para a população mundial, o conceito de uso sustentável surge como um elo entre o aproveitamento contínuo de recursos e serviços provenientes de áreas úmidas sem que estas sejam exauridas e devastadas, mantendo seus benefícios para a presente geração e potencial de aproveitamento para as futuras necessidades das gerações seguintes (MATTHEWS, 1993; RAMSAR HANDBOOK, 2016). Para que isso ocorra, a parte contratante deve adotar políticas ambientais nacionais, reformulando as legislações vigentes e criando novas, dando enfoque às questões relacionadas às áreas úmidas, envolvendo-as nos planos nacionais de biodiversidade (GARDNER; DAVIDSON, 2011; RAMSAR HANDBOOK, 2016).

O uso sustentável exige a criação de um inventário nacional de áreas úmidas e seu monitoramento, posto que são ferramentas essenciais para a tomada de decisão das autoridades governamentais. Para o gerenciamento efetivo de áreas úmidas, é requerida abordagem multidisciplinar envolvendo ecologia, biologia, botânica, zoologia, hidrologia, economia, política e ciências sociais (devido ao envolvimento de comunidades locais), em função disso, o investimento em pesquisa, treinamento e educação é essencial para o desenvolvimento do uso sustentável no país.

3.1.3. Brasil e Áreas Úmidas

Cerca de 20% do território brasileiro é recoberto por uma diversidade de áreas úmidas, as quais são importantes contribuintes para a biodiversidade Sul-Americana (JUNK *et al.*, 2011; JUNK *et al.*, 2014). O Brasil entrou para a Convenção em 24 de Setembro de 1993, e, ao todo, possui 27 Sítios Ramsar (24 unidades de conservação e 3 Sítios Ramsar Regionais), somando uma área total de 26.794.455 hectares. O Rio Negro (AM) entrou na lista em 2018, e, atualmente, é a maior área úmida da Lista Ramsar, possuindo 12.001.614 hectares (RAMSAR, c2014; MMA, 2019). Com exceção da Caatinga, os sítios estão distribuídos ao longo de todos os biomas, sendo que 92,6% da área total estão localizados no bioma amazônico, ocupando 4,6% de sua extensão do mesmo (RIBEIRO *et al.*, 2020). Do restante, as áreas classificadas como sítios Ramsar abrangem 0,4% do Pampa, 0,25% da Floresta Atlântica, 0,3% do Cerrado e 1,5% do Pantanal (RIBEIRO *et al.*, 2020). O Brasil também possui três Sítios Ramsar localizados em territórios marítimos, o Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha (PE), a Reserva Biológica Atol das Rocas (RN) e Parque Nacional Marinho dos Abrolhos (BA).

A autoridade administrativa da Convenção no Brasil é a Secretaria de Biodiversidade (SBio), pertencente ao Ministério do Meio Ambiente (MMA). Cabe a esse órgão governamental a elaboração de estratégias para cumprir os requisitos do tratado, bem como utilizar da forma devida os recursos e fundos monetários destinados às áreas de proteção (MMA, 2018; MMA, 2019). Instituído em 2003 e composto por diferentes representantes, tanto científicos, quanto dos setores governamentais e da sociedade civil, o Comitê Nacional de Zonas Úmidas (CNZU) participa das deliberações e tomadas de decisão da Convenção no país, além de arquitetar e propor diretrizes em relação ao uso sustentável, conservação e gerenciamento das áreas úmidas incluídas na Lista Ramsar (ASCOM MMA, 2018). Analisar e incluir novos sítios à Lista, executar as novas decisões adotadas durante as COPs, bem como elaborar repasses nacionais nestas conferências, são algumas outras de diversas funções atribuídas ao CNZU.

Apesar do esforço internacional para promover o reconhecimento público da importância e dos benefícios das áreas úmidas, no país existem, relativamente, poucos estudos sobre o tema, sobretudo em relação às áreas úmidas geograficamente isoladas no cerrado brasileiro. Além disso, segundo JUNK *et al.* (2014), não existe uma classificação nacional que leva em consideração as condições ecológicas específicas do país. Dessa forma, a implementação de uma política nacional de áreas úmidas alinhadas com os termos da Convenção é dificultada pela falta de parâmetros gerais para a definição de áreas úmidas brasileiras, somada às dezenas de termos locais para cada (JUNK *et al.*, 2014).

3.1.4. Estudos recentes

Recentemente estão sendo realizados estudos utilizando métodos não invasivos em áreas úmidas do Cerrado e da região da Depressão Periférica Paulistas (FURLAN *et al.*, 2020; 2021a; 2021b; CASAGRANDE *et al.*, 2021). Ao integrar métodos geofísicos de tomografia elétrica e sensoriamento remoto, por meio de fotogrametria em veículos aéreos não tripulados (VANTs), são geradas ferramentas visuais que proporcionam a análise superficial e subsuperficial da área úmida. Sendo assim, é possível compreender sua dinâmica superficial e reconhecer algumas funções ecossistêmicas como armazenamento de água, recarga de águas subterrâneas e redução da sedimentação em seu interior.

Os veículos aéreos não tripulados (VANTs) são muito úteis para entender a dinâmica superficial das áreas úmidas ao registrarem imagens da superfície da área de estudo com

resolução espacial muito elevada e baixa dificuldade de aquisição. Através do processamento dos dados obtidos é possível gerar o modelo digital de elevação (MDE), o que auxilia na delimitação dos compartimentos da área úmida (*área úmida vigente, área de potencial expansão da área de enchente e vertentes*) (CASAGRANDE *et al.*, 2021), bem como na identificação redes de drenagem e até mesmo fazer simulações de inundação (FURLAN *et al.*, 2021a). Furlan *et al.* (2021a) utiliza a metodologia de fotogrametria utilizando um VANT para realizar um monitoramento ambiental de uma área úmida em uma área de agricultura intensiva na região da Depressão Periférica Paulista, em um contexto muito similar à área do presente estudo. Através do monitoramento, foi possível identificar a variação sazonal da área alagada, bem como a perda de sua área total devido à ação antrópica.

Os resultados obtidos através de tomografia elétrica (ERT) são essenciais para entender a dinâmica subsuperficial da área úmida e encontrar evidências da conexão com aquíferos por meio de zonas de recarga (FURLAN *et al.*, 2020; 2021b; CASAGRANDE *et al.*, 2021; ROSA *et al.*, 2022). Ao interpretar os modelos gerados e identificar o arcabouço geológico existente, é possível visualizar acúmulo e percursos de fluxo hídrico pelo contraste dos valores de resistividade dos materiais. Furlan *et al.* (2021b) identifica a zona de recarga de uma área úmida no Cerrado como sua porção de baixa topografia e alta condutividade hidráulica associada ao ponto de menor resistividade na fração central. Essa zona é um ponto de escoamento que conecta a água da superfície, proveniente de chuvas, com a água subterrânea através de fluxos verticais. Casagrande *et al.* (2021) reconhece a possibilidade de haver uma zona de fluxo vertical relacionadas a fratura subvertical presente em um *sill* de diabásio constatado alguns metros abaixo da área úmida.

Ademais, ensaios de condutividade hidráulica são muito importantes para identificar zonas de maior permeabilidade que irão, possivelmente, determinar a zona de recarga do aquífero, como observado em Rosa *et al.* (2022) e Furlan *et al.* (2021b). Descrição e análise pedogenética são essenciais para, conjuntamente aos outros dados, compreender a morfologia e possível origem da área úmida (ROSOLEN *et al.*, 2019).

De forma adicional, Zuquette *et al.* (2020) estabelecem um estudo de grande importância na classificação de áreas úmidas depressionais com base em alterações de origem antrópica e nos mecanismos de controle da dinâmica hídrica de tais ambientes através de estudos geológicos e hidrogeológicos associados à produtos do sensoriamento remoto.

Esses recentes trabalhos demonstram a importância do estudo e monitoramento de áreas úmidas isoladas para a mitigação da perda desse ecossistema e eventual manutenção hídrica local e regional. Como exemplo da região da Depressão Periférica Paulista, apesar das áreas úmidas serem isoladas, esse tipo de ecossistema contribui significativamente com o acúmulo de água superficial (FURLAN *et al.*, 2021a). Por ser uma área úmida geograficamente isolada na Depressão Periférica Paulista e estar inserida em um contexto de agricultura intensiva, a área úmida do presente estudo é muito similar à estudada por Furlan *et al.* (2021a). Essa área úmida apresenta alta sensibilidade ambiental, evidenciada pela perda de sua área total em um curto período de tempo devido à ação antrópica. Mas além da degradação causada pelo manuseio da plantação, a área úmida está suscetível à contaminação por fertilizantes e agrotóxicos utilizados na agricultura, transportados até o interior do ecossistema pelas águas superficiais e sedimentação em excesso.

Portanto, a gamaespectrometria, que também é um método não invasivo e com o maior aporte geoquímico dos métodos geofísicos, poderia ser utilizada para aprofundar os estudos da dinâmica superficial da área úmida, bem como avaliar outras funções ecossistêmicas, como a filtragem e retenção de poluentes. O mapeamento da distribuição espacial das emissões gama utilizando esse método geofísico possui grande relevância para avaliar a possível mobilidade dos sedimentos e eventual arraste geoquímico dos radionuclídeos antrópicos presentes em fertilizantes e agrotóxicos, e, dessa forma, possibilita a identificação dos impactos da agricultura em relação ao sistema hidrogeológico.

As pesquisas realizadas em áreas úmidas geram excelentes dados que servem de base científica para governantes e tomadores de decisão desenvolvam projetos e legislações em favor da conservação das áreas úmidas. Furlan *et al.* (2021a) demonstra a importância das áreas úmidas da Depressão Periférica, mas, por serem menores, acabam sendo subjugadas pela legislação brasileira, o que acaba sendo um problema, visto que, apesar de serem imprescindíveis na qualidade hídrica local e regional, não existem leis ambientais rigorosas que sustentem sua preservação.

3.2. A radioatividade e sua quantificação

3.2.1. Estado da Arte

O químico alemão Martin Klaproth foi o responsável pela descoberta do elemento urânio, em 1789 (IAEA, 2003). Em 1895, Wilhelm Conrad Röntgen, um físico alemão, descobriu experimentalmente, utilizando tubos de raios catódicos, a existência dos raios-X. Um ano após a descoberta de Röntgen, o físico francês Henri Becquerel, em 1886, descobriu a radioatividade ao perceber que os sais de urânio, utilizados em seu experimento, assim como qualquer mineral contendo urânio, emitiam energia mesmo sem serem expostos ao sol ou outras fontes de energia, dando origem à física nuclear (TELFORD et al, 1990; IAEA, 2003). Apesar de existirem mais de 50 isótopos radioativos, apenas os radionuclídeos da série do urânio (^{235}U e ^{238}U), do tório (^{232}Th) e do potássio (^{40}K) são importantes para a exploração radiométrica, uma vez que o restante é raro ou fracamente radioativo no contexto geológico (TELFORD et al, 1990; MUSSET; KHAN, 2000) (Figura 11). Os primeiros detectores de radiação foram desenvolvidos durante a primeira década do século XX, e o método geofísico utilizando radioatividade foi utilizado pela primeira vez durante os anos 30, a fim de fazer correlações estratigráficas em perfisagens geofísicas de poços petrolíferos (TELFORD et al, 1990) A sensibilidade dos instrumentos foi incrementada através da invenção de cintilômetros desenvolvidos durante a década de 40. (IAEA, 2003).

Figura 11 – Série de decaimento dos radionuclídeos ^{238}U , ^{232}Th e ^{235}U .

	U-238						Th-232				U-235			
U	U-238 4,49Ga		U-234 248ka								U-235 0,71Ga			
Pa	↓	Pa-234 1,18m	↓								↓	Pa-231 34,3ka		
Th	Th-234 24,1 d		Th-230 75ka				Th-232 13,9Ga		Th-228 1,90a		Th-231 25,6h	↓	Th-227 18,6d	
Ac			↓				↓	Ac-228 6,13h	↓			Ac-227 22,0a	↓	
Ra			Ra-226 1622a				Ra-228 6,7a		Ra-224 3,64d				Ra-223 11,1d	
Fr			↓						↓				↓	
Rn			Rn-222 3,83d						Rn-220 54,5s				Rn-219 3,92s	
At			↓						↓				↓	
Po			Po-218 3,05m		Po-214 0,16ms	Po-210 138d			Po-216 0,16s	65%	Po-212 0,3 s		Po-215 1,8ms	
Bi			↓	Bi-214 19,7m	↓	Bi-210 50d			↓	Bi-212 60,5m	↓		↓	Bi-211 2,16m
Pb			Pb-214 26,8m		Pb-210 22,2a	Pb-206			Pb-212 10,6h	35%	Pb-208		Pb-211 36,1m	↓
Tl									Tl-208 3,1m				Tl-207 4,79m	

Com o intuito bélico, a exploração intensa de urânio no período após a 2ª Guerra Mundial aumentou a necessidade de descoberta de novos depósitos de urânio (RIBEIRO et al, 2014). A fim de descobrir novas fronteiras exploratórias fonte do mineral, foram realizados os primeiros levantamentos radiométricos aéreos nos EUA, Canadá e antiga URSS em 1947, e na Austrália, em 1951 (IAEA, 2003). Até o começo da década de 50, o contador Geiger-Müller era o dispositivo padrão para a detecção de radiação, providenciando apenas a contagem total, de forma que não é possível a distinção entre potássio, urânio e tório (BRISTOW, 1983). O surgimento do cintilômetro de iodeto de sódio (NaI) foi um grande avanço para a área, uma vez que possuiu uma eficiência na detecção centenas de vezes maiores que o contador Geiger-Müller para o alcance de energia de interesse nessa aplicação, e os pulsos de saída produzidos tiveram amplitudes proporcionais à energia da radiação gama que os causou. A identificação de U, Th e K de acordo com a sua emissão de energia foi possível através da adição de um circuito eletrônico capaz de classificar e contar pulsos de acordo com sua amplitude, permitindo a estimativa *in situ* dos radioelementos (BRISTOW, 1983; IAEA, 2003). O gamaespectrômetro conta com a quantificação os pulsos particulares de raios gama emitidos durante o decaimento radioativo natural destes elementos, distinguindo-os de outros pulsos originados de outros

processos e decaimentos (MUSSET; KHAN, 2000; ADAMS; GASPARINI, 1970). Apesar de terem ocorridos diversas campanhas de pesquisas aéreas utilizando cintilômetros com cristais de grande volume no final dos anos 50, os resultados não eram muito úteis devido à falta de diferenciação nas medidas de contagem total (TELFORD et al, 1990). Durante os anos 60 e 70, as técnicas de gamaespectrometria aéreas, terrestres e laboratoriais foram amplamente desenvolvidas e aplicadas à exploração mineral, principalmente após o aumento da demanda por urânio, e monitoramento ambiental (TELFORD et al, 1990; IAEA, 2003). Desenvolvimentos posteriores do método consistem no uso de analisadores multicanais, registro digital, desenvolvimento de detectores semicondutores e melhoras no processamento de dados (IAEA, 2003).

Os gamaespectrômetros podem ser portáteis, empregados nas técnicas de gamaespectrometria terrestre e aerogamaespectrometria, ou não portáteis, os quais são utilizados em laboratórios para a medição precisa de amostras de rocha, solo e outros materiais (MUSSET; KHAN, 2000; IAEA, 2003). O dispositivo também pode ser empregado em sondagens para perfilagem de poços (FERREIRA et al, 2010).

O método geofísico da gamaespectrometria pode ser utilizado para diversas aplicações na área de geociências, como mapeamento geológico e geoquímico, por ser uma ferramenta vantajosa para a caracterização de diferentes tipos litológicos, intrusões diferenciadas e indiferenciadas, e crateras de impacto, auxiliar a identificação limites entre unidades geológicas e grandes estruturas com mais precisão (ULBRICH *et al*, 2009; VASCONCELOS *et al*, 2012; RIBEIRO *et al*, 2013), como também na prospecção mineral, exploração petrolífera, mapeamento de solos (MUSSET; KHAN, 2000; IAEA, 2003), entre outros. Recentemente, o método passou a ser amplamente utilizado na área ambiental, para controle ambiental em áreas com vazamento radioativo, (IAEA, 2003), monitoramento de lixões (BECEGATO et al, 2014), estudar a influência de fertilizantes com derivados radioativos em sistemas hídricos (UMISED, 2007).

3.2.2. Radioatividade natural

A radioatividade é um fenômeno natural que ocorre pela emissão de radiação durante o processo de desintegração espontânea de um isótopo instável, devido ao excedente de energia em

seu núcleo atômico, para se transformar em um isótopo mais estável e menos energético. Todos os núclídeos com tal propriedade são designados radionuclídeos (IEAE, 2003).

O decaimento radioativo de um número N de átomos de um radionuclídeo com o tempo pode ser expressa pela seguinte expressão:

$$N_t = N_0 e^{-\lambda t}$$

N_t = número de átomos presentes depois do tempo t (s);

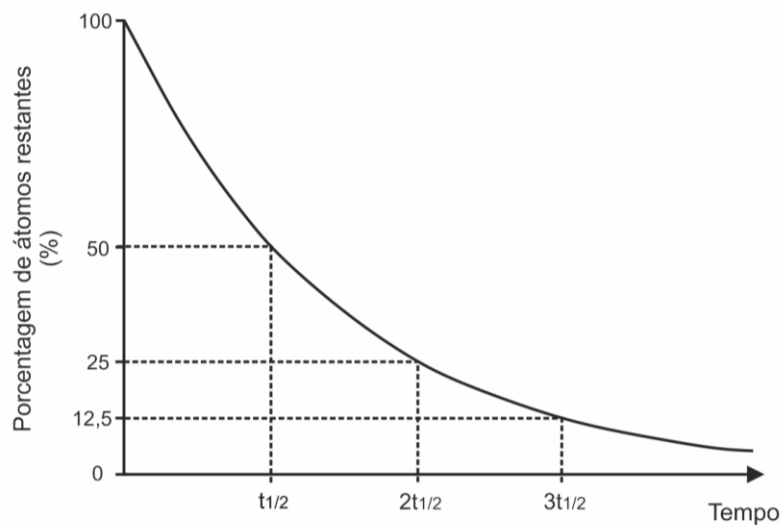
N_0 = número de átomos presentes no tempo $t = 0$;

λ = a constante de decaimento de um radionuclídeo (s^{-1})

É importante ressaltar que a taxa de decréscimo da massa de um material radioativo obedece à meia-vida, que é o tempo que leva para que metade dos radionuclídeos decaia (Figura 12), expressa pela seguinte fórmula:

$$T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda}$$

Figura 12 – Gráfico da meia-vida ($t_{1/2}$).



Durante processo de decaimento radioativo espontâneo são liberados três tipos de radiação, decorrentes da emissão de partículas alfa (α) e beta (β), bem como raios gama (γ). As α são partículas carregadas positivamente, composta por dois prótons e dois nêutrons, enquanto a β

podem ter cargas tanto negativas quanto positivas, tais quais elétrons e pósitrons, respectivamente. O fato dessas partículas possuírem carga é um fator determinante em sua transmissão, o que acarreta em uma propagação na matéria pouco maior que centímetros e milímetros no ar e em rochas, respectivamente. Em contrapartida, os raios gama são ondas eletromagnéticas de alta frequência constituídas por fótons (partícula) e são eletricamente neutros. Os raios gama são muito mais penetrativos que as outras partículas, com propagação superior a 100m no ar e a meio metro em rochas, mais energéticos e mais fáceis de serem detectados (MUSSET; KHAN, 2000; MILSOM, 2003).

Apesar de existirem outros radionuclídeos, o urânio (U), o tório (Th) e o potássio (K) são alguns dos elementos que possuem radioisótopos que produzem radiação gama o suficiente para que seja medida por um gamaespectrômetro. Além disso, esses elementos são relativamente abundantes na natureza, com concentração crustal média de 2,5% de K, 2 a 3 ppm de U e 8 a 12 ppm de Th (IAEA, 2003). As séries de decaimento partem de um isótopo instável, denominado elemento-pai, que se desintegra e forma um elemento-filho mais estável, mas também radioativo. Esse processo vai se repetindo de forma gradual até finalizar em um isótopo estável. No caso do U e Th, esses isótopos não emitem radiação gama durante sua desintegração, essa energia é proveniente dos seus respectivos elementos-filho. Dessa forma, ao medir a concentração de elementos-filho específicos, a concentração de ^{238}U , ^{235}U e ^{232}Th pode ser estimada.

O ^{232}Th tem uma meia-vida de $1,39 \times 10^{10}$ anos e sua série de decaimento finaliza no isótopo estável ^{208}Pb . Já no caso do urânio, o isótopo ^{238}U possui uma meia-vida $4,46 \times 10^9$ anos e decai até o ^{206}Pb , enquanto o ^{235}U possui meia-vida de $7,13 \times 10^8$ anos e sua série é finalizada em ^{207}Pb . Como o ^{235}U equivale a apenas 0,72% e o ^{238}U a 99,2743% do urânio total, o ^{235}U é geralmente desconsiderado. No caso do ^{40}K , o isótopo ocorre apenas como 0,012% do K natural e decai para o ^{40}Ar com uma meia-vida de $1,3 \times 10^9$ anos (ADAMS; GASPARINI, 1970; IAEA, 2003). Diferente do caso do urânio e do tório, como ^{40}K ocorre com uma proporção fixa de K na natureza, a quantificação de seus raios gama dá um resultado de quantidade total de potássio presente, enquanto no caso dos elementos medidos indiretamente através de seus filhos, as concentrações (ppm) de Th e U são designadas tório equivalente (eTh) e urânio equivalente (eU) (IAEA, 2003).

3.2.3. Tório

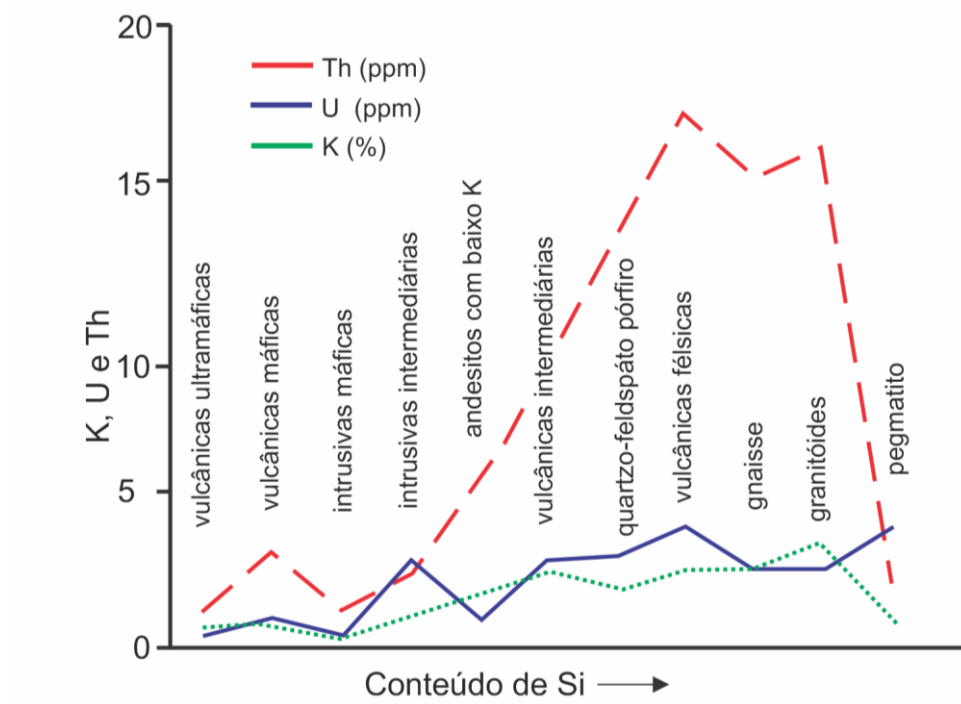
O tório é um elemento encontrado como componente principal em toritas e torianitas, mas também em allanitas, xenotímios, zircões e monazitas com ppm superior a 1000 e como traço em outros minerais (DICKSON; SCOTT, 1997). Segundo Eisenbud e Gesell (1997), os teores de Th variam de 1,6 a 20,0 ppm em rochas crustais comuns, com uma média de 10,7 ppm, valor cerca de quatro vezes maiores que a concentração do urânio. Os valores de Th em solos ao longo do mundo estão entre a faixa de 3,4 a 13,4 ppm (KABALA-PENDIAS, 2001 *apud* ULBRICH *et al.*, 2009). Há um aumento do teor de Th, U e K de acordo com o aumento do conteúdo de sílica da rocha (Figura 13), isto é, as concentrações médias desses elementos são mais elevadas em rochas ígneas ácidas e intermediárias do que em rochas básicas e ultrabásicas (DICKSON; SCOTT, 1997). O teor médio de tório em granitos varia de 15 a 17 ppm, enquanto em basaltos esse valor se encontra entre 2 a 4 ppm (TELFORD, 1990; EISENBUD; GESSEL, 1997; MUSSET; KHAN, 2000).

Os radionuclídeos se dispersam no meio abiótico através do ar, água, solo e sedimento. Seus comportamentos variam de acordo com suas propriedades físico-químicas e fatores ambientais (físicos, químicos e biológicos). Esses nuclídeos são redistribuídos e acumulados no meio ambiente de acordo com sua afinidade com materiais orgânicos e inorgânicos e seus eventuais processos de transporte (dispersão, lixiviação, deposição, etc.) (MAZILLI *et al.*, 2011). Apesar de cada radioisótopo se comportar de forma diferente, esses podem ser agrupados em grupos que, em geral, possuem características similares. O urânio e o tório pertencem ao grupo dos actínídeos (junto ao Ac e Pa), o qual é caracterizado por compostos constantemente insolúveis que normalmente se acumulam em solos e sedimentos (MAZZILLI *et al.*, 2011). O principal modo de saída desses radionuclídeos é devido à erosão, e menos comumente lixiviação, processo que pode ocasionar no desequilíbrio da série de desintegração do urânio e raramente do tório (IAEA, 2003).

Embora o Th e o U pertençam ao mesmo grupo, os elementos comportam-se de maneira diferente. O tório raramente é solubilizado, enquanto o urânio dispõe um maior potencial para ser lixiviado, visto que é mais solúvel (EISENBUD; GESSEL, 1997). Devido a essa característica, o tório está mais associado a fases sólidas, retido em minerais estáveis durante o intemperismo, como o zircão e a monazita, classificados como ‘resistatos’. Mesmo quando é liberado, pode ficar associado a substâncias de origem secundárias, como óxidos e hidróxidos de Fe e Ti e argilas, e

permanece imóvel (DICKSON; SCOTT, 1997; ULBRICH *et al.*, 2009). Quando o tório é solubilizado, assim como o urânio, sua eventual remoção é facilitada devido a sua adsorção ou absorção por substâncias inorgânicas como argilas coloidais e óxidos de ferro, e orgânicas, as quais podem ser transportadas por águas intersticiais (DICKSON ; SCOTT, 1997; ULBRICH *et al.*, 2009). Em tese, devido a sua baixa mobilidade geoquímica, uma análise gamaespectrométrica deve identificar concentrações condizentes com o valor original em rochas inalteradas. O principal mecanismo de transporte do tório adsorvido é por gravidade, o que acarreta em uma maior concentração do elemento em zonas mais baixas topograficamente, como drenagens e depressões (ULBRICH *et al.*, 2009).

Figura 13 - Variação do conteúdo de K, U, Th em rochas ígneas com aumento do teor de sílica.



Fonte: Dickson e Scott (1997).

3.3. Fertilizantes fosfatados

O macronutriente fósforo é o maior limitante da produção da cana-de-açúcar na maioria dos solos do Brasil, o que torna necessária o uso em grande escalada de fertilizantes fosfatados no seu plantio (SOUSA; KORNDORFER, 2011). Os radionuclídeos estão, na maioria das vezes,

contidos nas matérias-primas utilizadas para a produção de fertilizantes (BECEGATO, 2005; SOUZA; FERREIRA, 2005; MAZILLI, 2016), como é o caso do fósforo.

Uma das principais fontes de matéria-prima para a produção de fertilizantes fosfáticos é a mineração de rochas fosfáticas, as quais têm como principal minério a apatita, mineral de fósforo mais comum. Esse mineral é utilizado para fabricar ácido fosfórico, componente essencial de fertilizantes (MAZILLI, 2016). As rochas fosfáticas contêm concentrações relativamente altas de urânio, e eventualmente tório (EISENBUD; GESELL, 1997), por exemplo, segundo ULBRICH *et al.* (1997), apatitas em granitos peraluminosos possuem teores de U em centenas de ppm e de Th em dezenas de ppm.

Durante a produção, os radionuclídeos que se encontravam em equilíbrio na rocha fosfática são mobilizados para os materiais (produto, subproduto e resíduo) de acordo com sua afinidade química. No caso do Th e seus isótopos, 80% é migrado para o subproduto da produção de ácido fosfórico, o fosfogesso, e apenas 20% é migrado para a matéria-prima de fertilizantes. Em contrapartida, 90% do urânio transfere-se para o ácido fosfórico, isso devido a seu grau de solubilidade (MAZILLI, 2016). É importante salientar que os teores de radionuclídeos nos produtos industriais de minério de fosfato variam de acordo com as características da rocha fosfatada do depósito e do tipo de fertilizante. Franzoi (2019) identifica a presença de U e Th em fertilizantes fosfatados produzidos utilizando matéria-prima proveniente de rochas carbonatíticas, rochas hospedeiras das maiores reservas do minério no Brasil.

A utilização continua da prática intensiva de adubação fosfatada em plantios em determinadas localidades durante o período de décadas pode, eventualmente, dobrar a concentração de radionuclídeos do solo, o que pode ocasionar em contaminação de solos e corpos d'água como resultado do escoamento dos fertilizantes (EISENBUD; GESELL, 1997; SOUZA; FERREIRA, 2005).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Levantamento bibliográfico

Nessa etapa, foi confeccionado um levantamento bibliográfico sobre os princípios teóricos do método geofísico da gamaespectrometria e sua utilização na área ambiental, focando em estudos de caso semelhantes precedentes em áreas com agricultura intensiva com utilização de fertilizantes fosfatados.

4.2. O método da gamaespectrometria terrestre

Dentre suas possibilidades de aplicação, a metodologia empregada no estudo contempla a gamaespectrometria terrestre (*in-situ*). Os sistemas gamaespectrômetros portáteis mais utilizados possuem como detector um cristal cintilador do tipo NaI(Ti) ou BGO (germanato de bismuto) associado a um fotomultiplicador que contabiliza os pulsos de energia emitidos pelo decaimento radioativo, uma vez que os pulsos de luz e amplitude do pulso de voltagem do multiplicador são proporcionais à energia original o raio gama (TELFORD, 1990). Dessa forma, o equipamento é capaz de quantificar e qualificar o sinal de diferentes radionuclídeos através de fotopicos específicos de energia gama gerados pelo decaimento radioativo (Figura 14). Esses fotopicos estão inseridos em janelas de leitura predeterminadas para cada espécie radioisotópica e, assim, é possível determinar o radionuclídeo responsável por emitir tal energia na forma de raio gama (MUSSET; KHAN, 2000; IAEA, 2003).

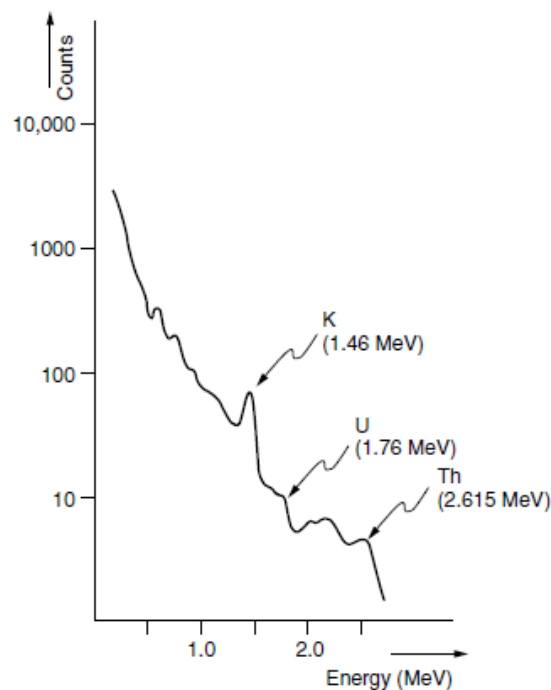
A energia da radiação gama é expressa em elétron volt (eV), que é a energia cinética obtida por um único elétron acelerado por 1 volt de diferença de potencial elétrico, equivalente a $1,602 \times 10^{-19}$ volts. Geralmente a energia da radiação gama está na escala de MeV (10^6 eV) ou KeV (10^3 eV). Os gamaespectrômetros gravam de 256 a 1024 canais de informação dentro da escala de energia de 0 a 3,0 MeV.

O resultado de uma amostragem com gamaespectrometria resulta nos teores de U e Th, no entanto esses valores são estimados, visto que na prática os raios gama medidos são oriundos de seus produtos da série de decaimento radioativo, os quais são mais energéticos, penetrativos e mais fáceis de detectar (MUSSET; KHAN, 2000). O Th é contabilizado pela energia emitida no decaimento de ^{208}Tl , o último isótopo instável da série, com energia de 2,62 MeV, e, no caso do urânio, o pico é proveniente do ^{214}Bi com 1,76 MeV. Dessa forma, através dos elementos-filhos

é possível estimar a concentração equivalente de U e Th (denominadas de eU e eTh, respectivamente), conforme é mencionado. Diferente dos outros elementos citados, o potássio é medido diretamente com energia de 1,46 MeV (MILSOM, 2003; TELFORD, 1990). O equipamento também realiza a contagem total de radiação gama em CPS (contagem por segundo) ou taxa de exposição durante intervalo de medição (em μR ou $\mu\text{R/h}$).

No entanto, o método possui certas limitações, como a resolução espectral do cintilômetro, irregularidades topográficas e umidade do solo (MUSSET; KHAN, 2000; MILSOM, 2003). Um aumento de 10% na umidade do solo diminuirá a precisão da medida em aproximadamente a mesma quantidade (IAEA, 2003). Vale ressaltar que a aquisição de dados do método é limitada a subsuperfície, visto que cerca de 90% dos fótons detectados vêm 20 a 30 cm de profundidade e apenas 10% abaixo de 50 cm (MILSOM, 2003; IAEA, 2003).

Figura 14 – Espectro natural do raio gama emitido por K e radionuclídeos da série do U e Th.



Fonte: Retirado de Milsom (2003).

Segundo Loveborg e Mose (1987), a contagem utilizando um gamaespectrômetro portátil para o método terrestre deve durar entre 1 e 10 minutos. É importante realçar que o tempo de medição deve variar de acordo a alguns fatores, como o equipamento e o tamanho do cristal utilizados, condições ambientais, o objetivo do estudo, entre outros.

4.3. Aquisição de dados

A pesquisa consistiu na aquisição de dados de radiação gama em uma área úmida e seu entorno agrícola, a fim de identificar a distribuição espacial de Th a partir da realização do método geofísico da Gamaespectrometria terrestre com o emprego do equipamento do equipamento portátil RS-332 Multipurpose Gamma-Ray Spectrometer System com cristal do tipo BGO (germanato de bismuto) e 1024 canais espectrômétricos com alcance de 15 KeV a 3 MeV (Figura 15). Através do processamento e integração dos dados geofísicos, foram gerados mapas da assinatura radioativa de Th da área, com a finalidade de visualizar a variação espacial do teor do elemento e identificar uma possível associação à fertilizantes agrícolas e correlacionar com o sistema hidrogeológico da área úmida.

Figura 15 - Equipamento portátil RS-332 Multipurpose Gamma-Ray Spectrometer System e um cristal do tipo BGO (germanato de bismuto) utilizado no estudo. Na imagem o equipamento está em funcionamento para a coleta de sinais do solo das vertentes da área úmida de estudo.

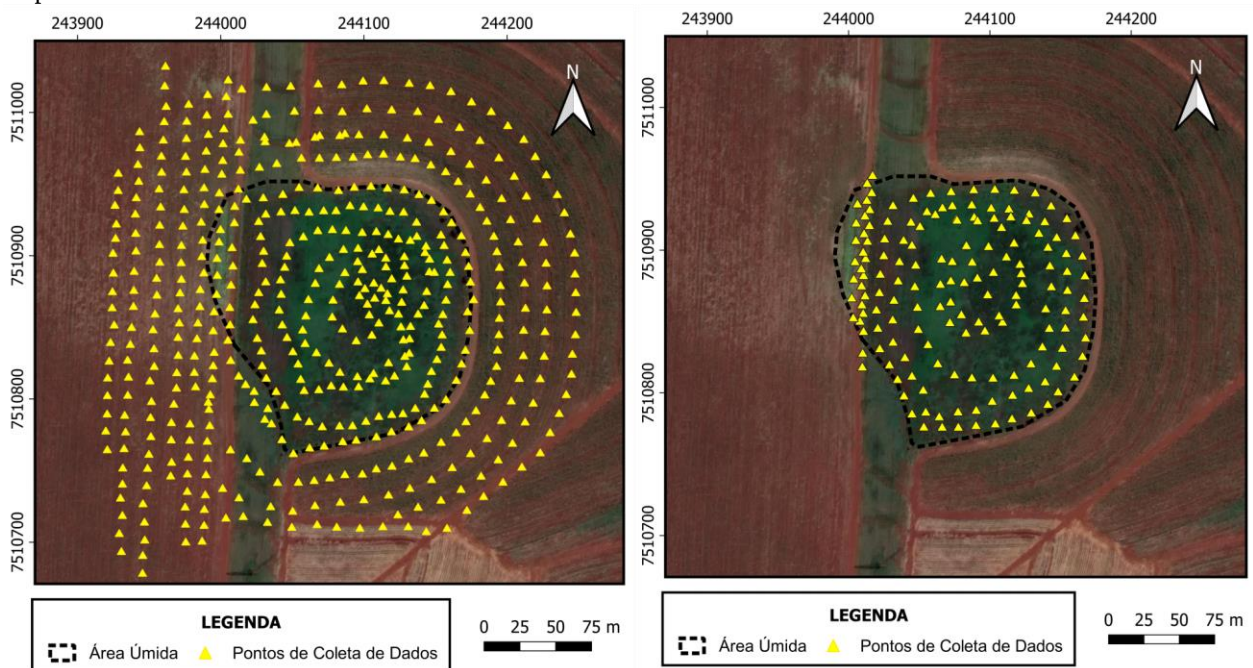


No entorno da área úmida, foi feita uma malha de aquisição composta por linhas paralelas espaçadas em 15 metros, compostas por pontos de leitura feitos a cada 10 metros. Na área interna, a medição foi realizada em círculos concêntricos, os quais diminuem de tamanho na medida em que avança para o centro. O equipamento conta com um GPS que registra a coordenada e altitude de cada ponto, no entanto, a precisão para as medidas de altitude é baixa.

Em termos práticos, foi escolhida uma contagem de 180s por ponto, de forma que fosse logisticamente possível cobrir toda a área úmida com o mínimo número de campanhas de campo ao mesmo tempo com precisão suficiente para que fossem gerados dados estatisticamente válidos, ou seja, um tempo longo o suficiente para os erros serem baixos para o propósito da pesquisa. Para efeitos comparativos, Nardy *et al.* (2014) estabeleceram tempo de contagem de 60s com um sistema gamaespectrométrico semelhante, cujos resultados apontaram para uma medição relativamente confiável.

As campanhas foram realizadas durante os dias 26/11 e 10/12 de 2020 abrangendo toda a área úmida e seu entorno, totalizando 507 medições (Figura 16). Em 01/09 de 2021 foi executada mais uma campanha com o intuito de focar apenas na parte interna da área úmida após esta ser totalmente consumida por um incêndio de causas desconhecidas no mês de agosto do mesmo ano, com um total de 157 pontos (Figura 16). Apesar de todos dados terem sido obtidos em uma estação chuvosa, os campos foram realizados em condições metereológicas semelhantes em períodos sem registro de chuvas, a fim de garantir que a umidade do solo não atenuasse de maneira significativa os sinais das medições.

Figura 16 - Mapa de pontos de coleta de dados realizados durante a campanha de 2020 e de 2021, respectivamente.



4.4. Processamento dos dados

Durante a etapa de processamento de dados, foi calculado o coeficiente de variação de todas as medidas para avaliar a qualidade do dado (BECEGATO *et al.*, 2008; MIKAMI *et al.*, 2015). Para calculá-lo, em porcentagem, deve-se utilizar a seguinte fórmula:

$$CV = \frac{\text{Média do teor de eTh (ppm)}}{DV} \times 100$$

CV = Coeficiente de variação

DV = desvio padrão

Para o tratamento dos dados, seriam excluídas todas as medidas nas quais o CV (%) fosse maior que 5%. No entanto, todos os pontos de aquisição apresentaram valores de CV satisfatórios e, assim, não houve necessidade de desconsideração de nenhum dado gamaespectrométrico.

Os dados geofísicos processados foram utilizados para gerar mapas da assinatura radioativa abrangendo a área úmida e seu entorno, com o intuito de identificar possíveis zonas de acúmulo de radionuclídeos originados de forma natural ou pela influência da fertilização inorgânica nas plantações da região, além de correlacionar com o sistema hidrogeológico da área úmida e, consequentemente, auxiliar na previsão do comportamento da mobilidade de outros compostos e contaminantes. O *software* utilizado foi o Surfer 10, no qual foi empregando o método da krigagem ordinária, uma técnica de interpolação de dados que fornece a melhor previsão dos valores intermediários ao longo do espaço no qual não há informação, gerando mapa da distribuição dos valores da variável de interesse. Dessa forma, foram elaborados mapas de pontos e mapas com gradação de cores (*colour-scale*), representando os teores quantitativos de eTh (ppm) para cada campanha realizada (2020 e 2021), para, assim, avaliar a distribuição espacial de Th e identificar a influência da agricultura na geoquímica do solo e a mobilização destes elementos para o interior da área úmida. O intuito de desenvolver mapas com os mesmos temas de períodos diferentes é de comparar as leituras em cada campanha para também identificar possíveis influências da umidade do solo, queimada, ou variações na aplicação de fertilizantes do solo ao longo do período entre as aquisições de dados.

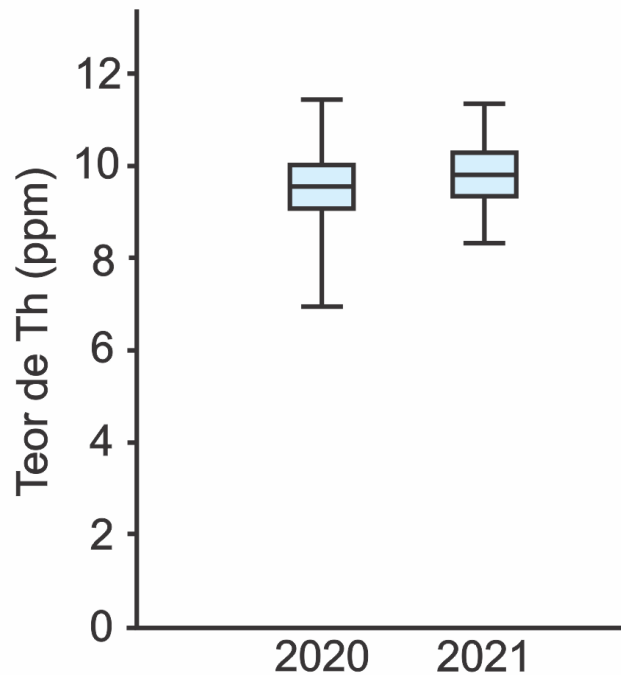
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As informações e valores obtidos em cada ponto durante as campanhas de 2020 e 2021 estão estabelecidas no Anexo A e Anexo B, respectivamente. A tabela 1 contém o valor mínimo, máximo, média aritmética e mediana para cada campanha. Foi elaborado um diagrama de caixa (*boxplot*) utilizando esses valores a fim de facilitar a visualização dos dados e fazer uma análise comparativa (Figura 17). É interessante pontuar que os valores da média aritmética e mediana dos dois casos são quase equivalentes, o que demonstra que os dados se aproximam de uma distribuição normal.

Tabela 1 - Valores estatísticos de eTh das campanhas de 2020 e 2021.

	eTh (ppm)	
	2020	2021
Mínimo	6,94	8,43
Máximo	11,43	11,36
Média	9,55	9,78
Mediana	9,57	9,76

Figura 17 - Diagrama de caixas (*boxplot*) dos valores de eTh das campanhas de 2020 e 2021.

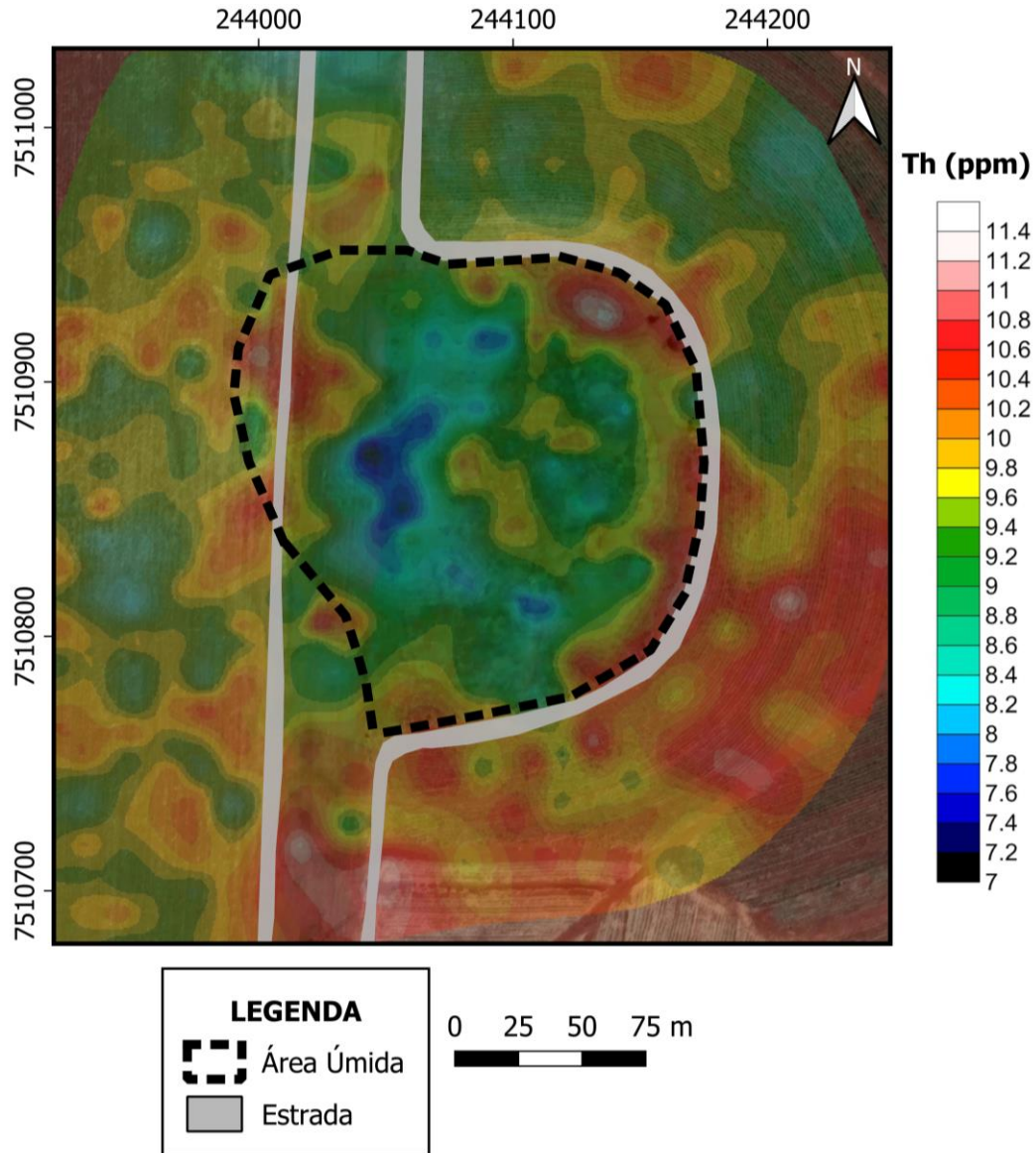


Como resultado da aquisição geofísica, a figura 18 representa o mapa de distribuição espacial de tório adquirida ao longo da primeira campanha. É possível identificar que os menores valores da concentração de eTh estão no interior da área úmida, predominando valores medianos em torno de 9 ppm, mas com valores que chegam a 7 ppm próximo ao centro. Por outro lado, os valores mais elevados, predominando 10 ppm e chegando a pontos localizados com 11,4 ppm, estão nas vertentes, principalmente na porção sudeste, bem como ao longo de algumas porções da estrada de terra próximas as bordas do ambiente. Assim, fica claro observar um padrão de concentração do elemento variando de 9,6 a 11,4 ppm nas margens da área úmida, apesar de ser parcialmente irregular. A concentração de eTh nas bordas da área úmida pode estar relacionada com sua topografia suave associada a presença de uma densa vegetação em suas margens, a qual retém a passagem de sedimentos.

Outra questão é a variabilidade espacial de tório nas vertentes, na porção sudeste os valores estão principalmente na faixa de 10 a 11,4 ppm, enquanto a oeste os valores são mais baixos e estão principalmente entre 9 e 10 ppm. Uma hipótese para discrepância é a diferença no tempo de colheita entre as partes da vertente observada em campo, o que significa que o tempo entre a fertilização e a leitura poderia ser diferente para cada porção. No caso, a cana-de-açúcar da parte oeste, que apresenta valores menores, foi colhida primeiro. No entanto, a variação de teor nas vertentes pode até mesmo ser relacionado com a quantidade de fertilizantes adicionados ou até mesmo da variação natural de tório no solo.

A figura 19, por sua vez, representa o mapa de distribuição de tório (ppm) adquirido em setembro de 2021. Vale ressaltar que a aquisição de dados foi focada no interior da área úmida e na estrada da porção oeste, visto que dados preliminares indicavam uma zona com valores mais elevados do elemento nessa área. É notável que, mesmo quase um ano e a queimada, o padrão de concentração permaneceu relativamente o mesmo, inclusive as zonas de maiores valores (Figura 20). Uma evidente diferença foi o aumento do valor mínimo de 6,94 ppm em 2020 para 8,43 ppm em 2021. Antes da queimada, a área úmida estava recoberta por plantas gramíneas, o que tornava necessário o uso de uma enxada para limpar o terreno e deixar o equipamento em contato com o solo, apesar de ainda permanecerem algumas raízes. A similaridade dos dados entre as campanhas indica que a interferência ocasionada pela vegetação e a eventual umidade do interior da área úmida não foram altos o suficiente para atenuar os o sinal de radiação gama captado pelo equipamento.

Figura 18 – Mapa de distribuição espacial de eTh (ppm) utilizando os dados adquiridos ao longo da campanha de 2020.



No mapa de distribuição de eTh da segunda campanha é identificado um corpo alongado com direção SW-NE com altos valores, o qual não foi constatado tão claramente em 2020, apenas uma concentração de tório na margem nordeste da área úmida. Como o ecossistema pegou fogo em 2021 (Figura 21), a sedimentação no interior da área úmida pode ter sido facilitada nesse ponto em específico por não haver mais a vegetação obstruindo o eventual fluxo de sedimentos. Dessa forma, é possível que tenha ocorrido um fluxo de entrada de sedimentos carreando o

elemento durante algum evento de maior pluviosidade, os quais provalmente ficavam retidos na vegetação presente na margem da área úmida.

Figura 19 - Mapa de distribuição espacial de eTh (ppm) utilizando os dados adquiridos em setembro de 2021.

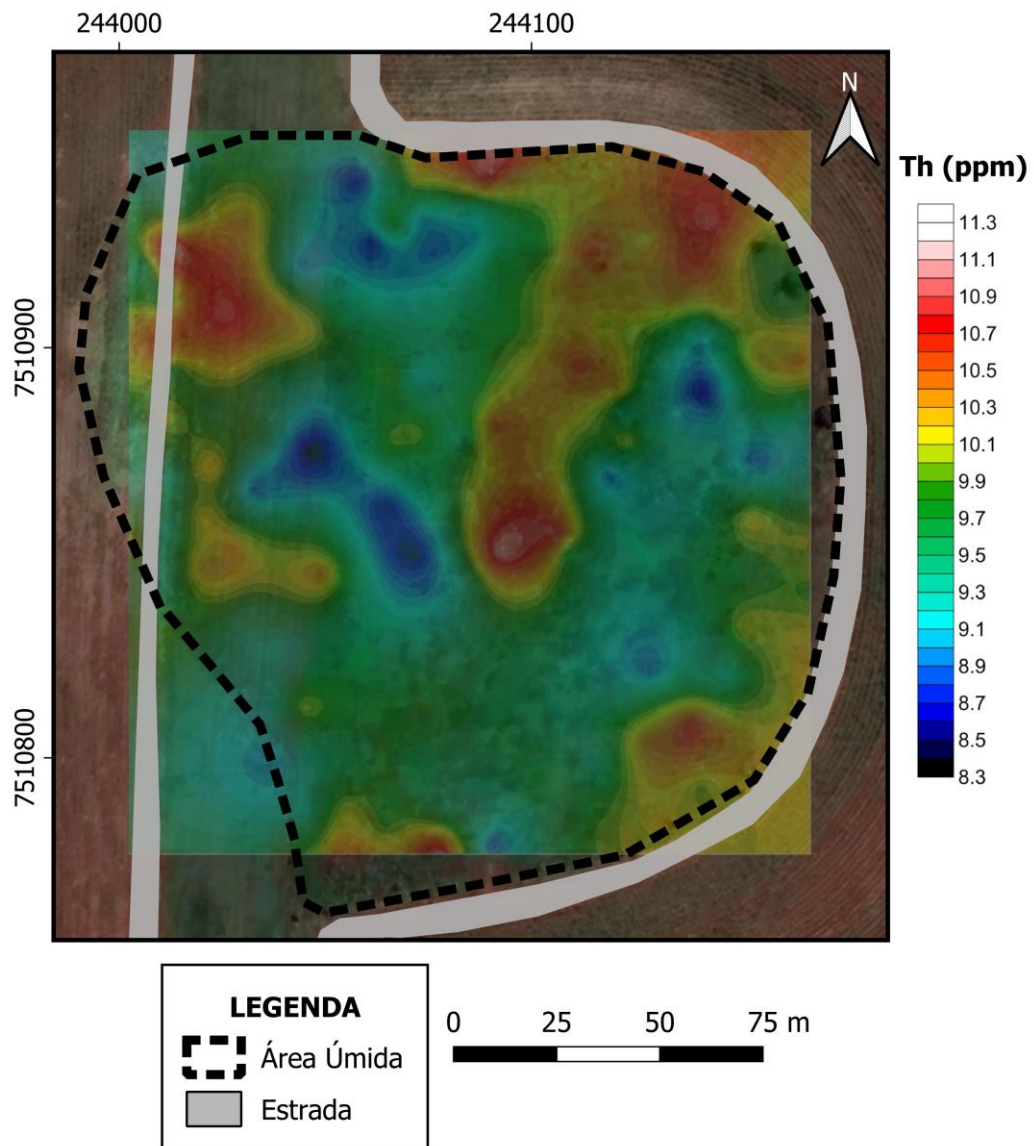


Figura 20 – Mapas de distribuição de eTh nos anos de 2020 e 2021, respectivamente.

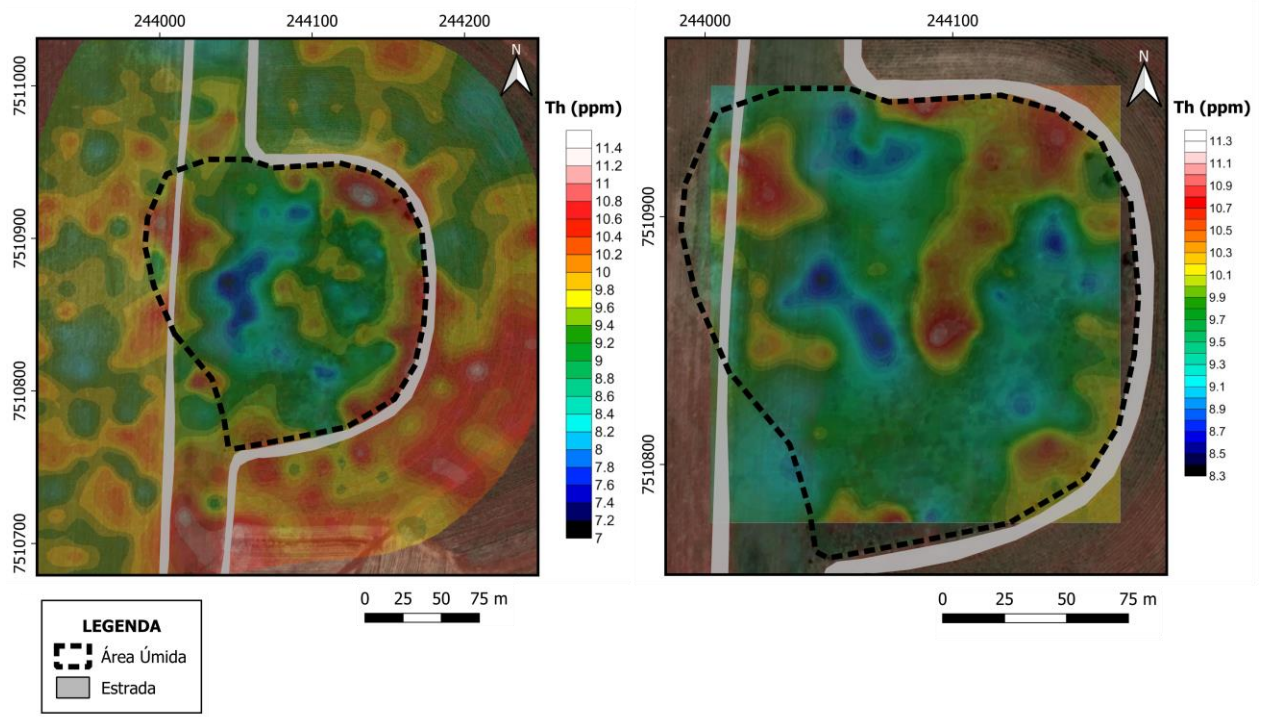


Figura 21 - Fotografia E-W da área úmida queimada em 2021.



Para efeitos comparativos, a tabela 2 sintetiza valores de eTh encontrados na literatura em diferentes materiais analisados. A média do presente estudo encontra-se na média apresentada por IAEA (2003) e próximo a de Eisenbud e Gessel (1997), os quais levam em consideração todas as rochas crustais. Como o teor de Th aumenta de acordo com a proporção de sílica do material, a tendência é que os valores sejam maiores em rochas félsicas e rochas básicas sejam

mais empobrecidas no elemento. O basalto e o diabásio apresentam baixos teores de tório equivalente, com uma média variando entre 2 e 4 ppm (TELFORD, 1990; EISENBUD; GESSEL, 1997; DICKSON; SCOTT, 1997; MUSSET; KHAN, 2000), com mínimo de 2 e máximo de 5 ppm nas rochas vulcânicas máficas australianas (DICKSON; SCOTT, 1997). Dito isso, as médias de basaltos da Fm. Serra Geral apresentadas por Marques (1988) e Becegato (2005) são condizentes com esses valores, apenas no caso de Kanashiro (2016) o valor é mais elevado, mas com uma variação de 2,21 ppm para mais e para menos.

Tabela 2 - Valores de eTh encontrados na literatura.

eTh (ppm)	Presente estudo	IAEA (2003)	Eisenbud & Gessel (1997)	Kabala-Pendias (2001)	Dickson & Scott (1997)	Marques (1988)		Becegato & Ferreira (2005)	Kanashiro (2016)
Material analisado	Latossolos e gleissolos provenientes da Fm. Serra Geral	Crosta	Crosta	Solos mundiais	Vulcânicas máficas australianas	Derrame de basalto toleítico da Fm. Serra Geral	Sill de basalto toleítico da Fm. Serra Geral	Basalto da Fm. Serra Geral	Basalto da Fm. Serra Geral
Máximo	11,43	-	20,00	13,40	5,00	-	-	-	-
Média	9,55	8 a 12	10,70	-	3,00	2,18	2,78	2,74	5,36 ± 2,21
Mínimo	6,94	-	1,60	3,40	2,00	-	-	-	-

No caso dos latossolos e gleissolos provenientes do intemperismo de uma soleira de diabásio da Fm. Serra Geral do presente estudo, o valor mínimo de tório equivalente é maior que o dobro das médias apresentadas por Marques (1988) e Becegato e Ferreira (2005), além disso, a média é maior que a de Kanashiro (2016). Apesar de esses dados serem de basaltos e o que foi analisado no estudo foram solos, devido a baixa mobilidade geoquímica do elemento, os valores de eTh deveriam, em tese, ser condizentes com o valor original da rocha inalterada. Dickson e Scott (1997) citam o caso dos solos derivados de basaltos ordovicianos, terciários e recentes na Austrália terem tido o acréscimo de tório durante a pedogênese associados a óxidos de Fe. Esses valores variam de 3,3 a 13 ppm e dispõe uma média de 7,9 ppm, bem acima da média dos basaltos australianos (ver tabela 2). No entanto, análises gamaespectrométricas em poucas amostras de solo em localidades da Bacia do Paraná com presença da Fm. Serra Geral realizadas

por Souza e Ferreira (2005) mostram valores variados ($3,46 \pm 0,53$; $5,25 \pm 0,52$) e Becegato e Ferreira (2005) demonstram uma média de 1,31 ppm em uma região com baixa influência antrópica. Ainda que este dado não seja exclusivamente de solos derivados da Fm. Serra Geral, é perceptível que os valores não aumentam bruscamente com o intemperismo nos dois casos, diferente do contexto australiano.

Os dados obtidos no estudo possuem valores maiores que os encontrados na literatura, principalmente os provenientes de rochas básicas da Fm. Serra Geral. No entanto, a diferença método aplicado e o tempo de aquisição gamaespectrométrica de cada trabalho é um fator que configura variação nos valores apresentados. Mas, ainda assim, os dados apontam para uma possível contribuição de Th proveniente dos fertilizantes fosfatados utilizados nas plantações de cana-de-açúcar aos arredores da área úmida, além de possíveis mecanismos pedognéticos de concentração de Th. É importante ressaltar que esses valores não são indicativos de uma contaminação do solo, apenas um acúmulo maior que o da natureza de rochas básicas.

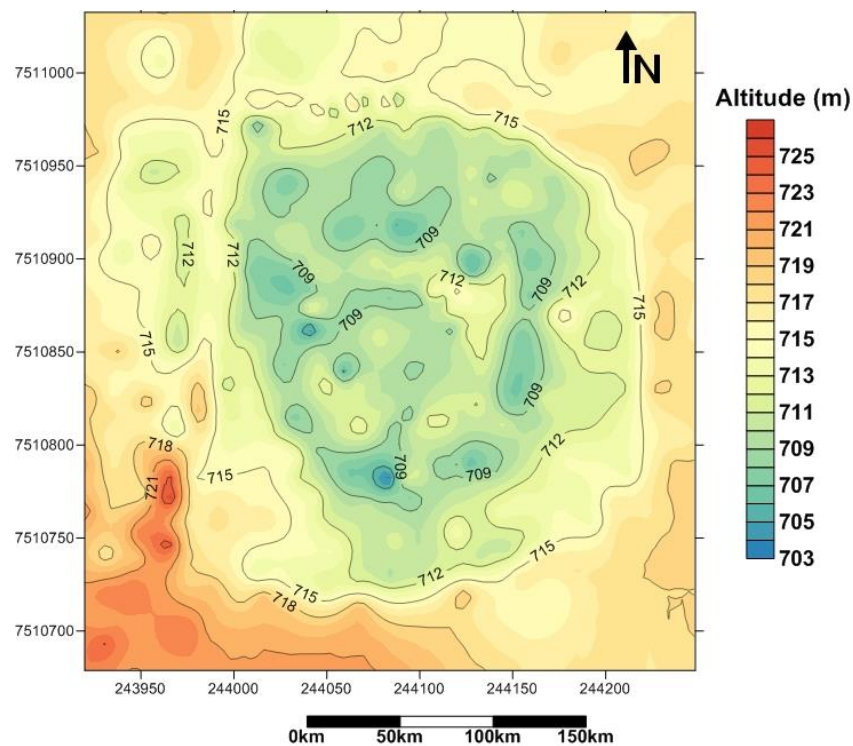
No caso de Cordeirópolis, por ser uma área úmida geograficamente isolada, o arraste do elemento converge das vertentes em direção à depressão na qual se encontra a área úmida, haja vista os mecanismos de adsorção do elemento por substâncias inorgânicas como argilas coloidais e óxidos de ferro, que são carregados por águas superficiais e intersticiais (DICKSON; SCOTT, 1997; ULBRICH *et al.*, 2009). O retrabalhamento do solo em períodos de plantio e colheita é um fator que pode, de maneira adicional, devido à compactação do solo por ação de máquinas, facilitar a erosão laminar das vertentes e eventual sedimentação excessiva das margens da área úmida (PINESE JUNIOR *et al.*, 2008).

Ao analisar anomalias aerogamaespectrométricas da quadrícula de Araras (SP), nas proximidades de Cordeirópolis, Souza e Ferreira (2005) relatam anomalias de eTh em latossolos roxos provenientes da Fm. Serra Geral em regiões com utilização intensiva de fertilizantes fosfatados, e ainda constam que os principais locais de acúmulo são porções planas e elevadas do terreno com solos mais argilosos com alta susceptibilidade magnética da própria unidade geológica. Ademais, os autores concluem que a concentração de tório está relacionada ao transporte de óxidos de ferro e argilas, materiais que favorecem sua adsorção quando solubilizado (DICKSON; SCOTT, 1997; ULBRICH *et al.*, 2009) à partir de zonas topograficamente mais elevadas do terreno associada a zonas de cultivo de cana-de-açúcar com fertilização local. Assim, o principal mecanismo de transporte do radionuclídeo é por gravidade, o que acarreta em uma

maior concentração do elemento em zonas mais baixas topograficamente (ULBRICH *et al.*, 2009).

Dada a importância da morfologia local na questão do escoamento superficial da água meteórica, um mapa topográfico da área de estudo (Figura 22) foi gerado com base nos dados de GPS integrado ao gamaespectrometro que, apesar da baixa precisão (principalmente em relação aos valores de altitude), confirma a área úmida como uma depressão circular fechada, uma característica elementar das ditas áreas úmidas geograficamente isoladas (bacia de ordem zero).

Figura 22 - Mapa topográfico da área úmida gerado utilizando os dados de altitude adquiridos pelo GPS do gamaespectrômetro.



Através do modelo digital de elevação do terreno, adquirido por Casagrande *et al.* (2021) através da utilização de um VANT, foi elaborado um perfil topográfico da área úmida com direção E-W (figura 23 e 24). Os valores de altitude do MDE são de precisão centimétrica, demonstrando uma variação de 10 metros entre o centro da área úmida (652m) e o ponto mais alto das vertentes (662m). Como demonstrado no mapa e no perfil, duas estradas passam pelo ambiente, sendo que as que estão na parte leste contornam a área úmida, enquanto a da porção oeste, com direção norte sul, intercepta parte do interior, bem próximo a sua borda.

Figura 23 – Mapa indicando a direção do perfil topográfico da área úmida apresentado na Figura 24.

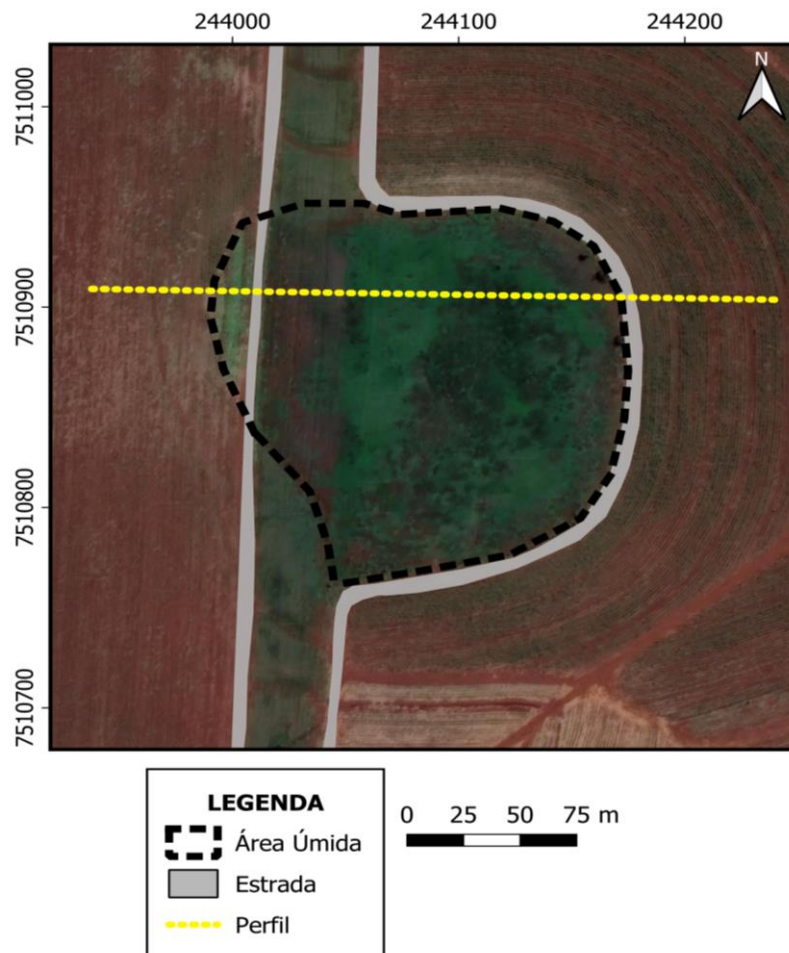
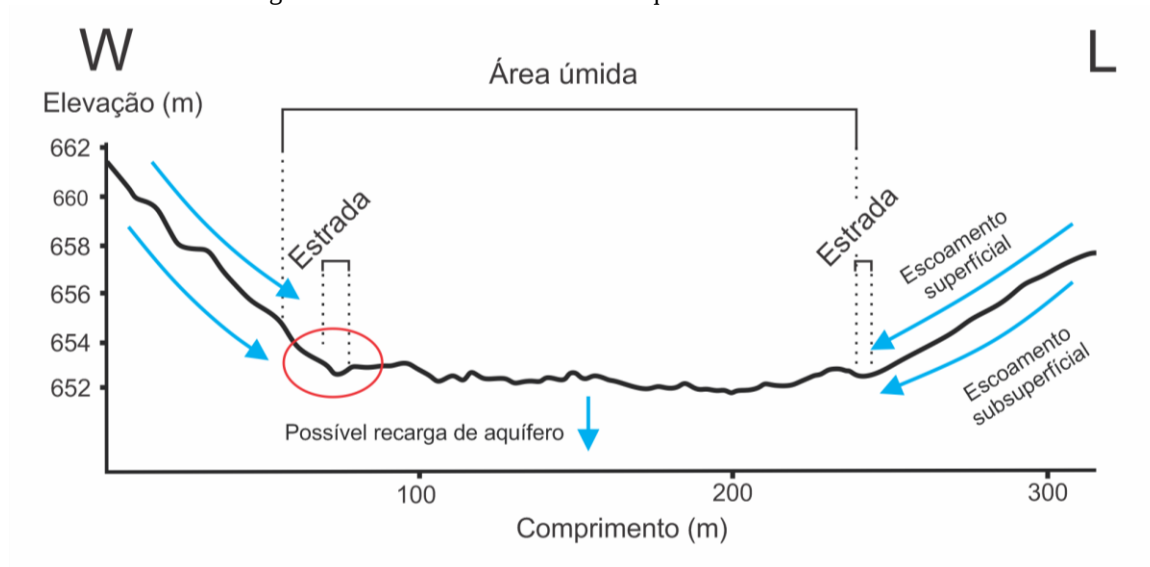


Figura 24 – Perfil topográfico da área úmida elaborado com base no modelo digital de elevação desenvolvido por Casagrande *et al.* (2021). As setas em azul indicam os fluxos de água e o círculo em vermelho indica a porção degradada na borda da área úmida na qual se encontra a estrada.



Desta maneira, dada a provável influência da morfologia local no transporte de matéria através da ação de fluxos superficiais de água, é possível afirmar que as bordas da área úmida configuram uma zona da depressão topográfica na qual os sedimentos transportados da vertente tendem a se concentrar. Isso certamente perfaz uma importante função ecossistêmica, onde estes compartimentos constituem elementos ativos e de importância na retenção de poluentes carregados pelo escoamento superficial e erosão das zonas topograficamente mais elevadas, conforme demonstrado pela distribuição espacial do ^{232}Th . Outros radionuclídeos, metais e substâncias provenientes da utilização de fertilizantes agrícolas e agrotóxicos podem estar igualmente contidos em suas margens, mas estudos aprofundados adicionais seriam necessários para quantificá-los.

Mudanças antrópicas da topografia, tal qual o rebaixamento das bordas da área úmida para o alocamento de estradas e plantações, tendem ocasionar inundação das áreas deterioradas durante épocas com maiores taxas de precipitação, como ocorre na área de estudo (Figura 25). A margem da área úmida foi violada para inserir a estrada na porção oeste, de forma que foi topograficamente rebaixada e aplainada, e, por consequência, uma parcela dessa estrada é inundada durante períodos chuvosos, onde também foi identificada uma pronunciada zona com maiores valores de $e\text{Th}$. A degradação das margens de uma área úmida geograficamente isolada causada por más práticas agrícolas é um problema relatado por Furlan *et al.* (2021a), o que resulta na perda de capacidade de armazenamento de água da área úmida e ocasiona a inundação de estradas e plantações. Assim, com os dados da presente pesquisa, que lançam um foco maior nas margens das áreas úmidas geograficamente isoladas como importantes zonas de acúmulo e retenção de contaminantes e sedimentos, fica nítida a importância da retenção de poluentes e a consequente manutenção da qualidade hídrica local e regional, haja vista a possível ligação entre a área úmida e sistemas aquíferos mais profundos.

Figura 25 - Fotografia E-W da área úmida demonstrando o empoçamento na estrada de terra ocasionado pela degradação da borda oeste do ecossistema.



6. CONCLUSÃO

Áreas úmidas geograficamente isoladas possuem muitos benefícios ecossistêmicos, como é o caso do armazenamento de água superficial, manutenção da qualidade hídrica, habitat de vida selvagem, etc. (TINER, 2003). O presente estudo demonstra a importância desse tipo de ecossistema na manutenção da qualidade hídrica local e regional, ao constatar sua capacidade de reter possíveis contaminantes em suas margens. Os resultados são preliminares para o aprimoramento da determinação de outras funções ecossistêmicas além da citada e indicar malefícios ao sistema hidrológico ocasionado pela massiva fertilização fosfatada e uso de pesticidas. Por isso, há a necessidade de realizar e integrar dados provenientes de estudos com diferentes métodos e objetivos, como os realizados por Furlan *et al.* (2020; 2021b), Rosa *et al.* (2022) e Casagrande *et al.* (2021), além de análises focadas em agrotóxicos e fertilizantes (ver BECEGATO, 2005; UMISED, 2007; FRANZOI, 2019).

A partir da interpretação da distribuição espacial e da mobilidade de apenas um radionuclídeo, é possível associar, de forma generalista, seu transporte ao de sedimentos das vertentes e contaminantes presentes em fertilizantes e agrotóxicos utilizados no cultivo da cana-de-açúcar, como metais pesados, compostos orgânicos e outros radionuclídeos. Além disso, é possível delimitar zonas da área úmida mais suscetíveis à incorporação dos materiais citados.

Os valores detectados estão acima dos encontrados na literatura, mas é importante salientar que isso configura apenas um indicativo de uma provável contribuição de tório proveniente da adubação fosfatada nas plantações adjacentes, e não simplesmente um quadro efetivo de contaminação com risco radiológico à saúde humana.

Através da comparação entre os dados adquiridos em 2020 e 2021, em uma área úmida vegetada e queimada, respectivamente, foi possível concluir que as zonas com valores mais elevados identificados na primeira campanha permaneceram com o tempo, como é o caso do ponto na estrada da porção oeste. A repetição dos dados indicou que o centro da área úmida, que é o local que concentra maior umidade mesmo se o ecossistema estiver seco, não atenuou de forma significativa o sinal gamaespectrométrico, nem mesmo as raízes de gramíneas durante a primeira campanha.

A gamaespectrometria terrestre é uma ferramenta muito prática, com fácil e rápida aplicação e baixo custo associado. O tempo de leitura utilizado e os resultados foram satisfatórios para o intuito do presente estudo. Ainda que tenha sido realizado em uma área úmida individual,

o método utilizado pode ser aplicável em outras áreas úmidas com diferentes contextos, sejam geológicos, climáticos e ecológicos, e serve como um bom parâmetro para ecossistemas semelhantes, como no caso de outras áreas úmidas geograficamente isoladas distribuídas ao longo da região da Depressão Periférica Paulista e inseridas em um contexto de agricultura intensiva (FURLAN *et al.*, 2021a). No entanto, o método só é aplicável em ecossistemas com inundação periódica, caso o objetivo do trabalho seja a quantificação gamaespectrométrica em seu interior alagável.

As áreas úmidas geograficamente isoladas da Depressão Periférica são muito importantes para a manutenção da qualidade, mas, por serem menores, acabam sendo subjugadas pela legislação brasileira (FURLAN *et al.* 2021a). Com isso, os dados gerados no presente estudo servem para somar informações da importância desse ecossistema para que auxiliem governantes e tomadores de decisão no desenvolvimento de projetos e legislação em prol do amparo e conservação das áreas úmidas em geral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, J. A. S.; GASPARINI, P. *Gamma-ray spectrometry of rocks*. Elsevier, Amsterdam, 295 p., 1970.

ASCOM MMA. *Comitê Nacional Discute Áreas Úmidas*. Governo Federal, Brasília, 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/noticia-acom-2018-06-3077>>. Acesso em 12/05/2021

ASPACER. *Polo Cerâmico de Santa Gertrudes em pauta*. Associação Paulista da Cerâmicas de Revestimento, 2016. Disponível em: <<http://www.aspacer.com.br/2016/06/01/polo-ceramico-de-santa-gertrudes-em-pauta/>>. Acesso em 12/05/2021.

BECEGATO, V. A. *Aplicação de técnicas geofísicas e geoquímicas em duas glebas agrícolas do noroeste do estado do Paraná e suas relações com fertilizantes fosfatados*. 2005.

BECEGATO, V. A.; FERREIRA, F. J. F. Gamaespectrometria, resistividade elétrica e susceptibilidade magnética de solos agrícolas no noroeste do estado do Paraná. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 23, p. 371-405, 2005.

BECEGATO, V. R.; CORDOVA, J. J.; FERREIRA, A. S.; BARRIONUEVO, M. Gamaespectrometria de um lixão desativado. *Geoambiente on-line*, n. 23, 2014.

BEYRUTH, Z. Água, agricultura e as alterações climáticas globais. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária*, v. 1, n. 1, p. 74-89, 2008.

BLAIN, G. C.; BRUNINI, O. Análise da escola temporal de monitoramento das secas agrícolas e meteorológicas no estado de São Paulo. *Revis. Bras. de Meteorol.*, [s.l.], 22(2), 255-261. 2007.

BRISTOW, Q. Airborne γ -ray spectrometry in uranium exploration. Principles and current practice. *The international Journal of Applied Radiation and Isotopes*, 34(1), 199–229, 1983.

CASAGRANDE, M. F. S.; FURLAN, L. M.; MOREIRA, C. A.; ROSA, F. T. G.; ROSOLEN, V. Non-invasive methods in the identification of hydrological ecosystem services of a tropical isolated wetland (Brazilian study case). *Environmental Challenges*, v. 5, p. 100233, 2021.

DICKSON, B. L., SCOTT, K. M. Interpretation of aerial gamma-ray surveys-adding the geochemical factors. *AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics*, v. 17, n. 2, p. 187-200, 1997.

DINIZ, J. A. O., PAULA, T. L. F. D., GENARO, D. T., KIRCHHEIN, R. E., FREDDO FILHO, V. J., MOURÃO, M. A. A.; FRANZINI, A. S. Crise hídrica no Brasil: o uso das águas subterrâneas como reforço no abastecimento público. CPRM. 2021.

EISENBUD, M; GESELL, T. F. *Environmental radioactivity from natural, industrial and military sources: from natural, industrial and military sources*. Elsevier, 1997.

ERNESTO, M.; PACCA, I. G.; HIODO, F. Y.; NARDY, A. J. R.. Palaeomagnetism of the Mesozoic Serra Geral Formation, southern Brazil. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, v. 64, n. 2-4, p. 153-175, 1990.

ERNESTO, M. M. I. B.; RAPOSO, M. I. B.; MARQUES, L. S.; RENNE, P. R.; DIOGO, L. A.; DE MIN, A. Paleomagnetism, geochemistry and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of the North-eastern Paraná Magmatic Province: tectonic implications. *Journal of Geodynamics*, v. 28, n. 4-5, p. 321-340, 1999.

FERREIRA, F. J. F.; CANDIDO, A. G.; ROSTIROLLA, S. P.. Correlação gamaespectrométrica de afloramentos e poços: estudo de caso na Formação Ponta Grossa (Bacia do Paraná, Brasil). *Revista Brasileira de Geofísica*, 28(3), p. 371-396, 2010.

FRANK, H. T.; GOMES, M. E. B.; FORMOSO, M. L. L. Review of the areal extent and the volume of the Serra Geral Formation, Paraná Basin, South America. *Pesquisas em Geociências*, v. 36, n. 1, p. 49-57, 2009.

FRANZOI, I. S. *Os elementos terras raras na indústria de fertilizantes fosfatados do complexo carbonatítico Catalão I-GO: potencialidades de recuperação*. 2019.

FISCHER, M. L.; CUNHA, T. R. D.; ROSANELI, C. F.; MOLINARI, R. B.; SGANZERLA, A. Crise hídrica em publicações científicas: olhares da bioética ambiental. *Revista Ambiente & Água*, 11, 586-600, 2016.

FURLAN, L. M.; ROSOLEN, V.; SALLES, J.; MOREIRA, C. A.; FERREIRA, M. E.; BUENO, G. T.; COELHO, C. V. S; MOUNIER, S. (2020). Natural superficial water storage and aquifer recharge assessment in Brazilian savanna wetland using unmanned aerial vehicle and geophysical survey. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, v. 8, n. 3, p. 224-244, 2020.

FURLAN, L. M.; MOREIRA, C. A.; DE ALENCAR, P. G.; ROSOLEN, V. Environmental monitoring and hydrological simulations of a natural wetland based on high-resolution unmanned aerial vehicle data (Paulista Peripheral Depression, Brazil). *Environmental Challenges*, p. 100146, 2021a.

FURLAN, L. M.; ROSOLEN, V.; MOREIRA, C. A.; BUENO, G. T.; FERREIRA, M. E. The interactive pedological-hydrological processes and environmental sensitivity of a tropical isolated wetland in the Brazilian Cerrado. *SN Applied Sciences*, v. 3, n. 2, p. 1-15, 2021b.

FWS. History of the Federal Duck Stamps, 2017. Disponível em: <https://www.fws.gov/birds/get-involved/duck-stamp/history-of-the-federal-duck-stamp.php>>. Acesso em: 02 de Agosto de 2021.

GARDNER, R. C.; DAVIDSON, N. C. The Ramsar convention. In: **Wetlands**. Springer, Dordrecht. p. 189-203, 2011.

GOMES, M. A. F.; BARIZON, R. R. M.. Panorama da contaminação ambiental por agrotóxicos e nitrato de origem agrícola no Brasil: cenário 1992/2011. 2014.

HAYASHI, M.; VAN DER KAMP, G.; ROSENBERRY, D. O. Hydrology of prairie wetlands: understanding the integrated surface-water and groundwater processes. **Wetlands**, v. 36, n. 2, p. 237-254, 2016.

IBGE. Cidades e Estados. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/cordeirópolis.html>>. Acesso em: 02 de Agosto de 2021.

IAEA – International Atomic Energy Agency. *Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data*. IAEA-TECDOC-1363, Vienna, Austria, 173 p., 2003.

JUNK, W.J.; PIEDADE, M. T. F.; SCHÖNGART J.; COHN-HAFT, M.; ADENEY, J. M.; WITTMAN, F. A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. *Wetlands* 31: 623–640, 2011.

JUNK, W. J *et al.* A. 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. DOI: 10.1002/aqc.2386.

KANASHIRO, D. K. Gamaespectrometria terrestre aplicada as rochas vulcânicas da província magmática. 2016

KABALA-PENDIAS, A. *Trace elements in soils and plants*. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 413 p. 2001.

KEDDY, P. A. *Wetland ecology: principles and conservation*. Cambridge university press, 2010.

LISSEY A. Depression-focused transient groundwater flow patterns in Manitoba. *Geological Association of Canada Special Paper* 9: p. 333–341, 1971.

LEIBOWITZ, S. G. Geographically isolated wetlands: why we should keep the term. *Wetlands*, v. 35, n. 5, p. 997-1003, 2015.

LØVBORG, L.; MOSE, E. Counting statistics in radioelement assaying with a portable spectrometer. *Geophysics*, v. 52, n. 4, p. 555-563, 1987.

LUPA. Dados consolidados municipais 2016/2017. Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária do Estado de São Paulo, 2017. Disponível em <<https://www.cdrrs.sp.gov.br/projetolupa/dadosmunicipais1617.php#c>>. Acessado em: 02 de Agosto de 2021.

MALTCHIK, L.; STENERT, C.; ROLON, A.; MACHADO, I. F.; GUADAGNIN, D. Diversidade em áreas úmidas: lavouras de arroz podem proteger organismos aquáticos no Sul do Brasil. *Ciência Hoje. Revista de divulgação científica da SBPC*. Rio de Janeiro, v. 45, n. 269, p. 32-37, 2010.

- MARENGO, J. A. *et al.* A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. *Revista USP*, n.106, p. 31-44, 2015.
- MARQUES, L.S. Rare elements. In: PICCIRILO EM & MELFI AJ. The Mesozoic flood volcanism of the Parana Basin. São Paulo: Universidade de Sao Paulo, Instituto Astronômico e Geofísico. p. 499–504, 1988.
- MATTHEWS, G. V. T. The Ramsar Convention on Wetlands: its history and development. *Gland: Ramsar convention bureau*, 1993.
- MAZZILLI, B. P.; MÁDUAR, M. F.; CAMPOS, M. P. Radioatividade no meio ambiente e avaliação de impacto radiológico ambiental. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN). Universidade de São Paulo, 2011.
- MAZILLI, B. P. Comportamento dos radionuclídeos no ecossistema; Mineração de fosfato e produção de ácido fosfórico. In: Rócio G dos Reis. (Org.). *NORM: Guia Prático*. 1ed. SÃO PAULO: Gráfica PoloPrinter, 2016, v. 1, p. 61-72.
- MILANI, E. J. *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental*. 2 v. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- MILANI, E. J.; ZALÁN, P. V. Brazilian Geology Part 1: the Geology of Paleozoic Cratonic Basins and Mesozoic Interior Rifts of Brazil. In: *1998 AAPG International Conference and Exhibition, Rio de Janeiro, Brazil, Short Course Notes*. 1998.
- MILANI, E. J. Comentários sobre a origem e evolução tectônica da Bacia do Paraná. Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, CDR, p. 265-291, 2004.
- MILANI, E. J.; MELO, J. H. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobras*, v. 15, n. 2, p. 265-287, 2007.
- MILSOM, J. *Field Geophysics*. England: Wiley, 2003.

MITSCH, W. J.; GOSSELINK, J. G. 2015. *Wetlands*. 5th ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc, 2015.

MIKAMI, S.; SATO, S.; HOSHIDE, Y.; SAKAMOTO, R.; OKUDA, N.; SAITO, K. In Situ Gamma Spectrometry Intercomparison in Fukushima, Japan. *Jpn. J. Health Phys.*, [s.l.], 50 (3): 182 – 188. 2015.

MMA. Instrumentos da Convenção Ramsar. Ministério do Meio Ambiente, 2018. Disponível em <<https://antigo.mma.gov.br/processo-eletronico/item/8562-instrumentos-da-conven%C3%A7%C3%A3o-de-ramsar.html>>. Acessado em: 02 de Agosto de 2021.

MMA. No Brasil – Implementação da Convenção. Ministério do Meio Ambiente, 2019. Disponível em <<https://antigo.mma.gov.br/component/k2/item/8563.html>>. Acessado em: 02 de Agosto de 2021.

MMA. Sítios Ramsar. Ministério do Meio Ambiente, 2019. Disponível em <<https://antigo.mma.gov.br/processo-eletronico/item/8564.html%20/>>. Acessado em: 02 de Agosto de 2021.

MUSSETT, A. E.; KHAN, M. A. *Looking into the earth: an introduction to geological geophysics*. Cambridge University Press, 2000.

NARDY, A. J. R.; MOREIRA, C. A.; MACHADO, F. B.; LUCHETTI, A. C.; HANSEN, M. A. F.; ROSSINI, A. J; Barbosa Júnior, V. Gamma-ray spectrometry signature of main volcanic rocks of Serra Geral formation: preliminary results. *Geociências*, 216-227, 2014.

PENTEADO, O. M. M. *A bacia de sedimentação de Rio Claro, Estado de São Paulo*. Revista Geographica da Sociedade de Geografia de Lisboa, Lisboa, 1969.

PERINOTTO, J. A. J.; ZAINÉ, M. F. Patrimônios naturais e história geológica da região de Rio Claro-SP. *Rev. Arq. Públ. Hist. Município de Rio Claro*, v. 1, 2008.

PERINOTTO, J. A. D. J.; ETCHEBEHERE, M. L. D. C.; SIMÕES, L. S. A.; ZANARDO, A. Diques clásticos na Formação Corumbataí (P) no nordeste da Bacia do Paraná, SP: Análise

sistemática e significações estratigráficas, sedimentológicas e tectônicas. *Geociências*, 469-491, 2008.

PINESE JÚNIOR, José Fernando; CRUZ, Lísia Moreira; RODRIGUES, Sílvio Carlos. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia-MG. *Sociedade & natureza*, v. 20, p. 157-175, 2008.

POLETTTO, E. R. Relações de produção e apoio institucional no arranjo produtivo local de pisos e revestimentos cerâmicos de Santa Gertrudes. 2008.

RAMSAR HANDBOOK. An Introduction to the Ramsar Convention on Wetlands. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat, 2016.

RAMSAR. Brazil. RAMSAR, c2014. Disponível em <<https://www.ramsar.org/wetland/brazil>>. Acessado em: 02 de Agosto de 2021.

RAMSAR. Designating Ramsar Sites. RAMSAR, c2014. Disponível em <<https://www.ramsar.org/sites-countries/designating-ramsar-sites>>. Acessado em: 02 de Agosto de 2021.

RAMSAR. Ramsar Sites Information Service. RSIS, 2021. Disponível em <<https://rsis.ramsar.org/>>. Acessado em: 02 de Agosto de 2021.

RAMSAR. The Conference of the Contracting Parties. RAMSAR, c2014. Disponível em <<https://www.ramsar.org/about/the-conference-of-the-contracting-parties>>. Acessado em: 02 de Agosto de 2021.

RIBEIRO, V. B.; MANTOVANI, M. S. M.; LOURO, V. H. A. Aerogamaespectrometria e suas aplicações no mapeamento geológico. *Terræ Didática*, 10(1), p. 29-51, 2014.

RIBEIRO, S.; MOURA, R. G.; STENERT, C.; FLORÍN, M.; MALTCHIK, L. Land use in Brazilian continental wetland Ramsar sites. *Land Use Policy*, 99, 104851, 2020.

ROSA, F.T.G; MOREIRA, C.A.; ROSOLEN, V.; CASAGRANDE, M.F.S.; BOVI, R.C.; FURLAN, L.M.; FERNANDES DOS SANTOS, S. Detection of Aquifer Recharge Zones in

Isolated Wetlands: Comparative Analysis Among Electrical Resistivity Tomography Arrays. *Pure Appl. Geophys.* 179, 1275–1294. 2022.

ROSOLEN, V.; BUENO, G. T.; MUTEMA, M.; MOREIRA, C. A.; JUNIOR, I. R. F.; NOGUEIRA, G.; CHAPLOT, V. On the link between soil hydromorphy and geomorphological development in the Cerrado (Brazil) wetlands. *Catena*, v. 176, p. 197-208, 2019.

SEADE. Perfil dos municípios paulistas. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados, 2021. Disponível em <<https://perfil.seade.gov.br/>>. Acessado em: 02 de Agosto de 2021.

SOUSA, R. T.; KORNDORFER, G. H. Efeito da aplicação de fertilizantes fosfatados na produtividade e variáveis tecnológicas da cana-de-açúcar. *Enciclopédia Biosfera*, v. 7, n. 12, 2011.

SOUZA, J. L. D.; FERREIRA, F. J. F. Anomalias aerogamaespectrométricas (K, eU e eTh) da quadrícula de Araras (SP) e suas relações com processos pedogenéticos e fertilizantes fosfatos. *Revista Brasileira de Geofísica*, 23, 251-274, 2005.

TELFORD, W. M. W.; GELDART, L. P.; SHERIFF, R. E. *Applied Geophysics*. 2. ed. London: Cambridge University Press, 1990.

TINER, R. W. Geographically isolated wetlands of the United States. *Wetlands*, v. 23, n. 3, p. 494-516, 2003.

TODHUNTER, P. E.; RUNDQUIST, B. C. Terminal lake flooding and wetland expansion in Nelson County, North Dakota. *Physical Geography*, v. 25, n. 1, p. 68-85, 2004.

ULBRICH, H. H. G. J.; ULBRICH, M. N. C.; FERREIRA, F. J. F.; ALVES, L. S.; GUIMARÃES, G. B.; FRUCHTING, A.. Levantamentos gamaespectrométricos em granitos diferenciados. I: revisão da metodologia e do comportamento geoquímico dos elementos K, Th e U. *Geologia USP, Série Científica*, São Paulo, 9 (1), p. 33-53, 2009.

UMISEDO, N. K. *Dose de radiação ionizante decorrente do uso de fertilizantes agrícolas*. 2007. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

VASCONCELOS, M. A. R.; LEITE, E. P.; CRÓSTA, A. P. Contributions of gamma-ray spectrometry to terrestrial impact crater studies: The example of Serra da Cangalha, northeastern Brazil. *Geophysical Research Letters*, v. 39, 2012.

VIEIRA, P. H. *Adaptação da metodologia de Fragilidade Ambiental para atividades de mineração de argila: um estudo de caso visando o planejamento territorial*. 2018.

VIEIRA, Paulo Henrique; DA SILVA VIEIRA, Aline Cristina Alves. Um estudo da evolução urbana no município de Cordeirópolis/SP: com auxílio do SIG. *Ágora*, v. 20, n. 2, p. 126-134, 2018.

ZUQUETTE, L.; FAILACHE, M.; BARBASSA, A. Assessment of Depressional Wetland Degradation, Spatial Distribution, and Geological Aspects in Southern Brazil. *Geosciences*, 10, 296. 2020.

ANEXO A – TABELA DE DADOS DE 2020

Ponto	Lat UTM	Long UTM	Altitude (m)	Th (ppm)	Desvio Padrão	Coef. Variação	CV (%)
1	7511016,696	244014,706	711,9	8,75	0,293	0,033	3,35
2	7511017,98	244031,982	713,7	8,59	0,286	0,033	3,33
3	7511018,704	244048,856	712,9	8,71	0,290	0,033	3,33
4	7511020,353	244068,082	715,2	8,71	0,281	0,032	3,22
5	7511019,74	244084,566	714,5	9,00	0,326	0,036	3,62
6	7511022,314	244099,453	715,7	10,17	0,298	0,029	2,93
7	7511022,555	244113,966	714,9	9,66	0,317	0,033	3,28
8	7511020,745	244131,706	714,6	9,45	0,307	0,033	3,25
9	7511019,103	244146,251	714	10,23	0,294	0,029	2,88
10	7511014,913	244160,838	715,5	10,25	0,310	0,030	3,02
11	7511007,728	244175,166	717,9	9,62	0,320	0,033	3,33
12	7511000,977	244188,972	715,2	9,48	0,300	0,032	3,16
13	7510991,198	244200,563	715,3	8,36	0,288	0,034	3,44
14	7510981,522	244211,74	716,4	8,57	0,293	0,034	3,42
15	7510969,579	244219,764	717	8,82	0,278	0,031	3,15
16	7510956,853	244227,388	718,9	8,56	0,286	0,033	3,34
17	7510943,021	244235,134	715,8	9,36	0,305	0,033	3,25
18	7510930,362	244240,08	716,9	9,75	0,318	0,033	3,26
19	7510915,473	244244,24	717,8	9,53	0,289	0,030	3,03
20	7510902,227	244247,24	715,9	10,88	0,302	0,028	2,78
21	7510887,606	244247,483	717	9,50	0,316	0,033	3,33
22	7510874,54	244248,009	716,8	9,89	0,295	0,030	2,98
23	7510860,805	244248,237	716,3	9,95	0,330	0,033	3,31
24	7510845,175	244247,776	717,6	10,39	0,316	0,030	3,04
25	7510831,622	244245,633	717,4	10,90	0,300	0,028	2,75
26	7510817,652	244245,041	717,5	10,59	0,303	0,029	2,86
27	7510803,409	244241,365	716,3	10,53	0,338	0,032	3,21
28	7510790,253	244236,436	718,3	10,40	0,319	0,031	3,07
29	7510776,852	244230,069	717,8	10,78	0,343	0,032	3,18
30	7510762,777	244223,198	716,8	9,82	0,324	0,033	3,30
31	7510752,814	244210,391	717,8	10,30	0,288	0,028	2,79
32	7510742,291	244197,181	716,4	11,04	0,349	0,032	3,16
33	7510732,316	244183,653	717,1	9,80	0,300	0,031	3,06
34	7510722,593	244171,974	714,9	9,69	0,304	0,031	3,14
35	7510710,064	244158,077	715,3	9,38	0,294	0,031	3,14
36	7510707,718	244143,599	715,9	10,63	0,306	0,029	2,88
37	7510711,165	244130,98	716,3	9,92	0,314	0,032	3,17
38	7510711,203	244113,271	717,4	10,48	0,298	0,028	2,85
39	7510710,161	244097,226	716,8	10,15	0,313	0,031	3,09
40	7510710,889	244081,05	716,7	9,50	0,291	0,031	3,06
41	7510712,655	244067,327	719,9	10,49	0,311	0,030	2,96
42	7510710,81	244049,648	717,1	11,21	0,321	0,029	2,86
43	7510714,185	244032,707	717,9	10,49	0,279	0,027	2,66
44	7510718,335	244015,753	719,5	11,30	0,332	0,029	2,94
45	7510717,247	244003,621	717,4	10,30	0,317	0,031	3,08
46	7510994,999	244022,583	730,2	9,47	0,290	0,031	3,06
47	7510999,032	244031,885	712,2	9,91	0,326	0,033	3,29
48	7511001,242	244051,514	714,9	9,63	0,292	0,030	3,03
49	7511001,744	244068,391	715,4	8,76	0,306	0,035	3,49
50	7511000,91	244084,879	716,6	9,37	0,300	0,032	3,20
51	7511002,969	244102,142	714,7	8,75	0,286	0,033	3,28
52	7511002,149	244119,453	715	9,24	0,281	0,030	3,04
53	7511001,01	244137,594	715,3	9,53	0,300	0,032	3,15
54	7510995,491	244152,203	714,7	9,18	0,283	0,031	3,09
55	7510989,862	244166,814	714,6	9,35	0,284	0,030	3,03
56	7510980,791	244181,07	715,4	9,71	0,292	0,030	3,00
57	7510968,712	244194,244	717,4	9,02	0,285	0,032	3,16
58	7510955,817	244205,063	717,6	9,56	0,314	0,033	3,29
59	7510941,997	244213,529	718	8,98	0,287	0,032	3,19
60	7510926,054	244220,898	715,7	9,95	0,315	0,032	3,16

Ponto	Lat UTM	Long UTM	Altitude (m)	Th (ppm)	Desvio Padrão	Coef. Variação	CV (%)
61	7510909,622	244225,496	717,2	9,40	0,272	0,029	2,90
62	7510895,137	244227,281	716,8	9,97	0,311	0,031	3,12
63	7510879,304	244227,955	718,4	9,72	0,291	0,030	3,00
64	7510862,571	244227,821	718,7	10,13	0,322	0,032	3,18
65	7510847,371	244226,529	717	10,48	0,297	0,028	2,83
66	7510830,188	244225,991	718,3	10,67	0,309	0,029	2,90
67	7510814,519	244223,163	715,7	10,46	0,321	0,031	3,07
68	7510797,486	244218,297	714,7	10,26	0,321	0,031	3,13
69	7510784,318	244212,647	713,6	10,31	0,324	0,031	3,14
70	7510769,436	244203,834	716,5	9,77	0,311	0,032	3,18
71	7510757,857	244193,834	713,8	10,62	0,315	0,030	2,96
72	7510746,468	244181,873	715,5	10,89	0,316	0,029	2,90
73	7510737,26	244167,818	717	9,87	0,327	0,033	3,31
74	7510729,715	244153,838	716,5	10,14	0,330	0,033	3,25
75	7510724,796	244137,858	715,4	10,10	0,321	0,032	3,18
76	7510719,465	244123,738	719,3	10,42	0,294	0,028	2,82
77	7510981,003	244013,755	716,3	9,04	0,307	0,034	3,40
78	7510983,167	244030,604	716,2	8,80	0,339	0,039	3,86
79	7510978,802	244047,974	715,8	10,42	0,312	0,030	3,00
80	7510983,089	244065,921	718,2	9,45	0,308	0,033	3,26
81	7510984,262	244083,199	717,3	9,05	0,288	0,032	3,19
82	7510984,817	244096,575	715,1	8,72	0,314	0,036	3,60
83	7510984,772	244113,873	715,1	9,54	0,298	0,031	3,13
84	7510982,498	244130,385	717,1	9,37	0,308	0,033	3,28
85	7510979,534	244145,364	716,2	9,83	0,315	0,032	3,20
86	7510973,032	244160,813	716,6	8,74	0,296	0,034	3,39
87	7510964,164	244173,933	717,3	9,01	0,299	0,033	3,32
88	7510953,165	244185,441	716,3	9,75	0,273	0,028	2,80
89	7510940,27	244196,261	713,4	9,53	0,281	0,029	2,94
90	7510925,527	244202,477	714,6	9,23	0,319	0,035	3,46
91	7510909,992	244207,78	713,3	9,51	0,306	0,032	3,22
92	7510895,639	244210,799	714	9,18	0,327	0,036	3,57
93	7510881,369	244212,168	713	9,40	0,302	0,032	3,21
94	7510863,764	244212,872	712,5	9,41	0,322	0,034	3,42
95	7510848,341	244211,584	712,7	9,54	0,305	0,032	3,20
96	7510830,612	244211,467	711,7	9,86	0,303	0,031	3,07
97	7510814,719	244208,539	713,1	11,35	0,332	0,029	2,93
98	7510799,004	244202,931	713,4	10,50	0,328	0,031	3,13
99	7510785,374	244196,156	714,5	10,80	0,333	0,031	3,09
100	7510772,686	244186,071	713	10,55	0,287	0,027	2,72
101	7510762,19	244174,508	714,4	10,64	0,301	0,028	2,83
102	7510752,448	244161,697	712	10,57	0,302	0,029	2,86
103	7510744,121	244147,318	710,4	9,37	0,299	0,032	3,19
104	7510737,996	244132,079	710,7	9,68	0,315	0,033	3,25
105	7510733,317	244117,228	711,8	9,46	0,316	0,033	3,34
106	7510730,039	244099,985	710,7	10,63	0,294	0,028	2,77
107	7510728,326	244083,54	709,9	10,07	0,295	0,029	2,93
108	7510725,927	244065,871	711,9	9,61	0,300	0,031	3,12
109	7510722,011	244050,286	712,4	9,79	0,302	0,031	3,08
110	7510725,19	244034,892	713,3	9,04	0,303	0,034	3,35
111	7510731,359	244012,756	713	10,46	0,322	0,031	3,08
112	7510737,928	244001,321	715,6	9,64	0,306	0,032	3,17
113	7510972,677	244012,761	707,1	9,86	0,304	0,031	3,08
114	7510979,961	244031,07	712,8	9,45	0,312	0,033	3,30
115	7510979,434	244052,7	710,1	8,97	0,338	0,038	3,77
116	7510984,249	244069,094	709,9	8,85	0,333	0,038	3,76
117	7510985,541	244086,782	709	9,89	0,309	0,031	3,12
118	7510968,527	244056,382	712,5	9,13	0,309	0,034	3,39
119	7510968,514	244068,944	711,2	9,40	0,326	0,035	3,47
120	7510968,932	244080,777	709,9	9,11	0,301	0,033	3,30

Ponto	Lat UTM	Long UTM	Altitude (m)	Th (ppm)	Desvio Padrão	Coef. Variação	CV (%)
120	7510968,932	244080,777	709,9	9,11	0,301	0,033	3,30
121	7510969,127	244092,511	712,4	9,62	0,303	0,032	3,15
122	7510970,847	244102,676	710,2	8,97	0,311	0,035	3,46
123	7510971,252	244113,686	709,8	8,99	0,288	0,032	3,21
124	7510969,231	244125,457	712	8,96	0,308	0,034	3,44
125	7510968,184	244135,771	710,6	9,65	0,330	0,034	3,42
126	7510963,713	244146,759	711,8	9,49	0,326	0,034	3,43
127	7510959,01	244157,133	709,5	10,32	0,327	0,032	3,17
128	7510952,175	244165,895	710,7	8,69	0,312	0,036	3,58
129	7510943,451	244174,277	709,6	10,58	0,331	0,031	3,12
130	7510934,036	244181,126	710,2	9,55	0,315	0,033	3,30
131	7510924,476	244185,918	710,8	9,49	0,312	0,033	3,28
132	7510913,921	244190,829	712,4	9,51	0,304	0,032	3,20
133	7510903,209	244192,964	711,4	8,65	0,291	0,034	3,36
134	7510892,269	244194,69	712,5	9,08	0,324	0,036	3,57
135	7510879,538	244195,313	713,3	8,96	0,282	0,031	3,14
136	7510868,129	244195,503	711,3	9,46	0,338	0,036	3,58
137	7510856,701	244194,56	711	10,32	0,315	0,031	3,05
138	7510845,285	244194,338	713,2	9,88	0,341	0,035	3,45
139	7510834,522	244193,384	711,3	9,56	0,327	0,034	3,42
140	7510823,099	244192,75	711,4	10,01	0,321	0,032	3,21
141	7510812,726	244188,598	711,4	10,65	0,322	0,030	3,02
142	7510803,128	244184,433	712,7	9,58	0,323	0,034	3,37
143	7510792,169	244178,334	714,3	10,39	0,287	0,028	2,76
144	7510784,519	244171,357	713,3	10,03	0,352	0,035	3,51
145	7510776,759	244164,485	712,8	9,64	0,309	0,032	3,21
146	7510770,048	244153,992	713,7	10,07	0,302	0,030	3,00
147	7510762,645	244141,862	713,5	9,92	0,299	0,030	3,01
148	7510758,481	244131,327	711	11,18	0,338	0,030	3,02
149	7510753,412	244119,674	714,2	9,24	0,318	0,034	3,44
150	7510751,568	244108,688	710,8	10,68	0,309	0,029	2,89
151	7510747,972	244098,966	709,8	9,94	0,339	0,034	3,42
152	7510747,546	244086,721	712	9,30	0,291	0,031	3,13
153	7510745,266	244076,154	709,8	10,58	0,325	0,031	3,08
154	7510743,423	244065,271	711,7	10,56	0,299	0,028	2,83
155	7510742,243	244054,274	714,3	9,91	0,302	0,030	3,04
156	7510742,112	244039,759	714,2	10,46	0,289	0,028	2,76
157	7510749,33	244027,387	714,9	10,12	0,320	0,032	3,16
158	7510758,707	244018,273	716,7	10,34	0,332	0,032	3,22
159	7510764,831	244006,743	716	9,39	0,284	0,030	3,03
160	7510939,856	244017,939	708,8	9,52	0,303	0,032	3,19
161	7510940,828	244029,764	706,6	9,64	0,329	0,034	3,41
162	7510943,16	244043,419	709,5	9,38	0,312	0,033	3,32
163	7510948,002	244054,767	709,5	9,11	0,337	0,037	3,70
164	7510947,664	244067,746	708,9	9,07	0,320	0,035	3,53
165	7510945,911	244082,292	708	9,78	0,297	0,030	3,03
166	7510948,199	244093,271	710	9,42	0,294	0,031	3,12
167	7510948,837	244104,998	709,7	10,31	0,306	0,030	2,97
168	7510947,587	244116,447	709,1	9,93	0,329	0,033	3,32
169	7510946,342	244128,206	711,9	10,19	0,313	0,031	3,07
170	7510943,079	244138,556	708,1	10,16	0,317	0,031	3,12
171	7510939,012	244147,169	711,9	10,08	0,350	0,035	3,47
172	7510930,953	244155,643	712,1	10,09	0,325	0,032	3,22
173	7510923,401	244161,225	709,7	10,87	0,342	0,032	3,15
174	7510914,208	244168,07	709,9	10,70	0,315	0,029	2,94
175	7510902,624	244171,043	708,7	9,56	0,297	0,031	3,10
176	7510892,909	244173,16	709,4	8,39	0,287	0,034	3,42
177	7510881,961	244174,475	710	9,68	0,308	0,032	3,18
178	7510869,699	244176,635	716,7	10,92	0,309	0,028	2,83
179	7510861,209	244172,451	711,8	10,69	0,335	0,031	3,13
180	7510848,159	244173,904	711	10,23	0,319	0,031	3,12

Ponto	Lat UTM	Long UTM	Altitude (m)	Th (ppm)	Desvio Padrão	Coef. Variação	CV (%)
181	7510834,371	244170,941	709,9	10,84	0,331	0,031	3,05
182	7510824,798	244168,32	712,1	10,95	0,327	0,030	2,98
183	7510813,324	244164,598	709,6	11,30	0,318	0,028	2,82
184	7510799,909	244157,408	710,3	10,40	0,307	0,029	2,95
185	7510793,902	244149,271	709,4	10,91	0,346	0,032	3,17
186	7510785,222	244140,355	708,9	10,49	0,322	0,031	3,07
187	7510780,863	244131,367	710	10,38	0,310	0,030	2,99
188	7510777,449	244119,274	709,9	9,23	0,306	0,033	3,32
189	7510773,95	244108,727	709,4	8,55	0,326	0,038	3,82
190	7510771,611	244094,661	707,7	9,78	0,315	0,032	3,22
191	7510770,567	244085,206	709	9,77	0,319	0,033	3,27
192	7510767,472	244072,284	710,4	10,30	0,320	0,031	3,10
193	7510766,195	244062,113	710,1	10,46	0,354	0,034	3,38
194	7510762,239	244050,75	711,2	9,72	0,330	0,034	3,40
195	7510771,967	244042,763	713,7	9,89	0,332	0,034	3,36
196	7510783,036	244035,475	711,7	9,03	0,282	0,031	3,12
197	7510793,631	244032,931	714,3	9,65	0,316	0,033	3,28
198	7510805,659	244023,362	711,6	11,16	0,329	0,029	2,95
199	7510816,338	244012,579	713	9,08	0,299	0,033	3,29
200	7510827,214	244006,942	713,9	9,63	0,288	0,030	2,99
201	7510841,364	244005,059	713,2	9,69	0,338	0,035	3,49
202	7510852,136	244006,527	712,1	10,53	0,322	0,031	3,06
203	7510864,21	244006,327	709,1	10,18	0,297	0,029	2,91
204	7510879,847	244007,199	709	9,84	0,301	0,031	3,06
205	7510893,164	244008,522	707,5	11,15	0,320	0,029	2,87
206	7510906,007	244007,897	708,5	10,56	0,327	0,031	3,10
207	7510923,429	244009,564	710,4	10,45	0,298	0,029	2,86
208	7510934,845	244009,786	709,7	10,35	0,335	0,032	3,23
209	7510946,854	244012,366	710	8,93	0,310	0,035	3,47
210	7510960,061	244013,691	711,1	9,55	0,272	0,029	2,85
211	7510962,167	244027,041	712,8	10,17	0,301	0,030	2,96
212	7510964,695	244039,148	712,8	10,06	0,338	0,034	3,36
213	7511023,075	244005,23	715	8,43	0,328	0,039	3,89
214	7511011,419	244003,88	715,6	9,51	0,313	0,033	3,30
215	7510999,143	244005,216	713,8	9,57	0,291	0,030	3,04
216	7510989,01	244002,193	714,9	9,13	0,315	0,034	3,44
217	7510978,586	244001,646	714	9,45	0,308	0,033	3,25
218	7510966,838	244001,429	713,2	9,17	0,288	0,031	3,14
219	7510957,298	244000,764	713,7	9,83	0,294	0,030	2,99
220	7510944,195	243999,025	712,8	9,68	0,313	0,032	3,23
221	7510932,558	243998,807	712,7	8,94	0,314	0,035	3,51
222	7510918,615	243999,862	709,3	10,44	0,323	0,031	3,10
223	7510909,956	243998,874	712,9	11,17	0,298	0,027	2,67
224	7510898,52	243997,416	713,4	10,05	0,308	0,031	3,07
225	7510886,668	243997,613	713,7	8,68	0,285	0,033	3,28
226	7510873,364	243997,114	712,2	9,11	0,317	0,035	3,48
227	7510861,257	243995,359	712,6	9,86	0,320	0,032	3,24
228	7510847,952	243994,756	712	10,56	0,294	0,028	2,79
229	7510832,894	243995,419	711	10,18	0,325	0,032	3,19
230	7510823,576	243994,75	712,6	9,73	0,286	0,029	2,94
231	7510814,481	243994,18	713	9,41	0,319	0,034	3,39
232	7510803,266	243992,719	713,8	10,10	0,273	0,027	2,71
233	7510793,168	243991,755	714,2	9,51	0,330	0,035	3,47
234	7510781,766	243992,356	715,2	10,33	0,328	0,032	3,18
235	7510770,878	243990,581	716,9	10,00	0,321	0,032	3,21
236	7510758,915	243990,78	717,8	10,24	0,306	0,030	2,99
237	7510747,486	243989,734	716,6	9,86	0,314	0,032	3,18
238	7510733,517	243989,246	717,2	8,50	0,320	0,038	3,76
239	7510723,313	243988,591	719,4	9,43	0,312	0,033	3,31
240	7510712,118	243988,366	720	9,62	0,290	0,030	3,02

Ponto	Lat UTM	Long UTM	Altitude (m)	Th (ppm)	Desvio Padrão	Coef. Variação	CV (%)
241	7510701,127	243987,004	720,4	9,86	0,306	0,031	3,10
242	7510700,494	243975,586	723,2	9,09	0,296	0,033	3,26
243	7510713,01	243975,378	721	10,01	0,319	0,032	3,19
244	7510724,973	243975,179	718,7	10,09	0,310	0,031	3,07
245	7510735,856	243976,646	718	10,03	0,316	0,032	3,15
246	7510748,045	243976,752	717,4	8,81	0,287	0,033	3,26
247	7510759,69	243977,382	716,1	9,56	0,318	0,033	3,33
248	7510771,561	243978,317	716,3	10,48	0,296	0,028	2,83
249	7510782,976	243978,539	715	8,54	0,302	0,035	3,53
250	7510798,146	243991,26	658,5	9,05	0,301	0,033	3,33
251	7510808,857	243982,433	718,1	9,11	0,313	0,034	3,43
252	7510818,925	243981,545	720	9,92	0,303	0,031	3,06
253	7510830,339	243981,664	719	10,13	0,305	0,030	3,01
254	7510842,445	243983,419	717	9,81	0,328	0,033	3,34
255	7510853,425	243984,06	716	9,80	0,293	0,030	2,99
256	7510864,859	243985,415	715,1	9,39	0,334	0,036	3,55
257	7510876,718	243985,63	713,8	9,91	0,338	0,034	3,41
258	7510888,395	243988,215	714	10,08	0,337	0,033	3,34
259	7510899,783	243986,791	714,6	9,95	0,300	0,030	3,02
260	7510911,206	243987,424	714,7	10,11	0,333	0,033	3,29
261	7510923,82	243986,391	715,6	9,87	0,277	0,028	2,81
262	7510936,154	243988,554	715,1	9,49	0,302	0,032	3,18
263	7510947,785	243988,361	714,8	9,61	0,308	0,032	3,21
264	7510960,648	243988,971	715,8	10,50	0,330	0,031	3,14
265	7510973,405	243989,891	715,6	9,10	0,287	0,032	3,15
266	7510985,063	243991,345	715,3	9,60	0,309	0,032	3,22
267	7510998,562	243990,297	716,7	9,34	0,283	0,030	3,03
268	7511012,865	243990,883	717,4	9,23	0,290	0,031	3,14
269	7511006,107	243977,61	717,7	9,55	0,329	0,034	3,44
270	7510994,23	243976,263	717,3	9,37	0,295	0,032	3,15
271	7510982,26	243976,05	716,5	9,59	0,299	0,031	3,12
272	7510969,73	243975,435	714,1	9,61	0,295	0,031	3,07
273	7510958,77	243976,029	713,1	9,54	0,311	0,033	3,26
274	7510946,443	243974,277	712,1	9,69	0,313	0,032	3,23
275	7510932,708	243974,506	714,5	10,23	0,284	0,028	2,77
276	7510921,058	243973,567	711	10,11	0,308	0,030	3,05
277	7510907,524	243972,556	711,2	8,75	0,304	0,035	3,47
278	7510895,555	243972,343	711,2	9,91	0,283	0,029	2,86
279	7510883,924	243972,537	711,9	9,20	0,307	0,033	3,34
280	7510874,379	243971,563	712	9,27	0,308	0,033	3,32
281	7510863,388	243970,201	710,6	9,35	0,332	0,036	3,55
282	7510853,431	243971,087	710	9,59	0,301	0,031	3,14
283	7510843,332	243970,123	714,6	9,24	0,292	0,032	3,16
284	7510830,815	243970,331	715,6	9,18	0,297	0,032	3,24
285	7510818,721	243969,296	714,2	9,75	0,309	0,032	3,17
286	7510807,97	243969,063	712,8	9,26	0,322	0,035	3,48
287	7510796,75	243967,294	719,4	9,62	0,309	0,032	3,21
288	7510783,868	243965,551	724,6	9,63	0,288	0,030	2,99
289	7510771,79	243965,443	726,3	9,95	0,297	0,030	2,98
290	7510756,172	243965,703	721	9,15	0,305	0,033	3,34
291	7510746,632	243965,038	725,1	10,01	0,337	0,034	3,36
292	7511032,651	243961,416	718,3	9,27	0,294	0,032	3,17
293	7511004,627	243961,881	713,3	9,07	0,294	0,032	3,24
294	7511018,904	243960,923	714,6	9,07	0,294	0,032	3,24
295	7510993,968	243960,514	715,6	8,84	0,307	0,035	3,48
296	7510981,105	243959,904	716	9,89	0,305	0,031	3,08
297	7510969,892	243958,546	714	9,31	0,304	0,033	3,27
298	7510958,705	243958,732	713,6	8,37	0,298	0,036	3,56
299	7510947,041	243956,97	710,3	9,19	0,300	0,033	3,27
300	7510934,428	243958,003	713,6	9,51	0,297	0,031	3,12

Ponto	Lat UTM	Long UTM	Altitude (m)	Th (ppm)	Desvio Padrão	Coef. Variação	CV (%)
301	7510921,676	243957,392	713,2	9,83	0,319	0,032	3,24
302	7510908,155	243957,205	716,5	10,39	0,306	0,029	2,95
303	7510895,86	243957,409	714,7	8,95	0,326	0,036	3,64
304	7510884,633	243955,228	714,8	9,62	0,300	0,031	3,12
305	7510872,892	243955,423	714,5	9,58	0,307	0,032	3,20
306	7510859,685	243954,098	715	9,50	0,300	0,032	3,15
307	7510848,694	243952,736	715,6	9,14	0,298	0,033	3,26
308	7510835,408	243953,369	715,3	8,60	0,295	0,034	3,43
309	7510823,113	243953,573	719,2	8,86	0,283	0,032	3,20
310	7510812,98	243950,55	715,8	8,08	0,279	0,035	3,45
311	7510798,594	243951,613	719	9,76	0,291	0,030	2,98
312	7510787,393	243950,975	718,9	8,76	0,279	0,032	3,19
313	7510774,101	243951,196	716,8	8,89	0,304	0,034	3,42
314	7510761,78	243949,857	720,7	10,14	0,303	0,030	2,99
315	7510752,014	243948,887	722,6	9,13	0,305	0,033	3,34
316	7510739,816	243948,266	719,6	9,50	0,296	0,031	3,12
317	7510727,253	243945,695	722,3	9,61	0,290	0,030	3,02
318	7510714,418	243946,732	722,4	9,32	0,276	0,030	2,96
319	7510701,901	243946,94	721,5	9,14	0,316	0,035	3,46
320	7510691,131	243945,575	721,8	10,15	0,304	0,030	2,99
321	7510678,718	243945,369	720,8	9,08	0,300	0,033	3,30
322	7510693,874	243930,6	724,2	9,73	0,302	0,031	3,10
323	7510706,48	243929,155	720,7	9,24	0,281	0,030	3,04
324	7510719,037	243931,314	723	9,96	0,306	0,031	3,07
325	7510731,202	243929,979	720,1	8,65	0,306	0,035	3,54
326	7510740,975	243931,361	717	9,01	0,308	0,034	3,41
327	7510752,17	243931,587	718,9	10,05	0,321	0,032	3,19
328	7510765,702	243932,494	717,9	9,83	0,289	0,029	2,94
329	7510777,353	243933,536	717,7	9,74	0,308	0,032	3,16
330	7510788,977	243932,931	716,9	9,64	0,315	0,033	3,27
331	7510802,973	243935,067	716	9,52	0,290	0,030	3,05
332	7510815,612	243935,577	717,2	8,68	0,310	0,036	3,58
333	7510827,457	243934,968	715,5	9,16	0,292	0,032	3,18
334	7510838,458	243936,845	715,7	8,37	0,301	0,036	3,60
335	7510850,328	243937,78	718,2	10,23	0,273	0,027	2,66
336	7510864,975	243939,081	715	9,19	0,306	0,033	3,33
337	7510876,17	243939,306	715,4	9,47	0,292	0,031	3,08
338	7510889,469	243939,497	714,9	9,04	0,294	0,032	3,25
339	7510903,672	243940,805	712,7	8,80	0,294	0,033	3,34
340	7510915,968	243940,601	714,4	9,62	0,303	0,032	3,15
341	7510929,481	243940,376	714,2	9,53	0,301	0,032	3,16
342	7510940,904	243941,01	712,7	9,62	0,305	0,032	3,17
343	7510952,345	243942,776	714,3	9,57	0,301	0,031	3,15
344	7510964,08	243942,169	713,8	10,10	0,300	0,030	2,97
345	7510975,736	243943,52	715,5	9,14	0,285	0,031	3,12
346	7510986,924	243943,334	717,2	9,45	0,295	0,031	3,12
347	7510957,98	243928,474	718	9,25	0,306	0,033	3,31
348	7510945,901	243928,366	716,8	9,63	0,291	0,030	3,03
349	7510935,56	243926,17	715,9	8,99	0,297	0,033	3,30
350	7510922,502	243927,107	715,4	10,34	0,313	0,030	3,03
351	7510912,521	243926,553	716,5	9,70	0,331	0,034	3,41
352	7510902,076	243924,77	715,3	10,42	0,312	0,030	3,00
353	7510888,23	243925	715,6	8,97	0,314	0,035	3,50
354	7510875,257	243924,392	716,4	9,70	0,301	0,031	3,10
355	7510864,063	243924,167	716,2	9,50	0,272	0,029	2,86
356	7510852,01	243925,603	717	9,06	0,273	0,030	3,01
357	7510839,779	243923,026	716,3	9,51	0,296	0,031	3,11
358	7510826,8	243922,109	719,2	10,06	0,307	0,031	3,06
359	7510815,039	243921,069	718,1	9,27	0,308	0,033	3,32
360	7510802,737	243920,862	718,7	10,17	0,325	0,032	3,20

Ponto	Lat UTM	Long UTM	Altitude (m)	Th (ppm)	Desvio Padrão	Coef. Variação	CV (%)
361	7510789,881	243920,664	720,6	9,11	0,302	0,033	3,32
362	7510778,01	243919,729	719,5	9,61	0,290	0,030	3,02
363	7510764,953	243920,77	721,8	10,06	0,316	0,031	3,14
364	7510914,858	244153,851	707,5	9,93	0,300	0,030	3,02
365	7510907,471	244156,033	708,2	9,89	0,314	0,032	3,17
366	7510897,313	244158,158	706,9	9,76	0,267	0,027	2,74
367	7510888,705	244160,257	708,9	9,89	0,295	0,030	2,99
368	7510880,255	244158,441	707,3	9,90	0,314	0,032	3,17
369	7510869,379	244157,386	709,1	9,80	0,307	0,031	3,13
370	7510859,26	244155,186	707,1	9,64	0,313	0,033	3,25
371	7510852,673	244152,207	707,5	9,78	0,301	0,031	3,08
372	7510845,07	244154,702	706,9	9,72	0,307	0,032	3,16
373	7510836,416	244154,022	706,8	10,77	0,310	0,029	2,88
374	7510827,947	244151,073	706,3	8,63	0,289	0,033	3,35
375	7510819,572	244147,197	708,2	9,17	0,322	0,035	3,51
376	7510810,667	244144,668	711,4	9,74	0,321	0,033	3,30
377	7510803,649	244142,417	709,7	9,74	0,288	0,030	2,96
378	7510793,79	244135,888	708	9,93	0,319	0,032	3,21
379	7510790,102	244127,301	706	10,73	0,318	0,030	2,96
380	7510789,529	244119,485	709,1	9,89	0,303	0,031	3,06
381	7510788,16	244110,448	707,7	8,90	0,283	0,032	3,18
382	7510784,797	244101,443	711,3	8,96	0,275	0,031	3,07
383	7510781,651	244092,126	711,3	8,88	0,293	0,033	3,30
384	7510781,501	244083,068	702,8	9,11	0,289	0,032	3,17
385	7510780,966	244070,928	707,2	9,88	0,300	0,030	3,04
386	7510784,582	244061,807	706,6	9,73	0,290	0,030	2,98
387	7510787,768	244053,517	708,3	9,66	0,285	0,029	2,95
388	7510795,932	244044,733	708,8	9,08	0,294	0,032	3,23
389	7510805,582	244038,704	709	10,03	0,305	0,030	3,04
390	7510814,886	244031,857	707,2	9,63	0,303	0,031	3,15
391	7510823,59	244028,932	709,7	9,22	0,322	0,035	3,50
392	7510833,885	244028,349	708,8	8,61	0,290	0,034	3,37
393	7510842,702	244025,526	707,7	9,76	0,293	0,030	3,01
394	7510855,726	244022,529	709,5	9,08	0,321	0,035	3,54
395	7510866,164	244023,9	709,6	9,05	0,300	0,033	3,32
396	7510874,628	244026,54	708	9,04	0,293	0,032	3,25
397	7510882,134	244031,46	706,6	9,97	0,281	0,028	2,82
398	7510894,945	244028,982	707,4	9,49	0,288	0,030	3,04
399	7510903,493	244029,972	710,1	10,59	0,329	0,031	3,10
400	7510913,762	244027,845	711,3	9,60	0,307	0,032	3,20
401	7510924,266	244026,538	708,4	8,97	0,310	0,035	3,46
402	7510929,445	244031,497	709,2	9,56	0,301	0,031	3,15
403	7510930,95	244042,077	709,9	9,22	0,285	0,031	3,09
404	7510931,888	244051,843	709,6	9,26	0,310	0,034	3,35
405	7510930,834	244061,745	709	9,66	0,288	0,030	2,98
406	7510931,778	244071,922	708,6	8,72	0,309	0,035	3,55
407	7510931,811	244080,57	708,2	9,34	0,290	0,031	3,11
408	7510935,297	244090,294	711,5	10,62	0,321	0,030	3,03
409	7510934,568	244099,778	709,4	8,95	0,301	0,034	3,36
410	7510933,74	244109,985	708,6	10,03	0,305	0,030	3,04
411	7510931,33	244118,262	709	10,49	0,328	0,031	3,12
412	7510930,822	244127,743	711,4	11,15	0,312	0,028	2,80
413	7510923,771	244136,817	710,2	11,43	0,330	0,029	2,89
414	7510913,913	244136,981	708,9	9,69	0,320	0,033	3,30
415	7510907,039	244143,376	711	9,70	0,308	0,032	3,17
416	7510897,995	244145,894	711,6	9,83	0,302	0,031	3,08
417	7510888,744	244149,24	710,4	9,91	0,329	0,033	3,32
418	7510911,067	244132,395	710,7	9,30	0,295	0,032	3,17
419	7510902,596	244142,729	709,3	8,85	0,290	0,033	3,28
420	7510889,129	244145,733	712,7	7,97	0,269	0,034	3,37

Ponto	Lat UTM	Long UTM	Altitude (m)	Th (ppm)	Desvio Padrão	Coef. Variação	CV (%)
421	7510875,36	244143,902	712,9	9,21	0,288	0,031	3,12
422	7510865,58	244142,109	711,5	9,22	0,292	0,032	3,17
423	7510859,637	244137,883	711,9	8,88	0,295	0,033	3,33
424	7510851,018	244132,569	712,7	8,25	0,287	0,035	3,47
425	7510842,364	244131,889	712,2	9,83	0,287	0,029	2,92
426	7510832,279	244131,748	710,9	9,91	0,301	0,030	3,03
427	7510822,942	244129,947	712,4	8,76	0,278	0,032	3,17
428	7510816,374	244121,407	710,5	9,37	0,291	0,031	3,11
429	7510812,947	244115,184	712,4	7,79	0,290	0,037	3,73
430	7510814,425	244104,142	712,4	7,47	0,292	0,039	3,91
431	7510808,866	244096,307	711	9,23	0,311	0,034	3,37
432	7510808,69	244085,705	708,1	9,07	0,287	0,032	3,17
433	7510809,545	244077,145	711,2	9,33	0,290	0,031	3,11
434	7510806,853	244068,541	712,5	9,35	0,301	0,032	3,21
435	7510806,239	244058,255	711,5	9,13	0,268	0,029	2,93
436	7510814,066	244055,86	711,1	8,85	0,300	0,034	3,39
437	7510824,783	244054,035	711,9	8,12	0,262	0,032	3,23
438	7510833,365	244050,391	713	7,98	0,290	0,036	3,63
439	7510843,269	244046,314	711,3	7,69	0,277	0,036	3,60
440	7510852,077	244042,976	709,7	8,76	0,288	0,033	3,28
441	7510862,457	244040,847	703,9	7,86	0,267	0,034	3,40
442	7510873,448	244042,209	713	6,94	0,274	0,040	3,95
443	7510883,523	244041,733	707,5	9,09	0,294	0,032	3,24
444	7510892,325	244044,675	711,3	9,29	0,297	0,032	3,20
445	7510900,104	244046,091	710,2	9,76	0,297	0,030	3,04
446	7510909,448	244048,303	709,2	8,51	0,304	0,036	3,57
447	7510913,593	244057,707	707	8,91	0,314	0,035	3,53
448	7510917,861	244067,829	707,4	7,86	0,297	0,038	3,78
449	7510918,584	244078,01	709,2	8,59	0,297	0,035	3,46
450	7510917,966	244087,493	705,9	7,64	0,267	0,035	3,50
451	7510916,603	244098,841	706,8	7,83	0,273	0,035	3,49
452	7510917,211	244108,715	708,8	10,45	0,293	0,028	2,81
453	7510915,243	244116,985	709,7	8,78	0,291	0,033	3,31
454	7510912,038	244124,142	709,7	9,94	0,323	0,032	3,25
455	7510899,808	244128,258	705,4	8,91	0,276	0,031	3,10
456	7510893,494	244128,363	705,9	8,79	0,287	0,033	3,27
457	7510886,098	244130,03	712,4	9,18	0,287	0,031	3,13
458	7510876,526	244127,409	714,2	10,19	0,287	0,028	2,81
459	7510867,867	244126,421	712,1	8,72	0,294	0,034	3,37
460	7510859,631	244124,189	712,4	9,09	0,285	0,031	3,14
461	7510850,685	244125,882	711,2	8,47	0,268	0,032	3,16
462	7510841,628	244127,577	710,4	9,06	0,269	0,030	2,97
463	7510830,122	244128,592	710,4	9,33	0,303	0,032	3,25
464	7510825,612	244117,238	711,2	9,60	0,314	0,033	3,27
465	7510818,125	244106,758	711,5	8,69	0,300	0,034	3,45
466	7510815,943	244095,469	708,2	8,90	0,297	0,033	3,33
467	7510818,953	244083,269	711,1	8,05	0,288	0,036	3,58
468	7510825,364	244075,647	709,9	8,09	0,305	0,038	3,77
469	7510832,642	244066,877	711,6	8,39	0,277	0,033	3,30
470	7510839,047	244058,946	705,4	8,91	0,310	0,035	3,48
471	7510848,547	244057,243	709,2	7,12	0,271	0,038	3,80
472	7510858,334	244059,449	709,5	7,61	0,263	0,035	3,45
473	7510869,775	244061,215	708,5	8,29	0,288	0,035	3,47
474	7510881,047	244066,073	708,5	7,46	0,279	0,037	3,74
475	7510891,394	244068,681	710,3	7,92	0,280	0,035	3,53
476	7510899,16	244075,965	711,6	8,90	0,268	0,030	3,01
477	7510904,752	244085,756	708,9	8,55	0,272	0,032	3,19
478	7510905,586	244095,935	708,2	8,89	0,273	0,031	3,08
479	7510904,609	244110,469	710,9	9,57	0,301	0,031	3,15
480	7510892,614	244115,404	711,1	9,94	0,294	0,030	2,95

Ponto	Lat UTM	Long UTM	Altitude (m)	Th (ppm)	Desvio Padrão	Coef. Variação	CV (%)
481	7510884,261	244119,456	715,9	9,41	0,274	0,029	2,91
482	7510873,795	244116,438	713,5	10,11	0,301	0,030	2,98
483	7510861,964	244117,87	708,2	8,60	0,263	0,031	3,06
484	7510853,421	244110,496	709,9	9,19	0,276	0,030	3,01
485	7510844,919	244105,592	709,1	9,82	0,300	0,031	3,06
486	7510840,97	244094,641	708,6	9,87	0,291	0,029	2,95
487	7510849,231	244085,031	710,4	8,76	0,299	0,034	3,41
488	7510857,532	244077,892	711,7	9,65	0,276	0,029	2,86
489	7510869,397	244078,416	710,2	10,16	0,287	0,028	2,82
490	7510880,441	244082,968	707,5	9,45	0,293	0,031	3,10
491	7510888,592	244086,745	711,1	7,77	0,277	0,036	3,56
492	7510896,275	244095,678	712,1	9,20	0,304	0,033	3,30
493	7510901,539	244105,784	710,8	9,41	0,263	0,028	2,80
494	7510898,706	244115,303	710,9	8,83	0,285	0,032	3,22
495	7510890,679	244098,963	710,3	8,95	0,308	0,034	3,44
496	7510882,097	244095,914	708,8	9,55	0,303	0,032	3,17
497	7510877,412	244100,728	708,2	9,06	0,302	0,033	3,33
498	7510870,767	244107,531	710,3	9,15	0,288	0,031	3,15
499	7510869,124	244115,383	711,4	8,15	0,270	0,033	3,31
500	7510877,711	244112,048	709,9	9,21	0,290	0,032	3,15
501	7510881,283	244106,944	714,2	9,94	0,305	0,031	3,07
502	7510872,474	244096,897	709,4	9,03	0,313	0,035	3,47
503	7510866,583	244102,452	710	9,64	0,304	0,032	3,15
504	7510859,071	244103,812	709,9	9,70	0,296	0,031	3,05
505	7510786,172	244030,79	713,6	8,64	0,306	0,035	3,55
506	7510797,906	244023,49	714,6	9,27	0,298	0,032	3,21
507	7510810,436	244017,413	713,4	9,04	0,276	0,031	3,06

ANEXO B – TABELA DE DADOS DE 2021

Ponto	Lat UTM	Long UTM	Altitude (m)	Th (ppm)	Desvio Padrão	Coef. Variação	CV (%)
1	7510941,540	244072,584	711	10,24	0,356	0,0348	3,48
2	7510942,914	244088,623	709,4	11,02	0,323	0,0293	2,93
3	7510943,162	244103,548	709,1	10,29	0,315	0,0307	3,07
4	7510942,505	244117,356	710	10,16	0,318	0,0313	3,13
5	7510940,647	244132,213	710,5	10,55	0,315	0,0299	2,99
6	7510931,525	244143,381	710,3	10,93	0,330	0,0302	3,02
7	7510922,625	244154,546	713,1	9,82	0,314	0,0320	3,20
8	7510910,649	244160,613	710,2	9,65	0,320	0,0331	3,31
9	7510896,439	244165,586	710,7	10,37	0,305	0,0294	2,94
10	7510882,508	244167,361	709,5	9,31	0,302	0,0324	3,24
11	7510866,656	244166,904	710,1	9,36	0,288	0,0307	3,07
12	7510853,572	244166,298	710,6	10,03	0,306	0,0305	3,05
13	7510838,971	244167,776	709,4	9,86	0,296	0,0300	3,00
14	7510826,083	244165,622	711,2	10,26	0,293	0,0285	2,85
15	7510811,584	244159,891	712,7	10,05	0,310	0,0308	3,08
16	7510801,199	244148,326	713	10,35	0,345	0,0333	3,33
17	7510792,436	244141,059	712,4	9,94	0,300	0,0302	3,02
18	7510786,369	244129,319	711,1	10,17	0,303	0,0298	2,98
19	7510782,264	244115,694	709,5	9,91	0,285	0,0288	2,88
20	7510778,745	244103,912	709,4	9,58	0,296	0,0309	3,09
21	7510777,631	244090,236	709,9	8,81	0,306	0,0347	3,47
22	7510776,425	244077,695	709,8	11,11	0,288	0,0259	2,59
23	7510776,457	244066,266	711,2	10,21	0,287	0,0281	2,81
24	7510776,574	244053,291	710,1	10,43	0,301	0,0288	2,88
25	7510785,741	244044,902	710	9,31	0,292	0,0314	3,14
26	7510798,389	244039,235	709	9,03	0,309	0,0343	3,43
27	7510809,948	244034,719	710,9	9,16	0,294	0,0321	3,21
28	7510820,157	244028,989	711,3	9,34	0,291	0,0311	3,11
29	7510831,454	244022,109	711,1	9,68	0,300	0,0309	3,09
30	7510845,835	244020,738	709,7	10,42	0,298	0,0286	2,86
31	7510858,671	244019,701	710,1	10,13	0,316	0,0312	3,12
32	7510870,784	244021,867	708,5	10,28	0,329	0,0320	3,20
33	7510883,646	244022,477	711,8	9,64	0,303	0,0315	3,15
34	7510896,650	244024,938	712	10,29	0,318	0,0309	3,09
35	7510908,405	244025,566	712	10,92	0,344	0,0315	3,15
36	7510920,740	244027,729	709,8	10,54	0,331	0,0314	3,14
37	7510931,771	244031,459	711,7	10,32	0,297	0,0288	2,88
38	7510936,886	244045,891	709,2	9,32	0,297	0,0318	3,18
39	7510940,302	244058,087	710,5	8,61	0,308	0,0358	3,58
40	7510931,693	244073,468	709,1	8,92	0,292	0,0327	3,27
41	7510932,255	244087,255	708,8	9,19	0,295	0,0321	3,21
42	7510930,045	244100,986	710	9,78	0,300	0,0307	3,07
43	7510929,368	244113,558	711,1	10,45	0,292	0,0280	2,80
44	7510925,838	244127,826	710,6	10,21	0,308	0,0302	3,02
45	7510920,482	244138,931	708,8	10,69	0,294	0,0275	2,75
46	7510909,432	244147,352	707,7	10,23	0,287	0,0281	2,81
47	7510898,132	244154,129	710,6	10,33	0,289	0,0280	2,80
48	7510885,622	244154,749	710,4	9,76	0,303	0,0310	3,10
49	7510872,330	244154,969	710,8	8,82	0,283	0,0321	3,21
50	7510858,127	244153,661	709,6	10,23	0,304	0,0297	2,97
51	7510845,935	244153,452	710	9,69	0,292	0,0302	3,02
52	7510831,718	244151,320	709,1	10,11	0,303	0,0300	3,00
53	7510819,129	244147,205	710,3	9,30	0,292	0,0314	3,14
54	7510808,248	244139,148	708,9	10,87	0,291	0,0268	2,68
55	7510803,623	244127,488	710,9	10,50	0,292	0,0278	2,78
56	7510798,781	244116,140	711,5	9,39	0,303	0,0323	3,23
57	7510794,552	244101,693	711,2	9,77	0,291	0,0298	2,98
58	7510788,270	244090,369	713,1	9,35	0,298	0,0319	3,19
59	7510787,170	244077,517	710,8	9,54	0,294	0,0309	3,09
60	7510783,735	244064,189	711,8	9,85	0,305	0,0310	3,10

Ponto	Lat UTM	Long UTM	Altitude (m)	Th (ppm)	Desvio Padrão	Coef. Variação	CV (%)
61	7510787,012	244054,662	709,7	10,14	0,303	0,0299	2,99
62	7510802,383	244052,863	711,3	9,56	0,304	0,0318	3,18
63	7510812,222	244044,874	709,8	10,07	0,322	0,0319	3,19
64	7510825,213	244039,922	709,1	9,26	0,303	0,0327	3,27
65	7510836,042	244031,505	710,4	9,61	0,300	0,0313	3,13
66	7510851,661	244031,246	709,3	10,17	0,287	0,0282	2,82
67	7510865,415	244032,150	707,4	8,84	0,280	0,0316	3,16
68	7510878,981	244035,116	708,8	9,71	0,316	0,0326	3,26
69	7510892,514	244036,024	709	9,69	0,294	0,0304	3,04
70	7510907,409	244038,968	707,6	10,39	0,319	0,0307	3,07
71	7510920,127	244044,213	709,9	8,94	0,325	0,0363	3,63
72	7510927,517	244055,519	708,3	8,98	0,317	0,0353	3,53
73	7510930,248	244066,491	707,3	9,95	0,282	0,0283	2,83
74	7510922,435	244076,402	710,2	8,75	0,302	0,0346	3,46
75	7510923,641	244088,943	710	9,19	0,287	0,0313	3,13
76	7510922,878	244103,061	709,5	9,81	0,293	0,0299	2,99
77	7510923,850	244114,886	709,1	10,67	0,317	0,0297	2,97
78	7510921,264	244125,945	710,3	10,34	0,319	0,0309	3,09
79	7510912,325	244134,742	710,3	10,54	0,317	0,0301	3,01
80	7510902,571	244141,185	708	9,07	0,303	0,0334	3,34
81	7510889,519	244142,535	709,4	8,57	0,305	0,0356	3,56
82	7510874,911	244143,601	708,9	9,36	0,333	0,0356	3,56
83	7510859,443	244139,533	708,5	9,34	0,304	0,0326	3,26
84	7510845,747	244142,129	707,1	9,69	0,291	0,0300	3,00
85	7510832,702	244137,198	707,5	9,32	0,305	0,0327	3,27
86	7510820,824	244129,158	706	8,85	0,309	0,0349	3,49
87	7510812,758	244117,143	705,7	9,45	0,291	0,0308	3,08
88	7510810,848	244102,246	708,4	9,52	0,283	0,0297	2,97
89	7510811,043	244087,313	707,7	9,69	0,298	0,0308	3,08
90	7510813,166	244075,026	709,6	9,83	0,287	0,0292	2,92
91	7510820,946	244063,159	707,6	9,62	0,291	0,0302	3,02
92	7510834,348	244056,244	709	9,41	0,316	0,0336	3,36
93	7510844,982	244049,375	709,6	10,40	0,322	0,0309	3,09
94	7510860,484	244048,808	708,7	9,37	0,282	0,0301	3,01
95	7510874,967	244046,920	710	8,32	0,300	0,0361	3,61
96	7510890,045	244047,493	707,8	9,30	0,290	0,0312	3,12
97	7510903,962	244044,894	708,7	10,18	0,293	0,0288	2,88
98	7510917,130	244050,544	711,4	9,30	0,332	0,0357	3,57
99	7510925,510	244061,421	710,6	8,55	0,303	0,0354	3,54
100	7510921,556	244076,828	711,6	8,90	0,277	0,0311	3,11
101	7510921,132	244091,353	710,5	9,70	0,308	0,0317	3,17
102	7510916,428	244108,316	712,2	10,41	0,307	0,0295	2,95
103	7510905,495	244117,147	712,3	10,06	0,285	0,0283	2,83
104	7510890,607	244121,307	710,9	10,32	0,297	0,0288	2,88
105	7510877,119	244123,075	710,5	10,12	0,305	0,0301	3,01
106	7510862,199	244118,690	709,4	9,29	0,272	0,0293	2,93
107	7510850,072	244109,007	711,4	9,78	0,281	0,0288	2,88
108	7510843,882	244096,549	711,9	10,44	0,319	0,0305	3,05
109	7510842,441	244083,188	712,3	9,31	0,285	0,0306	3,06
110	7510849,785	244071,740	714,1	8,43	0,297	0,0352	3,52
111	7510860,972	244064,862	713,3	8,53	0,306	0,0359	3,59
112	7510876,597	244065,014	715,1	9,92	0,300	0,0302	3,02
113	7510894,339	244065,852	714,9	9,93	0,297	0,0299	2,99
114	7510903,716	244083,405	712,4	9,68	0,319	0,0330	3,30
115	7510903,090	244099,066	715,3	9,93	0,304	0,0306	3,06
116	7510895,766	244111,748	713,7	10,71	0,308	0,0288	2,88
117	7510884,085	244122,239	715	9,46	0,287	0,0304	3,04
118	7510868,734	244118,581	714,5	8,87	0,298	0,0336	3,36
119	7510854,463	244106,566	714,2	10,82	0,312	0,0289	2,89
120	7510850,124	244092,121	711,1	11,07	0,293	0,0264	2,64

Ponto	Lat UTM	Long UTM	Altitude (m)	Th (ppm)	Desvio Padrão	Coef. Variação	CV (%)
121	7510855,239	244079,886	713,7	9,56	0,337	0,0353	3,53
122	7510864,197	244072,221	712,1	9,30	0,299	0,0321	3,21
123	7510879,047	244072,387	708,8	10,00	0,300	0,0300	3,00
124	7510892,581	244073,397	710,1	9,15	0,328	0,0358	3,58
125	7510892,150	244087,510	710,6	9,79	0,305	0,0311	3,11
126	7510884,977	244102,558	713,9	10,31	0,287	0,0279	2,79
127	7510869,287	244098,495	712,4	10,44	0,302	0,0289	2,89
128	7510877,875	244081,878	714	9,40	0,294	0,0312	3,12
129	7510881,021	244091,195	713,4	10,57	0,342	0,0323	3,23
130	7510818,618	244009,761	712,3	9,61	0,296	0,0308	3,08
131	7510828,262	244010,013	714,5	9,89	0,316	0,0320	3,20
132	7510843,561	244010,582	712,2	9,32	0,306	0,0328	3,28
133	7510856,189	244010,372	709,9	9,24	0,307	0,0333	3,33
134	7510868,510	244011,712	710,7	9,22	0,297	0,0322	3,22
135	7510882,674	244010,653	709,9	10,12	0,315	0,0312	3,12
136	7510894,664	244012,101	709,3	9,66	0,303	0,0314	3,14
137	7510906,764	244013,444	709,9	10,44	0,294	0,0281	2,81
138	7510917,755	244014,806	712,1	10,64	0,350	0,0328	3,28
139	7510928,949	244015,032	714	10,08	0,302	0,0299	2,99
140	7510940,827	244016,379	714,8	9,61	0,320	0,0334	3,34
141	7510952,914	244017,002	716,3	9,62	0,310	0,0323	3,23
142	7510947,311	244013,182	714,5	9,07	0,307	0,0338	3,38
143	7510935,452	244012,967	716,6	9,42	0,296	0,0315	3,15
144	7510924,461	244011,606	718,1	11,36	0,334	0,0294	2,94
145	7510912,041	244010,988	719,4	9,65	0,314	0,0326	3,26
146	7510899,068	244010,380	719,7	10,68	0,314	0,0294	2,94
147	7510887,411	244009,030	715,9	9,89	0,326	0,0329	3,29
148	7510875,449	244009,229	715,6	9,63	0,303	0,0314	3,14
149	7510862,156	244009,450	716,7	9,45	0,301	0,0319	3,19
150	7510850,722	244008,095	713,5	9,48	0,307	0,0324	3,24
151	7510853,080	244003,320	710,7	10,01	0,314	0,0313	3,13
152	7510867,023	244002,264	711,7	9,45	0,302	0,0319	3,19
153	7510880,232	244003,692	709,8	9,35	0,296	0,0317	3,17
154	7510892,435	244004,622	710	10,09	0,325	0,0322	3,22
155	7510907,291	244005,199	710,1	10,36	0,275	0,0266	2,66
156	7510919,482	244005,408	708,8	9,41	0,317	0,0336	3,36
157	7510932,904	244006,317	711,8	9,71	0,310	0,0319	3,19