



**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

GABRIEL ENDRIZZI

**GEOFÍSICA DO VULCANISMO RODEIO VELHO (BACIA DO CAMAQUÃ/RS)
A PARTIR DA ANÁLISE DE DADOS MAGNETOMÉTRICOS E
GAMAESPECTROMÉTRICOS**

Porto Alegre

2022

GABRIEL ENDRIZZI

**GEOFÍSICA DO VULCANISMO RODEIO VELHO (BACIA DO CAMAQUÃ/RS)
A PARTIR DA ANÁLISE DE DADOS MAGNETOMÉTRICOS E
GAMAESPECTROMÉTRICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático III, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientadores: Prof. Dr. Carlos Augusto Sommer
Prof. Dr. Jairo Francisco Savian

Porto Alegre
2022

CIP - Catalogação na Publicação

Endrizzi, Gabriel
GEOFÍSICA DO VULCANISMO RODEIO VELHO (BACIA DO
CAMAQUÃ/RS) A PARTIR DA ANÁLISE DE DADOS
MAGNETOMÉTRICOS E GAMAESPECTROMÉTRICOS / Gabriel
Endrizzi. -- 2022.
119 f.
Orientadores: Carlos Augusto Sommer, Jairo
Francisco Savian.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Geociências, Curso de Geologia, Porto Alegre,
BR-RS, 2022.

1. Vulcanologia . 2. Geofísica Aplicada. 3.
Aerogamaespectrometria/Aeromagnetometria. 4. Escudo
Sul-Rio-Grandense (ESRG). 5. Grupo Guaritas. I.
Sommer, Carlos Augusto, orient. II. Savian, Jairo
Francisco, orient. III. Título.

GABRIEL ENDRIZZI

**GEOFÍSICA DO VULCANISMO RODEIO VELHO (BACIA DO CAMAQUÃ/RS)
A PARTIR DA ANÁLISE DE DADOS MAGNETOMÉTRICOS E
GAMAESPECTROMÉTRICOS**

A comissão examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Porto Alegre, 13 de julho de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Maria Luiza Correa da Camara Rosa

Prof. Dr. Vinicius Matté

Msc^a. Carolina Gonçalves Leandro

*Dedico este trabalho a todos aqueles
que acreditam que a educação é a
melhor forma de conseguir o sucesso,
do coletivo ao individual, e a todos que
me acompanharam até aqui.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais, Neusa Pagliarini Endrizzi e Alexandre Endrizzi, que me apoiaram para seguir em frente, sempre, e deram-me toda segurança para realizar a graduação que desde criança desejei ter. Portanto, quero dar-lhes o orgulho que tanto merecem;

A Deus, que me acompanha e ouve todas minhas preocupações e atende com soluções;

Aos meus amigos, em especial, Jordana Maria Viccari e Marcelo Canals Meucci, que são irmãos de graduação, a Luís Dias Ferreira Soares, irmão que conheci em Porto Alegre e a todos que conquistei no trajeto da minha vida e que seguem nos meus laços. Obrigado pela ajuda oferecida em todo o percurso do curso até o presente trabalho;

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Carlos Augusto Sommer e Prof. Dr. Jairo Francisco Savian, por abraçar junto a mim esta etapa final e possibilitar que me torne colega de profissão no mundo das geociências;

À minha turma, Geologia/17, com a qual convivi anos em sala de aula, campos e festas, onde cada um foi peça fundamental para chegarmos aqui, futuros geólogos;

Ao Instituto de Geociências e toda estrutura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul;

Aos professores que são mestres e doutores e que levam a educação para o patamar da liberdade social neste país, coordenam pesquisas importantes para a nação e ao mundo;

Ao Brasil, minha casa, o qual agradeço profundamente por possuir cidadãos que lutam para o desenvolvimento social, pela democracia e pela educação pública e de qualidade a qual tive a possibilidade de abraçar;

Meu absoluto OBRIGADO a todos vocês!

RESUMO

O vulcanismo máfico correspondente ao Membro Rodeio Velho (MRV) é associado ao Grupo Guaritas na Bacia do Camaquã, sendo relacionado ao último evento magmático vinculado a evolução tectônica do Escudo Sul-Rio-Grandense (ESRG). Esta unidade ocorre na base do grupo como membro da Fm. Pedra Pintada, em áreas dispersas ao longo de um *trend* NE-SW, na porção centro-leste da bacia, com embasamento estruturado em um sistema hemi-graben. O MRV é constituído por rochas predominantemente basálticas a andesíticas de afinidade moderadamente alcalina a toleítica, com idades variando entre 535 e 547Ma. Este trabalho teve como objetivo a investigação da distribuição espacial e estrutural em aspecto regional relacionado com este vulcanismo, a partir da geofísica aplicada. Foram utilizados os métodos aerogeofísicos com dados pré-existentes fornecidos pela CPRM sobre o ESRG, apoiados por geofísica terrestre gamaespectrométrica e magnetométrica em atividade prática realizada nas principais ocorrências cartografadas do MRV. Os alvos deste estudo abrangem, principalmente, as ocorrências do Arroio Carajá, Carajá Seival e região Rodeio Velho (Arroio Pessegueiro - Rio Camaquã) em Caçapava do Sul e Santana da Boa Vista no Rio Grande do Sul. O projeto foi baseado em diferentes etapas de trabalho, destacando-se compilação bibliográfica, geoprocessamento, envolvendo o processamento digital de dados aerogeofísicos, SIG, atividade de campo com perfis geofísicos e integração de todos os dados. Destaca-se a definição dos domínios magnéticos DMG-Oeste, DMG-Central e DMG-Leste no Grupo Guaritas, onde o MRV ficou associado territorialmente aos domínios Oeste e Leste. A resposta gamaespectrométrica entre o vulcanismo e a Fm. Pedra Pintada é muito similar, mas pôde-se verificar uma assinatura de contagem total inferior a 60 nGyh^{-1} para o MRV além de um padrão ($\text{Th} > \text{K} > \text{U}$). A interpretação de dados geofísicos permitiu um maior entendimento sobre a distribuição espacial deste ciclo vulcânico e sua relação com a evolução da Bacia do Camaquã e, conseqüentemente, sobre a estabilização tectônica do ESRG. Novas frentes de pesquisa ou de maior detalhamento poderão ser realizadas a partir das discussões e conclusões encontradas.

Palavras-Chave: Escudo Sul-Rio-Grandense. Basaltos. Distribuição Espacial. Aerogamaespectrometria. Aeromagnetometria. Grupo Guaritas.

ABSTRACT

The mafic volcanism corresponding to the Rodeio Velho Member (MRV) is associated with the Guaritas Group in the Camaquã Basin, being related to the last magmatic event linked to the tectonic evolution of the Sul-Rio-Grandense Shield (ESRG). This unity is located at the base of the group as a member of the Pedra Pintada Formation, in dispersed areas along with a NE-SW trend, in the central-eastern portion of the basin, with a basement structured in a Hemi-graben system. The MRV is compound predominantly by basaltic to andesitic rocks of moderately alkaline to tholeiitic affinity, with ages varying between 535 and 547 Ma. This work aimed to investigate the spatial and structural distribution in a regional aspect related to this volcanism, from applied geophysics. Aerogeophysical methods were used, from pre-existing data provided by CPRM on the ESRG, supported by gamma-spectrometric and magnetometric terrestrial geophysics in practical activity carried out in the main MRV occurrences. The targets of this study cover, mainly, the occurrences of Arroio Carajá, Carajá Seival and Rodeio Velho region (Arroio Pessegueiro - Rio Camaquã) in Caçapava do Sul and Santana da Boa Vista in Rio Grande do Sul. The project was based on different stages of work, highlighting bibliographic compilation, geoprocessing, involving digital processing of aero geophysical data, GIS, field activity with geophysical profiles, and integration of all data. The definition of the DMG-West, DMG-Central, and DMG-East magnetic domains in the Guaritas Group stands out, where the MRV was territorially associated with the West and East domains. The gamma spectrometric response between volcanism and Pedra Pintada Formation is very similar, but a Total Count signature of less than 60 nGyh^{-1} was found for the MRV in addition to a standard (Th ppm > K % > U ppm). The interpretation of geophysical data allowed a better understanding of the spatial distribution of this volcanic cycle and its relationship with the evolution of the Camaquã Basin and, consequently, the tectonic stabilization of the ESRG. New research fronts may be carried out based on the discussions and conclusions found.

Keywords: Shield Sul-Rio-Grandense. Basalts. Spatial distribution. Aerogamespectrometry. Aeromagnetometry. Guaritas Group.

LISTA DE ABREVIATURAS

ASA – Amplitude do Sinal Analítico;
BC – Bacia do Camaquã;
CDF – Cinturão Dom Feliciano;
CMT – Campo Magnético Total;
CPRM – Companhia de Pesquisa em Recurso Minerais;
cps – Contagens por segundo;
CT – Contagem Total;
ESRG – Escudo Sul Rio-Grandense;
eTh – Equivalente de tório;
eU - Equivalente de urânio;
FPP – Formação Pedra pintada;
FV – Formação Varzinha;
GHT – Gradiente Horizontal Total;
GBJ – Grupo Bom Jardim;
GSB – Grupo Santa Bárbara;
IGEO – Instituto de Geociências;
IGRF – *International Geomagnetic Reference Field*;
IRI - Iterative Reweighting Inversion;
IUGS – *International Union of Geological Sciences*;
mGal – Miligals;
MRV – Membro Rodeio Velho;
nT – Nanotesla;
OMG – *Oasis Montaj Geosoft*;
ppm – Partes Por Milhão;
RPM – Redução ao Polo Magnético;
UFRGS –Universidade Federal do Rio Grande do Sul;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Compartimentos da área cratônica do ESRG localizado na porção sul do antigo Gondwana. O projeto se localiza no Terreno Tijucas. Retirado de Jelinek & Sommer (2021). Área de estudo aproximada no retângulo de borda vermelha e tracejada.....	21
Figura 2: (A) Principais unidades tectônicas do ESRG; (B) Esboço geológico simplificado da porção oeste do ESRG ressaltando-se as principais unidades vulcânicas da Bacia Camaquã. Os retângulos vermelhos indicam as principais áreas de ocorrência do Membro Rodeio Velho, correspondentes a área de estudo (Retirado e modificado de LIMA <i>et al.</i> (2007) e SOUZA (2019).	22
Figura 3: Principais feições de campo encontradas em afloramento do Membro Rodeio Velho. Retirado e modificado de LIMA <i>et al.</i> (2007) e MATTÉ <i>et al.</i> (2021).	26
Figura 4: Principais aspectos microtexturais dos derrames do Membro Rodeio Velho presente na área do Arroio Carajá. Imagens A, B, D, E (disponibilidade Prof. Dr. Carlos Augusto Sommer), C, F (Petry, 2006).	27
Figura 5: Delimitação aeromagnética na porção centro-leste do ESRG por PREISLER (2009) – imagem esquerda e a delimitação do ESRG por HARTMANN <i>et al.</i> (2016) – imagem direita. Retirado/modificado de HARTMANN <i>et al.</i> (2016) e PREISLER (2009).	28
Figura 6: Modelagem gravimétrica 2D do perfil proposto por SOARES (2011) no Rifte Guaritas. Retirado e modificado de SOARES (2011).	29
Figura 7: Corpos rochosos mapeados do MRV e malha do levantamento aerogeofísico do ESRG realizado (Dados: CPRM, 2008; CPRM, 2010).	33
Figura 8: Janelas aerogeofísicas projetadas sobre localidades de interesse do MRV. Lineamentos e limites MRV através de CPRM, 2008.	33
Figura 9: Componentes geomagnéticas. Modificado de KEAREY <i>et al.</i> , (2009).	35
Figura 10: Susceptibilidade magnética média entre os principais grupos de rochas. Retirado de KEAREY <i>et al.</i> , (2009).	36
Figura 11: Uso de gamaespectrômetro portátil em campo.	43
Figura 12: Medições em campo com magnetômetro móvel.	43
Figura 13: Escopo de tabela de preenchimento manual para coletar dados de campo.	44

Figura 14: Tabela retirada da plataforma online oficial WDC Geomagnetism, Kyoto. Dados de variação magnética global de dezembro de 2021, atualizado em 23-02-2022 15:05. Em vermelho os dias de trabalho de campo deste projeto e usas respectivas variações durante os dias.	45
Figura 15: (A) Rochas sedimentares do Grupo Guaritas (Fm. Pedra Pintada) dispostas em lajeados em campo. (B) Afloramentos sedimentares com estratificação cruzada de médio porte (Fm. Pedra Pintada) – próximo da ocorrência do Arroio Carajá.	46
Figura 16: Registro de arenito com lentes/camadas de conglomerado polimítico da Fm. Varzinha, com seixos metamórficos e angulosos e estratificação planar. Coordenadas 22J 250500 / 6584321.	47
Figura 17: Arenito médio bem selecionado da Fm. Pedra Pintada em leito de estrada, mostrando estratificação cruzada de médio porte. Coordenadas: 22J 279593 / 6572041.	48
Figura 18: Afloramento de grande porte encontrado no Arroio Carajá, localizado na Barragem dos Dotto (Caçapava do Sul). (A) Estruturas de fluxo <i>pahoehoe</i> e lóbulos de lavas são preservados; (B) Relações de contato entre a FPP e MRV são notáveis; (C) Exemplo de presença de injetito de arenito no MRV; (D) Superfície em corda e (E) Registro de base de derrame: <i>pipe vesicles</i> no MRV e corrugações preservadas na FPP. Coordenadas: 22J 245965 / 6592083.	49
Figura 19: Rochas do MRV presentes no leito do Arroio Pessegueiro. Coordenadas: 22J 277954 / 6575864.	50
Figura 20: Exposição de rochas do MRV nas margens do Rio Camaquã. Coordenadas: 22J 274804 / 6570271.	50
Figura 21: Detalhe de rocha pouco alterada pertencente ao MRV, mostrando seção basal de derrame, com vesiculação (e <i>pipe vesicles</i>).	51
Figura 22: Fragmento de rocha do MRV de textura afanítica mostrando alta densidade de vesículas – retrata um magmatismo rico em voláteis.	51
Figura 23: Registro de interações vulcano-sedimentares.	52
Figura 24: Identificação das janelas aerogeofísicas processadas para análise.	53
Figura 25: Mapa Janela Global – Levantamento Aerogamaespectrométrico de Contagem Total (CT) da área de estudo. Fonte autor.	55
Figura 26: Janela Arroio Carajá – Aerogamaespectrometria. Fonte autor.	56
Figura 27: Mapa Janela Carajá Seival - Aerogamaespectrometria. Fonte autor.	57

Figura 28: Mapa Janela RS-625 – Aerogamaespectrometria. Fonte autor.	58
Figura 29: Mapa Janela Arroio Pessegueiro -Rio Camaquã - Aerogamaespectrometria. Fonte autor.....	59
Figura 30: Mapa Janela Global – Levantamento Aeromagnetométrico de Campo Magnético Total (CMT) da área de estudo. Fonte autor.....	62
Figura 31: Mapas Janelas Arroio Carajá e Carajá Seival - Aeromagnetometria. Fonte autor.	63
Figura 32: Mapa Janelas RS-625 e A. Pessegueiro-R. Camaquã - Aeromagnetometria. Fonte autor.	64
Figura 33: Identificação dos perfis de geofísica terrestre realizadas e processadas para análise.....	67
Figura 34: Arroio Carajá - Perfil 1.....	68
Figura 35: Arroio Carajá - Perfil 2 e Perfil 3.....	68
Figura 36: Carajá Seival - Perfil 4.....	70
Figura 37: A) Amostra detalhando o basalto, com fenocristais de plagioclásios ainda preservados em meio a matriz vítrea levemente oxidada, retirada na localidade Carajá Seival e B) Andesito porfirítico encontrado no Cerro Tupanci relacionado a Fm. Hilário (imagem retirada de Barrios, 2015).....	71
Figura 38: RS-625 - Perfil 5.....	72
Figura 39: RS-625 - Perfil 6.....	72
Figura 40: Arroio Pessegueiro - Perfil 7.	74
Figura 41: Ocorrência Camaquã - Perfil 8.....	75
Figura 42: Rio Camaquã - Perfil 9.....	75
Figura 43: Mapa de integração de dados aerogamaespectrométrico, aeromagnetométrico e dados de campo. Fonte autor.....	77
Figura 44: Correlação CT (nGyh^{-1}) e CMT (nT) dos pontos coletados na geofísica terrestre. O gráfico superior diferencia os valores encontrados pelas principais localidades, o inferior divide apenas entre as rochas vulcânicas do MRV e a FPP.	78
Figura 45: Correlação K (%) e Th (ppm) dos pontos coletados na geofísica terrestre.	79
Figura 46: Croqui esquemático do sistema hemi-graben e magmatismo proposto para o Grupo Guaritas. Retirado e modificado de WILDNER <i>et al.</i> (2002).....	82

Figura 47: Recorte do mapa aeromagnético proposto para este trabalho. O local 1 sugere um centro de possível hemi-graben localizado no DMG-Leste.83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Comportamento da susceptibilidade magnética dos principais grupos de rochas terrestres (ROBINSON, 1988).	36
Quadro 2: Range de valores gamaespectrométricos obtidos nos principais grupos de rochas terrestres (valores médios em parênteses). Traduzido de Dickson & Scott (1997).	38
Quadro 3: Resumo das correções aplicadas ao produto aeromagnetométrico do ERSG (CPRM, 2010).	39
Quadro 4: Resumo das correções aplicadas ao produto aerogamaespectrométrico do ERSG (CPRM, 2010).	40
Quadro 5: Resumo dos produtos aerogeofísicos gerados.	53

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE QUADROS	14
1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	19
3 JUSTIFICATIVA	20
4 REFERENCIAL TEÓRICO	21
4.1 Contexto Geológico	21
4.2 Membro Rodeio Velho	24
4.3 Geofísica	28
5 METODOLOGIA	31
5.1 Compilação Bibliográfica e Banco De Dados	31
5.2 Geoprocessamento	31
5.3 Levantamento Aerogeofísico	32
5.3.1 Aeromagnetometria	34
5.3.2 Aerogamaespectrometria	37
5.3.3 Correções e Filtragens	39
5.4 Trabalho de Campo/Geofísica Terrestre	42
5.4.1 Validação dos Dados	44
6. RESULTADOS	46
6.1 Registro Geológico	46
6.1.1 Grupo Guaritas: Fm. Pedra Pintada e Fm. Varzinha	46
6.1.2 Grupo Guaritas: Membro Rodeio Velho	48
6.1.3 Interações Vulcano-Sedimentares	51
6.2 Aerogeofísica	52
6.2.1 Mapas Aerogamaespectrométricos	54
6.2.2 Mapas Aeromagnetométricos	61
6.3 Perfis Geofísicos	67
6.3.1 Arroio Carajá	68
6.3.2 Carajá Seival	69
6.3.3 Perfis RS-625	71
6.3.4 Arroio Pessegueiro	73

6.3.5 Rio Camaquã	74
6.4 Integração de Dados	76
7. DISCUSSÃO	80
8. CONCLUSÃO.....	85
9. REFERÊNCIAS.....	89
APÊNDICE	95
APÊNDICE A – Aquisição de Dados por Geofísica Terrestre;	95
APÊNDICE B - Valores Geofísicos Médios por Ponto.	95

1 INTRODUÇÃO

O Membro Rodeio Velho (MRV), definido pela primeira vez por Ribeiro *et al.*, (1966), agrupa as rochas vulcânicas máficas situadas na base do Grupo Guaritas (GG). As unidades vulcano-sedimentares do GG são interpretadas como sendo depositadas em uma sub-bacia na Bacia do Camaquã (BC), do tipo hemi-graben, relacionada geneticamente a processos extensionais e transtrativos associados aos estágios finais da Orogenia Brasileira Pan-Africana no Escudo Sul Rio-Grandense (ESRG), (PAIM *et al.*, 2000).

O vulcanismo MRV é considerado o último ciclo vulcânico da BC e, conseqüentemente, o último episódio magmático dentro da evolução do ESRG. É caracterizado por rochas vulcânicas efusivas e, subordinadamente, hipabissais, formadas em condições subaéreas, sendo comum a intercalação com rochas sedimentares siliciclásticas (LIMA *et al.*, 2007; SOMMER *et al.*, 2006, PAIM *et al.*, 2000, 2014). O magmatismo vinculado a estas rochas vulcânicas possui composições básicas a intermediárias e afinidade alcalina transicional a toleítica cujas idades variam entre 547 e 535 Ma (ALMEIDA *et al.*, 2012).

Através disso, buscar as evidências da verdadeira abrangência deste vulcanismo e suas relações com as rochas sedimentares encaixantes vem ao encontro deste trabalho. Também é uma oportunidade em aplicar métodos geofísicos na tentativa de delimitar o MRV dentro do contexto da BC e avaliar a possibilidade de caracterizar os compartimentos do MRV em condutos, intrusões rasas e derrames.

Foram elaboradas cinco janelas (recortes) de processamento aerogeofísico aeromagnetométrico e nove perfis de geofísica terrestre (gamaespectrometria e magnetometria) em busca de resultados e conclusões preliminares quanto a resposta geofísica do MRV no GG.

Os métodos geofísicos são ferramentas fundamentais para a determinação e compreensão das relações geológicas entre diferentes unidades, fornecendo parâmetros para determinar geometrias, distribuição espacial, características petrográficas e petrogenética dos corpos investigados, de acordo com a resposta/assinatura obtida através dos métodos geofísicos aplicados (e.g., TELFORD *et al.*, 1990; HINZE *et al.*, 2013; DENTITH e MUDGE, 2014).

A utilização de métodos aerogeofísicos e de geofísica terrestre, têm sido muito eficaz para o entendimento sobre a relação entre a distribuição dos episódios vulcânicos, dos processos envolvidos e das estruturas regionais associadas. Embora avanços tenham sido feitos nesta área, muitos problemas científicos continuam em aberto, sendo necessário mais estudos. Entre alguns trabalhos envolvendo a aplicação de geofísica em terrenos vulcânicos na BC, destaca-se os de SOUZA (2019) que caracterizou o sistema vulcano-plutônico do Platô da Ramada, com o uso de gamaespectrometria, magnetometria e gravimetria e BAESSO (2018) que utilizou métodos geofísicos para caracterizar e modelar um lamprófireo espessartítico em Vila Nova do Sul. Além disso, a utilização de dados de anisotropia de susceptibilidade magnética (ASM) vem sendo integrada aos estudos dos terrenos vulcânicos como GAMBETA *et al.* (2021) que apresenta um estudo detalhado da dinâmica dos fluxos do vulcanismo Ediacarano do Platô do Taquarembó e Freitas (2019) em riolitos neoproterozóicos no Cerro do Perau - Caçapava do Sul.

Neste contexto, este trabalho visa caracterizar e verificar a distribuição espacial, com apoio de métodos geofísicos, as ocorrências existentes do vulcanismo associado ao MRV da BC, na região de Caçapava dos Sul e Boa Vista do Sul, enfocando as áreas Arroio Carajá, Carajá Seival e região Rodeio Velho (Arroio Pessegueiro – Rio Camaquã).

2 OBJETIVOS

Este trabalho visa analisar, a partir de dados aerogeofísicos e de geofísica terrestre, a distribuição espacial e estrutural das rochas vulcânicas máficas relacionadas ao MRV (Grupo Guaritas) nos seus compartimentos situados entre o Arroio Carajá, Arroio Pessegueiro e Rio Camaquã dentro do contexto geológico da Bacia do Camaquã. Além disso, buscou-se alcançar os seguintes objetivos específicos:

- Confeccionar mapas temáticos aerogamaespectrométricos e aeromagnetométricos regionais envolvendo a distribuição do vulcanismo Rodeio Velho na Bacia do Camaquã;
- Verificar a possibilidade de delimitar os corpos vulcânicos em subsuperfície a partir das respostas aerogeofísicas presentes e sensoriamento remoto;
- Caracterizar a assinatura gamaespectrométrica e magnetométrica entre o MRV e as rochas sedimentares do Grupo Guaritas através de dados de campo e sua relação com os produtos gerados na aerogeofísica;
- Estabelecer domínios geofísicos e reconhecimento de estruturas regionais;
- Integrar e interpretar as informações de resposta aerogeofísica e de geofísica terrestre com as estruturas observadas em campo e integrar com as possíveis correlações a dados presentes na bibliografia;

3 JUSTIFICATIVA

O vulcanismo máfico vinculado ao MRV é considerado o último evento vulcânico ocorrido na Bacia do Camaquã, tendo implicações relativas a estágios evolutivos pelos quais esses terrenos passaram (PAIM *et al.*, 2014). Por isso, entender melhor sua relação com as rochas adjacentes, sua abrangência e seus compartimentos (condutos, intrusões rasas e derrames) são norteadores desta pesquisa.

As técnicas e métodos aerogeofísicos e de geofísica terrestre, demonstram muita utilidade para o entendimento sobre a relação entre a distribuição dos episódios vulcânicos, geometria de corpos, dos processos envolvidos e das estruturas regionais associadas (SOUZA, 2019; BAESSO, 2018). Os dados geofísicos aerotransportados existentes e disponibilizados (CPRM, 2010) sobre os terrenos do ESRG abrem portas para seu processamento e interpretação.

Dados gamaespectrométricos podem ser usados na verificação da resposta radiométrica sobre as litologias, mostrando assinaturas possíveis de distinção através da composição das rochas (nesse caso, vulcânicas e sedimentares). Dados magnetométricos demonstram o contraste físico de susceptibilidade magnética das rochas, sendo uma função magnética da mineralogia dos corpos presentes. Com isso, o uso integrado desses métodos junto a observação de dados de campo e informações presentes na bibliografia podem propiciar a caracterização aerogeofísica da interação do MRV com as rochas sedimentares adjacentes no GG.

Os dados geoprocessados obtidos permitirão auxiliar na caracterização e compreensão dos aspectos relacionados a distribuição espacial regional do MRV e outras relações tectônicas e dinâmicas da Bacia do Camaquã. Além disso não foram realizados trabalhos geofísicos aplicados deste vulcanismo, sendo a investigação da distribuição espacial e estrutural destas rochas vulcânicas praticamente inexistentes. Com isso, busca-se fornecer conhecimentos úteis ao reconhecimento da verdadeira abrangência dessa unidade geológica.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Contexto Geológico

O contexto geológico da área de estudo, em aspecto amplo insere-se no âmbito do Cinturão Dom Feliciano (CDF), unidade tectônica relacionada a evolução do ESRG (no compartimento tectônico-geológico do Terreno Tijucas predominantemente e na porção oeste parte do Terreno São Gabriel). O CDF se estende desde o Leste do Uruguai até o Sul do Brasil (Figura 1) e é limitado pelo Cráton do Rio de La Plata na América do Sul, e pelo Cráton do Kalahari, na África. A evolução desses terrenos envolve condições metamórficas de alta temperatura e pressão intermediária (FERNANDES *et al.*, 1995 *apud* CARVALHO, 1932; PORADA, 1979).

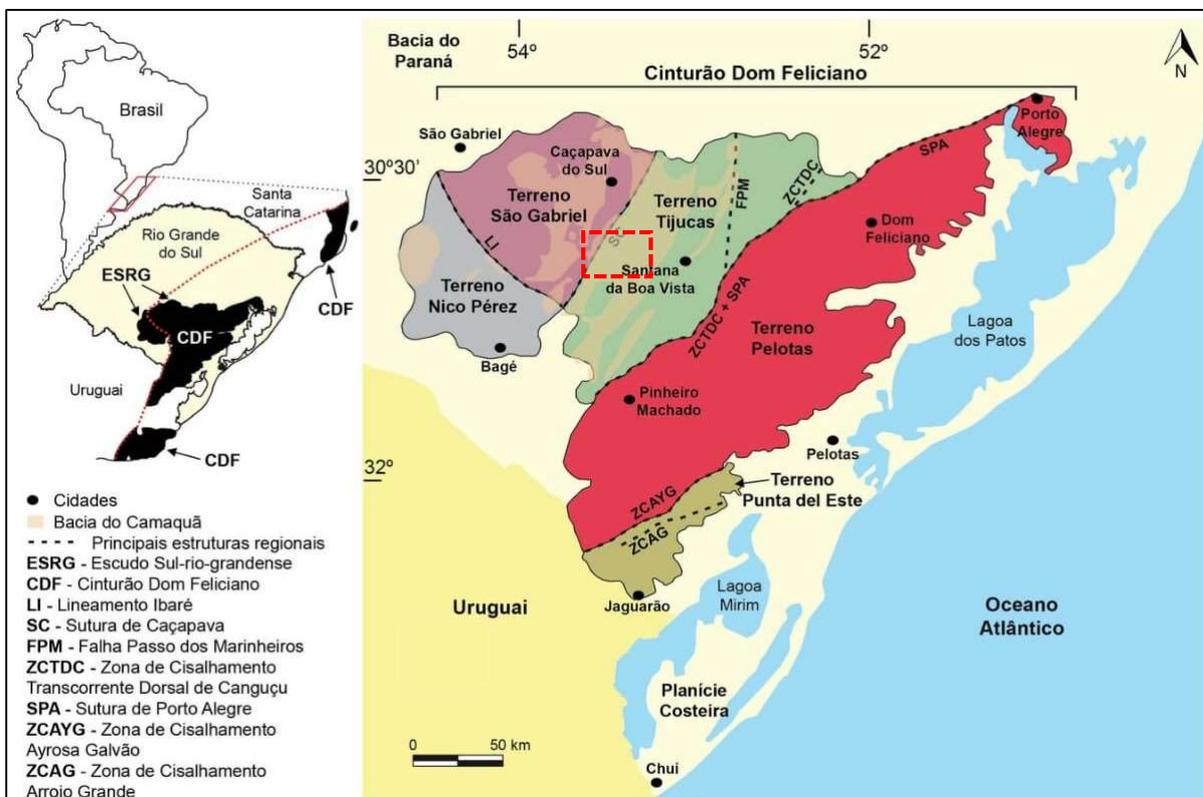


Figura 1: Compartimentos da área cratônica do ESRG localizado na porção sul do antigo Gondwana. O projeto se localiza no Terreno Tijucas. Retirado de Jelinek & Sommer (2021). Área de estudo aproximada no retângulo de borda vermelha e tracejada.

O ESRG (Figura 2) é resultado de um amalgamento de crátons e terrenos da Plataforma Sul-Americana, datados desde o Arqueano ao Neoproterozoico, recoberto por rochas sedimentares mais recentes em suas sub-bacias. A soma dos processos de deformação e geração de crosta continental são diretamente relacionadas ao Ciclo

Transamazônico (2,26-2,00 Ga) e ao Ciclo Brasileiro (900-535 Ma) (HARTMANN *et al.*, 2007; PAIM *et al.*, 2000; LIMA *et al.*, 2007).

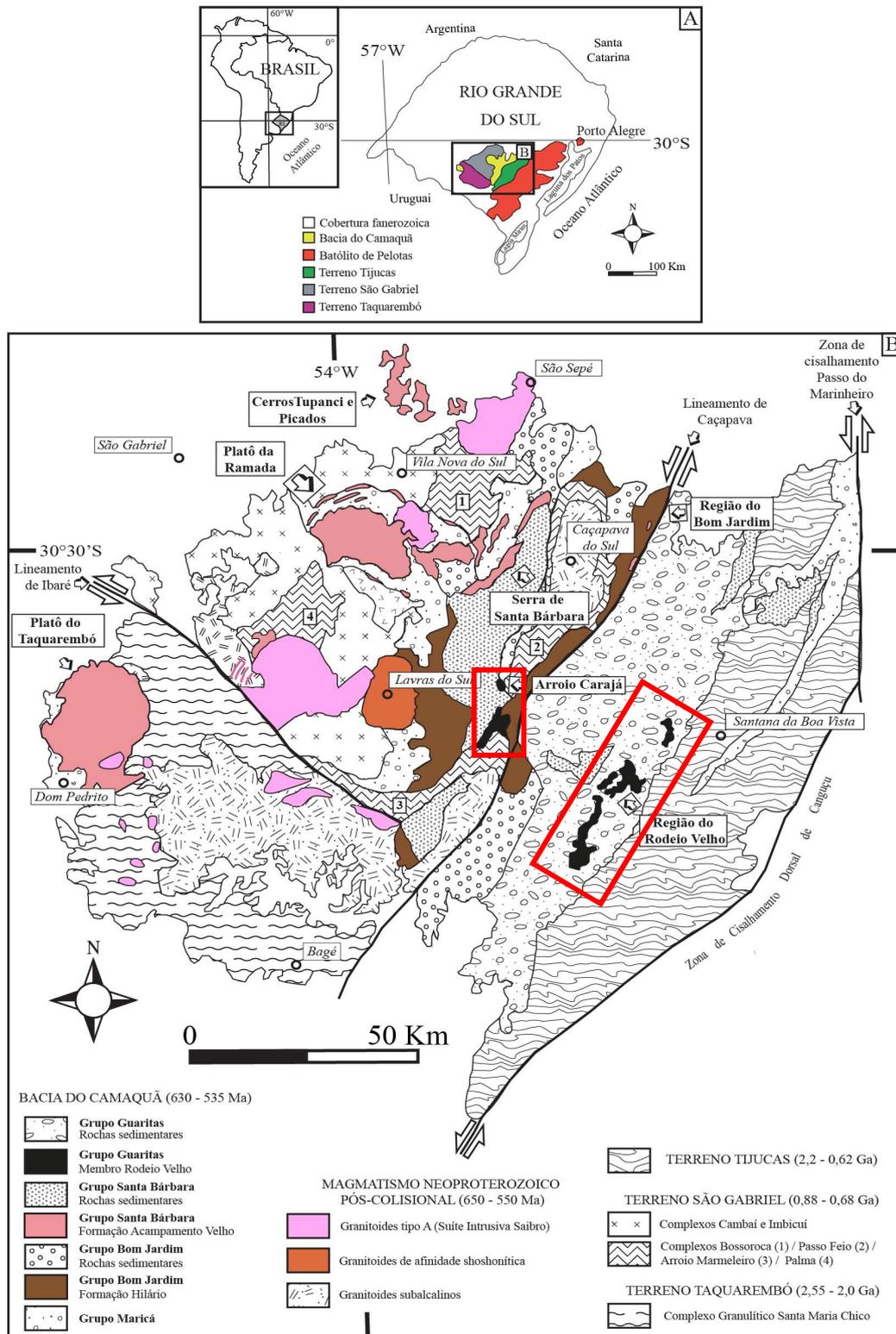


Figura 2: (A) Principais unidades tectônicas do ESRG; (B) Esboço geológico simplificado da porção oeste do ESRG ressaltando-se as principais unidades vulcânicas da Bacia Camaquã. Os retângulos vermelhos indicam as principais áreas de ocorrência do Membro Rodeio Velho, correspondentes a área de estudo (Retirado e modificado de LIMA *et al.* (2007) e SOUZA (2019)).

A área do projeto situa-se na associação de rochas vulcano-sedimentares e plutônicas pós-orogênicas da Associação Seival, sendo as unidades resultantes da orogenia regional do CDF. As principais unidades correspondentes a este estágio são: Bacia do Camaquã e eventos de magmatismo de granitogênese e vulcanismo localizados em Lavras do Sul, Caçapava do Sul, Cerro da Cria, São Sepé, Jaguari, Ramada, São Manoel e Santa Rita (PHILIPP *et al.*, 2016).

A BC tem uma evolução complexa e o magmatismo plutônico e vulcânico associados são relacionados, principalmente, aos estágios finais da orogenia Brasileira Pan-Africana. O preenchimento da BC é correlacionado à ambientes diversos, mas predominantemente continentais, com a participação de material siliciclástico intercalado com produtos vulcânicos e corpos intrusivos relacionados, vinculados ao Neoproterozoico/Ediacarano entre 600 – 540 Ma (PAIM *et al.*, 2014; CHEMALE Jr., 2000; OLIVEIRA *et al.*, 2014). O evento orogênico Brasileiro teve influência deformacional na área, com tectônica de escape e posterior colapso do orógeno juvenil, sendo o retrabalhamento crustal propício para a fusão mantélica, gerando magmatismo nas extensas zonas de cisalhamento transcorrentes formadas (BITENCOURT & NARDI, 2000; PHILIPP *et al.*, 2016; 2018).

A BC é dividida em quatro unidades (grupos), que em geral representam uma progressão gradual (durante aproximadamente 65 Ma) de um ambiente marinho mais distal até porções continentais e transicionais, marcadas por fácies eólicas, fluviais e lacustres rasas. Essa ordem é representada da base para o topo pelo G. Maricá, G. Bom Jardim, G. Santa Bárbara e G. Guaritas (PAIM, *et al.* 2000, 2014; MATTÉ *et al.*, 2021). Focando nos eventos vulcânicos descritos tem-se:

1) Grupo Maricá (bacia retroarco - ambiente marinho a transicional)

Presença de clastos vulcânicos ácidos (630 ±3 Ma);

2) Grupo Bom Jardim (bacia strike-slip - ambiente flúvio-lacustre)

Formação Hilário (rochas de afinidade toleíticas a alcalinas potássicas)

Depósitos efusivos predominantemente intermediários (590 Ma);

3) Grupo Santa Bárbara (bacia rifte - ambiente flúvio-lacustre)

Formação Acampamento Velho (rochas de afinidade toleíticas a alcalinas sódicas)

Depósitos explosivos/efusivos de composição ácida (580-550 Ma);

4) Grupo Guaritas (bacia rifte - ambiente flúvio-deltáico, eólico)

Membro Rodeio Velho (rochas de afinidade toleítica a alcalinas).

Depósitos efusivos predominantemente intermediários (547-535 Ma);

As últimas manifestações vulcânicas da Bacia do Camaquã, são agrupadas no Membro Rodeio Velho e são representadas por basaltos e andesitos de afinidade moderadamente alcalina a toleítica, com idades de aproximadamente 547 a 535 Ma (ALMEIDA *et al.*, 2012; VEDANA *et al.*, 2016).

Sobre a estratigrafia do GG, o MRV é associado com a Fm. Pedra Pintada (parte basal) que trata de um sistema desertificado, com paleodunas eólicas e interdunas de composição siliciclásticas. A parte superior do GG é representado pela Fm. Varzinha, originada de antigos sistemas fluviais (mais a oeste) até sistemas de leques aluviais a leste, representada por sedimentos eólicos, silcretos e calcretos, conglomerados polimíticos e arenitos arcoseanos (PAIM *et al.*, 2000; PHILIPP *et al.*, 2016, 2018).

4.2 Membro Rodeio Velho

O vulcanismo associado ao MRV é localizado na base da sequência vulcano-sedimentar do GG de gênese continental, cujos processos tectônicos e de preenchimento sugerem a estabilização da BC. É comum, nas unidades basais do Grupo Guaritas (associado a Fm. Pedra Pintada), processos de interação vulcano-sedimentares, principalmente entre derrames basálticos e arenitos e ruditos, em condição subaérea, sugerindo a contemporaneidade dos processos (SOMMER *et al.*, 2006; PAIM *et al.*, 2014).

A gênese desse vulcanismo é relacionada a eventos distensivos, com ascensão de magma máfico através de fraturas translitosféricas (zonas transtrativas), (LIMA, 1998; ALMEIDA *et al.*, 2000, 2012). ALMEIDA *et al.* (2005) sugere que o vulcanismo do Rodeio Velho, possa ter sido gerado a partir de um sistema de vulcões monogenéticos, desenvolvida ao longo das falhas de rifteamento orientadas NE-SW mergulhantes 25° para SW e transcorrência lateral esquerda. A evolução magmática envolveria processos de cristalização fracionada, a partir de fontes mantélicas depletadas, com enriquecimento de elementos incompatíveis a partir da fusão parcial

da crosta recém-formada dando o caráter básico alcalino (BORBA, 2006; ALMEIDA *et al.*, 2012; PAIM *et al.*, 2014).

A petrografia e geoquímica das rochas vulcânicas têm sido classificadas como derrames e intrusões rasas de andesitos e basaltos subalcalinos, traquiandesitos e basaltos alcalinos (ALMEIDA *et al.*, 2000).

A partir de dados preliminares de sensoriamento remoto (ANDRADE, 2019), sugere-se que a ocorrência de áreas alvo do vulcanismo Rodeio Velho abrange vários municípios: Bagé, Caçapava do Sul, Pinheiro Machado e Santana da Boa Vista. Estas áreas foram denominadas (informalmente) como Cerro Chato, Camaquã, Arroio Moinho, Arroio Carajá e Arroio das Neves e compreendem áreas de 8 a 45 km² aproximadamente. No Arroio Carajá (30 km a sudoeste de Caçapava do Sul), na região do Passo do Moinho (localizado a 40 km a leste da BR-153) e ao longo da estrada das Minas do Camaquã (RS-625), encontram-se as melhores ocorrências de interações vulcano-sedimentares correspondentes ao MRV (PETRY, 2006; ARTINE *et al.*, 2018).

A descrição detalhada da estratigrafia e petrografia das rochas vulcânicas do MRV ainda carece de informações, sendo as áreas compreendidas pelo Arroio Carajá e Passo do Moinho as mais descritas em comparação aos demais locais. Relata-se sobreposição de derrames, alguns de até 200 metros de espessura, entre as camadas sedimentares, sendo de geometria lenticular e com rochas muito alteradas (SILVA FILHO *et al.*, 1996; LIMA *et al.*, 2007).

ALMEIDA *et al.* (2000) definiu três fácies magmáticas ao MRV: (a) intrusões rasas, seguidas de (b) derrames subaéreos e um estágio final associado com (c) depósitos piroclásticos ao topo.

No Arroio Carajá é relatada a presença de derrames basálticos vesiculados (com vesículas alongadas) e comum intercalação de sedimentos de origem eólica (arenitos arcoseanos) e aluviais. Não há evidências sobre atividade explosiva associada. Morfologias de lavas do tipo *pahoehoe*, relacionados a um vulcanismo havaiano foram descritos, sempre associados a estruturas de topo de derrame, como cordas, corrugação e escape de gases na base, como *pipe vesicles*. (PETRY, 2006; LIMA *et al.*, 2007; PAIM *et al.*, 2014; MATTÉ *et al.*, 2021).

Na Figura 3 são apresentadas as principais feições de campo encontradas: (A) Afloramento “Fervor”, no Rio Camaquã, no qual se observa um depósito de arenito

eólico intercalado aos derrames; (B) Amostra de basalto porfirítico, com amígdalas; (C) Fotomicrografia de basalto porfirítico (porção superior a nicóis paralelos e porção inferior a nicóis perpendiculares); (D) Sobreposição de lóbulos; (E) Feições de superfície lisa e em corda; (F) Detalhe da estrutura dos tubos de lava; (G) Corrugações e depressões circulares, indicando feições de escape de gases; (H) Diques clásticos de preenchimento e (I) Fotomicrografia de basalto (direita), em contato com arenito (esquerda) de dique clástico de preenchimento (porção superior a nicóis paralelos e porção inferior a nicóis perpendiculares).

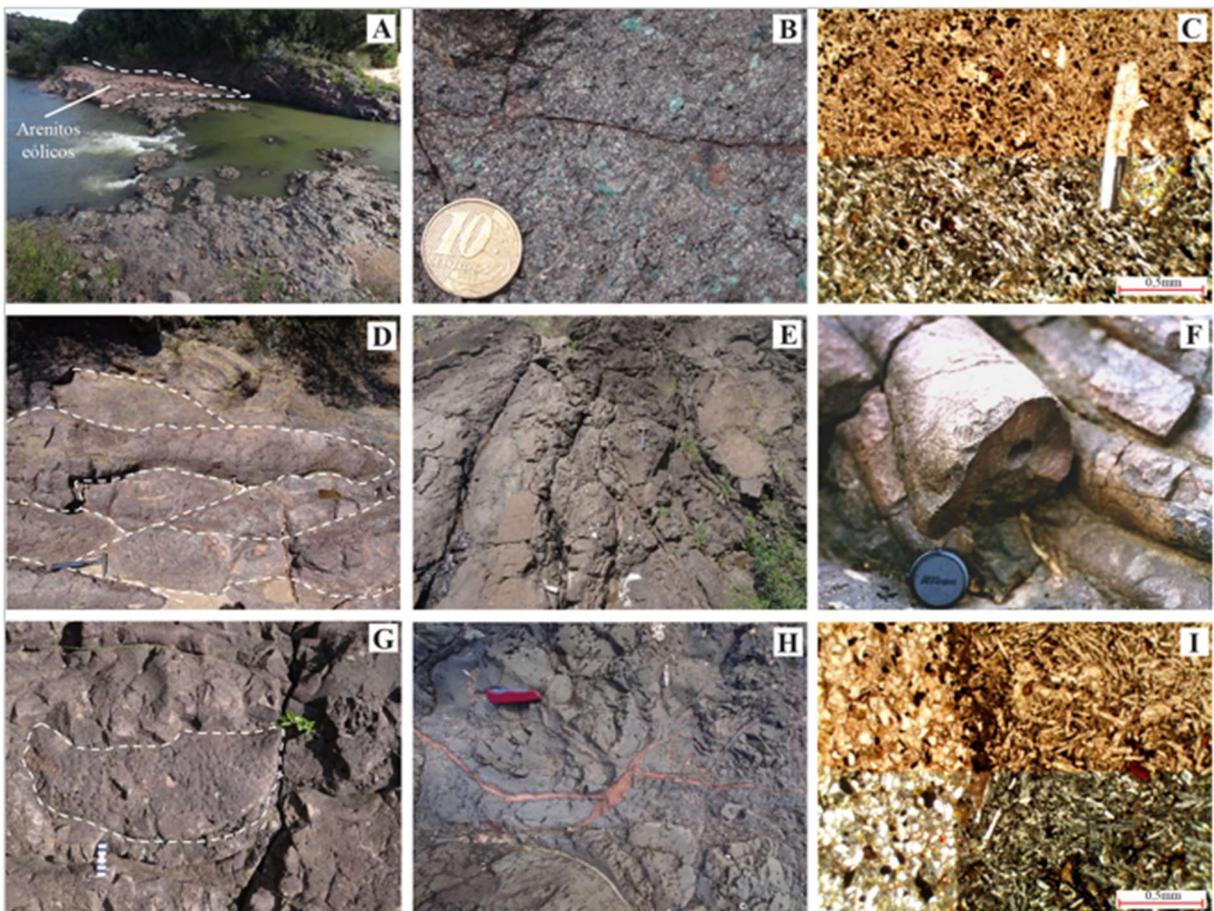


Figura 3: Principais feições de campo encontradas em afloramento do Membro Rodeio Velho. Retirado e modificado de LIMA *et al.* (2007) e MATTÉ *et al.* (2021).

Em termos petrográficos, as rochas em geral são descritas com coloração cinza a avermelhada (oxidação), tendo como texturas principais a porfirítica, traquítica, vitrofírica, ofítica, glomeroporfirítica, pilotaxítica e intersetal. Os minerais apresentam formas euédricas e subédricas, com fenocristais majoritariamente de plagioclásio de média 0,5 mm (ripidiformes), comumente alterados e orientados em uma matriz afanítica com opacos (0,1-0,3 mm), oxidação (possivelmente de mineralogia máfica -

piroxênios e olivina) e esferulitos. A presença de vesículas preenchidas por carbonato e quartzo também são comuns (tamanhos de 0,5-10mm). A presença de clinopiroxênios é rara, mas é possível encontrar cristais de até 0,2 mm (ALMEIDA *et al.*, 2000, 2012; PETRY, 2006).

Na Figura 4 são mostrados os principais aspectos micropetrográficos associados aos basaltos do MRV: (A) Textura traquítica; (B) Textura intersetal; (C) Ripas de plagioclásio em meio a matriz oxidada; (D) Resquício de mineralogia máfica; (E) Vesículas preenchidas por carbonatos e clorita e (F) Vesículas preenchidas por borda de quartzo e internamente por carbonatos.

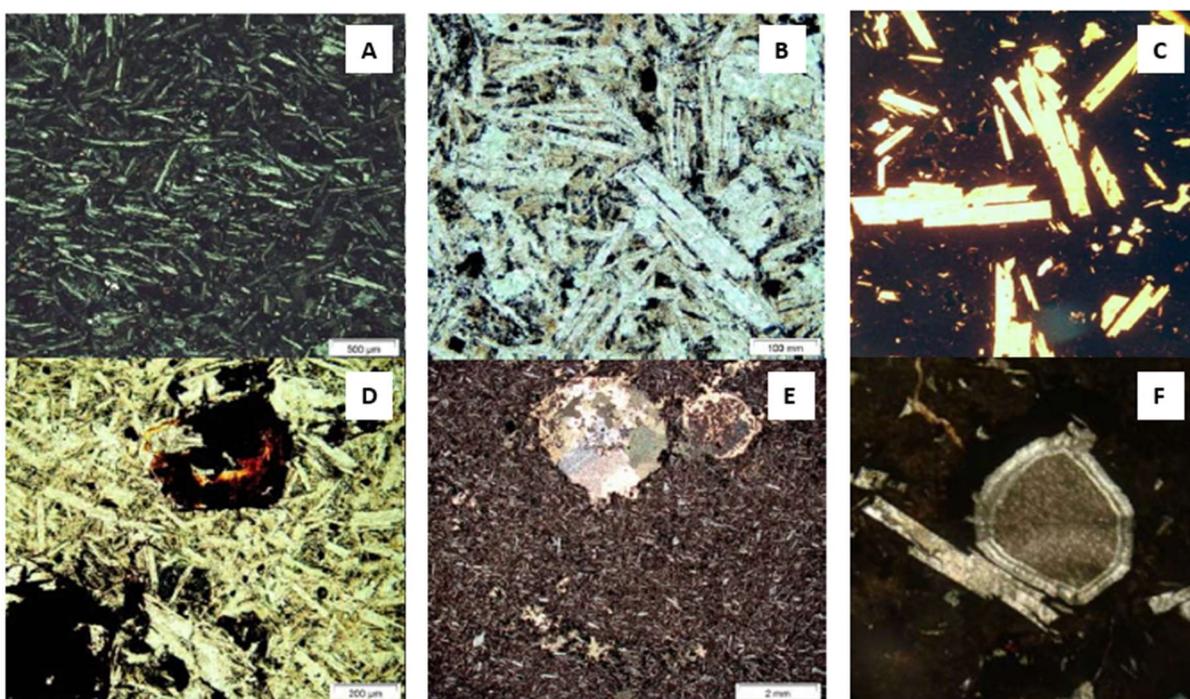


Figura 4: Principais aspectos microtexturais dos derrames do Membro Rodeio Velho presente na área do Arroio Carajá. Imagens A, B, D, E (disponibilidade Prof. Dr. Carlos Augusto Sommer), C, F (Petry, 2006).

Segundo PETRY (2006), que estudou as feições relacionadas a contemporaneidade entre os ciclo vulcânicos e sedimentação dos exemplos do Serra Geral e Rodeio Velho, é possível dividir estágios do ciclo magmático: (i) etapa inicial mais fluída, com derrames em corda e lobos de lava, com baixa remobilização de sedimentos, e (ii) segundo estágio, com derrames mais resfriados, adquirindo aspecto mais espesso e menos fluído, podendo ter lavas tipo a'a' (auto fragmentação) e maior remobilização de sedimentos; (iii) estágio final, com os derrames totalmente resfriados, com os sedimentos recobrando o magma solidificado.

4.3 Geofísica

O Projeto Aerogeofísico do Escudo Sul-Rio-Grandense, a partir de investimento público federal através da CPRM (2010), promoveu os mapeamentos aeromagnéticos e aerogamaespectrométricos. Esses dados estão disponíveis em plataforma online para serem adquiridos e processados de forma livre.

Diversos trabalhos têm utilizado estes dados aerogeofísicos envolvendo aspectos de geologia regional e estrutural de localidades do ESRG (e.g. COSTA *et al.*, 1989; HARTMANN *et al.*, 2016; DE TONI *et al.*, 2021; 1995; FERNANDES *et al.*, 1995b; TRAVASSOS, 2014; COSTA, 2016). Outros trabalhos focaram estudos da Bacia do Camaquã (e.g. KAZMIERCZAK, 2006; PREISLER, 2009; FILHO & MOREIRA, 2014) e ainda trabalhos de detalhe sobre unidades e sistemas geológicos (BAESSO, 2018; SOUZA, 2019).

Os autores usaram de dados aerogeofísicos e de geofísica terrestre de acordo com seus objetivos. O trabalho de PREISLER (2009) utilizou dados aeromagnéticos do Projeto Aerogeofísico Bacia do Camaquã fornecido pela CPRM para nomear domínios magnéticos (DM) denominados como DMO, DMC e DML, oeste, central e leste, respectivamente. HARTMANN *et al.* (2016) descreveu seis províncias magnéticas (PM), nomeadas de PM1 a PM6 no ESRG (Figura 5). A área referente à BC deste projeto situa-se no PM2 e DMC dos autores citados, delimitada pela zona de cisalhamento Sutura de Caçapava do Sul no oeste.

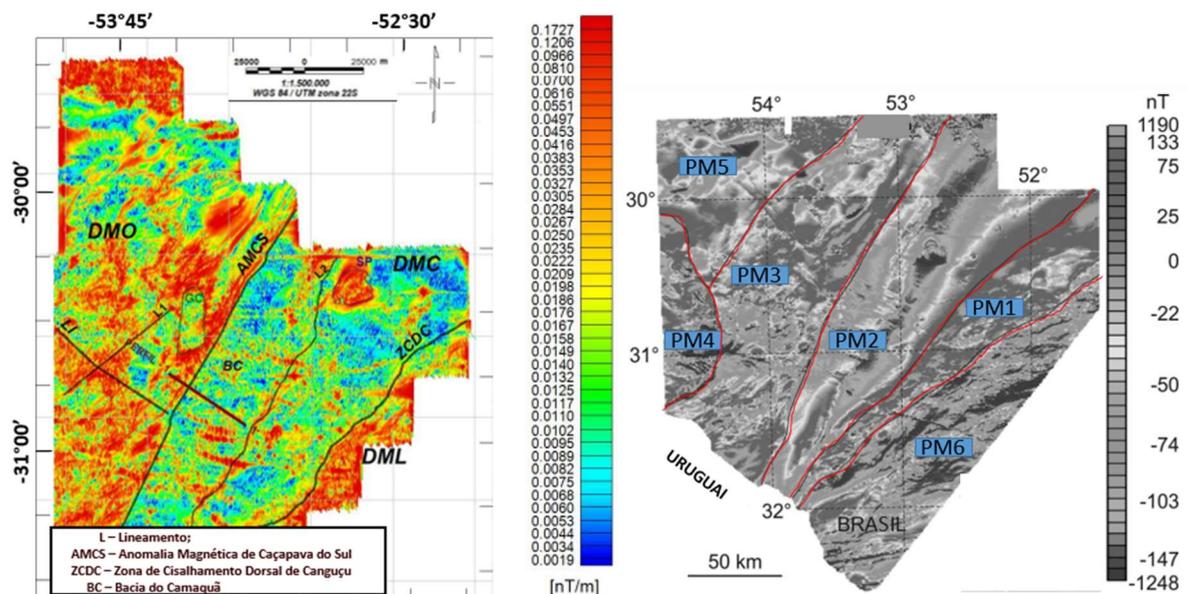


Figura 5: Delimitação aeromagnética na porção centro-leste do ESRG por PREISLER (2009) – imagem esquerda e a delimitação do ESRG por HARTMANN *et al.* (2016) – imagem direita. Retirado/modificado de HARTMANN *et al.* (2016) e PREISLER (2009).

O trabalho realizado por SOARES (2011) não usou de dados aerogeofísicos da CPRM (2010), mas utilizou de dados gravimétricos disponibilizados por várias instituições (UFRGS, IBGE e IAG/USP) para tratar de modelagem no rifte guaritas, onde modelou a profundidade do embasamento na região próxima à área do estudo deste projeto (Figura 6).

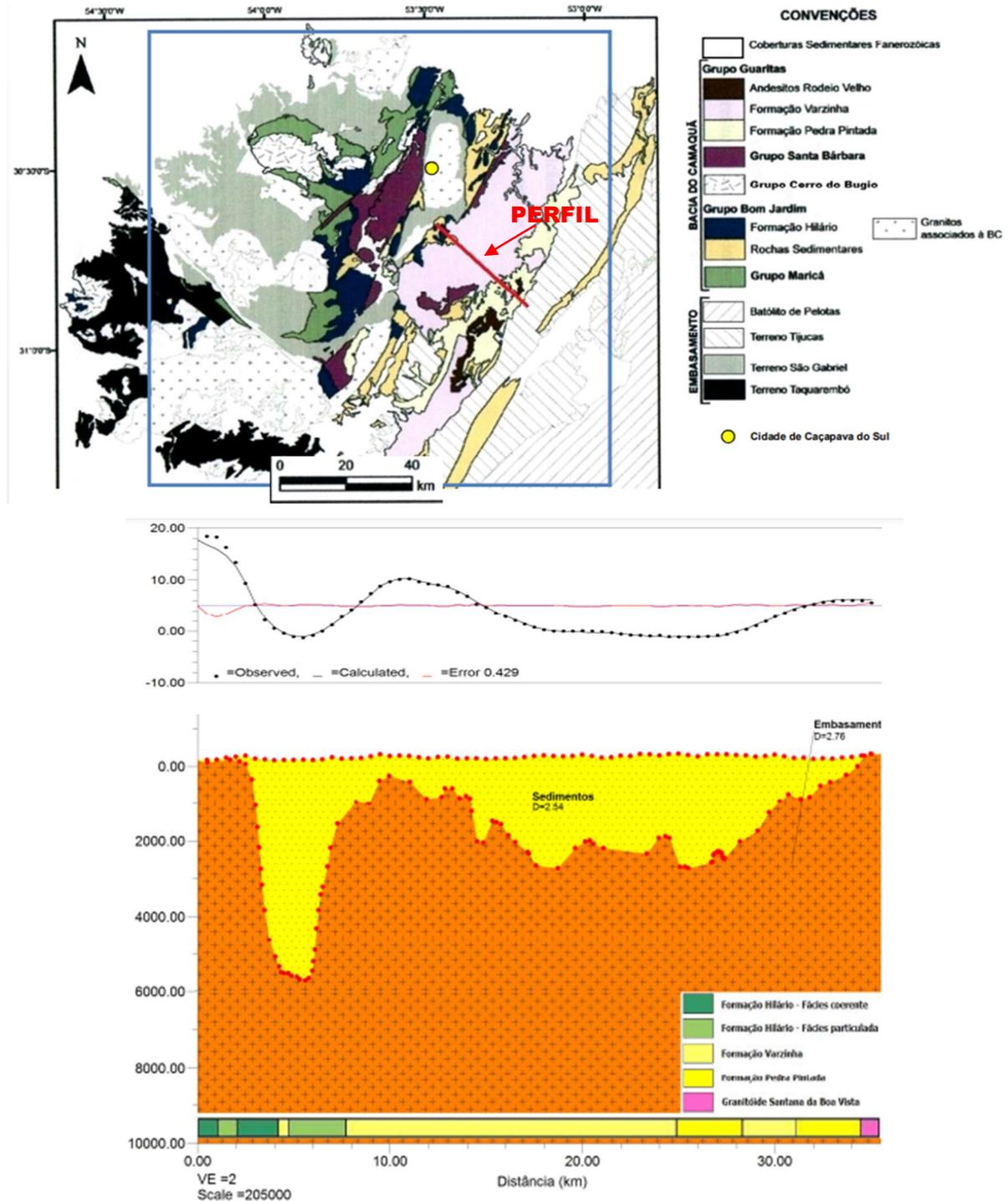


Figura 6: Modelagem gravimétrica 2D do perfil proposto por SOARES (2011) no Rifte Guaritas. Retirado e modificado de SOARES (2011).

Trabalhos geofísicos de maior escala na área de estudo deste projeto (relacionados ao Membro Rodeio Velho) são praticamente inexistentes, ou pelo menos ainda não publicados. Este trabalho contará com o acesso aos dados aerogeofísicos gamaespectrométricos e magnetométricos da CPRM (2010) e será apoiado, com geofísica terrestre magnetométrica e gamaespectrométrica em alvos de interesse verificados no processamento digital.

5 METODOLOGIA

5.1 Compilação Bibliográfica e Banco De Dados

O projeto contou com revisão bibliográfica e aquisição de dados em busca da assimilação das informações já existentes relacionadas ao MRV do GG dentro do contexto geológico da Bacia do Camaquã. Nesta etapa também foi realizada uma revisão conceitual sobre os métodos geofísicos aplicados e dos respectivos processamentos. A compilação foi realizada em todas as etapas deste trabalho, pertinente ao bom andamento e realização do projeto. Tratou de atividade de escritório possibilitando a criação de mapas, estratégias preliminares de campo e aporte científico para as discussões e resultados obtidos.

5.2 Geoprocessamento

O geoprocessamento pode ser agrupado em dois objetivos, onde o primeiro trata de uma cartografia digital, destinada ao uso de softwares de Sistema de Informação Geográfica (GIS), obtendo-se mapas base para estudo preliminar da área, compilação de dados e dos resultados adquiridos. O segundo objetivo relaciona-se ao uso de softwares de processamento e manuseio de dados geofísicos, a fim de adquirir mapas temáticos de gamaespectrometria e de magnetometria.

A gestão de dados vetoriais e matriciais deste projeto foi realizada por intermédio de plataformas de cartografia digital, tendo os softwares *ArcGis 10.5* e *QGis 3.10.7* como plataformas principais. Além destes, ferramentas do software *AutoCAD* e *Excel* também foram utilizadas como apoio. Para confecção dos mapas, perfis e figuras utilizou-se os softwares citados anteriormente integrados a programas de edição visual, sendo estes *Adobe Illustrator CS6* e *Microsoft PowerPoint*. Para a criação do Modelo Digital de Elevação (MDE) contou-se com as imagens fornecidas pelo satélite *ALOS - PALSAR* (imagens de domínio público em: <https://search.asf.alaska.edu/#/>). O sensor PALSAR foi capaz de fornecer imagens de resolução espacial ajustada de 12,5m na região da área de estudo. O projeto contou com a disponibilidade de dados digitais trabalhados previamente sobre a geologia e localidade das rochas pertencentes ao MRV, fornecido pelo Grupo de Pesquisa em Petrologia e Estratigrafia de Sequências Vulcânicas (IGEO/UFRGS).

Para a criação de mapas geofísicos, aplicação de correções e filtros foi utilizado o programa *OASIS MONTAJ*. A obtenção de dados aerogeofísicos pôde ser adquirida em todas as etapas do projeto, devido à disponibilidade dos dados de domínio público fornecidos pela plataforma online da CPRM (<http://geosgb.cprm.gov.br/geosgb/downloads.html>), onde se encontra levantamentos em escala do ESRG (Projeto Aerogeofísico do Escudo Sul-Rio-Grandense), permitindo realizar o seu processamento.

5.3 Levantamento Aerogeofísico

Os produtos geofísicos criado são originados de dados fornecidos pela CPRM, (2010) que viabilizam produtos (geoprocessamento) aerogamaespectrométricos e aeromagnetométricos digitais. Os dados foram processados em softwares com ferramentas de manuseio de dados geofísicos (*Oasis Montaj*, *ArcGis* e *QGis*), onde puderam ser usadas técnicas de correção, filtragem e detalhamentos das áreas de interesse. O uso das respostas geofísicas gama e susceptibilidade magnética (através dos contrastes de propriedades físicas do materiais) são as principais utilidades desses dados para alcançar os objetivos deste projeto, além da integração com ferramentas de sensoriamento remoto e informações presentes na bibliografia.

O aerolevantamento geofísico do ESRG realizou 159.789,21 km em perfis abrangendo uma área superior a 70.000 km² da região centro-sul do estado, com voos a 100 metros de altura do terreno. O projeto conta com linhas de voo N-S espaçadas em 500 metros e linhas de controle E-O espaçadas em 1 km (para fins de interpolação aerogeofísica foram utilizadas as linhas de voo), Figura 7. Na área de estudo, o levantamento foi realizado pela aeronave modelo Cessna C-208B Caravan PT-MEP. As medições foram realizadas por um magnetômetro modelo Scintrex CS-2 com medidas a cada 1s e um gamaespectrômetro modelo *Exploranium* 820 (256 canais espectrais) com medidas a cada 0,1s (CPRM, 2010).

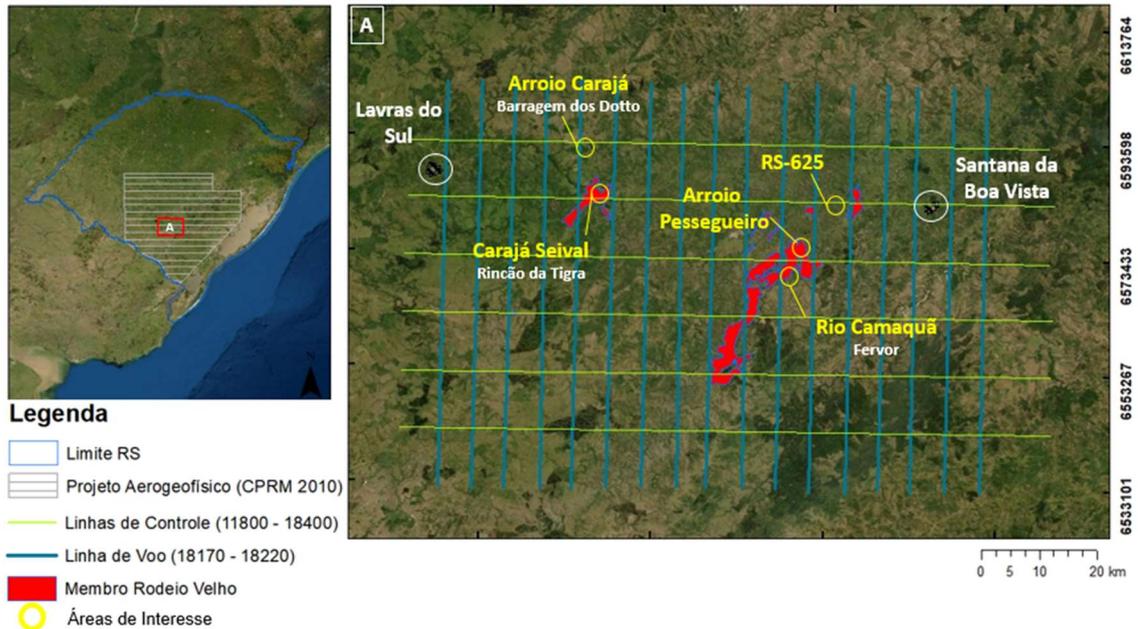


Figura 7: Corpos rochosos mapeados do MRV e malha do levantamento aerogeofísico do ESGR realizado (Dados: CPRM, 2008; CPRM, 2010).

Para o objetivo do estudo foram realizadas cinco janelas para processamento aerogeofísico, mostradas na Figura 8. As janelas planejadas possuem a finalidade de abranger as áreas de interesse e que foram acompanhadas em campo (geofísica terrestre e observação geológica). A janela “Global” teve objetivo de analisar a geofísica regional da ocorrência do MRV. Os resultados e discussões sobre a aerogeofísica serão abordados nos itens 6 e 7 desta monografia.

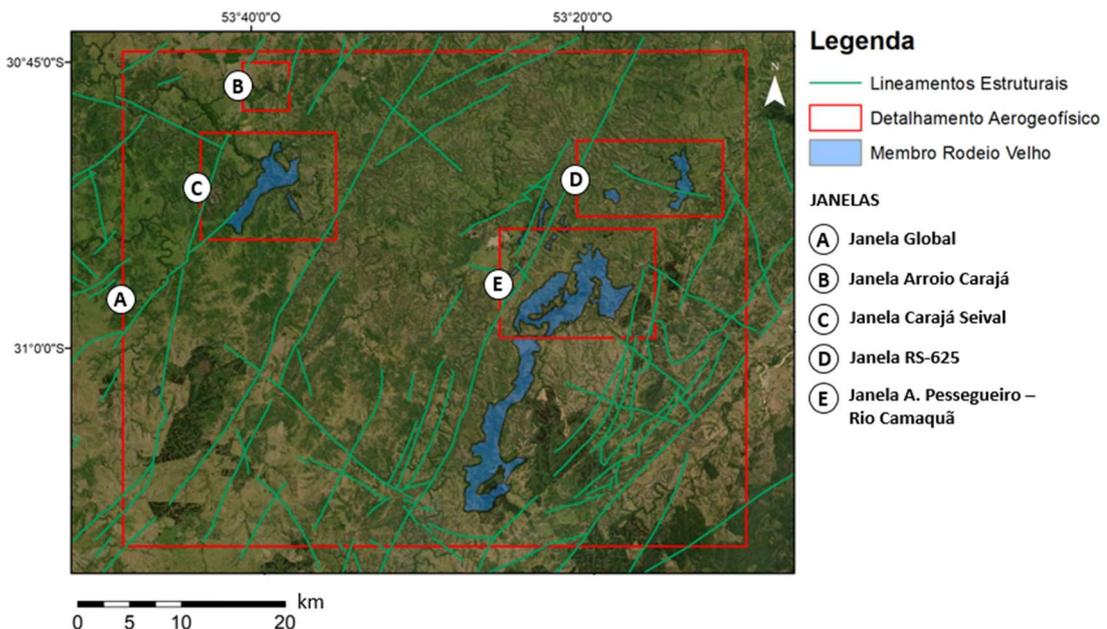


Figura 8: Janelas aerogeofísicas projetadas sobre localidades de interesse do MRV. Lineamentos e limites MRV através de CPRM, 2008.

Para manuseio dos dados do Projeto Aerogeofísico do ESRG, foi necessária a conversão do banco de dados ASCII XYZ para o formato *geodatabase* (GDB's). Os dados foram organizados em planilhas (colunas x linhas) com informações de posicionamento das linhas de voo corrigidas e com os canais de informação tabelados do aerolevante magnetométrico e gamaespectrométrico (CPRM 2010).

Os dados foram processados em softwares com ferramentas de manuseio de dados geofísicos (*Oasis Montaj*, *ArcGis* e *QGis*), onde puderam ser usadas técnicas de filtragem, correções e detalhamentos das áreas de interesse. A manipulação dos dados ASCII XYZ através destes programas forneceu os mapas de interpolação e filtragens deste trabalho. O uso das respostas geofísicas das propriedades físicas dos materiais são as principais utilidades desses dados para alcançar os objetivos deste projeto, além da integração com ferramentas de sensoriamento remoto e informações presentes na bibliografia.

5.3.1 Aeromagnetometria

A magnetometria integrada a sistemas aerotransportados (aviões, helicópteros e drones) define a aeromagnetometria. Esta técnica tem sido de grande uso ao mapeamento de corpos ígneos, já que geralmente apresentam bons contrastes das propriedades físicas (maior susceptibilidade magnética devido sua mineralogia) que suas encaixantes (e.g., NABIGHIAN *et al.*, 2005).

Este método geofísico tem como embasamento teórico e prático as propriedades do Campo Magnético Terrestre (CMT), que usa do contraste das propriedades físicas das rochas (medindo-se a susceptibilidade magnética e magnetização) e de suas encaixantes, criando pequenas distorções chamadas de anomalias magnéticas. Essas anomalias podem ser reduzidas (corrigidas), para fornecer melhores características do material (litologia) estudada, contribuindo para uma análise mais adequada.

O CMT é afetado de acordo com a latitude, longitude, período do dia e materiais geológicos em superfície e subsuperfície, mostrando variações irregulares em orientação e magnitude. Investigar a geologia com base em anomalias magnéticas é resultado das propriedades magnéticas das rochas. Certos minerais presentes nas

rochas garantem anomalias significativas, possibilitando definir domínios magnéticos e estruturas geológicas regionais (e.g., KEAREY *et al.*, 2009).

O magnetismo medido na superfície da Terra é resultado de três diferentes componentes: 1) campo magnético principal – originado no núcleo externo da Terra; 2) campo magnético externo – gerado pela interação do campo magnético principal e o campo magnético do Sol; 3) campo magnético crustal – originado pelo magnetismo das rochas. Este campo geomagnético medido na superfície pode ser representado por um sistema de coordenadas cartesiano tridimensional (Figura 9). O vetor de intensidade (F) possui uma componente vertical (Z) e uma horizontal (H) na direção do norte magnético. O ângulo de caimento de (F) é a inclinação (I) do campo e o ângulo horizontal entre o norte geográfico e o magnético é a declinação (D). A intensidade do CMT varia de cerca de 25000 nT nas regiões equatoriais a cerca de 70000 nT nos polos. No entanto, em alguns locais, existem anomalias importantes que apresentam valores próximos de 22000 nT, como é o caso da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (SAMA) (HARTMANN & PACCA, 2009).

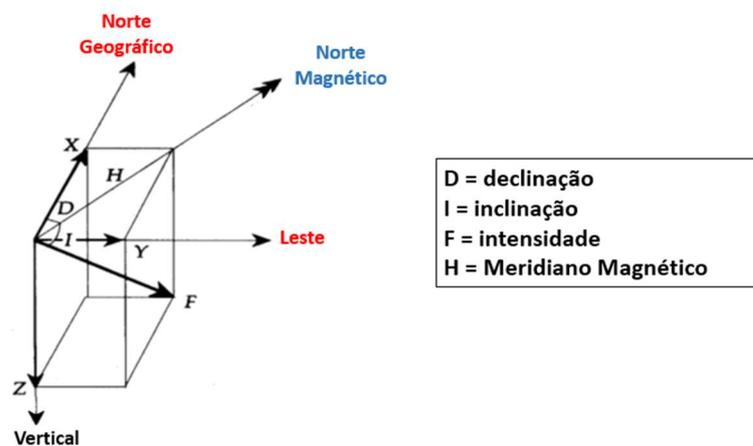


Figura 9: Componentes geomagnéticas. Modificado de KEAREY *et al.*, (2009).

As relações vetoriais entre os componentes geomagnéticos podem ser calculados a partir das equações a seguir:

$$\begin{aligned}
 X &= F \times \cos(I) \times \cos(D) & Y &= F \times \cos(I) \times \sin(D) & Z &= F \times \sin(I) \\
 D &= \arctan \frac{Y}{X} & I &= \arctan \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}}
 \end{aligned}$$

O magnetismo em rochas se dará em função da química e concentração de minerais com susceptibilidade magnética capazes de provocar anomalias, já que os minerais formadores de rochas em geral exibem susceptibilidade baixa. O grupo de

minerais ferro-titânio-oxigênio possibilitam melhores respostas magnéticas quando presentes, sendo a magnetita (Fe_3O_4) a mais comum. O tamanho e dispersão dos grãos afetam o comportamento magnético das rochas. Uma classificação geral desse comportamento nos grandes grupos de rochas pode ser observada na Figura 10.

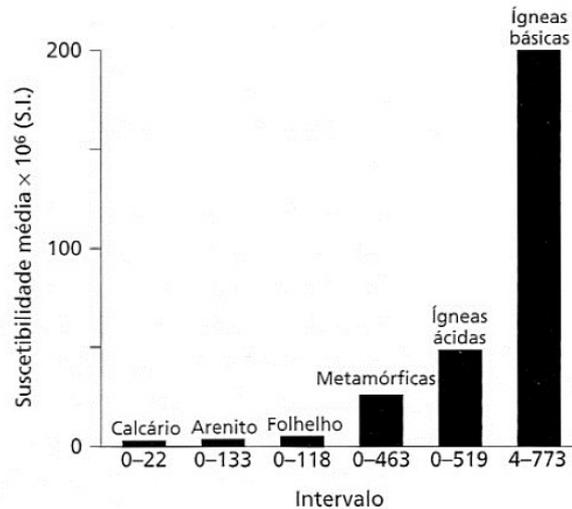


Figura 10: Susceptibilidade magnética média entre os principais grupos de rochas. Retirado de KEAREY *et al.*, (2009).

Percebe-se que há um forte diferença de resposta entre as rochas ígneas básicas e rochas sedimentares. ROBINSON (1988) relata resumidamente esse comportamento através do Quadro 1.

Quadro 1: Comportamento da susceptibilidade magnética dos principais grupos de rochas terrestres (ROBINSON, 1988).

GRUPO DE ROCHA	Susceptibilidade Magnética ($\times 10^3$ SI)
Rochas Ígneas	
Granitos	0 a 50×10^3
Riolito	$0,2$ a 35×10^3
Pórfiro (Diversos)	$0,3$ a 200×10^3
Basaltos	$0,2$ a 175×10^3
Peridotitos	90 a 200×10^3
Rochas metamórficas	
Xisto	$0,3$ a 3×10^3
Gnaisse	$0,1$ a 25×10^3
Quartzito	0 a 4×10^3
Ardósia	0 a 35×10^3
Rochas sedimentares	
Dolomita	0 a $0,9 \times 10^3$
Calcário	0 a 3×10^3
Arenito	0 a 20×10^3
Folhelho	$0,01$ a 15×10^3

Mapas aeromagnetométricos tem sido muito utilizados em trabalhos geofísicos regionais, onde maiores resoluções (de maior escala) são dispensadas. Mesmo assim, possibilita identificar contrastes geológicos em profundidade. São estudos rápidos, de menor custo e de maior abrangência regional (e.g., HINZE *et al.*, 2013).

A integração deste método visa possibilitar a identificação das estruturas geológicas presentes nas áreas de influência do MRV, além de buscar delimitar corpos em que seja possível realizar a caracterização de diferentes comportamentos magnéticos das litologias em subsuperfície associadas.

5.3.2 Aerogamaespectrometria

Os princípios gamaespectrométricos integrados a sistemas aerotransportados caracterizam o método aerogamaespectrométrico. Os fundamentos desta técnica baseiam-se na radioatividade natural das rochas, propriedade física possível de ser medida através de sensores (HILDENBRAND, 2014).

A detecção da radioatividade, realizada pela leitura da emissão de raios gama, é fundamentada pela desintegração radioativa de elementos contidos em até 45 cm da superfície dos terrenos. Em geral, a maioria dos isótopos naturais contidos nos solos emitem radioatividade fraca, sendo os elementos Potássio (^{40}K), série do Urânio (^{238}U) e série do Tório (^{232}Th) utilizados nesta técnica, encontrados em proporções variadas de acordo com a mineralogia e composição geral das rochas (MOXHAM, 1963; PIRES & HARTHILL, 1989).

No Quadro 2 é apresentada uma síntese das médias de respostas radioativas de acordo com grupos principais de rochas.

Quadro 2: Range de valores gamaespectrométricos obtidos nos principais grupos de rochas terrestres (valores médios em parênteses). Traduzido de Dickson & Scott (1997).

Tipo de Rocha	Rochas			Solos		
	K %	U ppm	Th ppp	K %	U ppm	Th ppp
INTRUSIVAS						
Granitóides	0,3 – 4,5 (2,4)	0,4 – 7,8 (3,3)	2,3 – 45 (16)	0,4 – 3,9 (2,1)	0,5 – 7,8 (2,7)	2,0 – 37 (13)
Gnaisses	2,4 – 3,8 (2,4)	2,1 – 3,6 (2,5)	18 – 55 (15)	0,7 – 1,9 (1,3)	1,6 – 3,8 (2,2)	6,0 – 19 (12)
Pegmatitos	2,6 – 5,5 (3,7)	0,3 – 1,0 (0,7)	0,3 – 9,6 (2,0)	--	--	--
Aplitos	0,6 – 4,0 (2,4)	1,0 – 8,0 (3,3)	3,0 – 20 (7,0)	--	--	--
Pórfiros Quartzo-Feldspáticos	1,0 – 5,0 (2,9)	1,3 – 2,9 (1,7)	6,0 – 14 (13)	--	--	--
Intrusões Intermediárias	0,7 – 5,6 (2,7)	0,1 – 1,2 (0,8)	0,8 – 6,1 (2,4)	0,7 – 3,4 (1,6)	1,5 – 2,3 (1,9)	2,9 – 8,4 (5,6)
Intrusões Máficas	0,1 – 0,8 (0,4)	0,0 – 1,1 (0,3)	0,0 – 3,1 (1,2)	--	--	--
EXTRUSIVAS						
Vulcânicas Félsicas	2,0 – 4,4 (3,7)	1,4 – 13 (2,4)	13 – 28 (17)	1,8 – 3,2 (2,4)	1,3 – 2,4 (2,1)	10 – 18 (13)
Vulcânicas Intermediárias	1,8 – 4,1 (2,7)	0,9 – 5,6 (2,3)	1,5 – 15 (9,0)	1,0 – 2,7 (1,9)	1,2 – 3,6 (2,1)	4,0 – 17 (10)
Andesitos Baixo-K	0,7 – 0,9 (0,8)	1,0 – 2,5 (1,6)	3,0 – 8,0 (5,0)	0,8 – 1,5 (1,9)	1,2 – 1,5 (1,3)	4,0 – 6,0 (5,0)
Vulcânicas Máficas	0,3 – 1,3 (0,9)	0,3 – 1,3 (0,7)	2,0 – 5,0 (3,0)	0,2 – 1,4 (0,7)	0,6 – 2,5 (1,6)	3,3 – 13 (7,9)
Vulcânicas Ultramáficas	0,2 – 0,9 (0,4)	0,3 – 0,9 (0,6)	0,0 – 4,0 (1,2)	0,6	2,0	6,0
SEDIMENTARES						
Xistos Arqueanos	0,4 – 1,6 (0,9)	0,3 – 1,3 (0,9)	1,0 -5,0 (2,7)	0,8	1,2	3,0
Xistos em Geral	0,1 – 4,0 (2,6)	1,6 – 3,8 (2,6)	10 – 55 (19)	0,7 – 3,0 (1,5)	1,2 – 5,0 (2,3)	6,0 – 19 (13)
Arenitos	0,0 – 5,5 (1,8)	0,7 – 5,1 (2,3)	4,0 – 22 (12)	0,1 – 2,4 (1,3)	1,2 – 4,4 (2,1)	7,0 – 18 (11)
Carbonatos	0,0 – 0,5 (0,2)	0,4 – 2,9 (1,6)	0,0 – 2,9 (1,4)	--	--	--

Este método tem sido muito útil nos trabalhos de mapeamento geológico, pois baseia-se na assinatura radiométrica obtida das rochas (atuação até 1 metro de profundidade aproximadamente). Por este motivo, este método aerogamaespectrométrico foi bastante útil na individualização das formações sedimentares do GG e, de forma menos precisa, sobre as rochas vulcânicas básicas/intermediárias do MRV nas áreas estudadas.

5.3.3 Correções e Filtragens

O projeto aerogeofísico do ESRG realizado por CPRM (2010) foi obtido através de empresa especializada na aquisição de produtos aerogeofísicos (LASA). Os dados disponibilizados possuem correções já aplicadas ao levantamento aeromagnético e aerogamaespectrométrico. O Quadro 3 e Quadro 4 mostram, resumidamente, as principais correções realizadas no banco de dados. Essas informações foram extraídas do Relatório Final do Levantamento e Processamento de Dados Magnetométricos e Gamaespectrométricos do ESRG (CPRM, 2010).

Quadro 3: Resumo das correções aplicadas ao produto aeromagnetométrico do ESRG (CPRM, 2010).

AEROMAGNETOMETRIA		
CORREÇÃO	OBJETIVO	RESULTADO
Erro de Paralaxe (Fc)	Reduzir o erro de defasagem entre o tempo de medição do magnetômetro e a altitude de voo.	Procedimento automatizado aplicando-se: $F_c(t_0) = F_c(t_0 \pm I_p)$ T₀ - Tempo da Amostragem; I_p - Valor do Intervalo de Tempo a ser deslocado no banco de dados.
Varição Magnética Diurna	Soma ou subtração de intensidade total do campo magnético de acordo com a hora de amostragem.	Soma de 28.708 nT à área do ESRG.
Nivelamento de Perfis	Ajuste de intensidade total do campo magnético quanto a cruzamentos de valores em linhas de voo e controle.	Procedimento automatizado XLEVEK GX onde intersecta valores iguais entre as linhas de voo e controle.
Micronivelamento dos Perfis	Ajuste de detalhe de intensidade total do campo magnético quanto a cruzamentos de valores em linhas de voo e controle após nivelamento preliminar.	Aplicação de filtro (Butterworth e Cosseno Direcional) resultando em grids mostrando desnivelamentos residuais.
IGRS – <i>International Geomagnetic Reference Field</i>	Aplicação de tendência de comportamento do campo magnético com base no IGRF.	Procedimento no sistema OMG. IGRF: altitude 200m/2010. Correção a partir de dado micronivelado, restando as anomalias do campo da área.

Quadro 4: Resumo das correções aplicadas ao produto aerogamaespectrométrico do ERSG (CPRM, 2010).

AEROGAMAESPECTROMETRIA		
CORREÇÃO	OBJETIVO	RESULTADO
Erro de Paralaxe	Erro de defasagem entre o tempo de medição do gamaespectrômetro e a altitude de voo.	Não foram encontrados erros.
Tempo Morto	Ajuste da lacuna de tempo entre medições, usando-se a razão das contagens totais no voo, normalizando os canais radiométricos pelo valor <i>live time</i> do espectrômetro.	Obtenção de valores brutos dos canais de contagem total (K, U e Th) em cps.
Filtragem	Usado em dados afetados por variações de alta frequência do altímetro, radiação cósmica e urânio <i>up</i> (influência do Radônio)	Aplicação de Filtragem Não Linear - remoção <i>spikes</i> da variação abruptas do altímetro e Filtragem Passa-Baixa – redução estatística da radiação cósmica e interferência do radônio.
Altura Efetiva de Voo (He)	Ajuste visando minimizar as irregularidades do terreno fazendo que a altura de voo não seja integralmente constante.	<p>Processo automatizado aplicando-se:</p> $He = h \left(\frac{273,15}{T} + 273,15 \right) \times \left(\frac{P}{273,15} \right)$ <p>h - altura de voo medida pelo radar altímetro em metros; T - temperatura do ar em graus Celsius; P - pressão atmosférica em milibar.</p>
Radiação de Fundo da Aeronave e Cósmico (N_{Ac})	Remoção da interferência da energia relacionada aos raios cósmicos que interagem com os átomos da atmosfera e radiação emitida pela aeronave.	<p>Processo automatizado aplicando-se:</p> $N_{Ac} = a + b \times c$ <p>a – radiação de fundo da aeronave na janela utilizada; b – fator de espalhamento cósmico. É adquirido em voos realizados sobre grandes lâminas d'água como lagos e o oceano, onde a radiação terrestre sofre bloqueio pelo efeito da blindagem de água; c – canal com as contagens de radiação cósmica filtradas.</p>
Efeito Compton	Remoção da influência da radiação dos canais de alta energia que interferem nos canais de mais baixa energia.	Em geral é corrigido a interferência do Th no U e K e do U no K.

Conversão para Concentração de Elementos	Determinação da sensibilidade dos detectores da aeronave aos elementos K, Th e U com base nas razões medidas em testes a bordo e em solo.	Sensibilidades obtidas para a aeronave PT-MEP: Contagem Total: 164,61 cps/ μ Rh ⁻¹ CT Potássio: 53,07 cps/%K Urânio: 10,14 cps/ppm eU Tório: 3,66 cps/ppm eTh Calibração da taxa de exposição: 13,67 μ Rh
Radônio Atmosférico	Remoção do ruído de fundo de radônio detectado <i>downward</i> do elemento filho ²²² Rn atmosférico que cria espectro idêntico ao decaimento do U.	Coeficientes de contribuição do Radônio (a) obtidos na aeronave PT-MEP: Contagem Total a _{tc} = 14,5610 Potássio a _k = 0,97995 Urânio a _u = 0,2262 Tório a _t = 0,0718
Coefficiente de Atenuação Atmosférica	Normalizar os valores radiométricos obtidos à altura nominal do aerolevante, retirando anomalias falsas quanto a elevação do terreno.	Coeficientes obtidos para a aeronave PT-MEP: Contagem Total: -0,0071 Potássio: -0,0090 Urânio: -0,0078 Tório: -0,0071

A partir destas correções já aplicadas nos dados aerogeofísicos, os mesmos puderam ser manuseados no software *OASIS MONTAJ*.

Foi utilizado o Campo Magnético Total Corrigido (MAGCOR) para gerar as figuras aeromagnetométricas de CMT (nT). Para as figuras aerogamaespectrométricas, utilizou-se os canais radiométricos de Contagem Total Corrigida (CTCOR), potássio em porcentagem (Kperc), equivalente tório em ppm (eTh) e equivalente de urânio em ppm (eU). Para a interpolação de dados para criar os mapas usou-se do método por Mínima Curvatura para criar os grids. O espaçamento das células dos grids se basearam em $\frac{1}{4}$ do espaçamento das linhas de voo aerogeofísico, equivalendo a 125 metros dos 500 metros do projeto aerogeofísico.

5.4 Trabalho de Campo/Geofísica Terrestre

Esta etapa foi promovida nos dias 7 a 10 de dezembro de 2021, mediante autorização e viabilidade por parte do IGEO-UFRGS, em condição favorável referente à situação da Covid-19, durante a execução deste projeto. A obtenção de dados geofísicos por aquisição terrestre foi idealizada de forma a integrar aos resultados obtidos da análise aerogeofísica, levando em conta locais que demonstraram contrastes das propriedades físicas que justificassem verificação em campo. Se caracterizou como etapa de campo deste projeto, tendo os principais objetivos envolvidos:

- (1) Realização de levantamentos gamaespectrométricos e magnetométricos em alvos de interesse originados do processamento aerogeofísico;
- (2) Coleta de coordenadas, descrições litológicas de detalhe, fotografias, retirada de amostras e descrições pertinentes;
- (3) Cruzamento de informações de campo com o resultado aerogeofísico ou das morfo-estruturas geradas do processamento digital.

O campo contou com o uso de equipamentos (gamaespectrômetro portátil, magnetômetro, GNSS de mão) fornecidos pelo IGEO/UFRGS e materiais de campo pessoais como câmera fotográfica/celular, prancheta de anotação, caderneta, martelo geológico, lupa 10x de mão, caneta de marcação, sacolas plásticas, escalímetro, fita adesiva e EPIs como óculos de proteção, perneira, máscara e álcool gel (precaução Covid-19). A atividade foi de caráter prático, necessitando deslocamento até a área (uso de veículo e motorista com investimento por parte do Instituto de Geociências - UFRGS).

A gamaespectrometria contou com gamaespectrômetro portátil RS-125/230 para obtenção de dados (Figura 11), posicionando-se o aparelho sob a rocha (quando não possível, foi feito sob o solo) e aciona-se o aparelho para uma medição contínua de 60 segundos. Ao final deste tempo, o aparelho fornece uma leitura média dos dados obtidos no tempo. Foram realizadas três medidas a fim de obter uma média aritmética do local.



Figura 11: Uso de gamaespectrômetro portátil em campo.

A magnetometria usou de magnetômetro modelo *GEM System Inc Canadá GST19*. O procedimento é realizado coletando-se com um magnetômetro móvel (Figura 12) os dados na área de interesse. As medições são realizadas com um raio de cerca de 10 metros de distância de qualquer objeto metálico (evitou-se realizar levantamentos com proximidade de celulares, componentes metálicos como cercas, carros, corrente elétrica e outros). O equipamento é dividido em dois segmentos: um equipamento onde o resultado é visualizado, e um bastão, que deve estar orientado corretamente para o Norte. Também são feitas três medidas para balancear quaisquer erros.

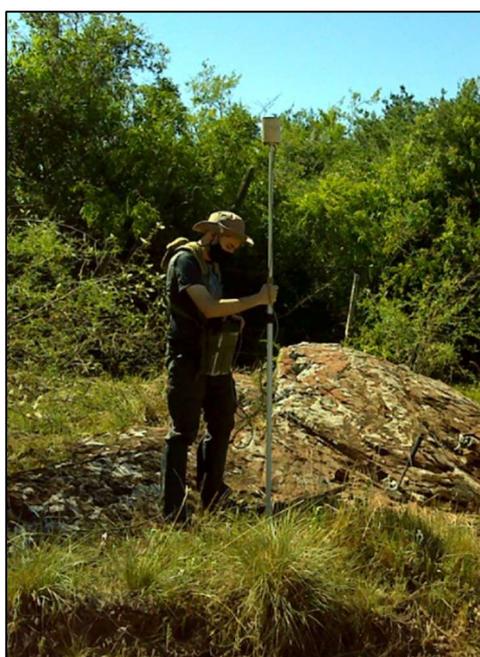


Figura 12: Medições em campo com magnetômetro móvel.

O equipamento GNSS Garmin portátil, de precisão de 1 a 3 metros, serviu como base georreferencial dos dados coletados, tendo-se medido as coordenadas a cada ponto de coleta de dados geofísicos para sua correlação espacial. A coleta de dados foi duplamente registrada: (a) pelos equipamentos GNSS, gamaespectrômetro e magnetômetro e (b) por anotação manual de segurança em tabela de preenchimento (Figura 13).

DATA: __/__/__

PONTO	COORDENADA (UTM)			GAMAESPECTOMETRIA				MAGNETOMETRIA (nT)	Hora
	E (m)	N (m)	Elev. (m)	DR (nGyh-1)	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)		

Figura 13: Escopo de tabela de preenchimento manual para coletar dados de campo.

Os dados obtidos em campo foram primeiramente tratados em planilhas no software *Excel* (arquivo .xls) e posteriormente convertidos para (.xyz) ou (.gdb) sendo estes formatos compatíveis ao software *Oasis Montaj* para serem processados e interpolados como grids para geração de mapas. Os dados coletados em campo estão no APÊNDICE, ao final deste documento.

5.4.1 Validação dos Dados

Os dados gamaespectrométricos são retirados *in situ* nas rochas expostas, onde foram realizados três medições em cada ponto, obtendo-se os valores médios de contagem total (CT), K (%), eU (ppm) e eTh (ppm). O equipamento RS-125/230 necessita estar estabilizado para realizar medições, onde recebe a radiação dos elementos por 60 segundos antes de permitir as leituras. Os valores obtidos não necessitaram de correções. Durante a atividade, apenas o PGR-47 não estabilizou, não obtendo-se os parâmetros gamaespectrométricos e, portanto, não sendo utilizado na análise.

Quanto aos dados magnetométricos coletados, inicialmente foi usado o sistema duplo base-rover, porém verificou-se que o equipamento base demonstrou problemas na obtenção de medidas do campo magnético total durante a coleta de dados em campo, não podendo ser utilizado para a correção da variação diurna.

Como substituição, os mesmos foram validados observando-se o registro de estabilidade de medidas magnetométrica *in situ* (resultados muito variantes no mesmo local indicam interferência magnética) e constância magnética diurna durante os dias de trabalho usando-se os dados disponibilizados gratuitamente em (<https://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/index.html>) – *World Data Center for Geomagnetism, Kyoto* (Figura 14). Durante os dias 7 a 10 de dezembro de 2021 os componentes magnéticos terrestres sofreram variação diurna máxima de ± 14 nT, mas em média ± 7 nT. Isso mostra uma variação diurna que pouco afetou os dados de campo, sendo as respostas magnéticas adquiridas relacionada às rochas e suas estruturas em profundidade.

Também informa-se que não foi realizado correção IGRF para os dados coletados em campo pela geofísica terrestre.

WDC for Geomagnetism, Kyoto																								
Hourly Equatorial Dst Values (REAL-TIME)																								
DECEMBER 2021																								
unit=nT																								
DAY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	-43	-36	-36	-40	-38	-38	-38	-35	-27	-30	-31	-30	-31	-27	-29	-30	-29	-43	-30	-36	-36	-37	-31	-35
2	-34	-29	-27	-26	-26	-24	-24	-24	-23	-25	-24	-22	-19	-16	-14	-19	-21	-20	-22	-24	-26	-26	-25	-27
3	-23	-21	-19	-17	-15	-12	-9	-9	-11	-15	-16	-14	-13	-13	-15	-19	-21	-14	-14	-18	-19	-17	-14	-13
4	-13	-11	-15	-16	-14	-14	-17	-21	-23	-25	-22	-17	-17	-14	-12	-18	-18	-13	-7	-7	-6	-7	-9	-12
5	-12	-12	-11	-13	-10	-8	-9	-12	-15	-17	-13	-10	-10	-9	-9	-8	-12	-12	-12	-15	-17	-17	-19	-24
6	-25	-19	-15	-13	-9	-9	-11	-7	-7	-8	-9	-12	-11	-6	-4	-9	-16	-16	-14	-14	-12	-11	-10	-12
7	-12	-8	-8	-7	-6	-5	-6	-6	-7	-6	-5	-5	-5	-5	-4	-6	-7	-6	-4	-6	-7	-5	-7	-5
8	-3	-4	-3	-3	-2	0	0	-2	-2	-4	-6	-4	-4	-7	-7	-7	-5	-4	-3	-6	-8	-8	-8	-9
9	-11	-13	-12	-10	-4	1	-1	-3	-3	-1	1	1	2	1	-1	-1	0	0	1	1	1	1	-2	-2
10	-1	1	4	7	8	7	6	3	3	6	9	8	6	5	5	11	13	14	13	12	14	12	11	14
11	14	12	12	10	2	2	1	1	3	3	1	0	2	3	3	1	1	2	1	1	-3	-3	-1	-2
12	-1	0	1	1	3	4	4	4	2	1	1	2	3	3	1	-2	0	0	-1	1	3	6	9	10
13	10	10	8	5	-1	-7	0	7	5	6	4	1	-1	-1	0	0	-2	0	5	7	10	9	9	8
14	9	8	3	4	5	4	3	-1	-2	-5	-4	-1	0	-1	-3	-5	-4	-4	-5	-4	-4	1	0	-1
15	2	3	4	11	12	14	15	13	8	0	-10	-2	-2	-4	-6	-4	-8	-4	1	1	-2	-3	0	0
16	-1	1	3	1	0	1	-2	-8	-5	-7	-7	-11	-8	-5	-3	-1	-1	-2	-7	-7	-10	-7	-5	-3
17	-3	-2	-3	-3	-2	-1	-1	-3	-4	-4	-3	-3	-2	-2	1	0	-2	-3	0	0	0	-1	1	0
18	0	3	3	3	3	2	2	1	1	2	2	2	2	2	3	2	1	1	1	1	0	3	3	4
19	4	6	7	6	7	7	7	7	6	4	6	3	0	4	9	18	26	17	2	-30	-32	-31	-36	-27
20	-23	-17	-29	-32	-26	-20	-17	-14	-24	-25	-18	-16	-16	-19	-23	-27	-28	-27	-25	-22	-24	-30	-30	-28
21	-31	-29	-26	-20	-13	-13	-13	-18	-20	-18	-18	-18	-20	-19	-20	-20	-20	-19	-21	-19	-17	-15	-15	-17
22	-19	-17	-13	-11	-10	-13	-13	-15	-19	-17	-13	-14	-15	-15	-19	-20	-23	-22	-23	-22	-24	-24	-22	-20
23	-22	-20	-17	-14	-11	-10	-5	-2	-3	-8	-10	-11	-13	-11	-9	-8	-5	-7	-5	-7	-9	-7	-7	-7
24	-7	-5	-4	-4	-4	-4	-2	1	3	3	1	0	0	1	0	-3	-4	-4	-5	-6	-8	-7	-8	-14
25	-15	-11	-8	-6	-2	-3	-2	4	2	-2	-9	-10	-10	-8	-8	-14	-19	-19	-17	-16	-17	-17	-16	-14
26	-12	-11	-11	-11	-12	-12	-10	-4	0	-3	-10	-11	-9	-8	-6	-5	-4	-5	-5	-5	-4	-5	-6	-10
27	-14	-11	-7	-4	0	2	2	1	-1	5	12	9	4	-3	2	0	-14	-19	-23	-19	-16	-15	-19	-19
28	-22	-23	-21	-20	-19	-22	-26	-24	-22	-21	-19	-18	-20	-20	-18	-20	-21	-22	-20	-16	-16	-16	-18	-20
29	-19	-17	-15	-14	-12	-13	-11	-11	-10	-12	-8	-4	-4	-8	-6	-7	-6	-1	0	-4	0	13	19	24
30	26	21	10	8	10	8	10	12	8	-4	-8	-1	-1	-6	-4	-5	-8	-10	-7	-6	-6	-3	-4	-5
31	-4	-3	-2	-3	-2	0	0	1	3	3	4	5	5	2	0	0	2	6	9	7	7	12	8	4

Figura 14: Tabela retirada da plataforma online oficial WDC Geomagnetism, Kyoto. Dados de variação magnética global de dezembro de 2021, atualizado em 23-02-2022 15:05. Em vermelho os dias de trabalho de campo deste projeto e suas respectivas variações durante os dias.

6. RESULTADOS

6.1 Registro Geológico

Durante a atividade de campo, pôde-se registrar a geologia local a fim de caracterizar as rochas quanto sua estrutura geral e composição, realizando-se a coleta de dados de geofísica terrestre e descrição litológica em macroescala. Este processo foi fundamental para integrar os dados obtidos na aerogeofísica e possíveis respostas gamaespectrométrica e magnetométrica, além de caracterizar geofisicamente em maior detalhe as rochas pertencentes ao Grupo Guaritas.

6.1.1 Grupo Guaritas: Fm. Pedra Pintada e Fm. Varzinha

As rochas sedimentares do GG ocorrem na forma de lajeados de leito de estrada e afloramentos preservados visíveis ao campo (Figura 15). São as formações geológicas predominantes da área de estudo e que bordeiam e interagem com as rochas do MRV. Caracterizam-se pela presença de estratificações cruzadas e/ou planas de médio a grande porte, moderadamente a bem selecionada e composição arcoseana.

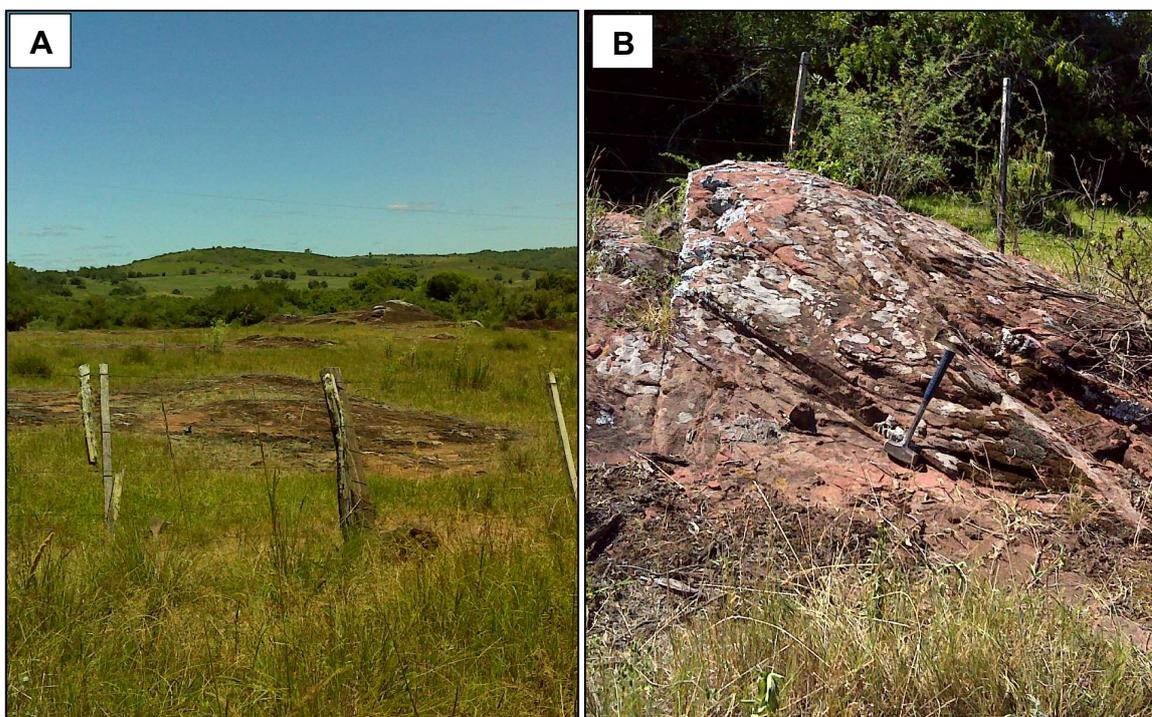


Figura 15: (A) Rochas sedimentares do Grupo Guaritas (Fm. Pedra Pintada) dispostas em lajeados em campo. (B) Afloramentos sedimentares com estratificação cruzada de médio porte (Fm. Pedra Pintada) – próximo da ocorrência do Arroio Carajá.

A análise das formações sedimentares, quando presentes nos perfis de caminhamento, se deu apenas quanto a sua estrutura e a composição simplificada, já que não tratou como objeto principal de estudo.

Em campo, verificou-se a presença de rochas da Fm. Varzinha (Figura 16) nos pontos 31, 32 e 37, descrita com estratificação plana de médio porte com horizontes intercalados entre arenitos arcoseanos bem selecionados e conglomerados polimíticos com seixos angulosos de rochas metamórficas. A Fm. Pedra Pintada verificada (dominantemente encontrada nos perfis), Figura 17, é composta por arenitos fino a grossos, com aspecto lenticular, bem selecionados e de composição quartzo-feldspática, com estratificação cruzada de médio a grande porte.



Figura 16: Registro de arenito com lentes/camadas de conglomerado polimítico da Fm. Varzinha, com seixos metamórficos e angulosos e estratificação planar. Coordenadas 22J 250500 / 6584321.



Figura 17: Arenito médio bem selecionado da Fm. Pedra Pintada em leito de estrada, mostrando estratificação cruzada de médio porte. Coordenadas: 22J 279593 / 6572041.

6.1.2 Grupo Guaritas: Membro Rodeio Velho

As rochas vulcânicas máficas do MRV foram mapeadas nos perfis de geofísica terrestre e, assim como nas rochas sedimentares, foram realizadas descrições macroscópicas das rochas encontradas e suas estruturas gerais. As melhores exposições das rochas foram observadas ao longo do Arroio Carajá (Figura 18), Arroio Pessegueiro (Figura 19) e Rio Camaquã (Figura 20). Em alguns casos a presença do MRV ainda podia ser verificada em leitos de estradas. Por se tratar de rochas máficas e susceptíveis a uma maior alteração, o grau de intemperismo variou de moderado a alto (saprólito-regolito).

A morfologia dos derrames retratam uma geometria lenticular na maioria das vezes, variando de espessuras métricas a centimétricas, em caso de interação ou intercalação sedimentar. Os derrames tem, majoritariamente, morfologias de basaltos do tipo *pahoehoe*. Estruturas como tubos de lavas e estrias de fluxo são comuns, além da superfície lisa característica ou, quando preservadas, feições em corda e corrugações. Topo e base de derrames podem em alguns casos ser observados, principalmente pelas vesículas existentes.

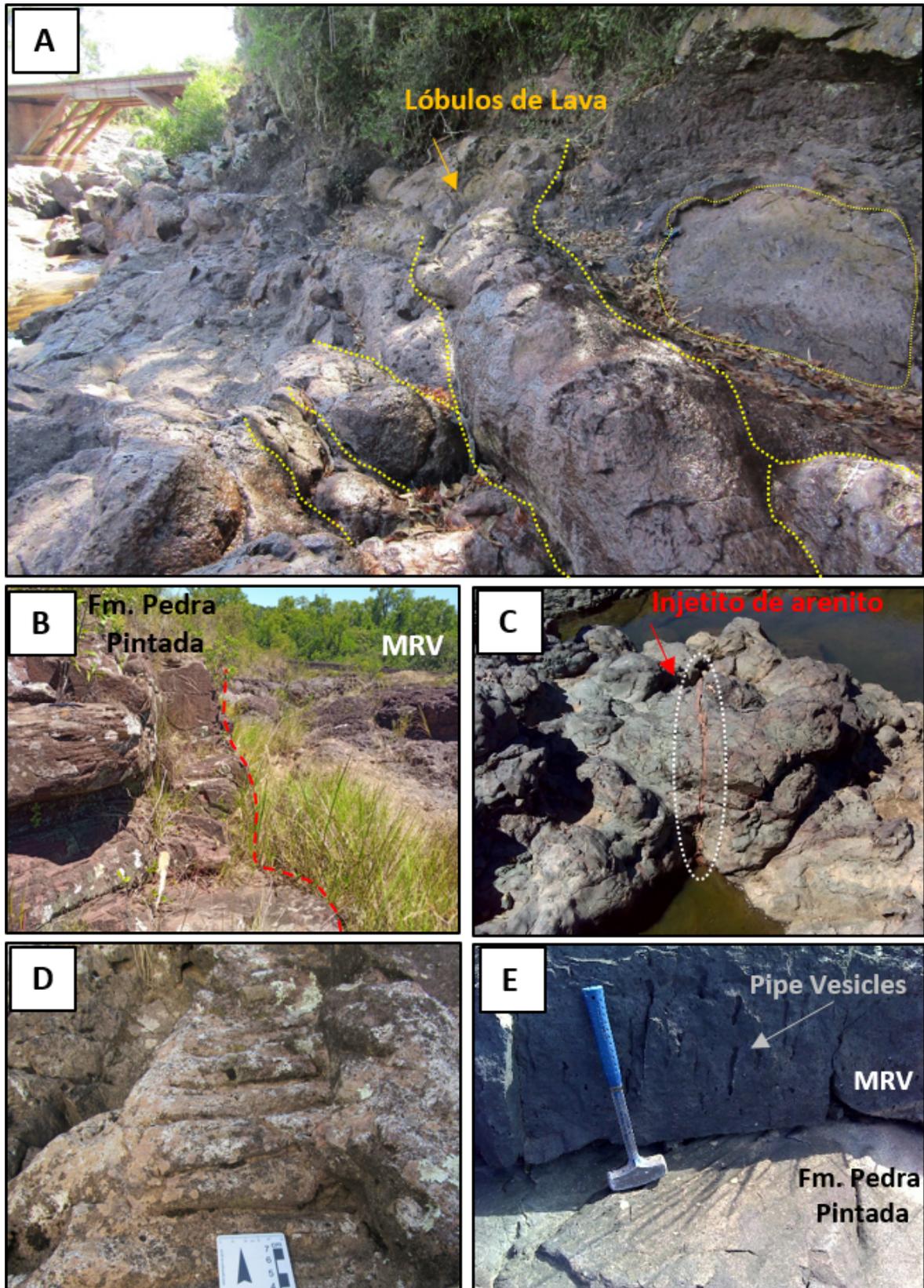


Figura 18: Afloramento de grande porte encontrado no Arroio Carajá, localizado na Barragem dos Dotto (Caçapava do Sul). (A) Estruturas de fluxo *pahoehoe* e lóbulos de lavas são preservados; (B) Relações de contato entre a FPP e MRV são notáveis; (C) Exemplo de presença de injetito de arenito no MRV; (D) Superfície em corda e (E) Registro de base de derrame: *pipe vesicles* no MRV e corrugações preservadas na FPP. Coordenadas: 22J 245965 / 6592083.



Figura 19: Rochas do MRV presentes no leito do Arroio Pessegueiro. Coordenadas: 22J 277954 / 6575864.



Figura 20: Exposição de rochas do MRV nas margens do Rio Camaquã. Coordenadas: 22J 274804 / 6570271.

Em amostra de mão (Figura 21 e Figura 22), as rochas em geral são porfíricas. Termos afaníticos também são comuns. As rochas porfíricas são caracterizadas pela

presença de fenocristais de plagioclásios ripidiformes (euédricos) (5-20%), variando de 2 a 5 mm, em meio a uma matriz afanítica. Em algumas porções, observa-se a textura traquítica. Vesículas e amígdalas (10-30%) são feições características encontradas. As vesículas são arredondadas e as amígdalas são comumente preenchidas por carbonatos. Os plagioclásios apresentam textura traquitóide perceptível.



Figura 21: Detalhe de rocha pouco alterada pertencente ao MRV, mostrando seção basal de derrame, com vesiculação (e *pipe vesicles*).



Figura 22: Fragmento de rocha do MRV de textura afanítica mostrando alta densidade de vesículas – retrata um magmatismo rico em voláteis.

6.1.3 Interações Vulcano-Sedimentares

As interações vulcano-sedimentares são relatadas no GG. Esta interação é caracterizada por bolsões, fragmentos e diques de areia de formatos irregulares, englobadas por derrames ou fragmentos de basaltos, englobados por arenito. De uma forma genérica, estas rochas vulcanoclásticas podem ser denominadas de peperitos.

A Figura 23 mostra registros que evidenciam as relações do MRV e os sedimentos adjacentes: **(A)** vulcanismo MRV com relação de contato com rochas sedimentares do GG – apófises; **(B)** fragmento de arenito alocado previamente como dique em rocha vulcânica com feições alongadas e onduladas (mostrando plasticidade) – Imagem A e B realizada em corte de estrada na RS-625; **(C)** registro em leito de estrada da presença de intercalações de rochas vulcânicas e sedimentares (próximo ao A. Carajá); **(D)** fragmentos subanguloso de rocha do MRV inserido

(xenólito) em rocha sedimentar (local: A. Carajá). Imagens B e D fornecidas pelo Grupo de Pesquisa em Petrologia e Estratigrafia de Sequências Vulcânicas (IGEO/UFRGS).

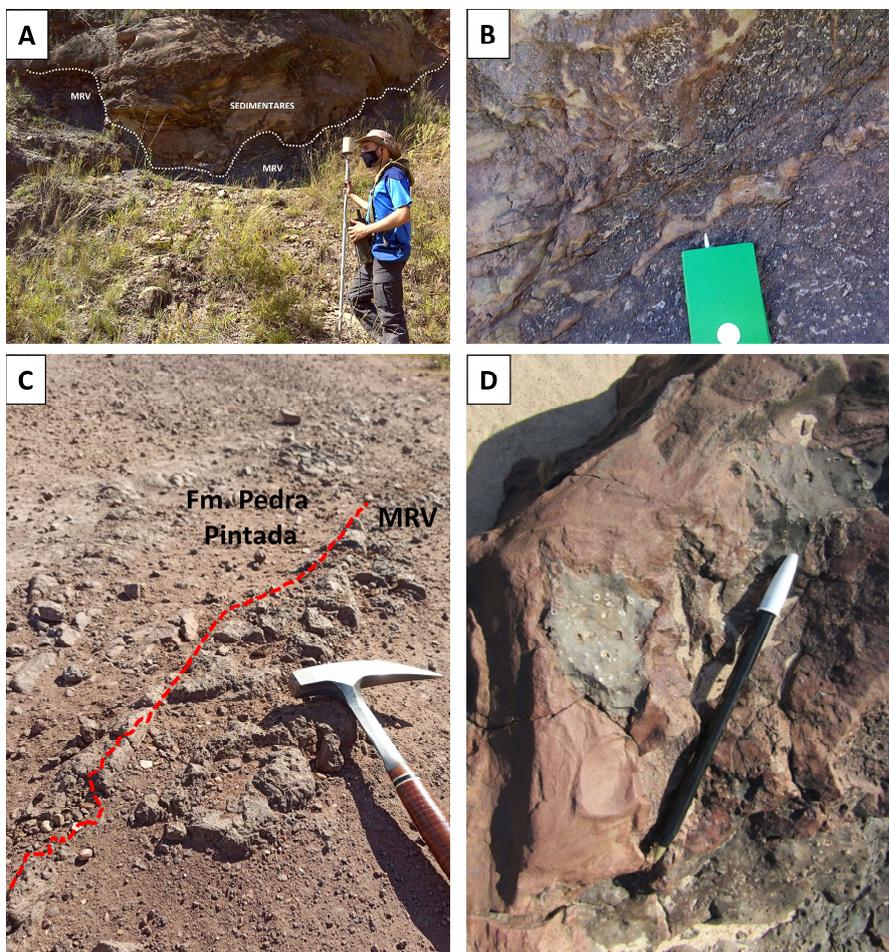


Figura 23: Registro de interações vulcano-sedimentares.

6.2 Aerogeofísica

Foram confeccionadas cinco janelas de processamento aerogeofísico: uma de amplitude geral para contextualização global das ocorrências do MRV e outras quatro onde houve levantamento geofísico terrestre (Figura 24). As janelas possuem dimensões variadas, a fim de abranger as áreas de interesse mapeadas do MRV pela CPRM (2010) e os afloramentos do Arroio Carajá mapeado pelo Grupo de Pesquisa em Petrologia e Estratigrafia de Sequências Vulcânicas (IGEO/UFRGS). A nomenclatura utilizada nas janelas foi determinada pelo autor.

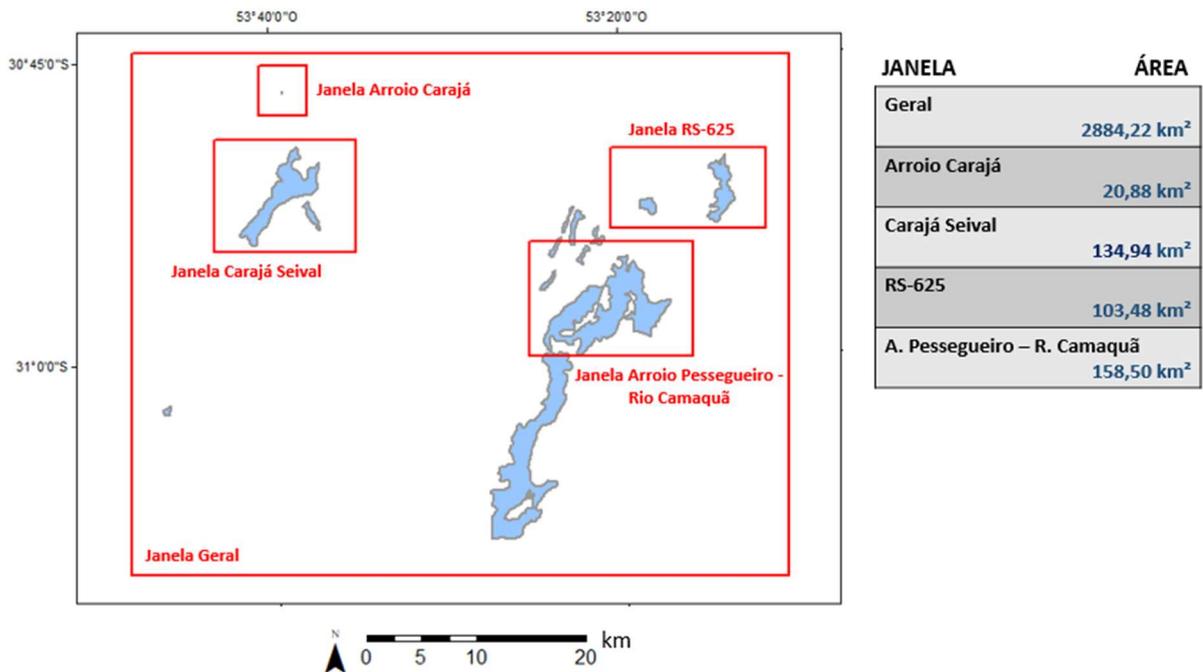


Figura 24: Identificação das janelas aerogeofísicas processadas para análise.

As ocorrências do vulcanismo são documentadas em uma área superior a 2000km² e corpos variando de 8 a 45 km². As janelas foram estipuladas para verificar anomalias geofísicas regionais agrupando as áreas de maior interesse: Arroio Carajá, Arroio Pessegueiro e Rio Camaquã.

A seguir serão apresentados os mapas de K (%), eTh (ppm), eU (ppm) e CT (cps) referentes ao levantamento aerogamaespectrométrico e CMT(nT), da aeromagnetometria, para cada janela previamente informada. Os resultados dessa etapa forneceram interpretações de escala regional e serão analisados individualmente (por janela) em tópicos, garantindo a delimitação de domínios aerogeofísicos e a localização dos perfis realizados na geofísica terrestre. Resumidamente foram elaborados (Quadro 5):

Quadro 5: Resumo dos produtos aerogeofísicos gerados.

Janela Geral	CT e CMT
Janela Arroio Carajá	CT; K; Th; U e CMT
Janela Carajá Seival	
Janela RS-625	
Janela A. Pessegueiro – Rio Camaquã	

6.2.1 Mapas Aerogamaespectrométricos

A seguir serão apresentados os mapas aerogamaespectrométricos processados para este projeto. As descrições dos resultados obtidos serão abordados no final deste tópico. A sequência dos mapas é ordenada da seguinte maneira:

JANELA GLOBAL (Figura 25)

JANELA ARROIO CARAJÁ (Figura 26)

JANELA CARAJÁ SEIVAL (Figura 27)

JANELA RS-625 (Figura 28)

JANELA ARROIO PESSEGUEIRO – RIO CAMAQUÃ (Figura 29)

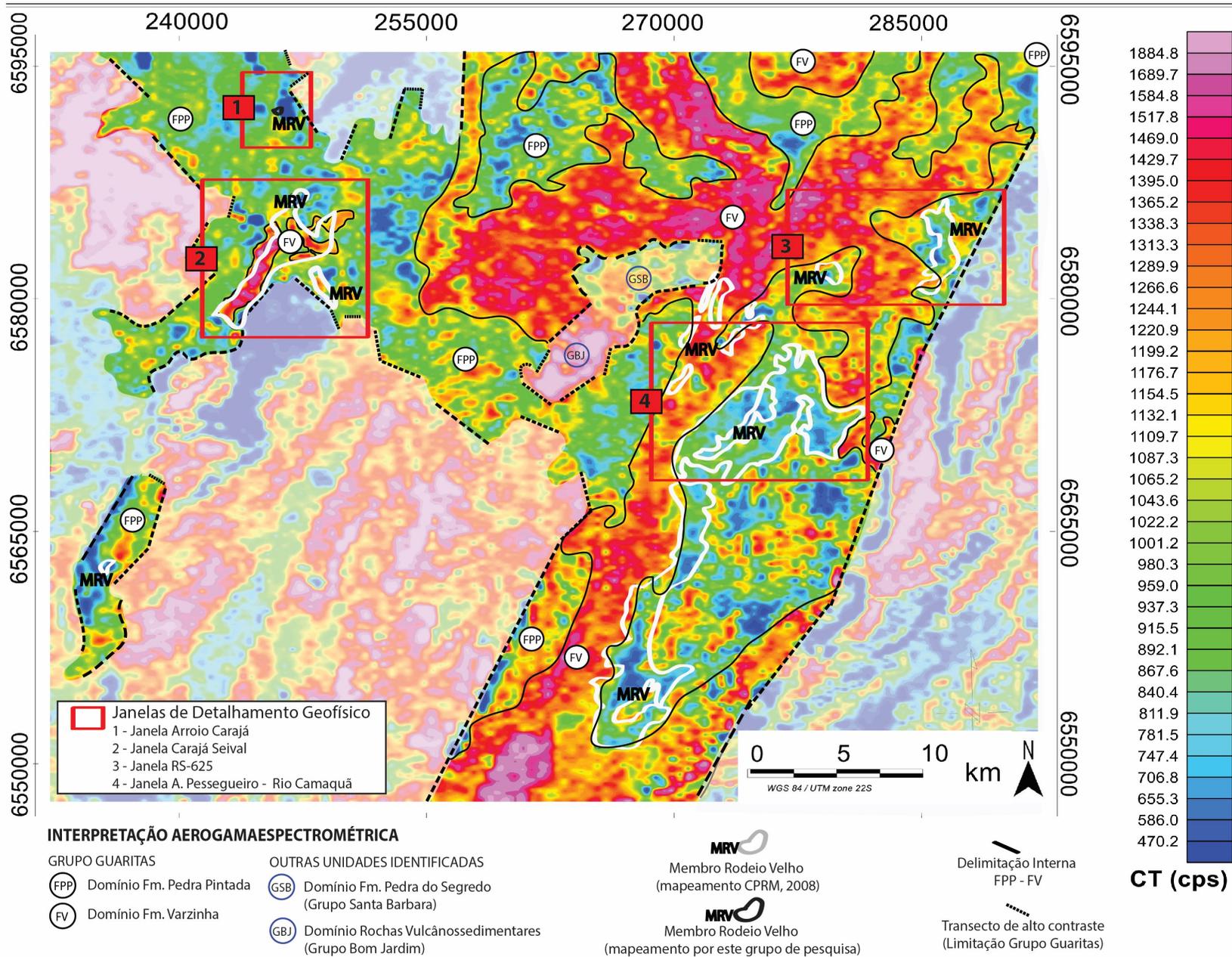
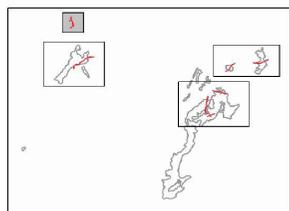


Figura 25: Mapa Janela Global – Levantamento Aerogamaespectrométrico de Contagem Total (CT) da área de estudo. Fonte autor.



JANELA ARROIO CARAJÁ

- Perfil 1
- Perfil 2
- Perfil 3

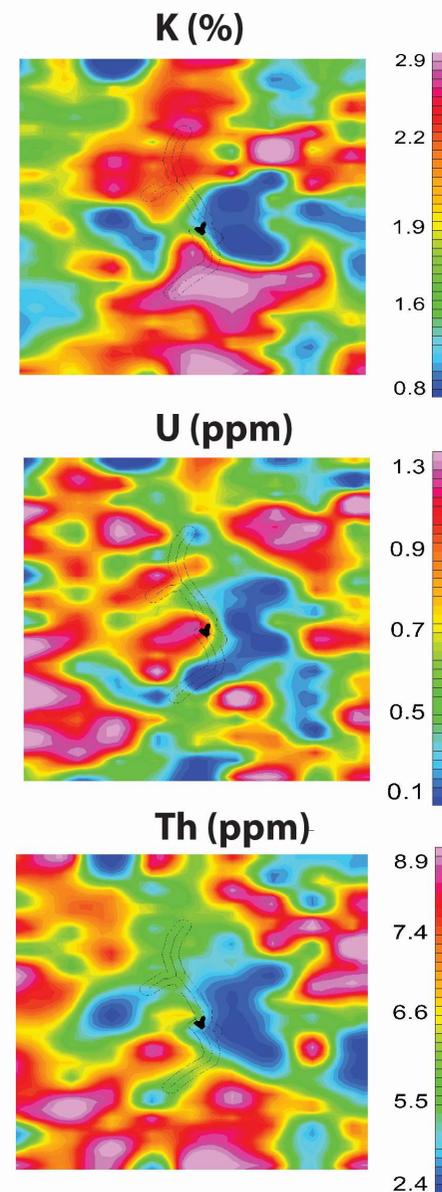
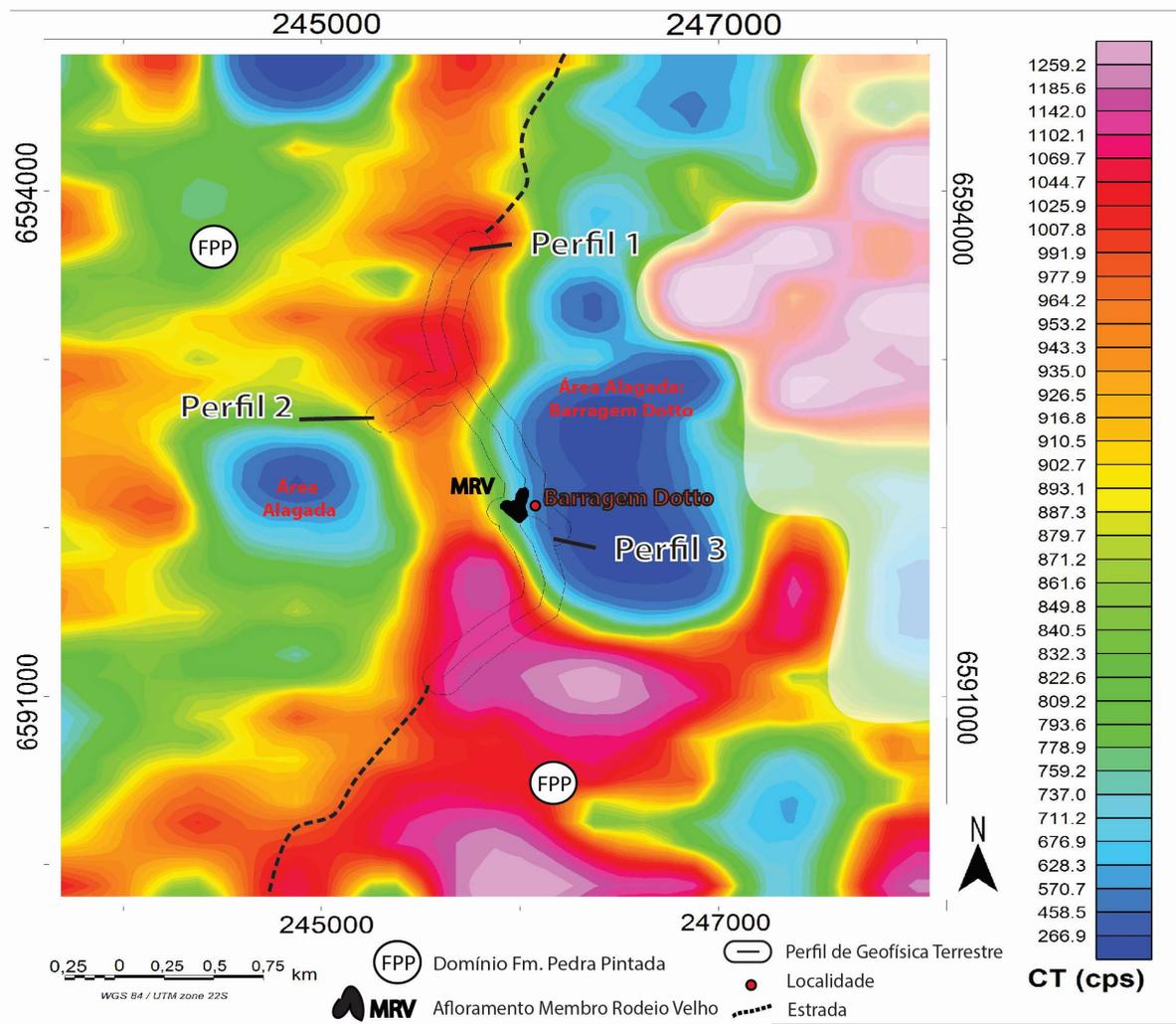
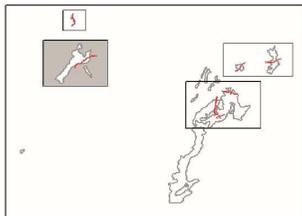


Figura 26: Janela Arroio Carajá – Aerogamaespectrometria. Fonte autor.



JANELA CARAJÁ SEIVAL

Perfil 4

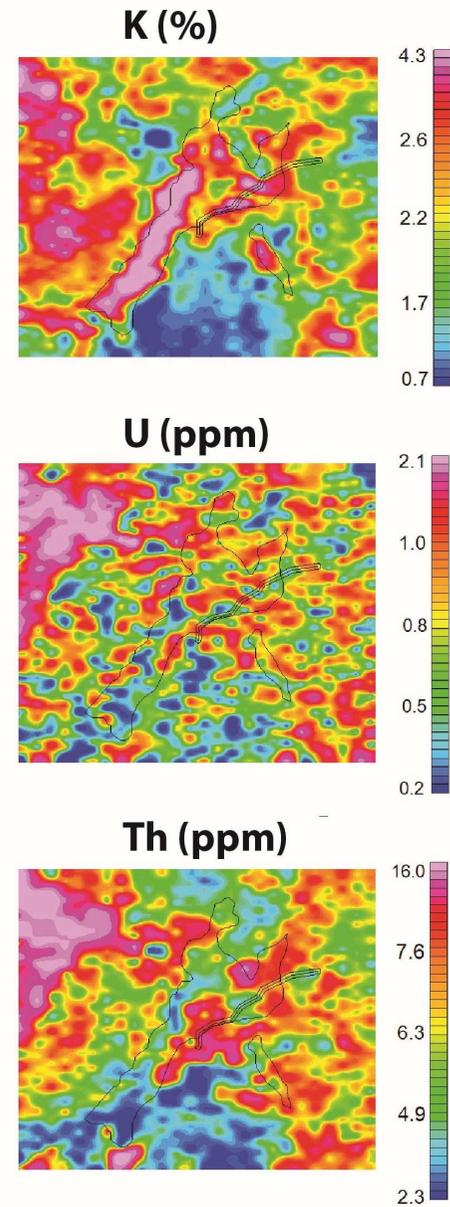
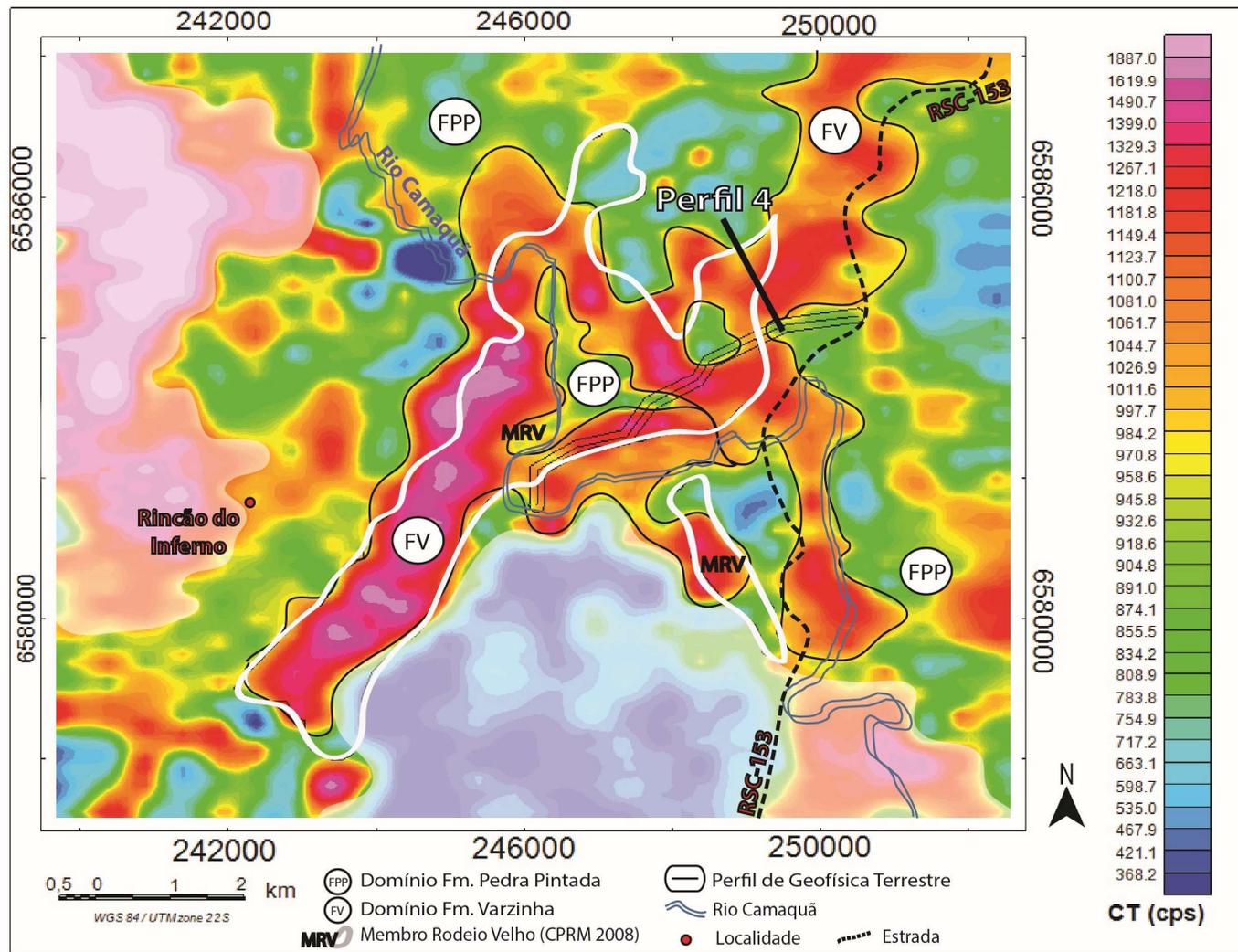
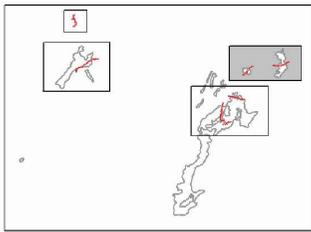
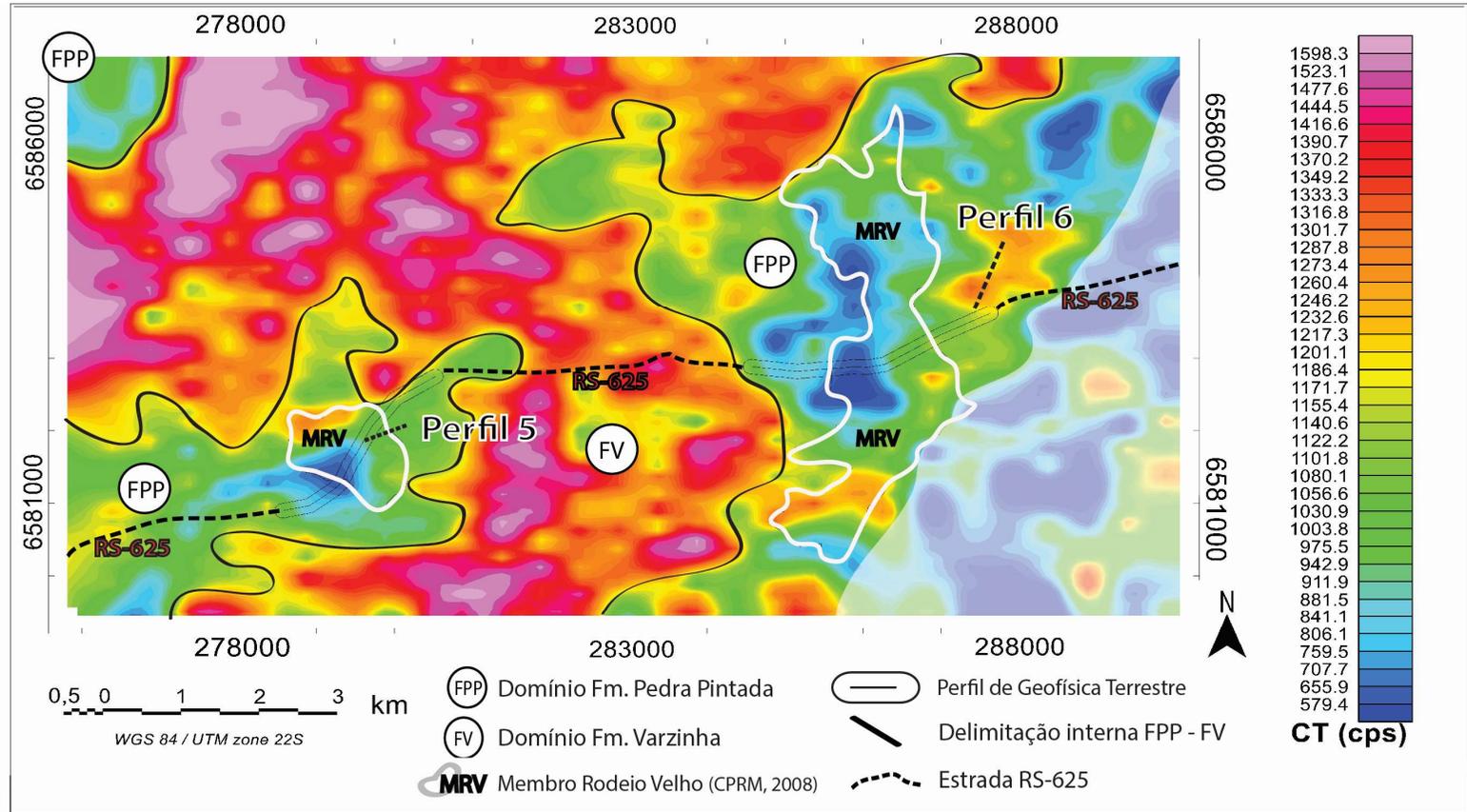


Figura 27: Mapa Janela Carajá Seival - Aerogamaespectrometria. Fonte autor.

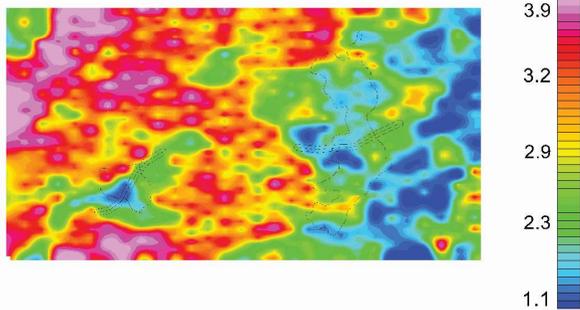


JANELA RS-625

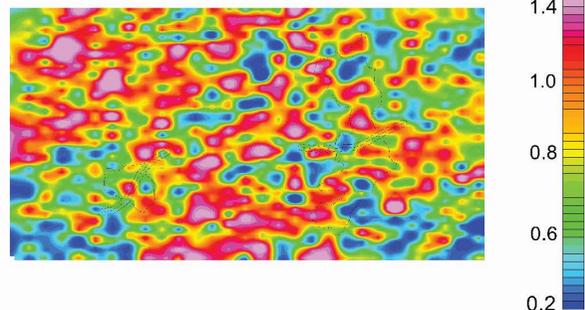
Perfil 5
Perfil 6



K (%)



U (ppm)



Th (ppm)

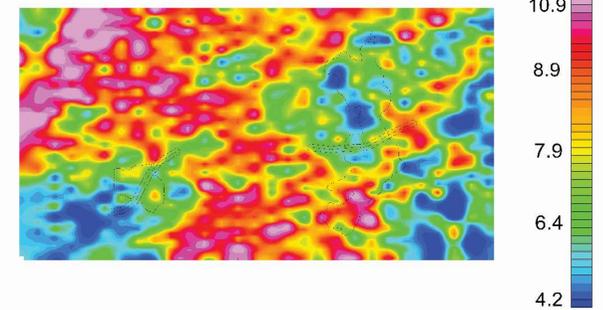
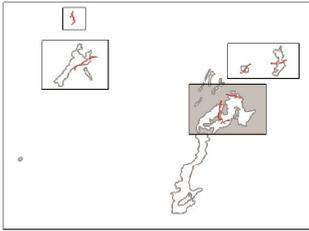


Figura 28: Mapa Janela RS-625 – Aerogamaespectrometria. Fonte autor.



JANELA A. PESSEGUEIRO - RIO CAMAQUÃ

Perfil 7
 Perfil 8
 Perfil 9

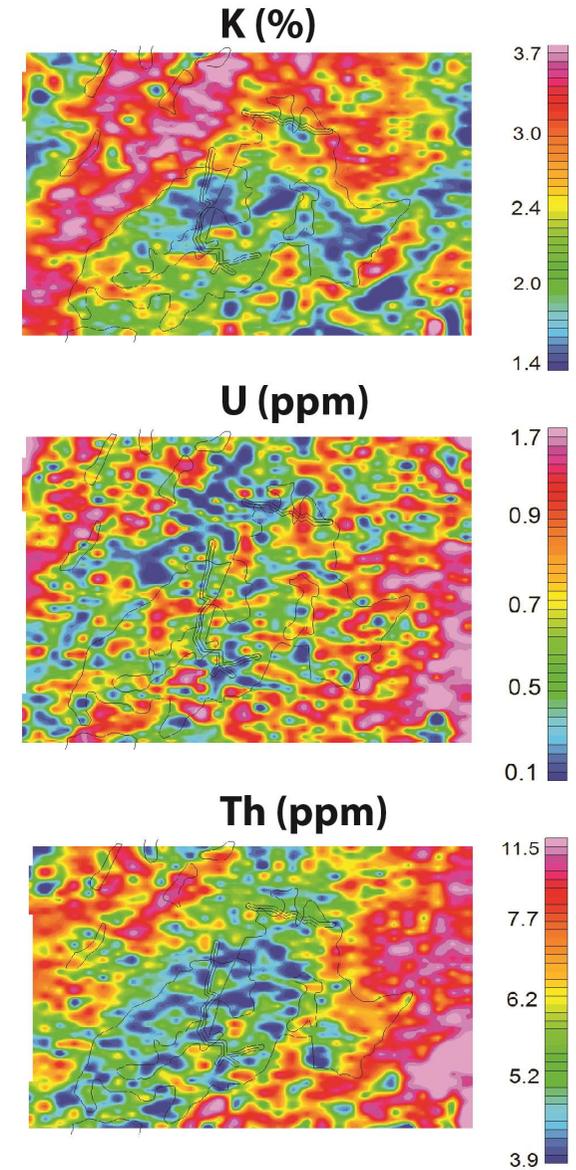
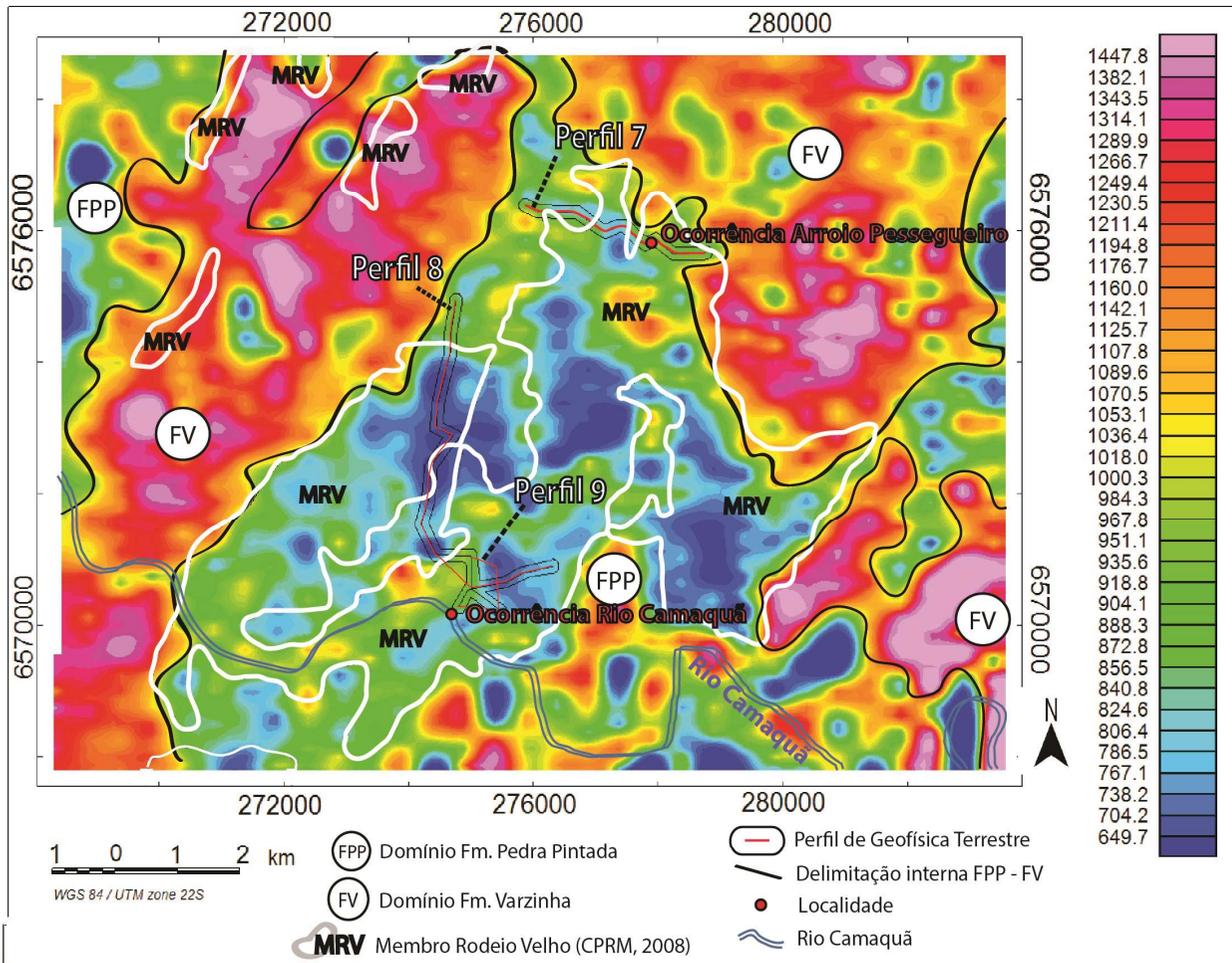


Figura 29: Mapa Janela Arroio Pessegueiro -Rio Camaquã - Aerogamaespectrometria. Fonte autor.

Com a JANELA GLOBAL pôde-se definir limites de grande contraste radiométrico de CT, delimitando as rochas do GG com as demais rochas do ESRG. Além disso, ficou evidente a grande diferença de resposta gamaespectrométrica presente entre a FPP e FV, onde a primeira apresenta valores relativamente mais baixos, delimitando-se as principais abrangências dessas formações sedimentares na área de estudo. O MRV foi inserido com suas delimitações previamente publicadas por CPRM 2010 e por este grupo de pesquisa, onde mostra-se predominantemente coincidente com a FPP, onde a resposta geofísica possui contraste pouco nítido entre as duas unidades. Porções do MRV mapeadas sobre a FV não foram verificadas em atividade de campo, não podendo ser possível inferir sua existência nesta litologia.

Na JANELA ARROIO CARAJÁ, as áreas que coincidem com os corpos mapeados do MRV apresentam valores relativamente baixos de CT (570,7 cps – 840,5 cps), K (0,8% - 1,6%) e eTh (3,7 ppm – 4,9 ppm) e um enriquecimento relativo de eU (0,7 ppm – 1,2 ppm). Quando comparados com as áreas adjacentes constituídas pelas rochas sedimentares da FPP, nota-se uma resposta direcionada norte-sul/noroeste-sudeste, possivelmente uma relação de contato ou exposição entre as duas litologias. Relata-se que a região possui corpos de água expressivos (Barragem dos Dotto como exemplo) que podem causar respostas baixas de aerogamaespectrometria pela interferência da água ou solos encharcados.

Analisando a JANELA CARAJÁ SEIVAL, observa-se que região apresenta valores relativamente elevados para CT (932,6 cps – 1997,0 cps) e K (2,0% - 4,3%) para os limites mapeados do MRV, que contrasta significativamente na porção sudoeste do corpo (o que difere das demais localidades do MRV). A concentração de eTh possui certa correlação a valores baixos (< 5,3 ppm), embora algumas regiões apresentem variações de (5,3 ppm – 10,6 ppm). O mesmo se aplica a eU, onde os valores são muito variados, de 0,2 ppm – 2,1 ppm. A resposta de CT possibilita delimitar superfícies relacionadas a FPP e FV, sendo a presença de rochas vulcânicas coincidentes com a FPP.

Na delimitação da JANELA RS-625, o MRV apresenta-se pouco definido por apresentar resposta CT muito semelhante com as rochas da FPP, mas, no geral, nos limites previamente mapeados pela CPRM 2010, os valores são relativamente baixos a moderados para CT (579,4 cps – 1171,7 cps) e K (1,1% - 2,4%). Para eTh os valores tendem, em sua maioria, serem baixos a moderados (4,2 ppm – 7,9 ppm), salvo

algumas áreas com valores altos (7,9 ppm – 10,7ppm). Os valores referentes ao eU não mostram definições perceptíveis, com valores variando desde 0,2 ppm a 1,4 ppm. Na janela, a resposta de CT propiciou uma delimitação fiel entre a FPP e FV.

A JANELA A. PESSEGUEIRO – RIO CAMAQUÃ ocupa uma área extensa, onde novamente o MRV possui coincidência aos valores observados para a FPP, obtendo-se valores moderados-baixos de CT (649,7 cps – 998,6 cps), K (1,4% - 3,0%) e eTh (3,9 ppm – 6,2 ppm) aos corpos previamente mapeados do MRV do que as áreas adjacentes. A resposta espectrométrica de eU não demonstrou boas definições de domínios. A resposta de CT entre a FPP e FV possibilitou uma delimitação boa entre as duas unidades.

A partir dos dados obtidos, percebe-se um alinhamento comum em uma resposta gama para as rochas do MRV de padrão baixo de CT, K e eTh, quando comparados com as rochas da FPP e FV, embora a FPP pode apresentar em suas porções os mesmos parâmetros aerogeofísicos verificados nas vulcânicas. Valores de eU são bem variáveis, podendo ter zonas enriquecidas ou não. Também se percebe um padrão gama frequente onde ($eTh > K \geq eU$) no Grupo Guaritas. A delimitação entre a FPP e FV foi melhor definida.

6.2.2 Mapas Aeromagnetométricos

Os mapas aeromagnetométricos processados neste trabalho serão apresentados a seguir. A descrição dos resultados obtidos será abordada no final do tópico. A sequência dos mapas é ordenada da seguinte maneira:

JANELA GLOBAL (Figura 30)

JANELA ARROIO CARAJÁ E JANELA CARAJÁ SEIVAL (Figura 31)

JANELA RS-625 E JANELA A. PESSEGUEIRO – RIO CAMAQUÃ (Figura 32)

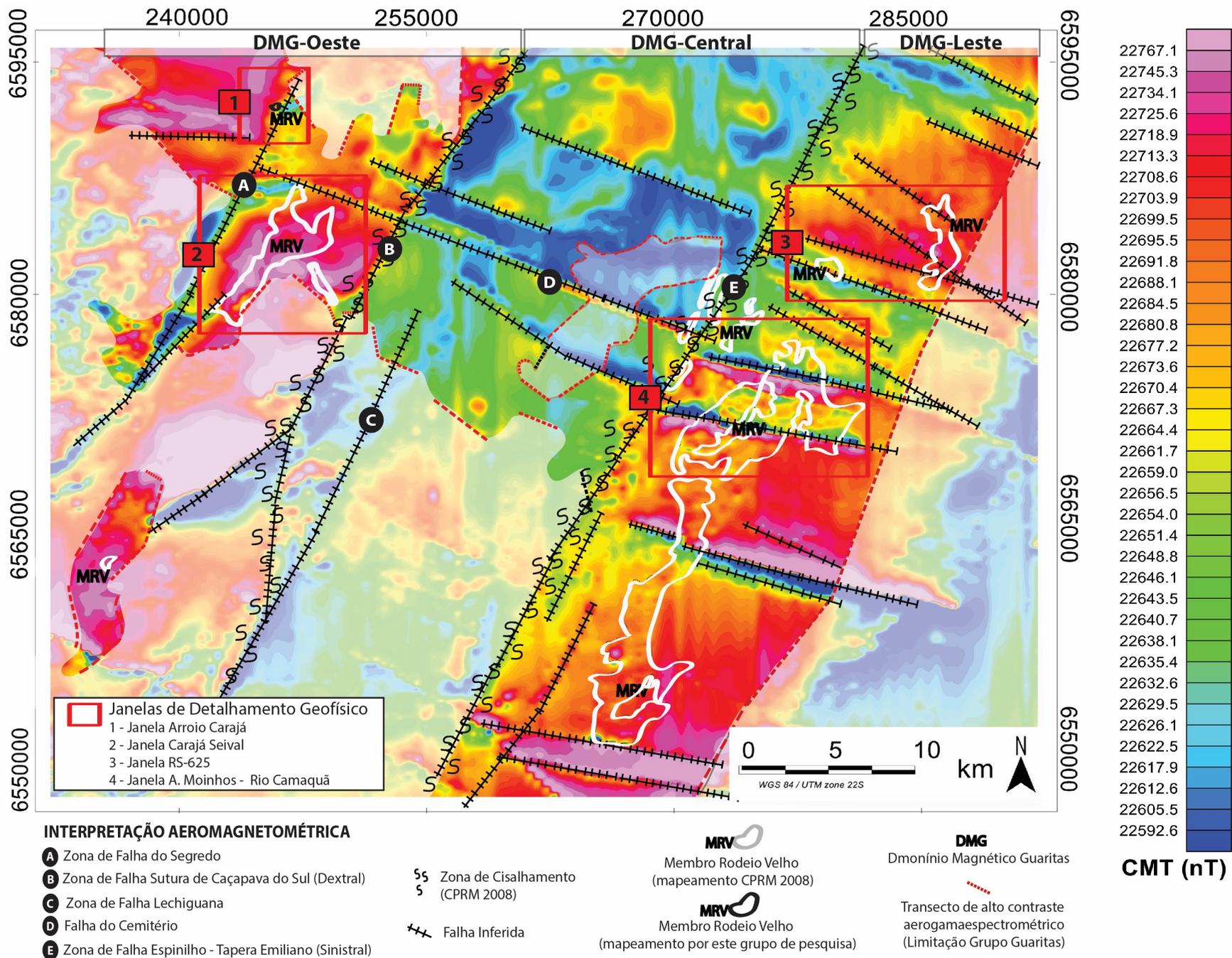


Figura 30: Mapa Janela Global – Levantamento Aeromagnetométrico de Campo Magnético Total (CMT) da área de estudo. Fonte autor.

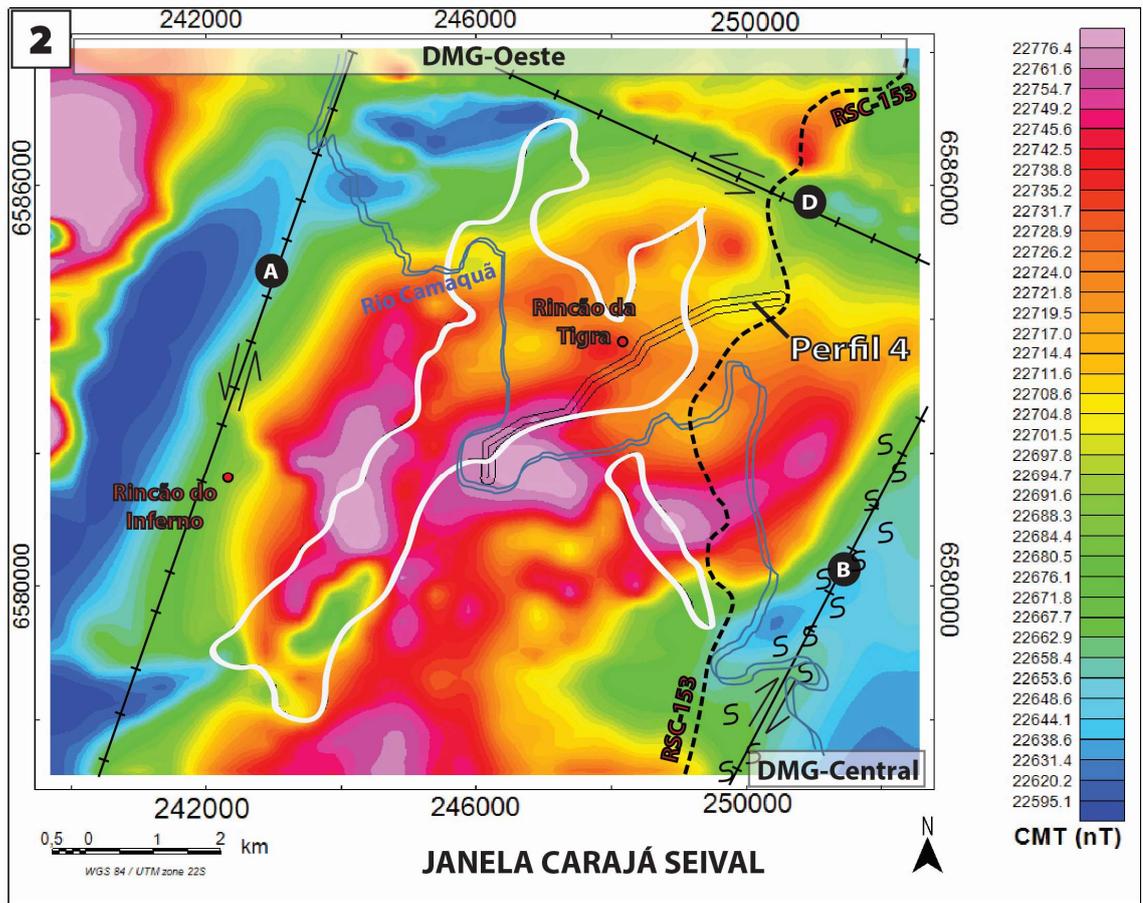
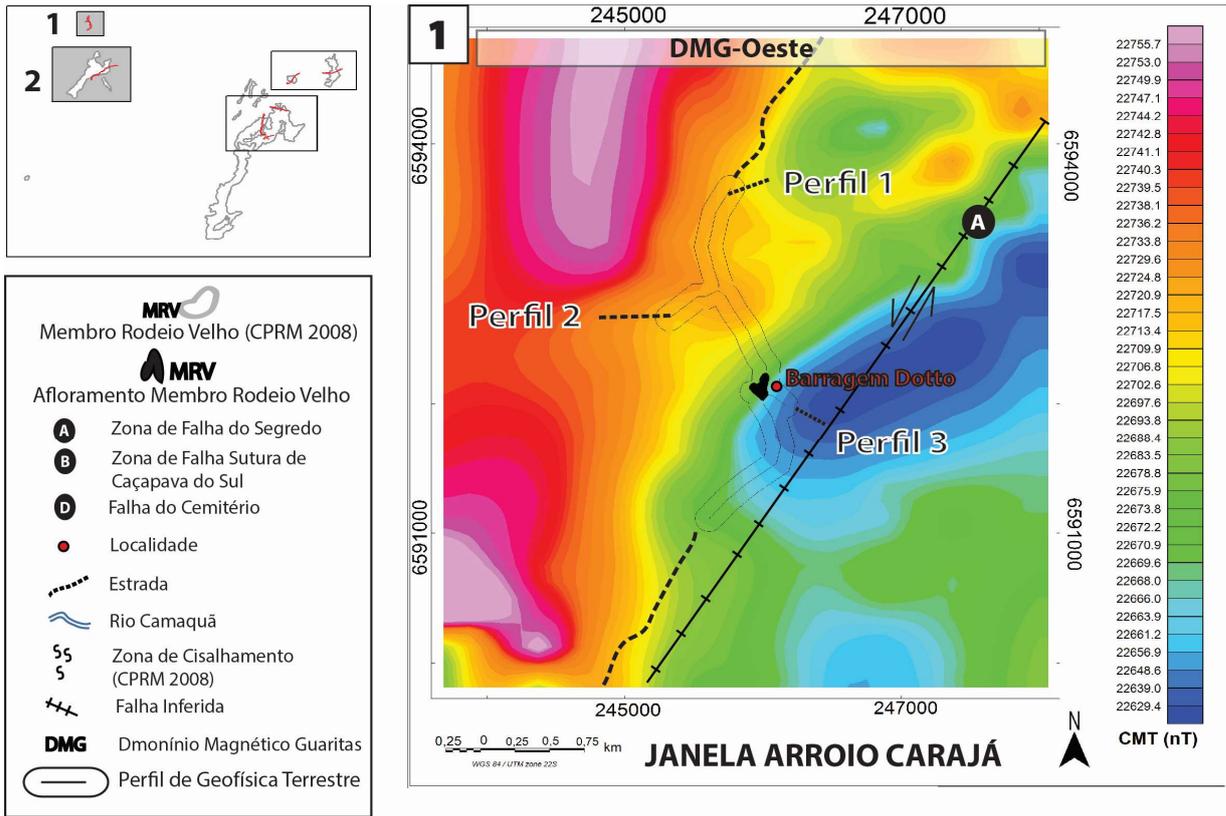


Figura 31: Mapas Janelas Arroio Carajá e Carajá Seival - Aeromagnetometria. Fonte autor.

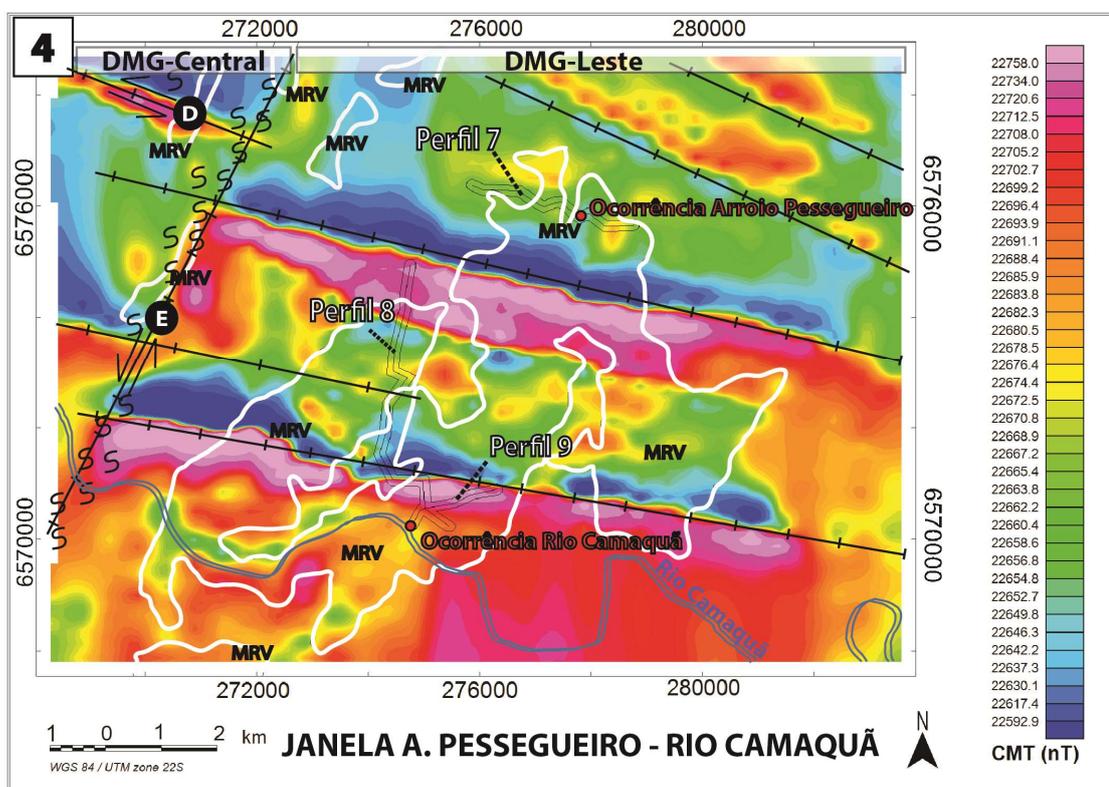
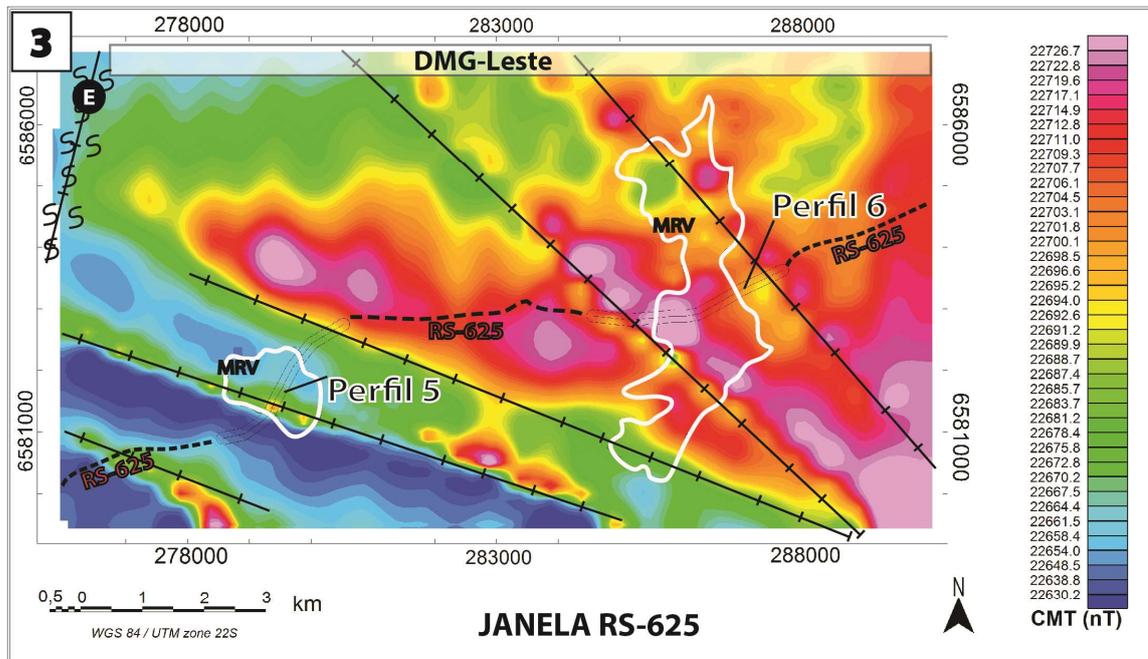


Figura 32: Mapa Janelas RS-625 e A. Pessegueiro-R. Camaquã - Aeromagnetometria. Fonte autor.

Na JANELA GERAL, construída para observar as localidades previamente mapeadas do MRV, são evidentes as estruturas lineares de grande porte que, conforme a bibliografia, poderiam caracterizar zonas de falha e/ou zonas de cisalhamento que condizem com sistemas de hemi-grabens que controlam tectonicamente o GG. A partir do levantamento aeromagnetométrico sugere-se a definição de três grandes domínios magnéticos do Grupo Guaritas (DMG): DMG-Oeste, DMG-Central e DMG-Leste. As principais ocorrências do vulcanismo do MRV estão associadas ao DMG-Oeste e DMG-Leste, setores estes com anomalias magnéticas relativamente maiores (22680,8 a 22767,1 nT) do que o DMG-Central (< 22680,8 nT). Percebe-se uma maior quantidade de lineamentos tectônicos no DMG-Leste, onde se destacam as estruturas orientadas N45O a N75O.

Sobre as zonas de falhas inferidas e descritas neste trabalho, usou-se de nomenclaturas previamente usadas na bibliografia (TONIOLO *et al.*, 2007), sendo definido cinco grandes sistemas:

A – Zona de Falha do Segredo, orientada aproximadamente N20E, movimento sinistral e localizada no DMG-Oeste;

B – Zona de Falha ou de Cisalhamento Sutura de Caçapava do Sul, de movimento dextral, com orientação aproximada de N30E na área de estudo, delimitando o DMG-Oeste com o DMG-Central;

C – Zona de Falha Lechiguana, que varia sua orientação N20E a N30E, com extremidade sul conectada com a Zona de Falha/Cisalhamento Sutura de Caçapava do Sul e posteriormente se paraleliza com a mesma, sendo que se mostra atenuada (sem sequência) na área delimitada do Grupo Guaritas;

D – Falha do Cemitério, que é uma estrutura que corta praticamente perpendicularmente as zonas de falha A, B e E, passando muito próximo da localidade da Minas do Camaquã, orientada N70O e presente no DMG-Central e que segue também o início do DMG-Oeste;

E – Zona de Falha ou de Cisalhamento Espinilho - Tapera Emiliano, de movimento sinistral, possui orientação geral paralela a zona de falha/cisalhamento Sutura de Caçapava do Sul (N35E), mas que delimita o DMG-Central e o DMG-Leste.

Observando a JANELA ARROIO CARAJÁ, os valores de CMT mostram anomalias positivas em sentido oeste e norte e uma anomalia negativa a oeste da área de ocorrência das rochas vulcânicas mapeadas, mas sem dipolos bem definidos.

O afloramento da ocorrência A. Carajá possui valores de CMT que variam entre 22656,9 nT a 22688,4 nT. Nota-se um dipolo magnético de pequena intensidade a cerca de 1km da área aflorante. Além disso, o contraste entre a resposta dos dipolos altos e baixos do CMT possui certa continuação a nordeste, podendo estar relacionada aos blocos tectônicos em subsuperfície delimitados pela zona de falha (A) – Zona de Falha Pedra do Segredo orientada aproximadamente N20E. A região situa-se no domínio magnético definido como DMG-Oeste.

Na JANELA CARAJÁ SEIVAL, a resposta aeromagnética mostra valores relativamente altos indo em direção ao Rio Camaquã, com anomalias positivas ligeiramente orientadas leste-oeste, com valores maiores que 22735,2 nT e circundadas por intensidades de 22667,7 nT a 22731,7 nT. Foram percebidos contrastes marcados por dipolos com continuidade lateral (lineares) relacionados com zonas de falhas que delimitam esta zona de anomalia positiva na janela: Zona de Falha Pedra do Segredo (A) que delimita as ocorrências no oeste-nordeste, orientada N20E; Zona de Falha Sutura de Caçapava do Sul (B) ao sudeste, orientada aproximadamente N30E; e a Falha do Cemitério (D) alinhada aproximadamente N65O, localizada a nordeste das ocorrências. As ocorrências vulcânicas estão localizadas no DMG-Oeste.

Analisando a JANELA RS-625, percebe-se que a região apresenta anomalias magnéticas regionais de grande porte, com feições alinhadas seguindo orientações que variam de N45O a N70O, sendo estas falhas atuantes no DMG-Leste. A intensidade CMT tende a aumentar em direção nordeste (22691,2 a 22712,8 nT), quando comparado ao setor sudoeste (valores que variam de 22630,2 a 22687,4 nT). Ressalta-se que as ocorrências vulcânicas coincidem com as estruturas de falha, mostrando anomalias magnéticas circulares maiores que 22717,1 nT.

Na JANELA A. PESSEGUEIRO – RIO CAMAQUÃ, situada majoritariamente no DMG-Leste, os valores de CMT mostraram estruturas regionais orientadas N65O a N75O. As estruturas possuem continuidade lateral que podem chegar até a Zona de Falha Espinilho – Tapera Emiliano (E) que tem orientação praticamente perpendicular (aproximadamente N25E). As falhas bem definidas possuem anomalia magnética positiva no lado sul-sudoeste (22676,4 a 22758,0 nT), quando comparada ao setor norte-nordeste (22592,9 a 22676,4 nT). Esta condição parece inverter nas localidades mais a norte (anomalias positivas a norte-nordeste das falhas e anomalias negativas

a sul-sudoeste). Entre as falhas é possível classificar intensidades de CMT intermediárias (22658,6 a 22682,3 nT).

6.3 Perfis Geofísicos

Durante a atividade de campo foram realizados 98 pontos de coletas de dados (descrição litológicas e dados geofísicos), agrupando-se 9 perfis de geofísica terrestre com o uso de gamaespectrômetro e magnetômetro portátil (Figura 33). As distâncias e quantidade de pontos em cada perfil são variados. Determinou-se espaçamentos médios de 250 m a 500 m da coleta de medida, sendo o espaçamento menor em áreas onde os contatos do MRV eram esperados.

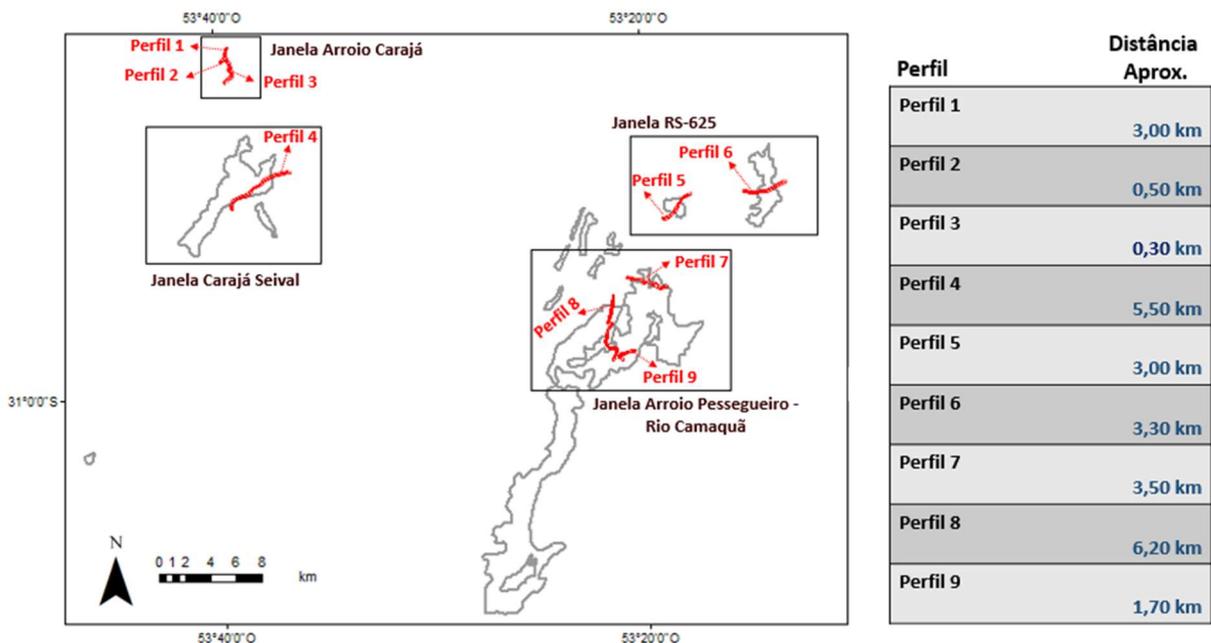


Figura 33: Identificação dos perfis de geofísica terrestre realizadas e processadas para análise.

Os perfis serão apresentados e discutidos nos tópicos seguintes, agrupados pelas localidades (janelas) que os representam. As figuras construídas para a visualização dos dados contém a informação de litologia de campo encontrada em cada ponto pertencente ao perfil e seguem as seguintes siglas:

MRV – Membro Rodeio Velho

FPP – Formação Pedra Pintada

FV – Formação Varzinha

I – Interação Vulcanossedimentar

FAM – Formação Arroio Marmeleiro

6.3.1 Arroio Carajá

Nesta localidade foram realizados três perfis, sendo o Perfil 1 (Figura 34) de maior amplitude (Ponto 1 a 9; 11 a 21; 23 e 30) de sentido Sul-Norte e outros dois de menor dimensão: Perfil 2 (Ponto 26 a 30), Figura 35, Sudoeste-Nordeste e Perfil 3 (Ponto 22 a 25 e 10), Noroeste-Sudeste.

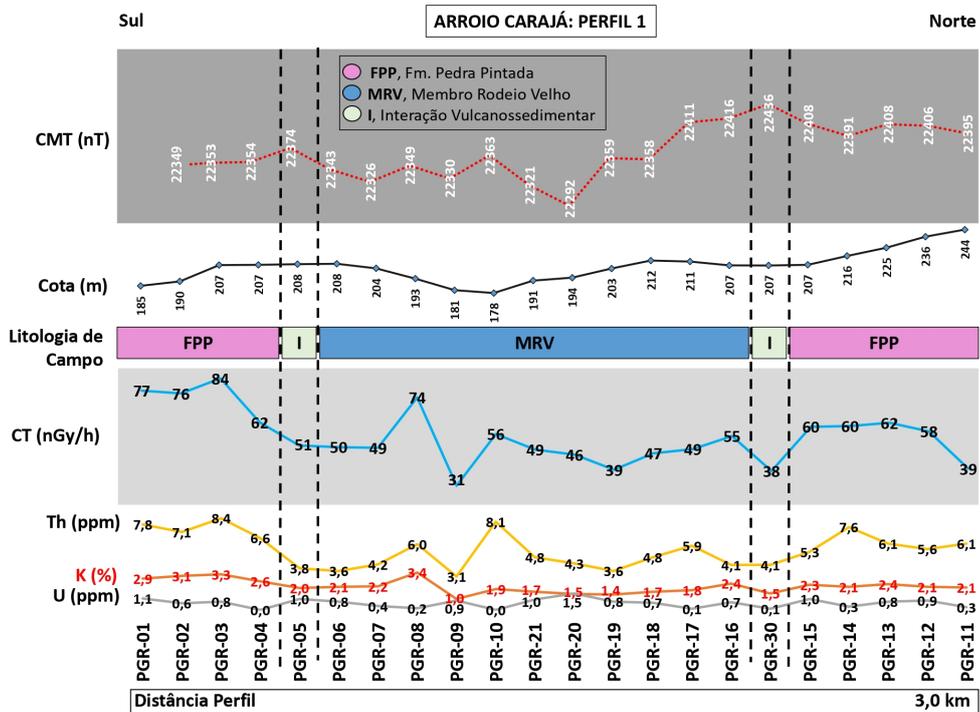


Figura 34: Arroio Carajá - Perfil 1.

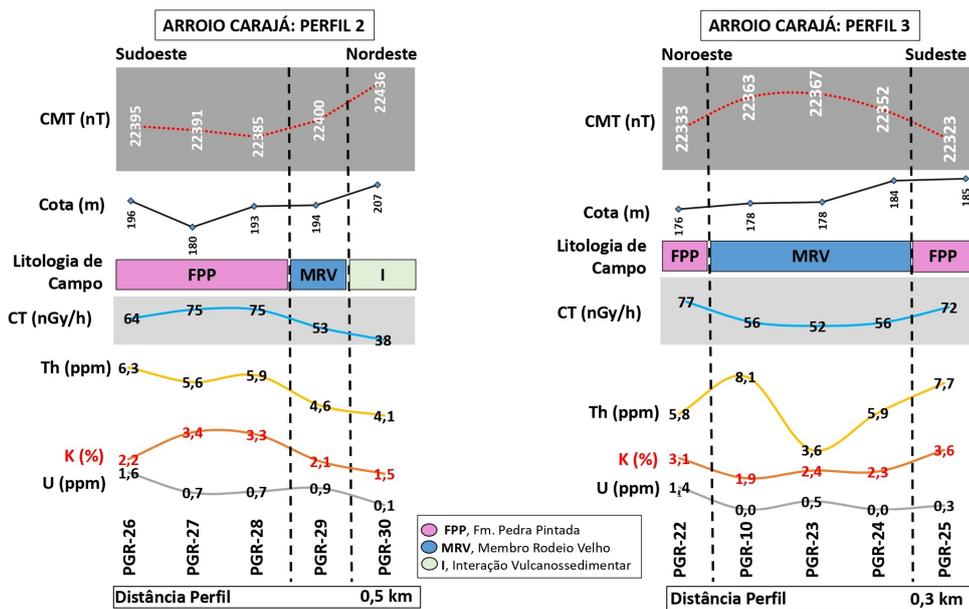


Figura 35: Arroio Carajá - Perfil 2 e Perfil 3.

O afloramento presente no Arroio Carajá é um dos melhores exemplos preservados do vulcanismo do MRV, o que justifica a investigação geofísica no local.

Os dados obtidos na gamaespectrometria no Perfil 1 a 3, em geral, mostram uma resposta de CT relativamente baixa ao MRV (com valores que variam de 39 a 56 nGyh^{-1} excluindo os extremos de 71 e 31 nGyh^{-1}), quando comparado com a sequência sedimentar adjacente (Formação Pedra Pintada). As rochas da FPP mostraram valores, em geral, maiores que 60 nGyh^{-1} . A relação ($\text{Th} > \text{K} > \text{U}$) se manteve em todos os perfis tanto para as rochas vulcânicas e sedimentares.

A resposta magnetométrica do Perfil 1 apresentou uma pequena variação entre as rochas sedimentares a sul e as vulcânicas do MRV (22292 – 22374 nT). No entanto, nota-se uma elevação em direção à zona de contato e interação vulcanossedimentar (em sentido ao Ponto 30), com valores maiores que 22395 nT. Esta resposta corrobora as anomalias aeromagnéticas verificadas na Janela Carajá, onde o setor norte do Arroio Carajá possui valores relativamente altos de intensidade magnética. Observando-se os perfis 2 e 3, constata-se os maiores valores para as rochas vulcânicas do MRV, quando comparados os verificados nas rochas sedimentares da FPP. Outro dado observado no Perfil 2 relata-se é a maior intensidade na aproximação de zona de interação vulcanossedimentar.

6.3.2 Carajá Seival

Na margem norte do Rio Camaquã e aproximadamente 8 km ao sul dos Perfis do Arroio Carajá, na localidade Carajá Seival, foi realizado o Perfil 4 (Figura 36) abrangendo os Pontos 31 a 39, de sentido geral Nordeste-Sudeste em direção ao rio.

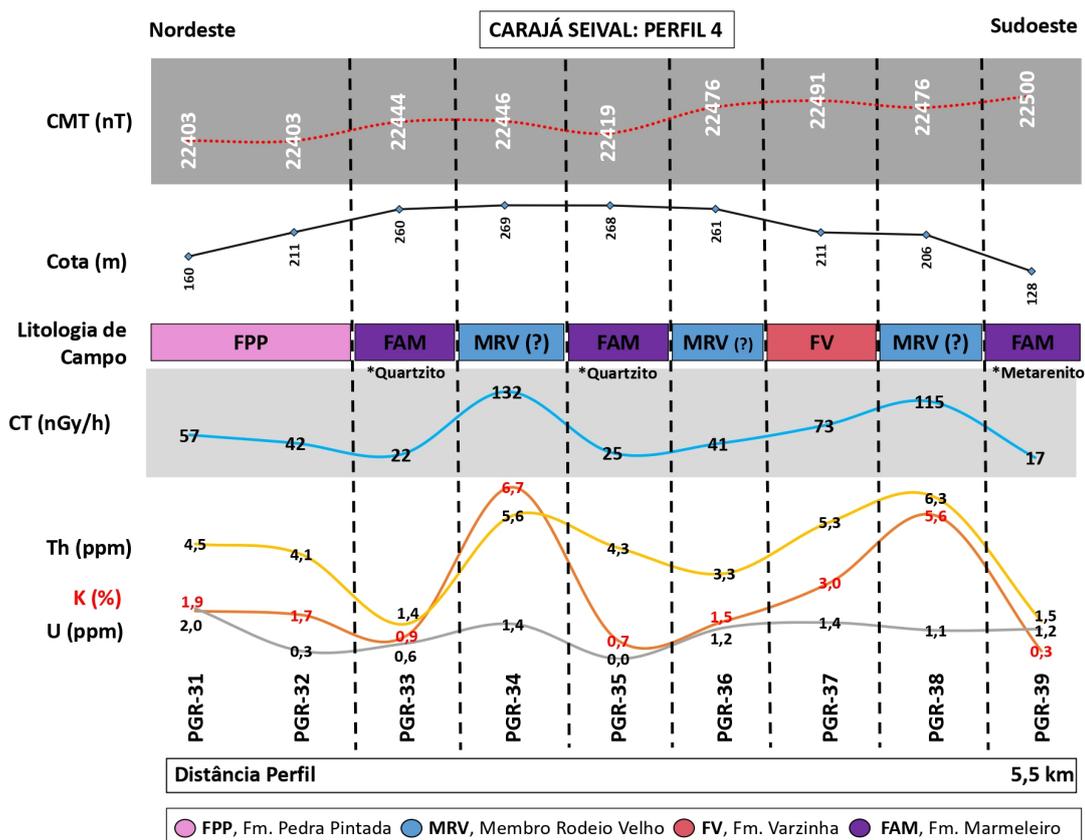


Figura 36: Carajá Seival - Perfil 4.

O perfil foi realizado ao longo de uma seção com maior variedade de litologias. Envolveu, além das unidades sedimentares e vulcânicas, rochas da Formação Arroio Marmeleiro, com metarenitos de textura fina e lentes de quartzito subordinadas. A localidade também é conhecida como Geoparque Rincão da Tigra. Esta formação faz contato sul com o Grupo Guaritas (CPRM, 2010).

Diferentes características gamaespectrométricas foram observadas para os grupos litológicos. As rochas da Fm. Arroio Marmeleiro foram as que obtiveram valores de CT mais baixos, $< 25 \text{ nGy}^{-1}$, que podem ser explicados pela composição silicosa predominante. As rochas vulcânicas encontradas apresentaram valores distintos: 42, 115 e 132 nGy^{-1} , sendo estes dois últimos valores muito altos para o que vinha sendo relacionado ao MRV (valores $< 60 \text{ nGy}^{-1}$). O basalto encontrado na localidade tem aspecto muito mais porfírico, com fenocristais de plagioclásios bem evidentes. Isso levou a colocar em dúvida em campo sobre a rocha ser possivelmente associada à Fm. Hilário (Figura 37), além de estar em contato com rochas metamórficas, relacionando um ambiente mais antigo. Outra explicação trata da

resposta K%, onde encontrou-se 6,7 e 5,6% respectivamente. As rochas possuem condição intempérica avançada, podendo este fator estar extremamente relacionado na resposta final de CT. A FPP esteve presente no início do perfil (Ponto 31 e 32) com valores de CT encontrados de 57 e 42 nGyh⁻¹. A Fm. Varzinha foi identificada no Ponto 37, onde a CT situou-se em 71 nGyh⁻¹.

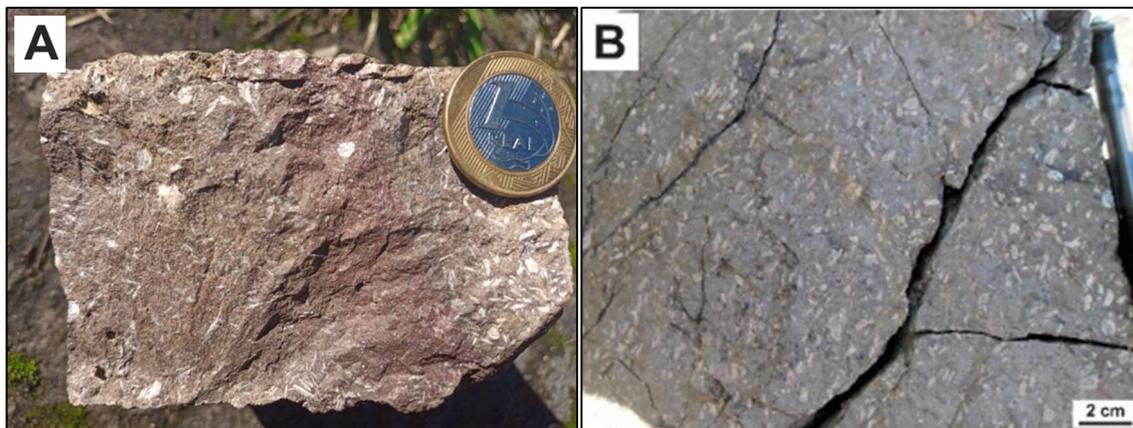


Figura 37: A) Amostra detalhando o basalto, com fenocristais de plagioclásios ainda preservados em meio a matriz vítrea levemente oxidada, retirada na localidade Carajá Seival e B) Andesito porfirítico encontrado no Cerro Tupanci relacionado a Fm. Hilário (imagem retirada de Barrios, 2015).

Os dados magnetométricos mostram valores de intensidade crescente em sentido Sudoeste (variando de 22403 nT a 22500 nT), onde as rochas do Grupo Guaritas confrontam-se com rochas metamórficas da Fm. Arroio Marmeleiro. Esta condição pode estar relacionada a estruturas tectônicas presentes entre a Bacia do Camaquã e as rochas do embasamento metamórfico. Na aeromagnetometria da Janela Carajá Seival observa-se uma anomalia magnética de geometria irregular, mas ovalada, alocada de forma central entre falhas que a delimitam. Quanto aos locais com presença dos basaltos do MRV, os valores encontrados são situados em 22446 e 22476 nT, sendo esta intensidade parecida com a FV e relativamente superior da FPP no perfil.

6.3.3 Perfis RS-625

Dois perfis foram realizados, seguindo-se a estrada onde dois corpos do MRV foram mapeados por CPRM 2010: Perfil 5 (Ponto 88 a 98), Figura 38, e Perfil 6 (Ponto 78 a 87), Figura 39, de sentido Sudoeste-Nordeste e Leste-Oeste, respectivamente.

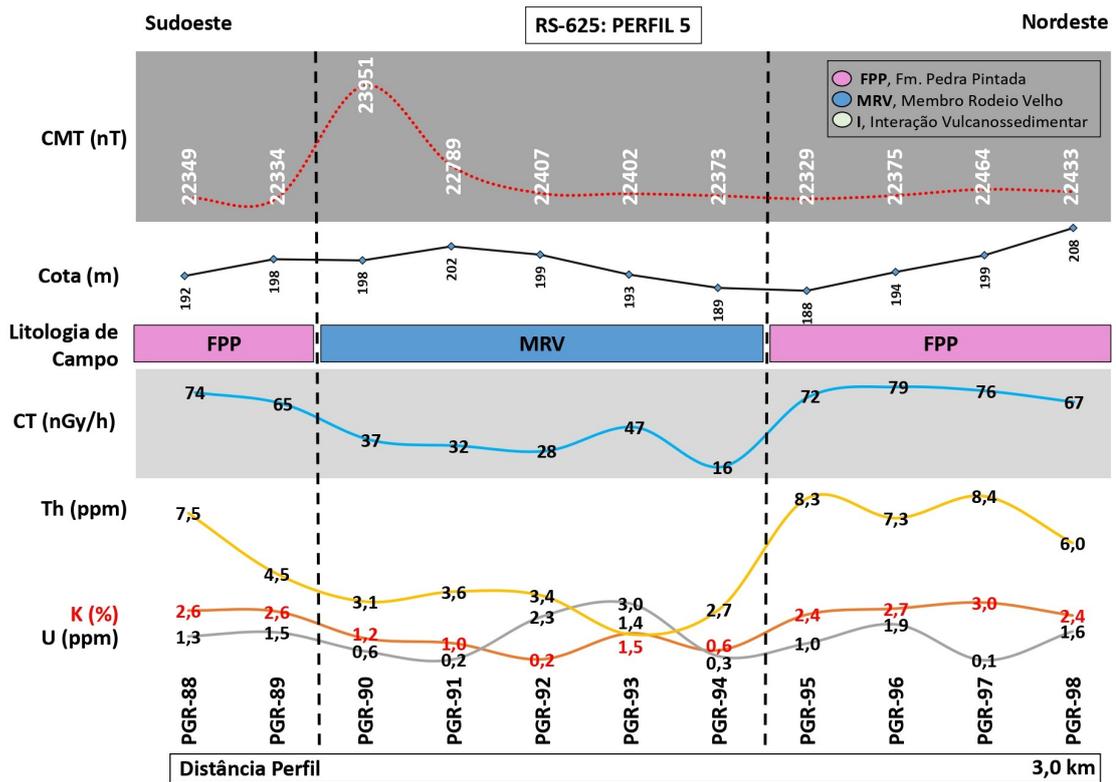


Figura 38: RS-625 - Perfil 5.

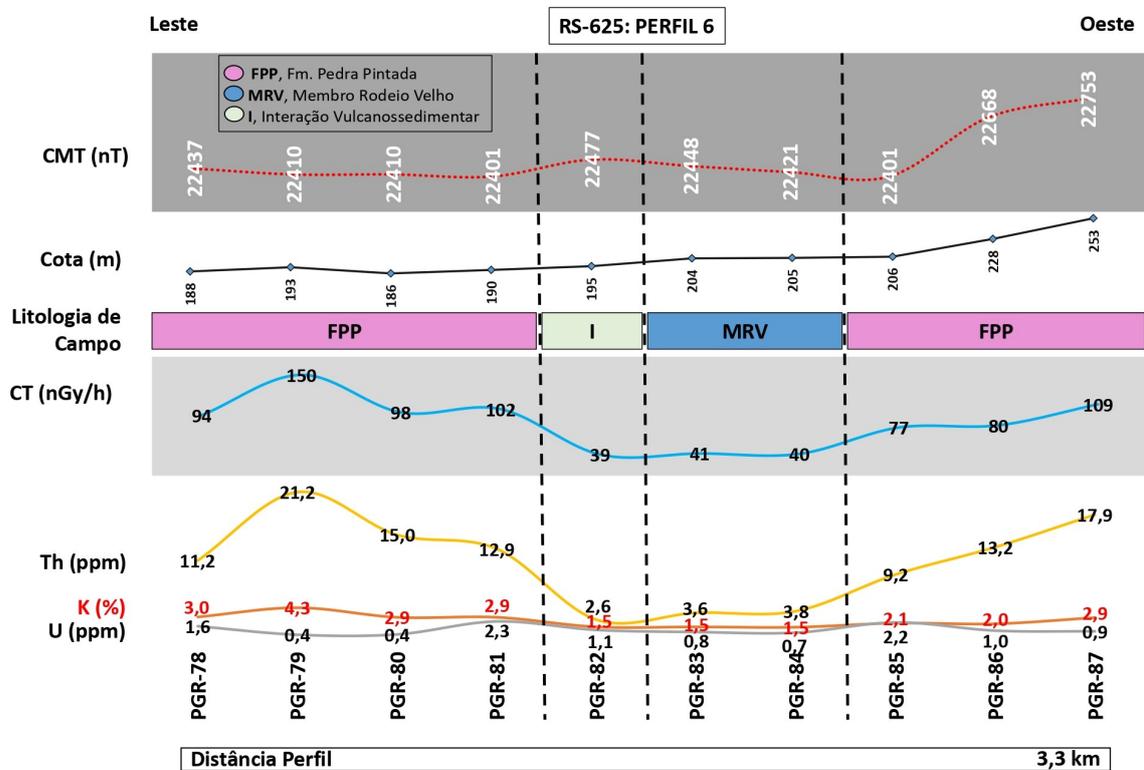


Figura 39: RS-625 - Perfil 6.

Os perfis realizados nesta localidade mostraram respostas geofísicas muito semelhantes verificadas no Arroio Carajá.

As rochas vulcânicas possuem valores de CT relativamente baixos (16 a 47 nGyh⁻¹), quando comparados com as rochas sedimentares da FPP (65 a 150 nGyh⁻¹). Com exceção aos pontos 92 e 93 no Perfil 5, onde valores de U (ppm) se mostraram superiores que K (%) e eTh (ppm), a relação (Th > K > U) se manteve característica nos perfis tanto para as rochas vulcânicas, como para as sedimentares.

Em relação a magnetometria, observa-se no Perfil 5 uma grande anomalia, com intensidade de 23951 nT entre o Ponto 89 (FPP) e Ponto 90 (MRV). Este dado é provavelmente relacionado com um contato entre as rochas vulcânicas e sedimentares e condizente a uma zona de falha NO-SE observada na aeromagnetometria da Janela RS-625. Nota-se na porção oeste do Perfil 6 um aumento de intensidade magnética no domínio das rochas sedimentares da FPP (atingindo patamar de 22753 nT), relacionado provavelmente por uma zona de falha. Outra anomalia verificada, de escala menor, condiz com o local onde foi descrito interação vulcanossedimentar (22477 nT). No geral, constata-se valores similares de intensidade entre as litologias do MRV e FPP nestes dois perfis, salvo quando da presença de estruturas regionais que causam anomalias.

6.3.4 Arroio Pessegueiro

O Perfil 7 (Figura 40) foi idealizado no sentido Oeste-Leste, abrangendo os Pontos 40 a 54, a fim de interceptar os afloramentos do MRV presentes na estrada secundária e na incisão fluvial do Arroio Pessegueiro.

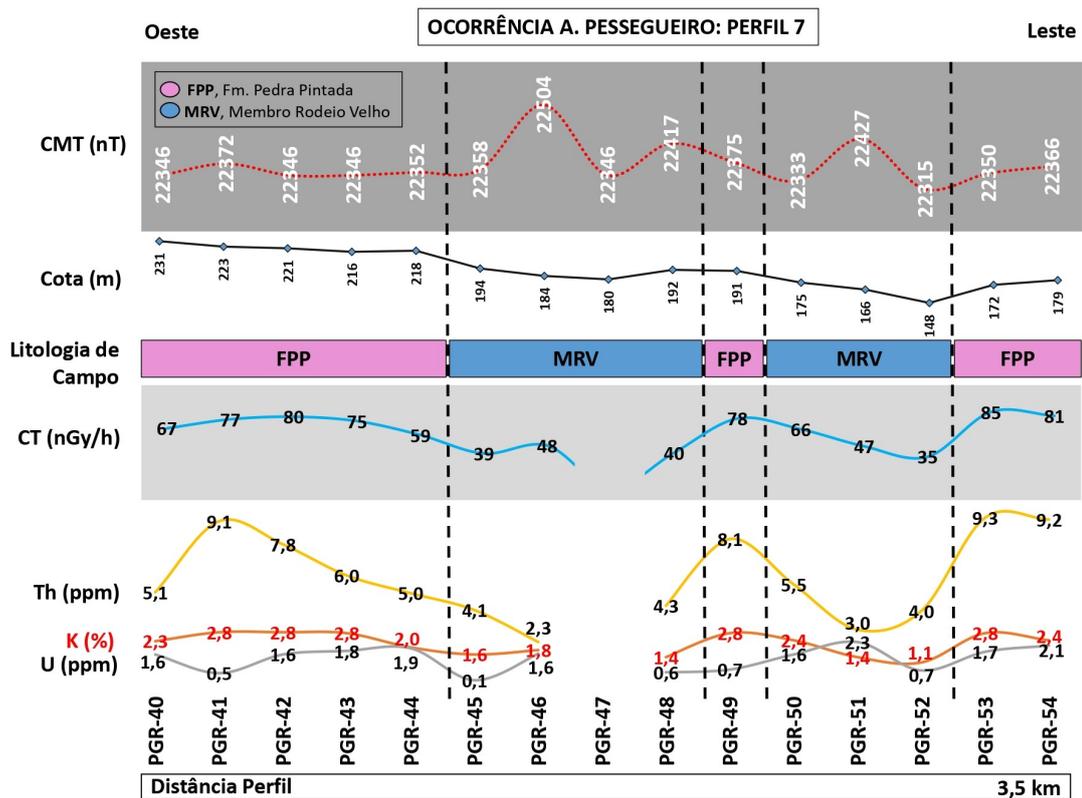


Figura 40: Arroio Pessegueiro - Perfil 7.

Os padrões gamaespectrométricos correspondem ao que foi descrito nos perfis do Arroio Carajá e da RS-625, onde o MRV apresenta valores de CT relativamente menores (35 a 66 nGyh⁻¹), quando comparados com a FPP (59 a 85 nGyh⁻¹). A assinatura gamaespectrométrica, com exceção do Ponto 51 que apresenta enriquecimento de U (ppm) sobre K%, segue o padrão (Th > K > U). O Ponto 47 não apresenta dados gamaespectrométricos devido ao equipamento não estabilizar as leituras, não permitindo registrar as mesmas.

Quanto a magnetometria, observa-se nos Pontos 46, 48 e 51 pequenos picos localizados de intensidade, quando houve medições sobre as rochas vulcânicas com valores de 22504, 22417 e 22427 nT, respectivamente. Nos demais pontos verifica-se intensidades parecidas entre o MRV e FPP.

6.3.5 Rio Camaquã

Dois perfis foram realizados ao sul da região do perfil Arroio Pessegueiro, ambos finalizaram nas margens do Rio Camaquã: o Perfil 8 (Figura 41), de maior

abrangência (Ponto 58 a 70, 75 e 77) e sentido geral Norte-Sul e o Perfil 9 (Ponto 72 a 74, 76 e 77), Figura 42, direcionado Sudoeste-Nordeste. Este último perfil concentrou apenas as rochas do MRV.

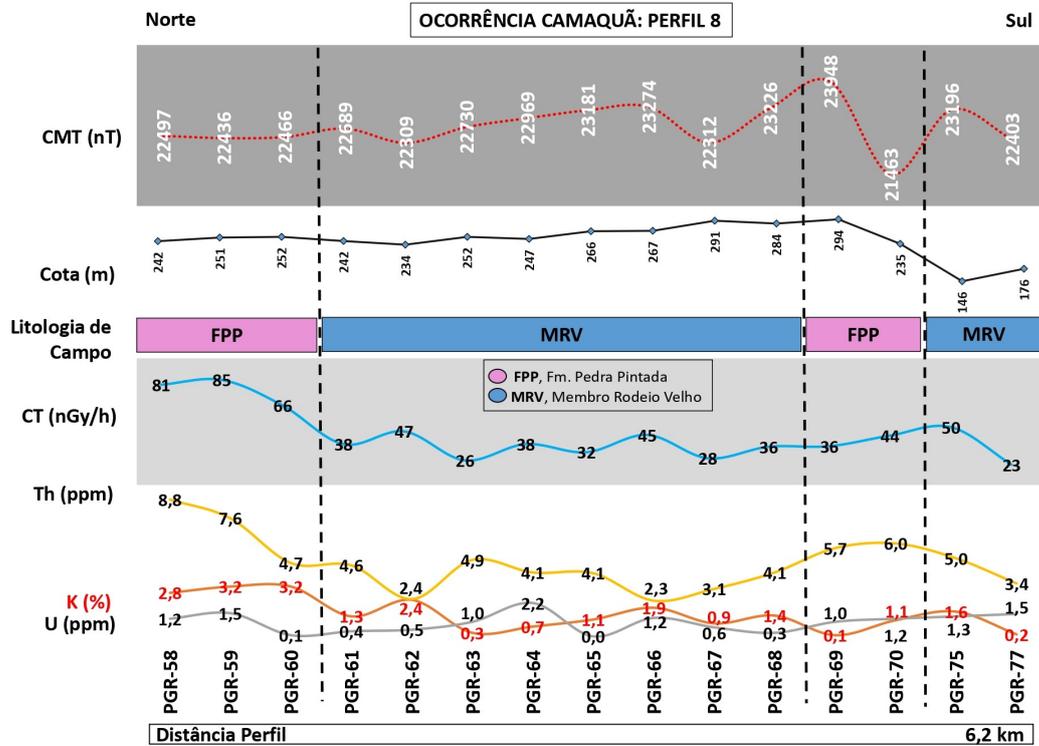


Figura 41: Ocorrência Camaquã - Perfil 8.

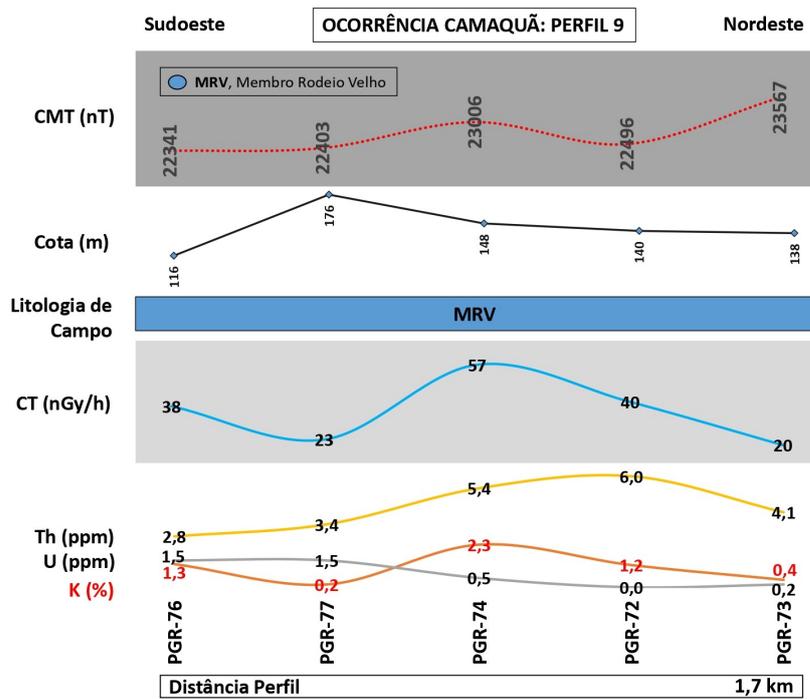


Figura 42: Rio Camaquã - Perfil 9.

Dados gamaespectrométricos mostraram valores de CT nos basaltos entre 20 a 57 nGyh⁻¹ nos dois perfis. No Perfil 8, as rochas da FPP se mostram variáveis quanto a resposta de CT, com valores mais altos ao Norte (66 a 85 nGyh⁻¹) e mais baixos a Sul (36 e 44 nGyh⁻¹). Quanto aos valores de K (%), Th (ppm) e U (ppm) o MRV apresenta duas situações, onde predomina (Th > K > U) e, em outros casos (Th > U > K).

Em relação a magnetometria, no Perfil 8 percebe-se a presença de anomalias magnéticas na ordem de 22730 a 23948 nT, a partir do Ponto 63, e no Perfil 9 variações de intensidade entre 23006 e 23567 nT. Estes dados são coerentes com a presença de estruturas regionais (zonas de falha NO-SE) previamente verificadas na aeromagnetometria da Janela A. Pessegueiro – Rio Camaquã. Os demais pontos apresentam características magnéticas semelhantes, tanto para as rochas vulcânicas, quanto para a sedimentares, com intensidades inferiores a 22730 nT.

6.4 Integração de Dados

Este tópico foi elaborado com o objetivo de apresentar produtos resultantes da integração do processamento dos diversos dados obtidos ao longo do trabalho. Entre os produtos destacam um mapa de integração (Figura 43), produto da integração entre os dados aerogeofísicos e sua interpretação geológica, com dados do modelo digital de elevação (MDE) e dados de mapeamento geológico compilados da bibliografia e modificados neste projeto. Também foram criados dois gráficos de correlação dos dados obtidos da geofísica terrestre, sendo eles CT/CMT (Figura 44) e K/Th (Figura 45).

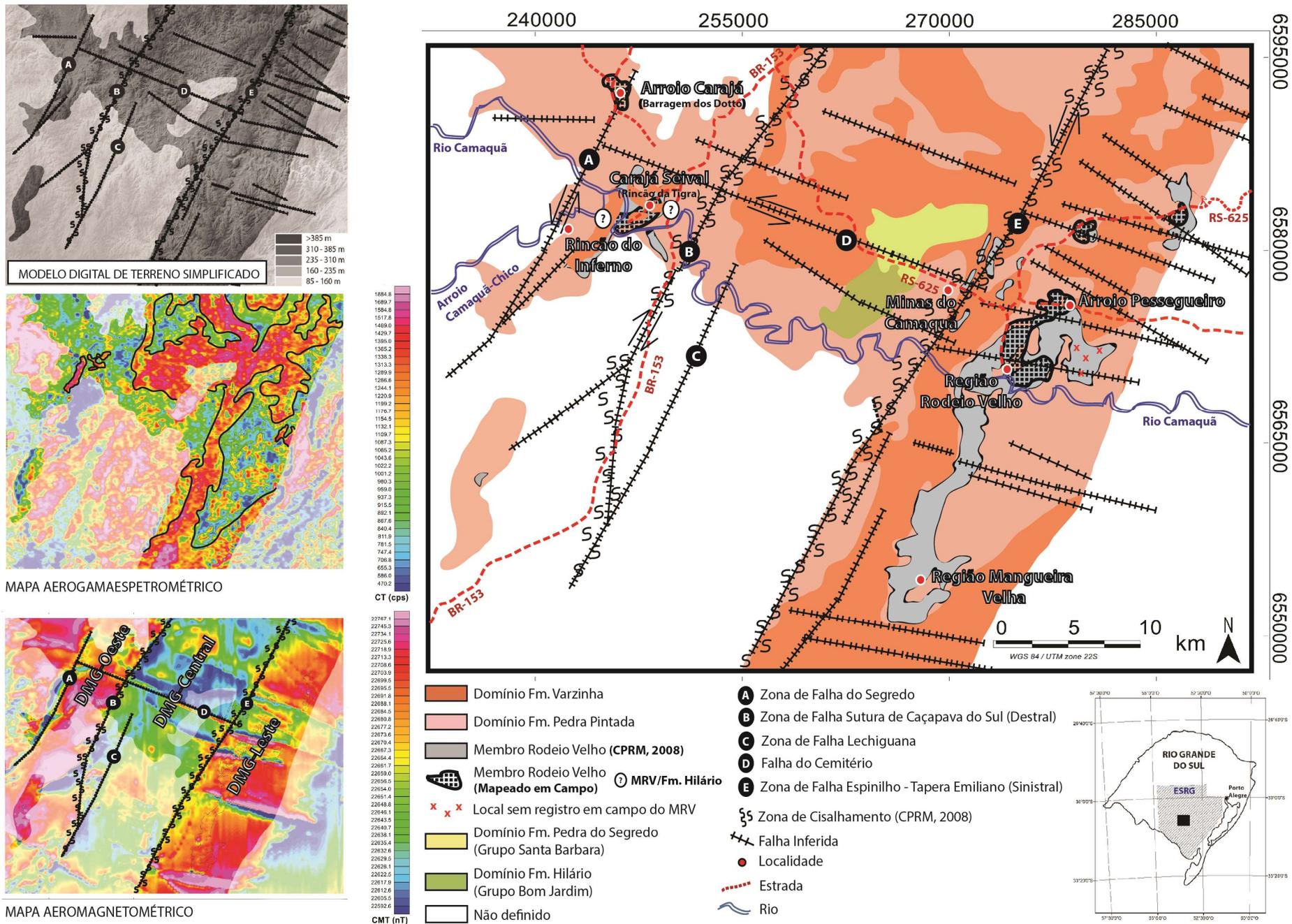


Figura 43: Mapa de integração de dados aerogamaespectrométrico, aeromagnético e dados de campo. Fonte autor.

Com o mapa anterior, é possível notar a predominância da Fm. Pedra Pintada e sua relação direta com as rochas do MRV do Grupo Guaritas, mapeadas durante a atividade de campo. A gamaespectrometria delimitou a FPP e FV, além da inferência de outras unidades conforme mapeamento pela CPRM (2008) presentes na Bacia do Camaquã, sendo elas compartimentos da Fm. Pedra do Segredo do Grupo Santa Bárbara e as unidades vulcanossedimentares da Fm. Hilário do Grupo Bom Jardim. A aeromagnetometria possibilitou ressaltar os principais lineamentos estruturais da área de estudo, principalmente as zonas de falha, cisalhamento e domínios magnéticos do Grupo Guaritas, discutidos anteriormente.

A Figura 44 apresenta correlação entre os dados magnéticos e gamaespectrométricos obtidos nas rochas vulcânicas do MRV e sua principal encaixante, representada pelos sedimentos da FPP.

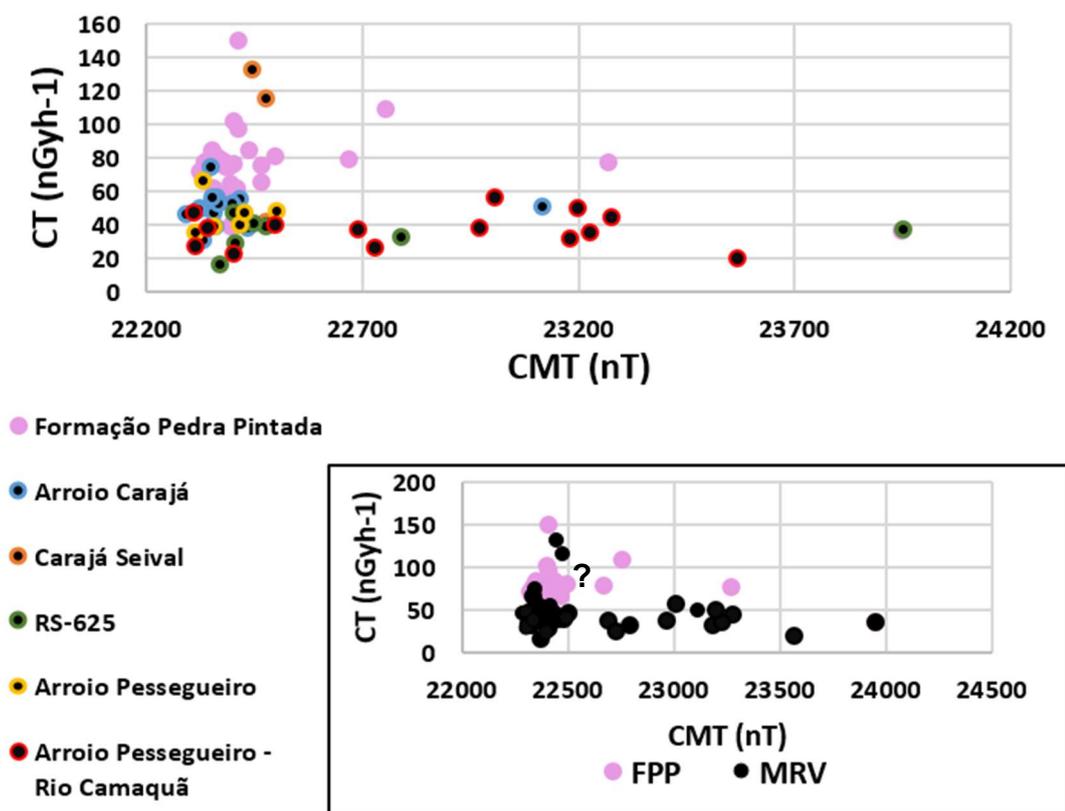


Figura 44: Correlação CT (nGyh⁻¹) e CMT (nT) dos pontos coletados na geofísica terrestre. O gráfico superior diferencia os valores encontrados pelas principais localidades, o inferior divide apenas entre as rochas vulcânicas do MRV e a FPP.

Nota-se pelos diagramas que as rochas do MRV e da FPP tendem a ter similaridades na intensidade magnética na maioria das ocorrências, mas com uma tendência de se observar maiores valores (anomalias positivas) nas rochas

vulcânicas. Além disso, alguns dados com intensidade maiores que 22700 nT tendem a ser coincidentes à estruturas regionais (zonas de falha). Mesmo assim, a maioria das anomalias magnéticas estão muito presentes no Perfil RS-625 e naqueles realizados na Janela A. Pessegueiro – Rio Camaquã. A maioria dos valores magnetométricos são da ordem de 22250 nT a 22500 nT para as rochas do MRV e também da FPP. Sobre a gamaespectrometria, nota-se um limite razoável, salvo exceções, entre os dois grupos de rochas, onde os basaltos apresentam medidas de CT em geral menores de 60 DR nGyh⁻¹ e as sedimentares da FPP valores superiores a 60 DR nGyh⁻¹. Valores > 100 nGyh⁻¹ foram verificados na localidade Carajá Seival, podendo os basaltos encontrados terem afinidade genética com as rochas da Fm. Hilário).

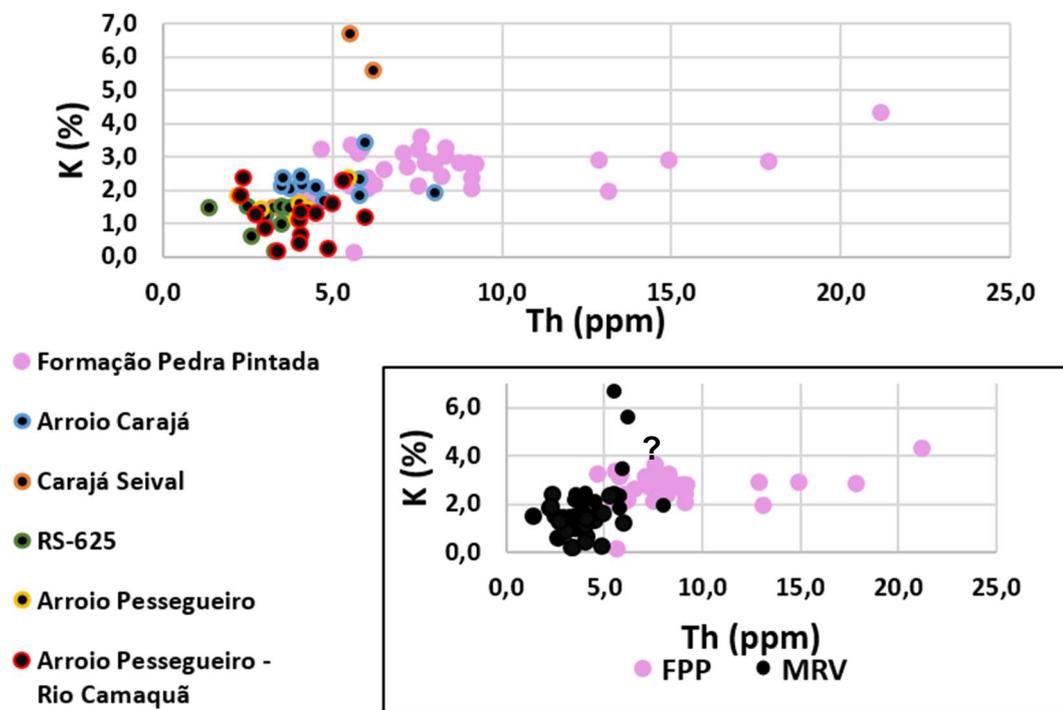


Figura 45: Correlação K (%) e Th (ppm) dos pontos coletados na geofísica terrestre.

Analisando a figura, nota-se que os basaltos do MRV apresentam concentrações de eTh, em geral, inferiores (até 7 ppm) do que visto na FPP (salvo a exceção da localidade Carajá Seival que destoa dos valores comuns devido a indagação sobre a possibilidade de ser outro grupo de rocha vulcânica). O Potássio da mesma forma, apresenta-se inferior, com medidas abaixo de 3, sendo estas relacionadas aos afloramentos encontrados no Perfil Carajá Seival, que apresentaram resposta gama superiores.

7. DISCUSSÃO

Este trabalho abordou principalmente o setor centro-norte do GG, nas localidades do Arroio Carajá, Carajá Seival, e a região Rodeio Velho (percurso na RS-625 e Arroio Pessegueiro – Rio Camaquã).

Os resultados processados relacionados à aerogamaespectrometria se mostraram com alta aplicabilidade para delimitar as duas formações do Grupo Guaritas: Fm. Pedra Pintada e a Fm. Varzinha, sendo que esta última contrasta com valores maiores quando comparado à FPP. Esta condição pode ser explicada pela presença de conglomerados polimíticos na FV, com clastos de rocha metamórfica, vulcânica e plutônica que somam na resposta CT quando comparado com as rochas da FPP que, em sua maioria, apresenta arenitos bem selecionados.

A resposta de Contagem Total foi muito complexa para ser utilizada como diagnóstica para as rochas vulcânicas do MRV. Esta unidade apresentou uma resposta aerogamespectrométrica muito similar ao que é verificado na FPP, sendo melhor definido através dos dados de geofísica terrestre, que mostraram uma tendência a valores mais baixos quando comparados com as rochas sedimentares de contato. Este fator pode ter induzido, em algumas áreas, a cartografia superestimada do MRV no mapa geológico do RS na escala 1:750:000 feito pela CPRM (2008), como observado no setor leste da Janela Arroio Pessegueiro – Rio Camaquã, onde não foram observados em campo as ocorrências previamente delimitadas.

Valores elevados de CT associados à basaltos foram verificados na Janela Carajá Seival, podendo nesta porção (no caso da aerogamaespectrometria) estar muito relacionado à rochas da Fm. Hilário (possivelmente andesitos porfíricos – uma rocha muito mais porfírica do que visto no MRV), além da presença as rochas metamórficas da Formação Arroio Marmeleiro e coberturas sedimentares da Formação Varzinha, que dão respostas aerogama com valores relativamente maiores. Além disso, em campo, as rochas vulcânicas nesta localidade estavam em estágio avançado de intemperismo, afetando os resultados, inclusive demonstrando enriquecimento relativo em K, o que aumenta os valores de CT.

A condição geológica onde a FV recobre estratigraficamente a FPP e, esta última, podendo recobrir as ocorrências do MRV, também dificulta na definição, pelo método aerogamaespectrométrico, a verdadeira abrangência do MRV, sendo

verificado possivelmente corpos isolados descobertos ou preservados após os processos geomorfológicos atuarem sobre os derrames. Além disso, reforça-se a condição das interações vulcano-sedimentares entre a FPP e o MRV, que podem ter influenciado sobre a resposta gama sobre a continuidade lateral das unidades.

A partir disto, sugere-se que o método aerogamaespectrométrico aplicado ao estudo da distribuição das rochas do MRV, seja complementado necessariamente por uma geofísica terrestre e um mapeamento geológico de detalhe.

Sobre os produtos aeromagnetométricos, constata-se a presença de anomalias magnéticas em escala regional, onde estruturas lineares ficaram bem demarcadas através de contrastes dipolares significativos da intensidade do CMT. As principais zonas de falha, de cisalhamento e domínios magnéticos puderam ser definidos. A magnetometria terrestre, em geral, apresentou a intensidade relativa observada no processamento aeromagnetométrico (os locais que mostram anomalias dipolares no levantamento aéreo também apresentaram-se em campo).

Estuda-se a viabilidade de novos trabalhos para visualizar os dados de forma tridimensional de uma área de interesse, podendo ser realizado uma malha de pontos espaçados a critério da escala, utilizando a extensão incorporada no software *OASIS MONTAJ* (ferramenta de inversão *Voxi Earth Modelling*), onde poderão ser modelados corpos vulcânicos a partir dos dados e parâmetros observados em campo (chamado de problema inverso) (BARBOSA & PEREIRA, 2013).

Dados de intensidade magnética mostraram-se similares entre as rochas vulcânicas do MRV e as sedimentares da FPP, com uma tendência de aumento nas rochas vulcânicas. No geral, pelas características das rochas, esperava-se que as vulcânicas básicas apresentassem uma resposta magnética muito superior, quando comparadas com as sedimentares. No entanto, a forte alteração hidrotermal e intempérica comumente observada nas rochas vulcânicas deve ter afetado as características mineralógicas originais, causando, conseqüentemente, uma menor intensidade magnética a esta unidade. Algumas anomalias positivas foram observadas e relacionadas com zonas de falhas, já que os pontos nesta condição se localizaram praticamente sobre estas estruturas. O domínio magnético também influenciou sobre os valores medidos de CMT.

Relatou-se no DMG-Oeste (Janela A. Carajá e Janela Carajá Seival) anomalias positivas de geometria irregular, mas que se expressam de forma abrangente nas

áreas do Arroio Carajá e Carajá Seival e sem dipolos definidos. Esta condição pode estar relacionada à expressão das rochas do embasamento do GG ou também a uma câmara magmática (intrusão rasa - *stock*), soleira ou derrames do MRV, podendo estas estruturas estarem atualmente recobertas pela FPP na região. No DMG-Leste (Janela RS-625 e Janela A. Pessegueiro – Rio Camaquã), tem-se anomalias positivas que seguem os lineamentos das zonas de falha e coincidem, em superfície, com as exposições dos derrames encontrados em campo. As anomalias tendem a criar geometrias ovais, seguindo um *trend* controlado pela orientação da estrutura em profundidade. Este fator parece reforçar a ideia da existência de condutos vulcânicos associados à antigas zonas de falha extensionais, que facilitaram a formação do vulcanismo (possivelmente sistemas de diques ou condutos isolados).

Esta análise coincide com o modelamento evolutivo da Bacia do Camaquã (Figura 46), onde o vulcanismo MRV estaria associado a sistemas transtrativos do tipo rifte, vinculados a um estágio extensional e pós colisional da bacia nos estágios finais da Orogenia Brasileira Pan-Africana no ESRG (PAIM *et al.*, 2000). Neste trabalho, a definição do DMG-Oeste, DMG-Central e DMG-Leste agrupam grandes porções delimitadas por falhamentos e que concretizam blocos de resposta aeromagnética contrastante e relacionada ao embasamento, este possivelmente estruturado em um hemi-graben, formando a sub-bacia que depositou as rochas sedimentares e derrames do GG.

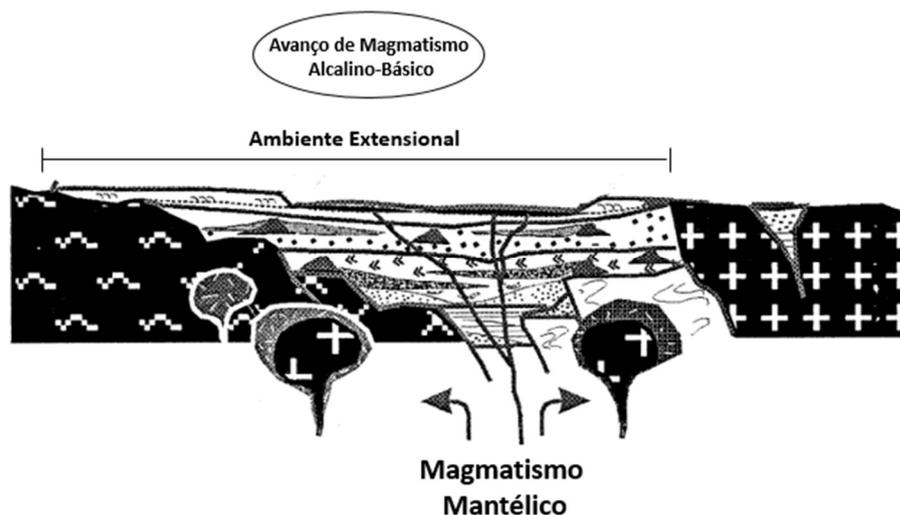


Figura 46: Croqui esquemático do sistema hemi-graben e magmatismo proposto para o Grupo Guaritas. Retirado e modificado de WILDNER *et al.* (2002).

Além disso, percebe-se no DMG-Leste um sistema de falhas praticamente perpendicular com as zonas de cisalhamento que dividem os domínios magnéticos e que parecem ter padrões magnéticos que se invertem a partir de um centro, mostrando indício de um sistema de hemi-graben isolado (Figura 47), podendo ter sido ativado em estágio posterior ao sistema principal (os lineamentos NW-SE são descritos associados ao Rift Guaritas pela evolução do Arco de Rio Grande como menciona Philipp *et al.*, 2014).

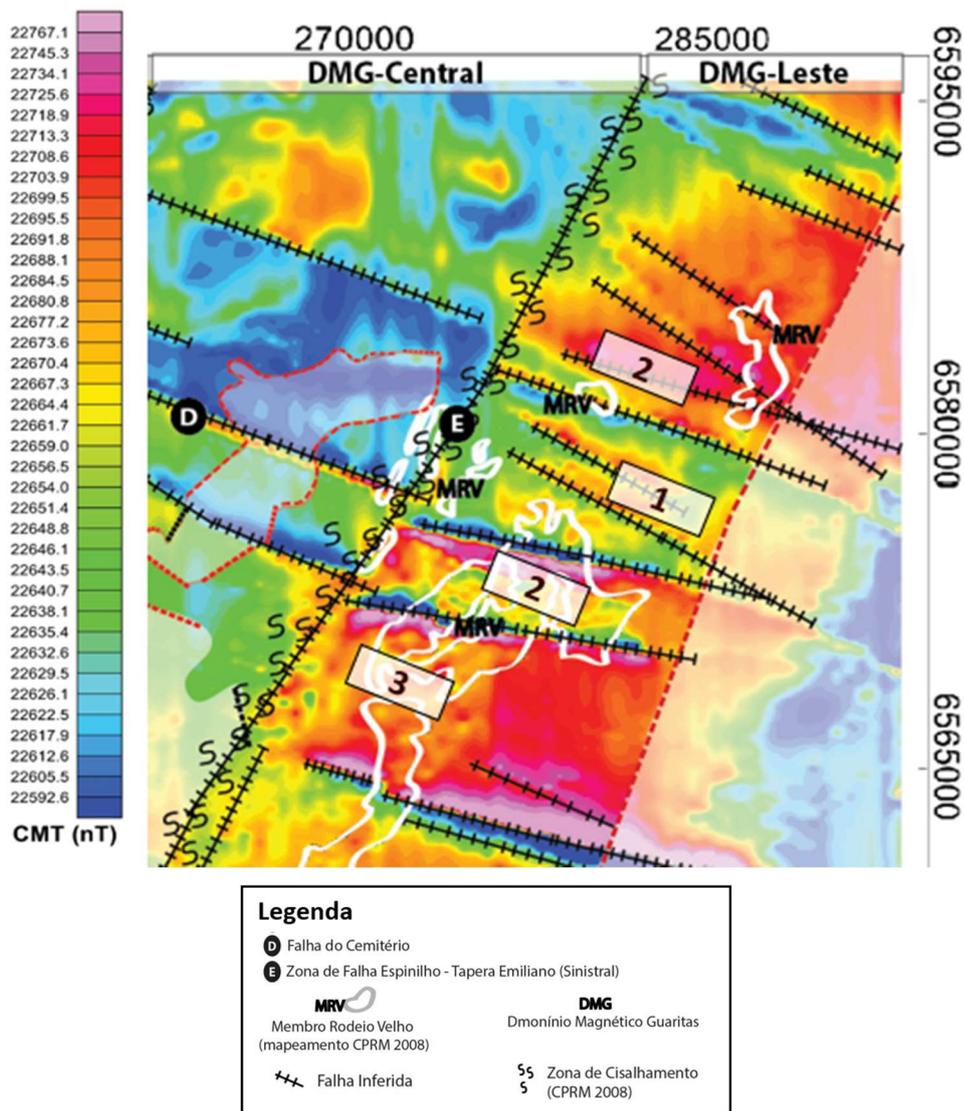


Figura 47: Recorte do mapa aeromagnético proposto para este trabalho. O local 1 sugere um centro de possível hemi-graben localizado no DMG-Leste.

A busca de uma melhor caracterização deste vulcanismo visa aumentar o entendimento evolutivo desta porção no ESRG, mais precisamente da Bacia do Camaquã. Além disso, por se tratar de magmatismo de origem mantélica e com

fraturas translitosféricas, estudos quanto a possibilidade de mineralizações podem avançar com o aumento do detalhamento da geometria e abrangência do MRV. As zonas de falha mostram anomalias importantes, além de serem caminhos facilitadores para o antigo magmatismo ter atuado.

A aerogamaespectrometria se mostrou mais eficaz para delimitar as litologias sedimentares em superfície e com a integração gamaespectrometria terrestre foi possível obter tendências geofísicas relacionadas ao MRV que contrastam com sua unidade de maior contido, a FPP. A aeromagnetometria, por outro lado, apresentou resultados satisfatórios quanto à caracterização regional do terreno que abrange o GG, definindo-se estruturas e condições do embasamento da sub-bacia Guaritas. Os valores de magnetometria terrestre condizem relativamente com os padrões de resposta geofísica observados no aerolevanteamento. Para estudos de maior detalhamento geofísico aplicado à modelagem de corpos litológicos, a geofísica terrestre se mostrará necessária, a fim de criar uma malha em escala adequada ao processamento.

8. CONCLUSÃO

O processamento aerogeofísico através dos dados disponibilizados pela CPRM 2010 e integrados à geofísica terrestre adquirida neste trabalho mostraram grande aplicabilidade no aumento do detalhamento geológico dos compartimentos do ESRG. Neste projeto foram abordados, principalmente, as localidades do Grupo Guaritas na Bacia do Camaquã onde previamente foram relatadas as ocorrências dos basaltos do MRV pela CPRM (2008) e pelo Grupo de Pesquisa em Petrologia e Estratigrafia de Sequências Vulcânicas (IGEO/UFRGS). Os principais resultados e interpretações deste trabalho são descritos a seguir:

- O uso de ferramentas geofísicas aplicadas na investigação da distribuição do vulcanismo do MRV ampliaram as possibilidades de definir a sua abrangência, já que estas rochas não são facilmente identificadas por imagens de satélites e são, em sua maioria, recobertas por solo, vegetação e pelas formações sedimentares do GG. Os produtos aerogeofísicos fornecidos pela CPRM (2010) são de altíssima qualidade, possibilitando seu processamento de áreas de interesse da comunidade acadêmica sobre o ESRG. Para os objetivos deste trabalho, a atividade de campo se mostrou de grande importância para validar os dados processados na aerogeofísica, principalmente quanto à descrição dos afloramentos visitados e para medidas geofísicas *in situ* das unidades.
- A aerogamaespectrometria mostra-se muito aplicável na delimitação da FV e FPP, já que a composição entre as duas reflete uma resposta de CT muito diferente, correlacionável a diferenças litológicas das unidades. A FV é constituída, principalmente, por arenitos e arenitos conglomeráticos polimíticos (valores relativos médios-altos), enquanto que a FPP é composta predominantemente de arenitos finos a médios bem selecionados (resposta baixa-média);
- O MRV está predominantemente associado a FPP, sendo sua resposta aerogamaespectrométrica muito similar ao adquirido na formação sedimentar de contato, dificultando sua delimitação pelo método indireto. Por outro lado, valores de gama obtidos por gamaespectrômetro portátil demonstram valores que se diferem modestamente, onde o MRV possui valores de CT, salvo exceções, em geral menores de 60 nGyh⁻¹ e as sedimentares da FPP valores

superiores a 60 nGyh⁻¹. Verificou-se também uma comum assinatura gamaespectrométrica ao MRV onde os valores de Potássio (%), Tório (ppm) e Urânio (ppm) seguem padrão (Th > K > U) e, em casos localizados, (Th > U > K). Menores valores de K% causam diretamente os valores baixos de CT encontrados nos basaltos. Somente na janela Carajá Seival valores elevados de CT associados aos basaltos foram encontrados, sendo uma rocha muito porfiríticas e entre litologias metamórficas da Fm. Marmeleiro. Este fator pode corroborar com a ideia que na localidade há a presença de rochas vulcânicas da Fm. Hilário, cabe mais investigação. O local também apresenta valores relativamente altos de K% medidos e com estágio de alteração avançada;

- Em campo, observou-se que o MRV está superestimado na região Rodeio Velho, assim como na localidade Carajá Seival de acordo com a delimitação realizada pela CPRM (2008). Uma explicação pode ser justamente o uso do critério de baixo valor de CT para delimitar o vulcanismo, sendo que neste trabalho comprovou-se que a resposta gamaespectrométrica entre as rochas do MRV e FPP possuem similaridade, com isso, a verificação em campo se mostrou necessária para comparar aos produtos aerogamaespectrométricos;
- Os produtos gerados na aeromagnetometria permitiram definir três grandes domínios magnéticos presente no GG: DMG-Oeste, DMG-Central e DMG-Leste, onde o DMG-Central mostra anomalias magnéticas relativamente baixas quando comparadas aos domínios laterais. Estes domínios são delimitados por grandes zonas de cisalhamento: a Zona de Falha Sutura de Caçapava do Sul (DMG-Oeste-Central, orientada N30E) de movimento dextral e a Zona de Falha Espinilho – Tapera Emiliano (DMG-Central-Leste, orientada N35E) de movimento sinistral. Este fato está associado à estrutura do embasamento do GG, formado por um hemi-graben originado nos estágios finais da Orogenia Brasileira Pan-Africana no ESRG e seus sistemas transtrativos associados;
- O MRV relatado abrange somente os compartimentos do DMG-Oeste e DMG-Leste, onde as anomalias regionais são relativamente mais elevadas no GG. As janelas de detalhamento mostraram anomalias magnéticas passíveis de discussão quanto a abrangência do MRV em profundidade, onde no DMG-Oeste as anomalias relativamente altas coincidem com os afloramentos de basaltos encontrados em campo, mas em geometria irregular, formando

“platôs” que podem estar relacionados a estruturas do vulcanismo (derrames encobertos, soleiras e câmaras magmáticas - *stock*) ou relacionadas ao embasamento do ESRG com litologias possíveis de elevar a resposta magnética. No DMG-Leste, as anomalias positivas (altas) parecem estar diretamente associadas aos sistemas de falha e zona de cisalhamento. As anomalias nesse setor possuem geometrias mais circulares e seguindo o *trend* da zona de falha, remetendo a possíveis estruturas vulcânicas como condutos ou diques que aproveitaram o ambiente extensional para alimentar o vulcanismo;

- Salvo a exceção da janela de detalhe Carajá Seival, as demais localidades investigadas mostram compatibilidade entre os afloramentos do MRV e estruturas regionais associadas a sistemas de falha e cisalhamento, sendo isto um fator importante na busca de novos afloramentos e continuação dos estudos do magmatismo associado a este vulcanismo;
- No DMG-Leste descreveu-se um eventual sistema de hemi-graben atuando no embasamento, podendo ter sido ativado em estágio posterior ao sistema principal, disposto praticamente perpendicular às zonas de cisalhamento que definem os domínios magnéticos, formado por um sistema de falhas na região Rodeio Velho, janela de detalhe Arroio Pessegueiro – Rio Camaquã (orientadas N65O a N75O) e janela RS-625 (orientadas N45O a N70O) onde aparentam ter padrões magnéticos que se invertem a partir de um centro, mostrando indício de um sistema de hemi-graben isolado;
- A magnetometria terrestre de CMT mostrou-se comumente compatível entre os afloramentos do MRV e FPP (valores em geral 22250 nT a 22500 nT), sendo as anomalias relatadas, principalmente na janela RS-625 e Arroio Pessegueiro – Rio Camaquã (maiores que 22700 nT), explicadas pela presença de estruturas regionais (zonas de falhas) observadas no aeroprocessamento, onde as estruturas vulcânicas possivelmente interagem mais diretamente na resposta do CMT. Uma explicação para o baixo contraste das propriedades físicas encontrado entre as duas unidades pode estar relacionado com a interação vulcano-sedimentar presente no contexto do GG, onde a complexidade das unidades geológicas em profundidade influenciam na resposta do CMT, sendo o MRV provavelmente a unidade que mais atua na

resposta local comparado com as rochas sedimentares. Destaca-se ainda, que a forte alteração hidrotermal e intempérica comumente observada nas rochas vulcânicas pode ter contribuído para uma menor resposta magnética da unidade MRV.

A partir dos resultados encontrados neste trabalho, pôde-se definir melhor a abrangência e os controles estruturais do vulcanismo MRV na sub-bacia do Grupo Guaritas. Para uma delimitação em superfície fidedigna das ocorrências do MRV, o mapeamento geológico ainda se mostra fundamental devido a sua resposta aerogamaespectrométrica ser muito semelhante a FPP, além da condição geológica de recobrimento pelas formações sedimentares do GG. A abrangência do vulcanismo em subsuperfície se mostra complexa e exigirá um maior detalhamento, com uso integrado de ferramentas como magnetometria e gravimetria para a construção de modelos geométrico de corpos, principalmente em locais onde as anomalias geofísicas se mostraram mais presentes (principalmente nas zonas de falhas no DMG-Leste e a região do Arroio Carajá no DMG-Oeste).

9. REFERÊNCIAS

- Almeida, D.P.M.; Lopes, R.C.; Lima, L.; Gomes, C.H. 2000. Petrography and geochemistry of the volcanic rocks from the Rodeio Velho Formation (Ordovician of the Camaquã Basin, RS, Brazil): preliminary results. São Leopoldo: REVISTA BRASILEIRA DE GEOCIÊNCIAS, v. 30, p. 769-774.
- Almeida, D.P.M.; Conceição, R.V.; Chemale Jr., F.; Koester, E.; Borba, A.W.; Petry, K. 2005. Evolution of *Heterogeneous Mantle in the Acampamento Velho and Rodeio Velho Volcanic Events, Camaquã Basin, Southern Brazil*. São Leopoldo: GONDWANA RESEARCH, v. 8, p. 479-492.
- Almeida, D.P.M., Chemale Jr., F. & Machado, A. 2012. Late to post-orogenic Brasiliano-Pan-African volcano-sedimentary basins in the Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil. *In: Ismail Al-Juboury, A. (Ed.). Petrology - New Perspectives and Applications*, Rijeka, InTech e Open Access Publisher, 2012, p. 73-130.
- Andrade, M.R. 2019. Distribuição espacial e caracterização geológica preliminar do Vulcanismo Rodeio Velho, Bacia do Camaquã, RS. Resumo. Salão de Iniciação Científica UFRGS SIC-2019. Orientação: Carlos Augusto Sommer. Porto Alegre.
- Artine, A.L. 2018. Evolução do conhecimento do Membro Rodeio Velho da Bacia do Camaquã, RS. Trabalho de Conclusão de Curso em de Geologia. Universidade Federal do Pampa. Orientação: Vinícius Matté; Tiago Rafael Gregory. Caçapava do Sul.
- Baesso, A. 2018. Geofísica e modelagem tridimensional de um corpo lamprofírico da região do Cerro Tupanci, Vila Nova do Sul, RS: aspectos preliminares.
- Barbosa, R. D.; Pereira, J. G. 2013. Inversão 3D de dados Magnéticos da Região de Mara Rosa - Goiás, Brasil, utilizando Geosoft VOXI. Thirteenth International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Rio de Janeiro: [s.n.].
- Barrios, M. F. S. (2015). Geologia e petrografia das rochas Andesíticas da região do Centro Tupanci, Vila Nova do Sul, RS.
- Bitencourt, M.F. & Nardi, L.V.S. 2000. Tectonic setting and sources of magmatism related to the southern Brazilian Shear Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, 30: 184-187.
- Borba, A. W. 2006. Evolução geológica da "Bacia do Camaquã" (Neoproterozóico e Paleozóico inferior do Escudo Sul-Riograndense, RS, Brasil): uma visão com base na integração de ferramentas de estratigrafia, petrografia e geologia isotópica. Porto Alegre: Instituto de Geociências, UFRGS, 109 f.
- Chemale Jr., F. 2000. Evolução geológica do escudo Sul-Rio-Grandense. *In: De Ros, L.F. & Holz, M. (Eds.). Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, CIGO/UFRGS, p. 13-52.

- Costa, A.F.U.; Fernandes, L.A.D.; Hukowsky, W.; Nardi, L.V.S.; Bitencourt, F. 1995. Teste dos modelos tectônicos e de posicionamento do Complexo Granítico de Caçapava do Sul através de estudos de modelagem gravimétrica 3-D. *Rev Bras Geofis* 13: 91-101.
- Costa, A.F.U.; Ramgrab G.E. 1989. Lineamento Jaguarão – Caracterização aeromagnética. *Rev Bras Geoc* 7: 41-45.
- Costa, V.H.H. 2016. Contribuição Geofísica ao Estudo de Parte do Terreno São Gabriel – Escudo Sul-Rio-Grandense, Rio Grande do Sul - Brasil, Através da Aeromagnetometria e Aerogamaespectrometria. Caçapava do Sul, 127p. Trabalho de Conclusão de Curso em Bacharel de Geofísica, Universidade Federal do Pampa.
- Copper, G. R. J.; Cowan, D. R. 2008. Edge enhancement of potential field data using normalized statistics. *Geophysics*. vol. 73, no. 3, H1–H4.
- CPRM. 2008. Geologia e recursos minerais do estado do Rio Grande do Sul - CPRM. Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul. Escala 1:750.000. Organização: Wildner, W., Ramgrab, G. E., Lopes, R. D. C., & Iglesias, C. M. D. F.
- CPRM. 2010. Serviço Geológico do Brasil. Projeto aerogeofísico Escudo do rio grande do sul: Relatório final do levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos. Vol. I, Texto técnico. Lasa Prospecções S/A.
- CPRM. 2022. GeoSGB Dados, Informações e Produtos do Serviço Geológico do Brasil. Disponível em: <<http://geosgb.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 5 de maio. 2022.
- Dentith, M., Mudge, S.T., 2014. *Geophysics for the Mineral Exploration Geoscientist*. Cambridge University Press, 454 p.
- De Toni, G. B., de Fátima Bitencourt, M., Konopásek, J., Battisti, M. A., da Costa, E. O., & Savian, J. F. (2021). Autochthonous origin of the Encruzilhada Block, Dom Feliciano Belt, southern Brazil, based on aerogeophysics, image analysis and PT-paths. *Journal of Geodynamics*, 144, 101825.
- Dickson, B. L., Scott, K. M. 1997. Interpretation of aerial gamma-ray surveys-adding the geochemical factors. *AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics*, 17(2), 187-20.
- Fernandes, L. A. D.; Menegat, R.; Costa, A.F.U.; Koester, E.; Porcher C. C.; Tommasi, A.; Kraemer, G.; Ramgrab, G.E.; Camozzato, E. 1995. Evolução Tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-Rio-Grandense: Parte I - Uma Contribuição a Partir do Registro Geológico. *Revista Brasileira De Geociências*, 25(4):351-374
- Ferreira, F. J., de Souza, J., de B. e S. Bongioiolo, A., & de Castro, L. G. 2013. Enhancement of the total horizontal gradient of magnetic anomalies using the tilt angle. *Geophysics*, 78(3), J33-J41.

- Filho, W.M; Moreira, C.A. 2014. Integração de dados Geofísicos e Geológicos em Áreas Mineralizadas Situadas na Bacia do Camaquã – RS. VI Simpósio Brasileiro de Geofísica. Conference Paper. Sociedade Brasileira de Geofísica.
- Freitas, R. B. D. (2019). Riolitos neoproterozóicos na região do Cerro do Perau, Caçapava do Sul, RS: reologia e modelo de colocação.
- Gambeta, J.H., Savian, J.F., Sommer, C.A., Trindade, R.I.F. 2021. Magnetic anisotropy of an ancient volcanic system: Flow dynamics of post-collisional Ediacaran volcanism in southernmost Brazil. *Precambrian Research*, 359, 106209.
- Hildenbrand, J.D., Costa, C.M. 2014. O Método Gamaespectrométrico Aéreo como Ferramenta de Mapeamento e de Exploração Mineral. In: *Boletim da Sociedade Brasileira de Geofísica* 88. Pág. 24-27.
- Hinze, W.J., von Frese, R.R.B., Saad, A.H. 2013. *Gravity and Magnetic Exploration Principles, Practices, and Applications*. Cambridge University Press, 512 p.
- Hartmann, G.A., Pacca, I.G. 2009. Time evolution of the South Atlantic Magnetic Anomaly. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. vol. 81, Pág. 243–255.
- Hartmann, L. A., Lopes, W. R., & Savian, J. F. 2016. Integrated evaluation of the geology, aerogammaspectrometry and aeromagnetometry of the Sul-Riograndense Shield, southernmost Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 88, 75-92.
- Jelinek, A. R., & Sommer, C. A. (2021). *Contribuições à Geologia do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*.
- Kazmierczak, T.S. 2006. Mapeamento da Bacia do Camaquã com a Utilização de Dados Geofísicos, Geologia e Sensoriamento Remoto. Porto Alegre, 111p. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Kearey, P., Brooks, M., & Hill, I. 2009. Geofísica de exploração. Oficina de Textos. Levantamentos Aerogeofísicos, Volume 1. In: *Catálogo Temático de Produtos*. Serviço Geológico do Brasil - CPRM.
- Lima, E.F.; Nardi, L.V.S. 1998. The Lavras do Sul Shoshonitic Association: implications for the origin and evolution of Neoproterozoic shoshonitic magmatism in southernmost Brazil. Porto Alegre: *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 11, No. 1, pp. 67 – 77.
- Lima, E.F., Sommer, C.A., Nardi, L.V.S. 2007. *O Vulcanismo Neoproterozóico-Ordoviciano no Escudo Sul-rio-grandense: Os Ciclos Vulcânicos da Bacia do Camaquã*. 50 anos de Geologia. Porto Alegre, Instituto de Geociências, 79-96.
- Li, X. 2006. Understanding 3D analytic signal amplitude. *Geophysics*, 71(2), 13-16.

- Matté, V.; Sommer, C.A.; Lima, E.F. 2021. O Vulcanismo Ediacarano-Cambriano da Bacia do Camaquã.
- Moxham, R. M. 1963. Natural radioactivity in Washington county, Maryland. *Geophysics*, v. 28, n. 2, p. 262-272.
- Nabighian, M.N. 1974. Additional comments on the analytic signal of twodimensional magnetic bodies with polygonal cross-section. *Geophysics*, 39(1): 85-92.
- Nabighian, M. N. et al. 2005. The historical development of the magnetic method in exploration. *Geophysics*, v. 70, n. 6, p. 33ND-61ND.
- Paim, P.S.G., Chemale Jr., F., Lopes, R.C., 2000. A Bacia do Camaqua. In: Holz, M., DeRos, L.F. (Eds.), *Geologia do Rio Grande do Sul*. CIGO-UFRGS, Porto Alegre, 231-274.
- Paim, P.S.G., Chemale Jr., F. & Wildner, W. 2014. Estágios evolutivos da Bacia do Camaquã (RS). *Ciência e Natura*, 36: 183-193.
- Petry, K. 2006. *Feições de interação* Vulcano-sedimentares: seu uso como indicadores de contemporaneidade no magmatismo Rodeio Velho (Meso-Ordoviciano) e no vulcanismo Serra Geral (Cretáceo Inferior). Programa de pós-graduação em geologia, UNISINOS, Dissertação de mestrado, 88p.
- Pires, A. C. B.; Harthill, N. 1989. Statistical analysis of airborne gamma-ray data for geologic mapping purposes: Crixas-Itapaci area, Goiás, Brazil. *Geophysics*, v. 54, n. 10, p. 1326-1332.
- Philipp, R. P., Rolim, S. B. A., Malta, L., Jelinek, A. R., Viana, A., Lavina, E. L., Faccini, U. F. (2014). Estruturação do Arco de Rio Grande e da Sinclinal de Torres, Bacia do Paraná, RS: evidências por levantamentos magnetotelúricos. *Simpósio Brasileiro de Geofísica*, 6, 2014.
- Philipp, R. P.; Pimentel, M. M.; Chemale Jr, F. 2016. Tectonic evolution of the Dom Feliciano Belt in Southern Brazil: Geological relationships and U-Pb geochronology. Evolução tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Sul do Brasil: relações geológicas e geocronologia U-Pb. *Brazilian Journal of Geology*, 46(Suppl 1): 83-104
- Philipp, R. P; Pimentel, M. M.; Basei, M. A. S. 2018. The Tectonic Evolution of the São Gabriel Terrane, Dom Feliciano Belt, Southern Brazil: The Closure of the Charrua Ocean. In: *Geology of Southwest Gondwana* [S.l: s.n.], p. 243-265, 2018. Disponível em: DOI: 10.1007/978-3-319-68920-3_10.
- Oliveira C.H.E., Chemale Jr. F., Jelinek A.R., Bicca M.M., Phillip R.P. 2014. U-Pb and Lu-Hf isotopes applied to the evolution of the late to post-orogenic transtensional basins of the Dom Feliciano Belt, Brazil. *Precambrian Research*, 246:240-255.
- Preissler. 2009. Contribuição do Método Magnético no Conhecimento da Evolução Tectônica da Bacia do Camaquã – RS. Trabalho de conclusão de Curso (graduação), IG / UFRGS, Porto Alegre, RS. 74p.

- Ribeiro, M., Bocchi, P.R., Figueiredo Filho, P.M. & Tessari, R. 1966. Geologia da Quadrícula de Caçapava do Sul. Rio Grande do Sul. *Boletim da Divisão de Fomento da Produção Mineral*. Rio de Janeiro, DFPM, p. 1-232.
- Robinson, E. S. 1988. Basic exploration geophysics. Virginia. Copyright: Jonh Wiley & Sons.
- Silva Filho, W.E da; Fragoso Cesar, A.R.S.; Machado, R.; SAYEG, H.S.; Fambrini, G.L; Ribeiro de Almeida, T.I. 1996. O magmatismo Rodeio velho e a Formação Guaritas no eopaleozoico do Rio Grande do Sul: Uma revisão. Salvador: Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia, v. 5, p. 433-435.
- Soares, R.D. 2011. Modelagem 2D de Dados Gravimétricos do Rifte Guaritas como Contribuição ao Conhecimento da Evolução Tectônica da Bacia do Camaquã. Dissertação de Mestrado. UNISINOS, São Leopoldo – RS.
- Sommer, C.A., Lima, E.F., Nardi, L.V.S., Liz, J.D. & Waichel, B.L. 2006. The evolution of Neoproterozoic magmatism in southernmost Brazil: shoshonitic, high-K tholeiitic and silica-saturated, sodic alkaline volcanism in post-collisional basins. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 78: 573-589.
- Souza, I.C.M. 2019. Investigação Estrutural de uma Região do Cerrito do Ouro, São Sepé -RS, e Relações com Anomalias Magnéticas NW. Caçapava do Sul, 97p. Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia. Universidade Federal do Pampa.
- Souza, L.F. 2019. *Caracterização geofísica do sistema vulcano-plutônico do Platô da Ramada baseada em radiometria, magnetometria e gravimetria*. Porto Alegre, 95p. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Telford, W.M., Geldart, L. P.; Sheriff, R. E. 1976. DA Keys Applied Geophysics.
- Telford, W. D., Geldart, L. P., Sheriff, R. E. 1990. Applied Geophysics, 2nd ed. Cambridge University.
- Toniolo, J.A.; Gil, C.A.A.; Sander, A.. Metalogenia das bacias neoproterozóico-eopaleozóicas do Sul do Brasil. Porto Alegre: CPRM, 2007. (Informe de Recursos Minerais. Série Metais: informes gerais, 1). Programa Geologia do Brasil (PGB). Projeto Baneo - Bacia do Camaquã.
- Travassos, R.P. 2014. Interpretação Estrutural Regional do Escudo Sul-Rio-Grandense – Rio Grande do Sul – Brasil, com Base em Aeromagnetometria. Brasília, 64p. Dissertação de Mestrado Nº 344, Curso de Pós-graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal de Brasília.
- Vedana L.A., Philipp R.P., Basei M.A.S. 2016. Geochemistry and provenance of the Pontas do Salso Complex, São Gabriel Terrane, Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil. *International Geology Review*. In press.

- Verduzco, B., Fairhead, J. D., Green, C. M., & MacKenzie, C. 2004. New insights into magnetic derivatives for structural mapping. *The Leading Edge*, 23(2), 116-119.
- Wildner, W., Lima, E.F., Nardi, L.V.S., Sommer, C.A., 2002. Volcanic cycles and setting in the Neoproterozoic III to Ordovician Camaqua Basin succession in southern Brazil: characteristics of post-collisional magmatism. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 118, 261–283

APÊNDICE

APÊNDICE A – Aquisição de Dados por Geofísica Terrestre;

APÊNDICE B - Valores Geofísicos Médios por Ponto.

APÊNDICE A - Aquisição de Dados por Geofísica Terrestre

PONTO	Lat UTM (m)	Long UTM (m)	Cota (m)	GAMAESPECTROMETRIA				CMT (nT)	MAGNETOMETRIA	
				CT (nGyh ⁻¹)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)		Data	Hora
PGR-01	245610	6591112	185,43	75,20	2,70	1,00	8,00	23290	terça-feira, 7 de dezembro de 2021	16:05:00
				79,70	3,00	1,10	7,60	23209		
								23267		
								23372		
								23197		
PGR-02	245742	6591256	190,07	76,80	2,90	0,60	8,10	22355	terça-feira, 7 de dezembro de 2021	16:12:00
				75,40	3,30	0,60	6,10	22347		
								22346		
								22346		
PGR-03	245899	6591393	206,95	75,80	3,00	1,50	5,60	22347	terça-feira, 7 de dezembro de 2021	16:20:00
				91,20	3,50	0,00	11,10	22350		
				89,00	3,00	1,40	10,00	22353		
								22355		
				22359						
PGR-04	246097	6591537	207,18	58,20	2,30	0,00	6,60	22358	terça-feira, 7 de dezembro de 2021	16:28:00
				65,60	2,90	0,00	6,50	22356		
								22352		
								22354		
								22350		

PGR-05	246112	6591596	207,91	48,60	2,00	0,40	4,60	22388	terça-feira, 7 de dezembro de 2021	16:38:00
				52,50	2,00	1,60	3,00	22360		
PGR-06	246126	6591670	208,34	53,20	2,50	0,60	3,10	22345	terça-feira, 7 de dezembro de 2021	16:55:00
				46,30	1,70	0,90	4,00	22344		
								22346		
								22340		
								22342		
PGR-07	246100	6591780	203,59	53,40	2,40	0,00	4,70	22327	terça-feira, 7 de dezembro de 2021	17:01:00
				45,40	1,90	0,70	3,60	22325		
								22325		
								22325		
								22326		
PGR-08	246061	6591906	192,92	70,80	3,20	0,30	5,70	22347	terça-feira, 7 de dezembro de 2021	17:08:00
				77,40	3,60	0,00	6,30	22349		
								22349		
								22348		
								22351		
PGR-09	245999	6592010	181,00	24,90	1,10	0,40	1,60	22331	terça-feira, 7 de dezembro de 2021	17:13:00
				36,80	0,90	1,30	4,50	22330		
								22332		
								22331		
								22328		

PGR-10	245965	6592083	178,00	62,90	2,10	0,00	9,10	22363	terça-feira, 7 de dezembro de 2021	17:18:00
				49,40	1,70	0,00	7,00	22365		
								22367		
								22362		
								22360		
PGR-11	245766	6593659	243,58	56,70	1,90	0,40	7,00	22390	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	09:20:00
				21,70	2,20	0,10	5,10	22395		
								22395		
								22398		
								22396		
PGR-12	245659	6593475	236,33	63,20	2,00	1,20	7,00	22408	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	09:30:00
				51,80	2,20	0,50	4,10	22406		
								22404		
								22405		
								22406		
PGR-13	245604	6593210	224,88	65,20	2,30	0,70	7,50	22404	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	09:38:00
				58,20	2,40	0,80	4,60	22401		
								22404		
								22407		
								22423		
PGR-14	245652	6593014	216,43	65,10	1,90	0,50	9,50	22392	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	09:44:00
				55,10	2,30	0,10	5,60	22391		
								22388		
								22392		
								22393		

PGR-15	245682	6592926	207,22	58,00	2,50	0,30	5,10	22409	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	09:48:00
				61,50	2,10	1,70	5,50	22408		
								22410		
								22409		
								22406		
PGR-16	245731	6592828	206,60	58,80	2,30	0,80	5,10	22419	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	09:53:00
				51,50	2,50	0,60	3,10	22414		
								22412		
								22416		
								22419		
PGR-17	245783	6592729	210,60	48,90	1,70	0,00	6,60	22409	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	10:00:00
				48,60	1,90	0,20	5,10	22410		
								22411		
								22413		
								22410		
PGR-18	245891	6592563	211,63	47,10	1,90	0,00	5,10	22360	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	10:05:00
				46,30	1,40	1,30	4,50	22357		
								22358		
								22357		
								22357		
PGR-19	245930	6592457	203,40	33,70	1,30	0,70	2,60	22358	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	10:11:00
				43,60	1,50	0,80	4,50	22359		
								22360		
								22358		
								22362		

PGR-20	245975	6592363	193,92	42,10	1,30	1,80	3,00	22292	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	10:17:00
				50,10	1,60	1,20	5,50	22294		
								22293		
								22290		
								22290		
PGR-21	246025	6592292	190,91	52,30	1,80	0,00	7,10	22323	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	10:23:00
				44,70	1,50	1,90	2,50	22320		
								22317		
								22322		
								22322		
PGR-22	245919	6592094	176,46	79,30	3,30	1,00	6,10	22330	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	10:42:00
				75,40	2,90	1,70	5,50	22333		
								22332		
								22336		
								22334		
PGR-23	246011	6592084	178,33	57,80	2,60	0,70	3,60	22365	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	11:05:00
				46,40	2,10	0,30	3,60	22366		
								22370		
								22370		
								22366		
PGR-24	246092	6592054	183,99	54,40	2,40	0,00	5,10	22351	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	11:10:00
				57,00	2,20	0,00	6,60	22352		
								22354		
								22352		
								22350		

PGR-25	246155	6591991	184,51	64,90	3,70	0,00	8,20	22320	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	11:20:00
				78,50	3,50	0,50	7,10	22323		
								22326		
								22322		
								22322		
PGR-26	245323	6592663	196,34	59,80	2,10	1,10	6,00	22397	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	12:48:00
				69,10	2,20	2,00	6,50	22392		
								22395		
								22398		
								22392		
PGR-27	245495	6592802	179,58	78,20	3,40	0,50	6,60	22394	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	13:05:00
				72,20	3,30	0,80	4,60	22390		
								22391		
								22391		
								22389		
PGR-28	245528	6592827	192,90	73,50	3,00	1,00	6,10	22386	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	13:10:00
				76,30	3,50	0,40	5,70	22385		
								22383		
								22384		
								22385		
PGR-29	245585	6592830	193,62	51,10	2,10	0,20	5,10	22403	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	13:14:00
				54,40	2,00	1,50	4,00	22401		
								22397		
								22400		
								22401		

PGR-30	245677	6592874	206,58	37,20	1,60	0,20	3,10	22435	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	13:20:00
				38,80	1,40	0,00	5,10	22438		
								22435		
								22437		
								22437		
PGR-31	250500	6584321	159,81	59,70	2,10	1,30	5,50	22405	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	14:25:00
				53,50	1,60	2,60	3,40	22405		
								22403		
								22401		
								22403		
PGR-32	249510	6584189	211,16	44,20	1,50	0,10	6,00	22401	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	14:40:00
				40,10	1,90	0,50	2,10	22403		
								22407		
								22405		
								22397		
PGR-33	248496	6583670	259,99	19,80	0,70	0,30	2,10	22443	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	14:53:00
				25,00	1,10	0,90	0,60	22442		
								22443		
								22447		
								22445		

PGR-34	248339	6583408	268,50	132,30	6,70	1,60	4,80	22446	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	15:05:00
				132,50	6,60	1,10	6,30	22447		
								22440		
								22449		
								22450		
PGR-35	247705	6583062	268,18	25,80	0,80	0,00	4,10	22419	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	15:12:00
				24,80	0,60	0,00	4,50	22419		
								22422		
								22420		
								22416		
PGR-36	247369	6582587	260,69	38,50	1,50	0,30	4,10	22476	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	15:22:00
				44,40	1,40	2,10	2,50	22476		
								22476		
								22476		
								22475		
PGR-37	246713	6582439	211,00	68,70	3,00	1,20	4,10	22497	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	15:36:00
				77,40	2,90	1,60	6,50	22490		
								22488		
								22490		
								22492		
PGR-38	246186	6582117	205,65	115,40	5,50	0,60	7,30	22478	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	15:55:00
				115,30	5,60	1,60	5,20	22469		
								22480		
								22476		
								22478		

PGR-39	246169	6581613	128,11	19,40	0,10	1,90	1,40	22500	quarta-feira, 8 de dezembro de 2021	16:11:00
				14,40	0,50	0,40	1,50	22500		
								22500		
								22501		
PGR-40	275865	6576379	230,52	64,90	2,30	2,20	4,50	22346	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	09:30:00
				68,60	2,30	0,90	5,60	22346		
								22345		
								22346		
								22347		
PGR-41	276038	6576300	223,16	74,90	2,50	0,40	10,00	22372	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	09:37:00
				78,60	3,10	0,60	8,10	22373		
								22374		
								22379		
								22360		
PGR-42	276517	6576272	220,91	85,00	2,90	2,00	8,00	22343	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	09:45:00
				74,20	2,70	1,10	7,50	22347		
								22346		
								22347		
								22345		
PGR-43	276709	6576268	216,29	80,40	2,60	2,30	7,40	22343	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	09:54:00
				69,10	2,90	1,20	4,60	22344		
								22344		
								22345		
								22352		

PGR-44	276878	6576150	217,82	63,50	2,10	2,20	5,00	22352	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	10:00:00
				55,10	1,80	1,60	5,00	22352		
								22352		
								22353		
								22353		
PGR-45	277061	6576031	194,15	77,50	3,10	0,20	8,10	22360	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	10:07:00
				-	-	-	-	22358		
								22359		
								22359		
								22356		
PGR-46	277154	6575983	184,22	50,60	2,00	1,70	2,50	22505	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	10:12:00
				44,50	1,60	1,50	2,00	22504		
								22505		
								22503		
								22502		
PGR-47	277343	6576061	179,61	-	-	-	-	22345	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	10:19:00
								22346		
								22346		
								22345		
								22348		
PGR-48	277461	6576076	192,31	39,60	1,40	0,70	4,00	22419	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	10:22:00
				39,40	1,40	0,40	4,60	22419		
								22417		
								22413		
								22417		

PGR-49	277559	6575988	190,84	76,80	2,70	0,10	10,50	22375	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	10:27:00
				78,30	2,80	1,30	5,60	22376		
								22374		
								22376		
								22375		
PGR-50	277654	6575894	175,21	66,10	2,20	1,70	6,00	22334	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	10:32:00
				65,40	2,50	1,40	5,00	22333		
								22335		
								22330		
								22334		
PGR-51	277800	6575794	165,99	43,40	1,50	1,40	3,00	22432	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	10:39:00
				50,10	1,30	3,10	2,90	22428		
								22425		
								22426		
								22426		
PGR-52	277954	6575864	148,26	35,10	1,00	0,70	4,50	22319	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	10:49:00
				35,10	1,20	0,60	3,50	22318		
								22316		
								22312		
								22310		
PGR-53	278253	6575639	172,23	89,50	2,70	0,40	13,50	22350	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	11:02:00
				80,30	2,80	3,00	5,00	22350		
								22351		
								22348		
								22349		

PGR-54	278766	6575659	178,55	71,20	2,00	2,60	6,90	22364	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	11:12:00
				90,00	2,70	1,50	11,40	22366		
								22361		
								22369		
								22368		
PGR-55	280018	6573492	212,83	78,10	2,70	2,50	6,00	22400	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	11:28:00
				65,50	2,60	0,40	6,60	22402		
								22401		
								22400		
								22402		
PGR-56	279935	6572652	215,10	71,80	2,00	0,80	10,50	22298	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	11:37:00
				64,20	2,60	0,60	6,10	22298		
								22298		
								22297		
								22297		
PGR-57	279593	6572041	203,45	68,60	2,50	1,30	6,00	22328	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	11:43:00
				62,20	2,30	0,00	8,10	22330		
								22328		
								22329		
								22327		
PGR-58	274758	6574941	241,88	73,40	2,50	0,80	8,50	22498	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	13:00:00
				88,90	3,10	1,50	9,00	22493		
								22499		
								22500		
								22496		

PGR-59	274673	6574465	250,68	83,10	3,20	0,00	10,10	22436	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	13:09:00
				86,10	3,20	3,00	5,00	22433		
								22434		
								22440		
								22436		
PGR-60	274668	6574139	252,24	70,40	3,40	0,00	5,20	22473	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	13:14:00
				61,60	3,00	0,20	4,20	22461		
								22461		
								22468		
								22466		
PGR-61	274624	6574001	242,14	37,00	1,40	0,30	4,10	22692	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	13:25:00
				38,60	1,20	0,40	5,00	22693		
								22684		
								22686		
								22692		
PGR-62	274557	6573730	233,61	46,20	2,30	0,50	2,10	22307	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	13:31:00
				48,00	2,40	0,40	2,70	22308		
								22310		
								22308		
								22312		
PGR-63	274475	6573398	252,42	26,10	0,30	1,60	3,40	22352	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	13:40:00
				25,90	0,20	0,30	6,40	22353		
								22349		
								23271		
								23323		

PGR-64	274440	6573018	247,16	36,50	0,40	2,60	3,80	23009	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	13:45:00
				39,20	0,90	1,70	4,40	22956		
								23084		
								23012		
								22783		
PGR-65	274701	6572895	265,92	35,20	1,30	0,00	4,60	23058	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	13:58:00
				28,70	0,90	0,04	3,50	23044		
								23058		
								23354		
								23389		
PGR-66	274349	6572424	266,82	44,50	2,10	0,20	3,10	23315	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	14:12:00
				44,60	1,60	2,20	1,50	23447		
								23189		
								23262		
								23155		
PGR-67	274302	6571876	291,09	26,00	0,70	1,20	2,00	22312	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	14:20:00
				29,10	1,00	0,00	4,10	22312		
								22312		
								22311		
								22311		
PGR-68	274204	6571532	284,28	38,80	1,40	0,50	4,10	23179	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	14:27:00
				33,10	1,30	0,00	4,10	23083		
								23423		
								23349		
								23098		

PGR-69	274431	6571072	294,39	39,50	0,10	1,90	4,80	23955	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	14:35:00
				33,20	0,10	0,00	6,50	23948		
								23942		
								23942		
								23952		
PGR-70	274987	6571036	235,42	44,90	1,00	1,10	6,40	21469	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	14:55:00
				43,30	1,10	1,20	5,50	21468		
								21459		
								21460		
								21461		
PGR-71	275409	6570878	179,31	22,20	0,40	0,00	5,00	22612	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	15:08:00
				29,70	0,20	0,00	5,50	22676		
								22691		
								22720		
								22578		
PGR-72	275839	6570791	140,35	44,20	1,30	0,00	6,50	22500	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	15:15:00
				35,90	1,10	0,00	5,50	22496		
								22493		
								22497		
								22495		
PGR-73	276309	6570892	138,21	16,50	0,40	0,30	2,50	23571	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	15:27:00
				24,20	0,40	0,00	5,60	23563		
								23567		
								23570		
								23564		

PGR-74	275558	6570650	147,62	52,90	2,30	1,00	3,10	22707	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	15:37:00
				61,00	2,30	0,00	7,60	23014		
								23225		
								22799		
								23283		
PGR-75	275452	6570231	145,72	43,50	1,40	2,10	2,50	23222	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	15:44:00
				57,00	1,80	0,50	7,50	23130		
								23258		
								23277		
								23093		
PGR-76	274804	6570271	116,38	36,20	1,10	1,20	3,50	22340	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	16:19:00
				39,90	1,40	1,70	2,00	22340		
								22342		
								22341		
								22340		
PGR-77	275012	6570555	175,64	23,40	0,20	1,20	3,90	22403	quinta-feira, 9 de dezembro de 2021	16:43:00
				22,30	0,10	1,70	2,90	22406		
								22403		
								22402		
								22400		
PGR-78	287632	6583624	188,24	93,70	2,80	1,60	11,90	22432	sexta-feira, 10 de dezembro de 2021	09:00:00
				93,90	3,10	1,60	10,50	22446		
								22428		
								22440		
								22437		

PGR-79	286962	6583310	193,34	142,90	4,20	0,70	21,90	22412	sexta-feira, 10 de dezembro de 2021	09:10:00
				157,00	4,40	0,00	20,50	22417		
								22403		
								22406		
								22413		
PGR-80	286679	6583142	185,94	103,70	2,90	0,80	15,90	22414	sexta-feira, 10 de dezembro de 2021	09:16:00
				91,70	2,90	0,00	14,00	22413		
								22409		
								22408		
								22408		
PGR-81	286278	6582917	190,10	91,30	2,50	2,80	10,40	22399	sexta-feira, 10 de dezembro de 2021	09:22:00
				113,20	3,30	1,80	15,40	22402		
								22402		
								22405		
								22396		
PGR-82	286059	6582877	194,68	38,80	1,70	0,10	3,60	22478	sexta-feira, 10 de dezembro de 2021	09:31:00
				39,20	1,30	2,00	1,50	22476		
								22478		
								22479		
								22475		
PGR-83	285876	6582884	204,16	41,10	1,70	0,60	3,10	22446	sexta-feira, 10 de dezembro de 2021	09:39:00
				39,90	1,30	0,90	4,00	22447		
								22447		
								22453		
								22447		

PGR-84	285637	6582860	204,64	40,60	1,50	0,50	4,10	22420	sexta-feira, 10 de dezembro de 2021	09:50:00
				39,30	1,40	0,80	3,50	22420		
								22421		
								22421		
								22423		
PGR-85	285461	6582850	206,21	76,60	2,00	1,60	10,40	22399	sexta-feira, 10 de dezembro de 2021	09:56:00
				76,70	2,10	2,70	7,90	22402		
								22400		
								22401		
								22401		
PGR-86	285157	6582820	227,71	81,90	1,70	1,90	13,30	22665	sexta-feira, 10 de dezembro de 2021	10:04:00
				77,50	2,20	0,00	13,00	22666		
								22669		
								22668		
								22671		
PGR-87	284566	6582886	252,69	116,60	2,90	0,70	20,40	224078	sexta-feira, 10 de dezembro de 2021	10:11:00
				101,50	2,80	1,00	15,40	22411		
								22415		
								22427		
								22436		
PGR-88	278568	6580899	192,49	71,50	2,70	1,70	5,50	22348	sexta-feira, 10 de dezembro de 2021	10:30:00
				77,20	2,50	0,90	9,50	22349		
								22349		
								22349		
								22351		

PGR-89	278912	6580968	197,90	66,40	2,50	2,30	3,30	22332	sexta-feira, 10 de dezembro de 2021	10:36:00
				64,40	2,60	0,70	5,60	22332		
								22334		
								22337		
								22333		
PGR-90	279228	6581194	197,53	36,90	1,10	0,00	6,00	23959	sexta-feira, 10 de dezembro de 2021	10:42:00
				37,00	1,30	1,10	0,10	23950		
								23950		
								23948		
								23947		
PGR-91	279315	6581286	202,03	39,40	0,90	0,30	4,00	22789	sexta-feira, 10 de dezembro de 2021	10:47:00
				25,50	1,00	0,00	3,10	22790		
								22789		
								22790		
								22787		
PGR-92	279371	6581408	199,36	33,90	0,00	2,50	5,30	22408	sexta-feira, 10 de dezembro de 2021	10:52:00
				23,00	0,30	2,10	1,40	22406		
								22401		
								22407		
								22412		
PGR-93	279423	6581533	192,93	50,80	1,10	3,80	2,30	22402	sexta-feira, 10 de dezembro de 2021	10:57:00
				43,30	1,80	2,10	0,50	22398		
								22406		
								22408		
								22398		

PGR-94	279519	6581699	188,66	15,90	0,50	0,00	2,60	22359	sexta-feira, 10 de dezembro de 2021	11:02:00
				16,00	0,70	0,60	2,70	22359		
								22392		
								22395		
								22358		
PGR-95	279597	6581848	187,71	68,80	2,50	0,70	7,50	22326	sexta-feira, 10 de dezembro de 2021	11:08:00
				74,30	2,30	1,20	9,00	22333		
								22334		
								22331		
								22321		
PGR-96	279710	6582062	193,76	76,40	2,70	1,20	8,00	22381	sexta-feira, 10 de dezembro de 2021	11:13:00
				81,10	2,70	2,60	6,50	22381		
								22371		
								22368		
								22374		
PGR-97	280009	6582442	199,16	68,20	2,80	0,20	6,60	22400	sexta-feira, 10 de dezembro de 2021	11:19:00
				82,90	3,20	0,00	10,10	22402		
								22600		
								22389		
								22530		
PGR-98	280523	6582750	207,98	65,40	2,00	2,30	5,90	22520	sexta-feira, 10 de dezembro de 2021	11:23:00
				68,40	2,70	0,80	6,10	22417		
								22409		
								22407		
								22413		

APÊNDICE B – Valores Geofísicos Médios por Ponto

PONTO	Lat UTM (m)	Long UTM (m)	Cota (m)	GAMAESPECTROMETRIA				MAGNETOMETRIA		
				CT (nGyh ⁻¹)	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)	CMT (nT)	Data	Hora
PGR-01	245610	6591112	185,43	77,45	2,85	1,05	7,80	23267	07/12/2021	16:05:00
PGR-02	245742	6591256	190,07	76,10	3,10	0,60	7,10	22349	07/12/2021	16:12:00
PGR-03	245899	6591393	206,95	83,50	3,25	0,75	8,35	22353	07/12/2021	16:20:00
PGR-04	246097	6591537	207,18	61,90	2,60	0,00	6,55	22354	07/12/2021	16:28:00
PGR-05	246112	6591596	207,91	50,55	2,00	1,00	3,80	23117	07/12/2021	16:38:00
PGR-06	246126	6591670	208,34	49,75	2,10	0,75	3,55	22343	07/12/2021	16:55:00
PGR-07	246100	6591780	203,59	49,40	2,15	0,35	4,15	22326	07/12/2021	17:01:00
PGR-08	246061	6591906	192,92	74,10	3,40	0,15	6,00	22349	07/12/2021	17:08:00
PGR-09	245999	6592010	181,00	30,85	1,00	0,85	3,05	22330	07/12/2021	17:13:00
PGR-10	245965	6592083	178,00	56,15	1,90	0,00	8,05	22363	07/12/2021	17:18:00
PGR-11	245766	6593659	243,58	39,20	2,05	0,25	6,05	22395	08/12/2021	09:20:00
PGR-12	245659	6593475	236,33	57,50	2,10	0,85	5,55	22406	08/12/2021	09:30:00
PGR-13	245604	6593210	224,88	61,70	2,35	0,75	6,05	22408	08/12/2021	09:38:00
PGR-14	245652	6593014	216,43	60,10	2,10	0,30	7,55	22391	08/12/2021	09:44:00
PGR-15	245682	6592926	207,22	59,75	2,30	1,00	5,30	22408	08/12/2021	09:48:00
PGR-16	245731	6592828	206,60	55,15	2,40	0,70	4,10	22416	08/12/2021	09:53:00
PGR-17	245783	6592729	210,60	48,75	1,80	0,10	5,85	22411	08/12/2021	10:00:00
PGR-18	245891	6592563	211,63	46,70	1,65	0,65	4,80	22358	08/12/2021	10:05:00
PGR-19	245930	6592457	203,40	38,65	1,40	0,75	3,55	22359	08/12/2021	10:11:00
PGR-20	245975	6592363	193,92	46,10	1,45	1,50	4,25	22292	08/12/2021	10:17:00
PGR-21	246025	6592292	190,91	48,50	1,65	0,95	4,80	22321	08/12/2021	10:23:00
PGR-22	245919	6592094	176,46	77,35	3,10	1,35	5,80	22333	08/12/2021	10:42:00
PGR-23	246011	6592084	178,33	52,10	2,35	0,50	3,60	22367	08/12/2021	11:05:00
PGR-24	246092	6592073	183,99	55,70	2,30	0,00	5,85	22352	08/12/2021	11:10:00

PGR-25	246155	6591991	184,51	71,70	3,60	0,25	7,65	22323	08/12/2021	11:20:00
PGR-26	245323	6592663	196,34	64,45	2,15	1,55	6,25	22395	08/12/2021	12:48:00
PGR-27	245495	6592802	179,58	75,20	3,35	0,65	5,60	22391	08/12/2021	13:05:00
PGR-28	245528	6592827	192,90	74,90	3,25	0,70	5,90	22385	08/12/2021	13:10:00
PGR-29	245585	6592830	193,62	52,75	2,05	0,85	4,55	22400	08/12/2021	13:14:00
PGR-30	245677	6592874	206,58	38,00	1,50	0,10	4,10	22436	08/12/2021	13:20:00
PGR-31	250500	6584321	159,81	56,60	1,85	1,95	4,45	22403	08/12/2021	14:25:00
PGR-32	249510	6584189	211,16	42,15	1,70	0,30	4,05	22403	08/12/2021	14:40:00
PGR-33	248496	6583670	259,99	22,40	0,90	0,60	1,35	22444	08/12/2021	14:53:00
PGR-34	248339	6583408	268,50	132,40	6,65	1,35	5,55	22446	08/12/2021	15:05:00
PGR-35	247705	6583062	268,18	25,30	0,70	0,00	4,30	22419	08/12/2021	15:12:00
PGR-36	247369	6582587	260,69	41,45	1,45	1,20	3,30	22476	08/12/2021	15:22:00
PGR-37	246713	6582439	211,00	73,05	2,95	1,40	5,30	22491	08/12/2021	15:36:00
PGR-38	246186	6582117	205,65	115,35	5,55	1,10	6,25	22476	08/12/2021	15:55:00
PGR-39	246169	6581613	128,11	16,90	0,30	1,15	1,45	22500	08/12/2021	16:11:00
PGR-40	275865	6576379	230,52	66,75	2,30	1,55	5,05	22346	09/12/2021	09:30:00
PGR-41	272038	6576300	223,16	76,75	2,80	0,50	9,05	22372	09/12/2021	09:37:00
PGR-42	276517	6576272	220,91	79,60	2,80	1,55	7,75	22346	09/12/2021	09:45:00
PGR-43	276709	6576268	216,29	74,75	2,75	1,75	6,00	22346	09/12/2021	09:54:00
PGR-44	276878	6576150	217,82	59,30	1,95	1,90	5,00	22352	09/12/2021	10:00:00
PGR-45	277061	6576031	194,15	38,75	1,55	0,10	4,05	22358	09/12/2021	10:07:00
PGR-46	277154	6575983	184,22	47,55	1,80	1,60	2,25	22504	09/12/2021	10:12:00
PGR-47	277343	6576061	179,61	--	--	--	--	22346	09/12/2021	10:19:00
PGR-48	277461	6576076	192,31	39,50	1,40	0,55	4,30	22417	09/12/2021	10:22:00
PGR-49	277559	6575988	190,84	77,55	2,75	0,70	8,05	22375	09/12/2021	10:27:00
PGR-50	277654	6575894	175,21	65,75	2,35	1,55	5,50	22333	09/12/2021	10:32:00
PGR-51	277800	6575794	165,99	46,75	1,40	2,25	2,95	22427	09/12/2021	10:39:00
PGR-52	277954	6575864	148,26	35,10	1,10	0,65	4,00	22315	09/12/2021	10:49:00

PGR-53	278253	6575639	172,23	84,90	2,75	1,70	9,25	22350	09/12/2021	11:02:00
PGR-54	278766	6575659	178,55	80,60	2,35	2,05	9,15	22366	09/12/2021	11:12:00
PGR-55	280018	6573492	212,83	71,80	2,65	1,45	6,30	22401	09/12/2021	11:28:00
PGR-56	279935	6572652	215,10	68,00	2,30	0,70	8,30	22298	09/12/2021	11:37:00
PGR-57	279593	6572041	203,45	65,40	2,40	0,65	7,05	22328	09/12/2021	11:43:00
PGR-58	274758	6574941	241,88	81,15	2,80	1,15	8,75	22497	09/12/2021	13:00:00
PGR-59	274673	6574465	250,68	84,60	3,20	1,50	7,55	22436	09/12/2021	13:09:00
PGR-60	274668	6574139	252,24	66,00	3,20	0,10	4,70	22466	09/12/2021	13:14:00
PGR-61	274624	6574001	242,14	37,80	1,30	0,35	4,55	22689	09/12/2021	13:25:00
PGR-62	274557	6573730	233,61	47,10	2,35	0,45	2,40	22309	09/12/2021	13:31:00
PGR-63	274475	6573398	252,42	26,00	0,25	0,95	4,90	22730	09/12/2021	13:40:00
PGR-64	274440	6573018	247,16	37,85	0,65	2,15	4,10	22969	09/12/2021	13:45:00
PGR-65	274701	6572895	265,92	31,95	1,10	0,02	4,05	23181	09/12/2021	13:58:00
PGR-66	274349	6572424	266,82	44,55	1,85	1,20	2,30	23274	09/12/2021	14:12:00
PGR-67	274302	6571876	291,09	27,55	0,85	0,60	3,05	22312	09/12/2021	14:20:00
PGR-68	274204	6571532	284,28	35,95	1,35	0,25	4,10	23226	09/12/2021	14:27:00
PGR-69	274431	6571072	294,39	36,35	0,10	0,95	5,65	23948	09/12/2021	14:35:00
PGR-70	274987	6571036	235,42	44,10	1,05	1,15	5,95	21463	09/12/2021	14:55:00
PGR-71	275409	6570878	179,31	25,95	0,30	0,00	5,25	22655	09/12/2021	15:08:00
PGR-72	275839	6570791	140,35	40,05	1,20	0,00	6,00	22496	09/12/2021	15:15:00
PGR-73	276309	6570892	138,21	20,35	0,40	0,15	4,05	23567	09/12/2021	15:27:00
PGR-74	275558	6570650	147,62	56,95	2,30	0,50	5,35	23006	09/12/2021	15:37:00
PGR-75	275452	6570231	145,72	50,25	1,60	1,30	5,00	23196	09/12/2021	15:44:00
PGR-76	274804	6570271	116,38	38,05	1,25	1,45	2,75	22341	09/12/2021	16:19:00
PGR-77	275012	6570555	175,64	22,85	0,15	1,45	3,40	22403	09/12/2021	16:43:00
PGR-78	287632	6583624	188,24	93,80	2,95	1,60	11,20	22437	10/12/2021	09:00:00
PGR-79	286962	6583310	193,34	149,95	4,30	0,35	21,20	22410	10/12/2021	09:10:00
PGR-80	286679	6583142	185,94	97,70	2,90	0,40	14,95	22410	10/12/2021	09:16:00

PGR-81	286278	6582917	190,10	102,25	2,90	2,30	12,90	22401	10/12/2021	09:22:00
PGR-82	286059	6582877	194,68	39,00	1,50	1,05	2,55	22477	10/12/2021	09:31:00
PGR-83	285876	6582884	204,16	40,50	1,50	0,75	3,55	22448	10/12/2021	09:39:00
PGR-84	285637	6582860	204,64	39,95	1,45	0,65	3,80	22421	10/12/2021	09:50:00
PGR-85	285461	6582850	206,21	76,65	2,05	2,15	9,15	22401	10/12/2021	09:56:00
PGR-86	285157	6582820	227,71	79,70	1,95	0,95	13,15	22668	10/12/2021	10:04:00
PGR-87	284566	6582886	252,69	109,05	2,85	0,85	17,90	62753	10/12/2021	10:11:00
PGR-88	278568	6580899	192,49	74,35	2,60	1,30	7,50	22349	10/12/2021	10:30:00
PGR-89	278912	6580968	197,90	65,40	2,55	1,50	4,45	22334	10/12/2021	10:36:00
PGR-90	279228	6581194	197,53	36,95	1,20	0,55	3,05	23951	10/12/2021	10:42:00
PGR-91	279315	6581286	202,03	32,45	0,95	0,15	3,55	22789	10/12/2021	10:47:00
PGR-92	279371	6581408	199,36	28,45	0,15	2,30	3,35	22407	10/12/2021	10:52:00
PGR-93	279423	6581533	192,93	47,05	1,45	2,95	1,40	22402	10/12/2021	10:57:00
PGR-94	279519	6581699	188,66	15,95	0,60	0,30	2,65	22373	10/12/2021	11:02:00
PGR-95	279597	6581848	187,71	71,55	2,40	0,95	8,25	22329	10/12/2021	11:08:00
PGR-96	279710	6582062	193,76	78,75	2,70	1,90	7,25	22375	10/12/2021	11:13:00
PGR-97	280009	6582442	199,16	75,55	3,00	0,10	8,35	22464	10/12/2021	11:19:00
PGR-98	280523	6582750	207,98	66,90	2,35	1,55	6,00	22433	10/12/2021	11:23:00