



Julyanna Wermelinger

**AVALIAÇÃO *GREENFIELDS* DO POTENCIAL PARA
MINERALIZAÇÕES CUPRÍFERAS DA ÁREA DA SERRA DO PRATA,
MONTE ALEGRE DE GOIÁS**

**Trabalho Final de Curso
(Geologia)**

UFRJ
Rio de Janeiro
2019



UFRJ

Julyanna Wermelinger

**AVALIAÇÃO *GREENFIELDS* DO POTENCIAL PARA MINERALIZAÇÕES
CUPRÍFERAS DA ÁREA DA SERRA DO PRATA, MONTE ALEGRE DE GOIÁS**

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Geólogo.

Orientador(es):

Atlas Vasconcelos Correa Neto
Mariana Soares Brando
Felipe José Villela Brandão

Rio de Janeiro
Novembro, 2019

JULYANNA, Wermelinger

**AVALIAÇÃO GREENFIELDS DO POTENCIAL PARA
MINERALIZAÇÕES CUPRÍFERAS DA ÁREA DA SERRA
DO PRATA, MONTE ALEGRE DE GOIÁS** / Julyanna

Wermelinger - - Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2019.

76 p. : il.; 30cm

Trabalho Final de Curso (Geologia) – Universidade
Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências,
Departamento de Geologia, 2019.

Orientador(es): Atlas Vasconcelos Correa Neto,
Mariana Soares Brando, Felipe José Villela Brandão

1. Geologia. 2. Geologia Regional e Econômica –
Trabalho de Conclusão de Curso. I. Atlas, Vasconcelos
Correa Neto. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. III.
Título.

Julyanna Wermelinger

AVALIAÇÃO *GREENFIELDS* DO POTENCIAL PARA MINERALIZAÇÕES
CUPRÍFERAS DA ÁREA DA SERRA DO PRATA, MONTE ALEGRE DE GOIÁS

Trabalho Final de Curso de Graduação em
Geologia do Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Rio de Janeiro –
UFRJ, apresentado como requisito
necessário para obtenção do grau de
Geólogo.

Orientador(es):

Atlas Vasconcelos Correa Neto
Mariana Soares Brando
Felipe José Villela Brandão

Aprovada em: 21.11.2019

Por:

Orientador: Atlas Vasconcelos Correa Neto (UFRJ)

Cícera Neysi de Almeida (UFRJ)

Gustavo Luiz Campos Pires (UFRJ)

UFRJ
Rio de Janeiro
2019

UFRJ
Rio de Janeiro
2019

Dedico este volume aos meus pais.

Agradecimentos

Aos meus pais, que nunca mediram esforços para que eu tivesse os privilégios de ter uma educação de qualidade, acreditaram no meu potencial em todos os momentos e contribuíram de todas as formas possíveis para que eu tivesse o conforto de priorizar minha educação. Levarei os ensinamentos e valores ensinados para sempre comigo.

À minha madrinha e aos meus avós, que sempre contribuíram com os meus estudos e criação. Vocês sempre serão peças importantes na pessoa que me tornei.

À CODELCO do Brasil Mineração Ltda. que possibilitou a execução deste trabalho custeando toda preparação de lâminas e a ida ao campo, além da oportunidade com o Estágio em Geologia e Geoprocessamento durante os quase 2 anos na empresa. Principalmente, ao Alexandre Carnier, por ter me guiado na primeira experiência profissional e pela credibilidade depositada em mim. Agradeço ao Marcos André Gonçalves por ter confiado no meu trabalho e aos geólogos Felipe Brandão, Marcelo Rocha e Rodrigo Freitas por terem tornado possível a experiência do Estágio em Exploração Mineral. Todo conhecimento compartilhado certamente me fez amadurecer como pessoa e profissional.

Ao meu orientador, Atlas Correa, obrigada por aceitar embarcar neste trabalho comigo. Foram quatro meses de intensos debates, dúvidas e momentos de *coach* que certamente contribuíram para que eu entregasse um trabalho deste nível.

À Mariana Brando, obrigada pelos ensinamentos e atenção dados durante a sua orientação. Saio admirando ainda mais a profissional que conheci.

Aos meus amigos, Bianca Barbosa, Cora Castro, Júlia London, Larissa Menezes, Letícia Belmudes, Luísa Aguiar, Maria Clara Pestre e Pedro Cerveira, que sempre estiveram ao meu lado, dando suporte emocional durante muitos momentos de dúvidas, pelos desabafos e momentos de descontração, por tanto que foi compartilhado e por terem me ensinado a ter leveza e equilíbrio.

Aos amigos da faculdade, não somente da turma de 2015, mas que foram essenciais para que os momentos na Geologia UFRJ fossem tão únicos. Compartilhamos medos, vitórias, campos, conversas na Praça da Terra, lanches de campo e muito aprendizado. Ao meu eterno grupo de campo e trabalhos, Amanda Mustafa e Matheus Teixeira, sem vocês não teria sido o mesmo, obrigada pelas risadas, pela empatia e por todo apoio.

Aos amigos da Geologia de outras Universidades, obrigada por todos os momentos que compartilhamos experiências, trabalhos, abraços, simpósios, congressos, alegrias e por serem a prova que distância apenas aumenta os sentimentos.

Aos amigos do Laboratório Gondwana e à professora Renata Schmitt, obrigada pela amizade e pelo conhecimento humano e geológico compartilhados.

Ao grupo de estudos Myna, agradeço todo conhecimento compartilhado e por ter tido oportunidade de conviver com os melhores integrantes que estudos pré-cambrianos podia ter reunido. Vocês me acolheram, ensinaram e incentivaram e a breve passagem de 4 meses pareceu longos (bons) anos.

Enfim, à todos os funcionários do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro que colaboraram de alguma forma durante esses cinco anos, seja aos professores pelas aulas compartilhadas, à Anadja e Bete pelo esforço em resolver burocracias, ao Sérgio por possibilitar os campos, aos motoristas por compartilharem horas nas estradas do Brasil, ao técnico em laminação Tarcísio Raymundo por confeccionar as lâminas das minhas pesquisas acadêmicas até o Trabalho de Conclusão de Curso e à todos que permitem que a Universidade permaneça sendo de qualidade para o constante desenvolvimento da ciência.

“A vida é demasiado curta para nos permitir interessar-nos por todas as coisas, mas é bom que nos interessemos por tantas quantas forem necessárias para preencher os nossos dias. ” (Bertrand Russell)

Resumo

WERMELINGER, Julyanna. **Avaliação *greenfields* do potencial para mineralizações cupríferas da área da Serra do Prata, Monte Alegre de Goiás.** 2019. 76 f. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Com o objetivo de avaliar o potencial da área da Serra do Prata, em Monte Alegre de Goiás, para mineralizações cupríferas, foram compilados dados geológico e geoquímico, trabalhados no software ioGAS principalmente por meio do método de *Principal Component Analysis* (PCA). Para isso, foram caracterizadas as litologias da Fm. Arraias, Gp. Araí, região Setentrional externa da Faixa Brasília. Dentre estas estão, as rochas do vulcanismo bimodal sin-rifte Araí, conhecidas como Membro Buracão, com idade associada à granitogênese da Suíte Pedra Branca (1,77 Ga). Com o mapeamento da área, foram definidas três unidades de rochas: metavulcânicas ácidas (separadas em duas fácies, uma metavulcanoclásticas e a segunda porfirítica que pode ser encontrada tanto preservada quanto intemperizada), metavulcânicas intermediárias e metavulcânicas básicas. A associação dos dados de campo com a interpretação dos *trends* geoquímicos e reconhecimento de minerais por meio de microscopia (transmitida e refletida) de lâminas delgadas permite a identificação de pelo menos dois fatores controladores do enriquecimento em Cu. O primeiro, litológico, é relacionado à composição das rochas encaixantes e o segundo está possivelmente relacionado a processos supergênicos responsáveis pela formação de malaquita. Este último é contraposto, ou estatisticamente inversamente proporcional ao enriquecimento de Sn observado em rochas de protólito semelhante em regiões adjacentes à área de estudo. Desta forma, os resultados do presente trabalho potencialmente evidenciam a existência de uma nova frente de exploração na região de Monte Alegre de Goiás, que anteriormente era conhecida para apenas por suas mineralizações estaníferas.

Palavras-chave: Faixa Brasília; Formação Arraias; cobre.

Abstract

WERMELINGER, Julyanna. **Greenfields evaluation of the potential for copper mineralization of the Serra do Prata area, Monte Alegre de Goiás**. 2019. 76 f. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

In order to evaluate the potential of the Serra do Prata area, in Monte Alegre de Goiás, for copper mineralizations, geological and geochemistry data were compiled and then analyzed following the Principal Component Analysis (PCA) methodology and other graphics and diagrams available in ioGAS software. For this purpose, the lithologies of Arraias Formation, Araí Group, situated in the external zone of the northern region of the Brasília Belt, were characterized. Among these are the rocks of bimodal sin-rifte Araí volcanism, known as the Buracão Member, with age associated with the Pedra Branca Suite (1.77 Ga) granitogenesis. By mapping the area, three units of metavolcanic rocks were defined: acid metavolcanic (separated into two facies, one metavolcanoclastic and the second porphyritic that can be found both preserved or weathered), intermediate metavolcanic and basic metavolcanic. The association of field data with the interpretation of geochemical trends and recognition of minerals in microscope (observed both in transmitted and reflected light) allows the identification of at least two Cu-enrichment controlling factors. The first, lithological, is related to the composition of the enclosing rocks and the second is possibly related to supergenic processes responsible for malachite formation. The latter is opposed or statistically inversely proportional to the Sn enrichment observed in similar protolith rocks in regions adjacent to the study area. Thus, the results of the present study potentially show the existence of a new exploration front in the region of Monte Alegre de Goiás, which was previously known only for its stanniferous mineralizations.

Key-Words: Brasília Fold Thrust Belt; Arraias Formation; copper

Índice de ilustrações

Figura 1: Mapa de localização das principais minas produtoras de minério de cobre e ocorrências minerais de cobre segundo levantamento da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, baixado em março de 2019 através do link público http://geosgb.cprm.gov.br/	17
Figura 2: Mapa de acesso e localização dos municípios da área de mapeamento. Fonte: Mapa de vias e infraestrutura do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2018. ..	19
Figura 3: Mapa da divisão dos domínios proposta por Cordeiro et al. (2017) para a porção setentrional da Faixa Brasília. A área de trabalho está situada no domínio Cavalcante-Arraias.	24
Figura 4: Principais riftes no Brasil Central, destaque para o Rifte Araí (adaptado da dissertação de mestrado de Marques, 2010 adaptado de Delgado et al. 2003).	28
Figura 5: Mapa geológico com estruturas elaborado pela CPRM integrado para folha Monte Alegre de Goiás.	30
Figura 6: mapa de localização das amostras selecionadas para química e lâmina.....	34
Figura 7: histograma com a distribuição dos valores de cobre em amostras coletadas em ppm.	36
Figura 8: SRTM e lineamentos regionais e locais identificados e interpretados com ângulo de iluminação em 45°NW.....	38
Figura 9: Interpretação de lineamentos locais e regionais com auxílio de dados aerogeofísicos (1ª Derivada, magnetometria) disponibilizada pela CPRM em projeto de levantamento do território brasileiro.	39
Figura 10: afloramento de rocha metavulcânica de caráter básico com foliação marcada e bússola apontando para Norte indicando um segundo plano de foliação no qual a seta está direcionando.	40
Figura 11: amostra de rocha intermediária com cristais milimétricos de magnetita.....	41
Figura 12: A: foliação incipiente e cristais esverdeados de piroxênio a nicóis descruzados; B: visada com nicol paralelo de aglomerado orientado de cristais de biotita e, entre estes, fenocristal de quartzo extremamente fragmentado.....	42
Figura 13: amostras das rochas metavulcânicas ácidas porfirítica. A: rocha porfirítica (JSMCU-02) com ocorrência de malaquita; B: rocha porfirítica (JSMCU-077) com vênulas preenchidas por sericita esverdeada abundante; C: rocha porfirítica (JSMCU-067) com presença de hábito de magnetita hematitizada preservado na matriz e sericita abundante. D: rocha porfirítica (JSMCU-078) com presença de pórfiros de KF e sericita abundante;	43
Figura 14: A figura A (JSMCU-037) apresenta amostra de rocha metavulcanoclásticas encontradas nos afloramentos e blocos em campo, as vezes percoladas por fluídos ferrosos como em B (JSMCU-036) que resultaram em coloração avermelhada à matriz da rocha por vezes com presença de vesículas preenchidas como em C (JSMCU-07).	45
Figura 15: A: cristaloclasto com nicol cruzado e descruzado, respectivamente, alterado nas bordas e com halo de sombra de pressão para o cristal mais resistato; B: textura da rocha mostrando deformação da matriz e minerais opacos deformados junto com a foliação (cristais pré-Dn).	46
Figura 16: afloramento de crosta laterítica.....	47
Figura 17: gráfico XY gerado em escala logarítmica entre os elementos Cu e Co.....	48
Figura 18: gráfico gerado no software ioGAS mostrando os três grupos destacados para posterior análise, os shapes utilizados para definir os três grupos foram círculo preenchido (GRUPO 1), triângulos preenchidos (GRUPO 2) e quadrados preenchidos (GRUPO 3). Sendo que as cores diferenciando os tipos litológicos foram mantidas.	49
Figura 19: Principal Component Analysis mostrando afinidade de certos elementos com o elemento cobre em relação às componentes principais PC1 e PC2.	50

Figura 20: gráficos de relação com elementos favoráveis no PCA.....	53
Figura 21: gráficos de relação com elementos desfavoráveis no PCA.	56
Figura 22: O gráfico binário exposto nesta figura mostra a relação das amostras com o PCA gerado.	57
Figura 23: diagrama ternário entre os elementos Al-K-Mg indicando forte alteração fílica. .	59
Figura 24: Mapa de vetorização das alterações vistas no diagrama ternário de alteração.	60
Figura 25: mapa com a imagem SRTM e os pontos de amostras plotados de acordo com a simbologia utilizada para separar os grupos de respostas na análise em gráfico logarítmico entre os elementos Cu e Co.	61
Figura 26: mapa com todos os pontos levantados em campo, incluindo pontos com amostras enviadas para análise química no laboratório da SGS Geosol em Vespasiano. Constan também as amostras oferecidas pelo geólogo Marcelo Rocha, que acompanhou a campanha durante o mês de agosto, para petrografia e análise química.	70
Figura 27: Mapa de localização das amostras selecionadas para laminação	71

Índice de tabelas

Tabela 1: pontos geológicos levantados durante a campanha de agosto.....	65
Tabela 2: controle de amostras para química e lâmina.....	69
Tabela 3: Matriz de Correlação gerada com a análise de Principal Component Analysis pelo software ioGAS	72

Sumário

Agradecimentos	vi
Índice de ilustrações	xi
Índice de tabelas	xiii
Sumário.....	xiv
1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS.....	18
3 LOCALIZAÇÃO	19
4 GEOGRAFIA, CLIMA E VEGETAÇÃO	20
4.1 Clima e condições meteorológicas	20
4.2 Geomorfologia.....	20
4.3 Solos	20
4.4 Vegetação.....	21
5 GEOLOGIA REGIONAL	22
5.1 Compartimentação litoestratigráfica da Faixa Brasília Sententrional	25
5.2 Geologia Local – Grupo Araí - Formação Arraias.....	27
5.3 Metalogenia do Setor Setentrional da Faixa Brasília.....	31
6 METODOLOGIA	32
6.1 Sensoriamento remoto e Aerogeofísica.....	32
6.2 Mapeamento geológico	33
6.3 Petrografia.....	33
6.4 Geoquímica	34
7 RESULTADOS.....	38
7.1 Sensoriamento Remoto e Aerogeofísica.....	38
7.2 Feições de Campo	39
7.2.2 Rocha metavulcânica básica	40
7.2.3 Rocha metavulcânica intermediária.....	41

7.2.4 Rocha metavulcânica ácida porfirítica	43
7.2.5 Rochas Metavulcanoclásticas	45
7.2.6 Crosta laterítica.....	46
7.4 Geoquímica	47
8 DISCUSSÃO	58
9 CONCLUSÃO	63
10 ANEXOS	65

O presente volume refere-se ao Trabalho de Conclusão do Curso de Julyanna Wermelinger, sendo parte do requisito obrigatório para obtenção de grau com título de Geóloga através do curso de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, setor de Geologia Regional e Econômica.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o cobre é o terceiro metal mais utilizado no mundo, atrás apenas do ferro e do alumínio. O estudo da geologia regional com viés econômico para este metal é de extrema importância, tendo diversas aplicações na vida cotidiana. Seu uso se estende desde a área industrial, como fios condutores de eletricidade contribuindo para o desenvolvimento da tecnologia, até a área médica, como importante antibactericida.

No Brasil, a mineração de cobre tem destaque na região de Carajás com as minas de Sossego e Salobo, operadas pela Vale (15,5 mil toneladas de produção de concentrado de cobre em Sossego com teor de 0,72% e 50,9 mil toneladas em Salobo com teor de 0,69% conforme relatório do ano de 2018), no Vale do Curaçá – BA, com a Mina Subterrânea de Pilar, em operação pela Mineração Caraíba SA (cerca de 1,26 Mt de minério com teor de 1,89%, totalizando mais de 23,8 mil toneladas de metal, segundo *report* do final do ano de 2018 da empresa), e em Alto Horizonte – GO, com a mina de Chapada onde ocorre associado ao ouro, operada pela Lundin Mining (22,9 Mt com 82,4% de recuperação para Au e Cu, segundo relatório técnico da empresa). Esses alvos abrigam depósitos do tipo *Iron Oxide-Copper-Gold deposits* ou IOCG no caso de Carajás e Vale do Curaçá (ainda em estudo) e do tipo pórfiro, como é o caso da mina de Chapada, em GO.

A região da Serra do Prata, que se situa na comunidade do Prata no município de Monte Alegre de Goiás, dentro do que é historicamente conhecido como Província Granítica Estanífera de Goiás, é mais conhecida por seus depósitos de Sn nos granitos tipo A da região. Além destes, existem também garimpos de ouro. Recentemente, a ocorrência de cobre foi sinalizada por garimpeiros de ouro da região pela presença de malaquita em rochas metavulcânicas ácidas (Codelco do Brasil, comunicação verbal). A investigação desta ocorrência na Formação Arraias, Grupo Araí, tem o potencial de abrir novas frentes de projetos de pesquisa mineral tipo *greenfields* (termo que se refere à novos empreendimentos, com ausência de trabalhos anteriores na área) no país, gerando investimentos, receita e empregos. Torna-se necessário, portanto, para o correto desenvolvimento desses projetos,

uma extensa reavaliação da geologia da área em busca de depósitos econômicos de Cu, iniciativa dentro da qual este volume se enquadra.

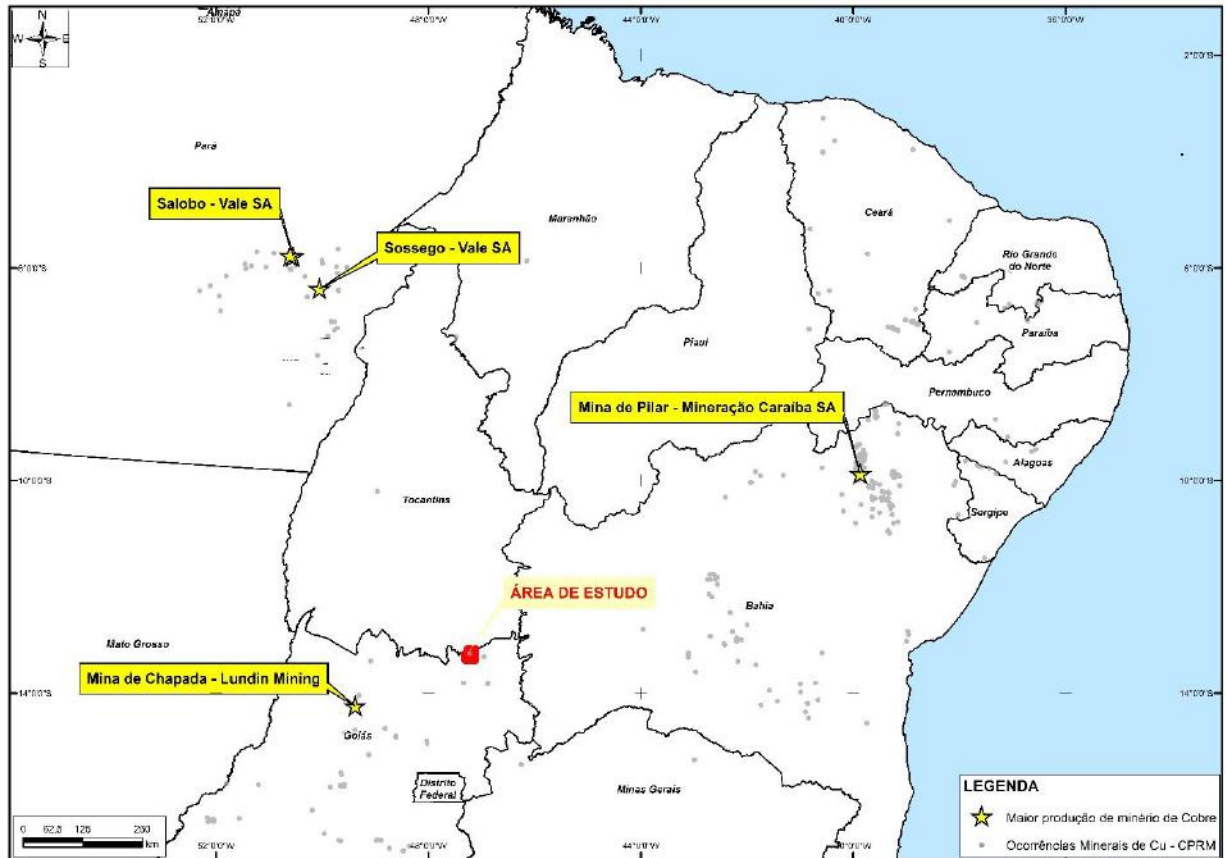


Figura 1: Mapa de localização das principais minas produtoras de minério de cobre e ocorrências minerais de cobre segundo levantamento da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, baixado em março de 2019 através do link público <http://geosgb.cprm.gov.br/>.

2 OBJETIVOS

Em parceria com a CODELCO do Brasil Mineração Ltda., o presente trabalho visa caracterizar as litologias de um setor da região Setentrional da Faixa Brasília e investigar ocorrências de mineralização de cobre na área do Serra do Prata. Por meio de estudos de geoquímica e petrografia, procurou-se avaliar que tipos de mineralizações cupríferas podem estar presentes na região. Este trabalho é centrado na avaliação do potencial metalogénico das rochas metavulcânicas da base da Formação Arraias do Grupo Araí. Com o conhecimento dos principais *trends* geoquímicos e associações minerais desta ocorrência, é possível orientar a pesquisa mineral para o correto manejo da área em relação ao sistema mineralizante presente a fim de identificar acumulações econômicas.

O reconhecimento do sistema mineralizante é abordado neste trabalho pelo reconhecimento dos elementos associados com o cobre (possíveis *pathfinders*) e também das assinaturas geoquímicas dos possíveis tipos de alterações hidrotermais associadas. Isso permitirá, por exemplo, uma maior eficiência em campanhas de amostragem de geoquímica de solos e mapeamento geológico, levando à um processo mais preciso de geração de alvos exploratórios.

3 LOCALIZAÇÃO

A região estudada se localiza ao norte do estado de Goiás, dentro de parte de um bloco com concessão de direito de pesquisa mineral cedido à Codelco do Brasil Mineração Ltda. Este engloba os municípios de Monte Alegre de Goiás (a 392 km distante de Brasília) e Campos Belos (a 407 km de Brasília). O acesso se dá pelas rodovias pavimentadas BR-020 e GO-118, nos dois casos.

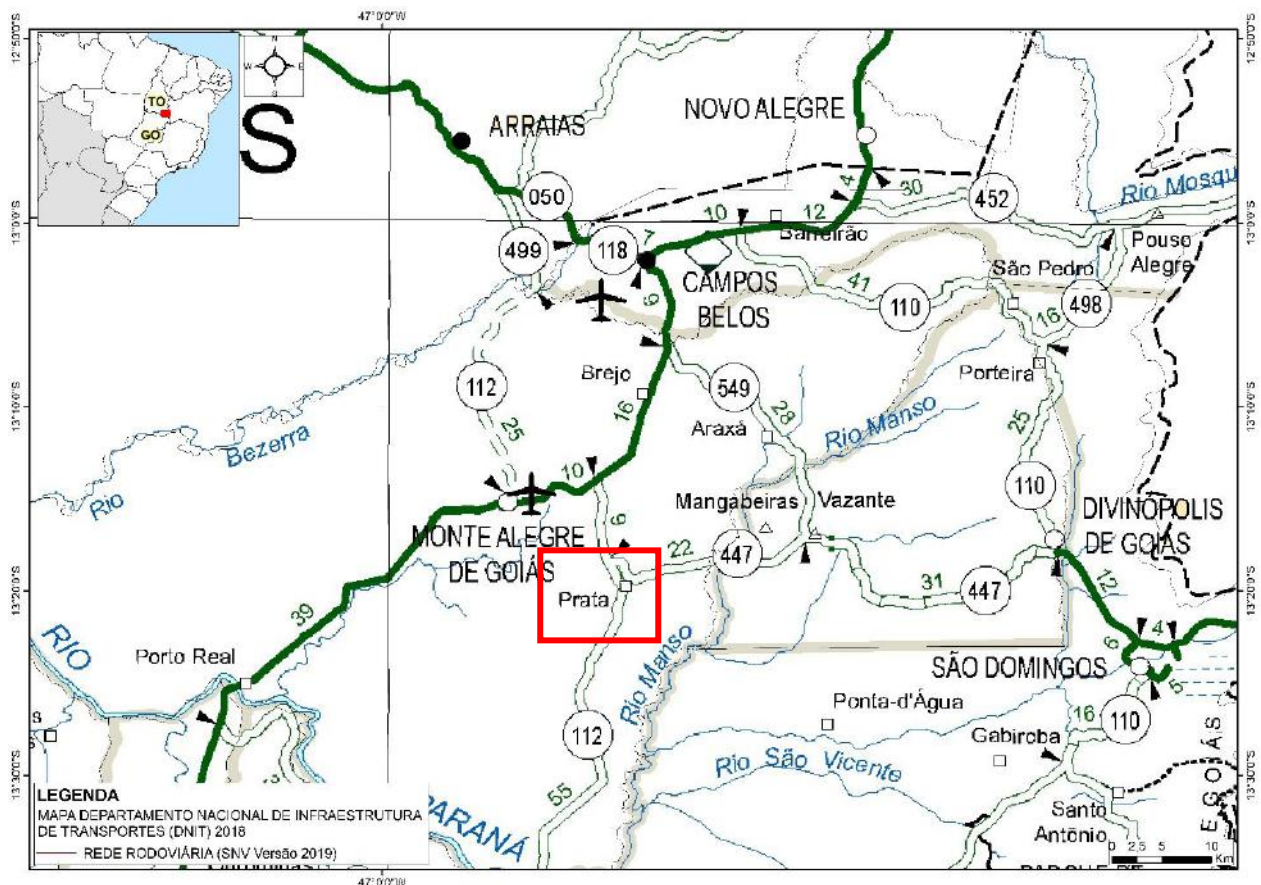


Figura 2: Mapa de acesso e localização dos municípios da área de mapeamento. Fonte: Mapa de vias e infraestrutura do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2018.

4 GEOGRAFIA, CLIMA E VEGETAÇÃO

4.1 Clima e condições meteorológicas

O clima da região é predominantemente tropical, dentro do tipo Aw (clima tropical com estação seca de Inverno), segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual está em torno de 23°C (temperaturas máximas podem chegar até 36°C) e o estado de Goiás possui duas estações bem definidas, um período chuvoso (outubro a abril) e outro seco (maio a setembro). A precipitação média anual varia entre 1.200 e 2.500 mm, com chuvas mais concentradas no verão.

4.2 Geomorfologia

A geomorfologia da área tem predomínio de suaves ondulações no relevo, contrastando com o relevo predominantemente plano da maior parte do estado de Goiás. Os pontos mais elevados estão localizados na Chapada dos Veadeiros, no Morro Alto, com 1.921 metros acima do nível do mar, a 190 km de Campos Belos. As formas de relevo deste domínio são definidas por rochas quartzíticas e granito-gnáissicas do Grupo Araí (entre 1,8Ga e 1,4Ga) e da Suíte Aurumina (2,15-2,0 Ga), respectivamente, que geralmente sustentam os relevos mais proeminentes da região.

4.3 Solos

Com relação pedologia, predomina o tipo latossolo que consiste em solo friável, poroso e muito permeável, com fertilidade variando de intermediária a alta, sendo que o latossolo do

tipo vermelho ocupa maior parte do território, seguido do cambissolo e pelo latossolo vermelho amarelo, segundo informações do Manual Técnico de Pedologia do IBGE (2007).

4.4 Vegetação

A vegetação predominante da área é o cerrado. A vegetação original demonstra forte impacto antrópico (sistema primário e secundário), por forte interferência de extensas áreas de pastagem e plantio, segundo a proposta do Projeto RADAMBRASIL em Fitogeografia Brasileira, Classificação Fisionômica Ecológica da Vegetação Neotropical (1982), revisada e atualizada pelo Manual Técnico de Vegetação, boletim interno, IBGE (1989).

5 GEOLOGIA REGIONAL

A área está localizada na porção externa da Faixa Brasília Sententrional (margem oeste do Cráton São Francisco), um cinturão móvel neoproterozoico que, nesta região, faz parte do Sistema Orogênico Tocantins, este situado entre os crátons Amazônico e São Francisco (Fuck *et al.*, 2017). O Sistema Orogênico Tocantins se desenvolveu durante o Ciclo Orogênico Brasileiro, quando os crátons Paranapanema, Amazônico e São Francisco convergiram como parte do processo de aglutinação do megacontinente Gondwana (Pimentel, 2016).

Enquanto alguns autores (Fuck *et al.*, 2017) descrevem a porção externa da Faixa Brasília Sententrional como parte alóctone em relação ao Cráton São Francisco acrescida à margem oeste deste paleocontinente ao final do Neoproterozoico, outros (D'El Rey Silva *et al.*, 2008; Cordeiro *et al.*, 2017) entendem como parte da plataforma do Cráton São Francisco que foi deformada durante o Neoproterozoico.

A Faixa Brasília, de direção N-S, pode ser dividida em dois setores: Sententrional e Meridional. A área de estudo está localizada na seção Setentrional, na parte norte próxima à margem oeste do Cráton São Francisco, e pode ser dividida em 3 compartimentações que de leste para oeste são: zona cratônica, zona externa e zona interna (Pimentel *et al.*, 1999; Fuck *et al.*, 2017). A zona cratônica engloba a porção do cráton coberta pelos sedimentos neoproterozoicos da Bacia São Francisco. Em contato tectônico com esta zona por meio de falhas reversas, a zona externa engloba rochas metassedimentares de baixo grau metamórfico paleo a neoproterozoicas e embasamento com deformação do tipo *thick skinned* (Fuck *et al.*, 2017). A zona interna engloba três componentes: núcleo metamórfico, maciço de Goiás e arco magmático de Goiás, de leste para oeste.

Segundo Fuck *et al.*, 2017, a área de estudo deste trabalho se encontra no contexto da zona externa, um bloco alóctone contendo a primeira megassequência das sucessões supracrustais, a sequência *rift-sag* paleo a Mesoproterozoica. Já Cordeiro *et al.*, 2017 defende que o Maciço de Goiás, parte da zona interna da parte Setentrional da Faixa Brasília, um conjunto autóctone de rochas do embasamento pré-Brasiliano e divide o mesmo em quatro diferentes domínios tectônicos, são eles: Domínio Crixás-Goiás, Domínio Campinorte, Domínio Cavalcante-Arraias e Domínio Almas-Conceição do Tocantins (Figura 3).

O domínio Cavalcante-Arraias, onde se encontra a área de estudo deste trabalho, é limitado a oeste pela falha de empurrão Rio dos Bois separando este do Domínio Campinorte. Ao final do Neoproterozoico (670 – 630 Ma, segundo Fuck *et al.*, 2017), a região foi afetada pelo Evento Brasileiro, resultando em dobramento, metamorfismo e empurrões direção W-E de encontro ao Cráton São Francisco. A deformação nesse setor do cráton de acordo com Fuck (2017) é acomodada ao longo do trend NNE e com dobras e falhas com vergência para E.

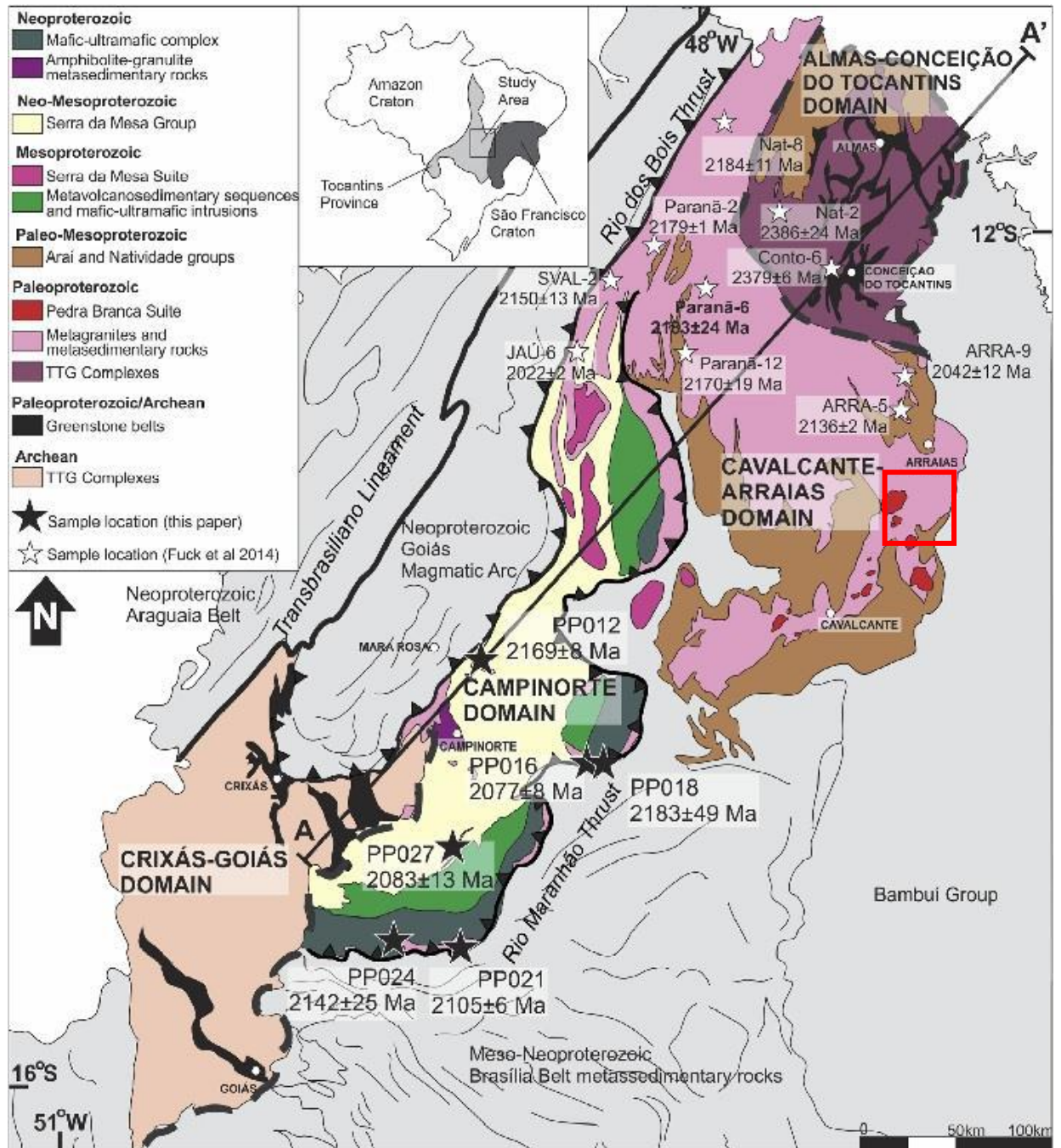


Figura 3: Mapa da divisão dos domínios proposta por Cordeiro *et al.* (2017) para a porção setentrional da Faixa Brasília. A área de trabalho está situada no domínio Cavalcante-Ararias.

5.1 Compartimentação litoestratigráfica da Faixa Brasília Sententrional

A Faixa Brasília Sententrional pode ser compartimentada em quatro unidades segundo proposta por Fuck *et al.*, 2005, são elas: Arco Magmático de Goiás, Maciço de Goiás, Núcleo Metamórfico de alto grau e Cinturão de Dobras e Empurrões constituído por espessas sequências sedimentares e sequências tipo rifte.

Segundo Laux (2004), o Arco Magmático de Goiás possui associação neoproterozoica com dois momentos de cristalização principais: entre ca. 890 e 815 Ma e 630 e 600 Ma. Ainda segundo este autor, o Arco Magmático de Goiás representa uma parcela de crosta continental juvenil, constituído por faixas de conjuntos vulcano-sedimentares de arco de ilha oceânico. Possui dois segmentos com orientações distintas separados pelas rochas do Maciço de Goiás e coberturas fanerozóicas. O primeiro segmento, meridional, tem direção NNW e corresponde ao arco Arenópolis; o segundo, setentrional, tem direção NNE, e corresponde ao arco Mara Rosa. Em geral, o Arco Magmático de Goiás é composto por rochas metagraníticas sintectônicas, sequências vulcanossedimentares e metagranitos sin a tardi e pós tectônicos, além de intrusões máfico-ultramáficas como manifestações da evolução final do arco.

O Domínio Cavalcante-Arraias, parte da divisão do Maciço de Goiás onde as rochas deste trabalho estão situadas teve a evolução do seu embasamento no Riacciano, entre 2,3 e 2,05 Ga (Fuck *et al.*, 2014). Diferente dos demais domínios (Crixás-Goiás, Campinorte e Almas-Conceição do Tocantins), este é composto quase que exclusivamente por granitoides da Suíte Aurumina (2,15-2,0 Ga) formados durante a orogenia Transamazônica. Esta Suíte intrude em xistos e paragneisses da Formação Ticunzal (geocronologia em zircão U-Pb sugere intervalo de idade de deposição dos sedimentos precursores desta Formação entre 2,16 e 2,19 Ga, segundo Jimenez (2017)). Além de granitos e tonalitos da Suíte Aurumina, o domínio Cavalcante-Arraias também engloba rochas paleoproterozoicas a mesoproterozoicas como

metagranitos e rochas metassedimentares, a Suíte Pedra Branca, o Grupo Araí e o Grupo Natividade.

Os complexos: Anápolis-Itauçu, Máfico-Ultramáficos Acamadados (denominados de sul para norte de Barro Alto, Niquelândia e Cana Brava) e Uruaçu são compostos por rochas de alto grau metamórfico e compreendem o denominado “núcleo metamórfico”. Este compartimento é separado do Cinturão de Dobras e Empurrões pelo sistema de falha do Rio Maranhão.

O Cinturão de Dobras e Empurrões ocupa a porção leste da zona externa da Faixa Brasília e é constituído por porções dos segmentos Setentrional e Meridional, separados pela Sintaxe Pirineus. No segmento mais a norte, este é composto por uma sequência de rochas supracrustais de baixo grau metamórfico incluindo os grupos Araí (estudado nesse trabalho), Natividade, Serra da Mesa, Paranoá e Bambuí e pelas unidades do embasamento (Complexos Granito-Gnaissicos, Formação Ticunzal, Suíte Aurumina e Granitos tipo A da Província Estanífera de Goiás), apresentando tectônica em direção ao Cráton São Francisco.

Na definição de Fuck *et al.*, (1993, 1994), os segmentos Maciço de Goiás e Núcleo Metamórfico fazem parte da zona interna da Faixa Brasília enquanto o Cinturão de Dobras e Empurrões com as sequências sedimentares e do tipo rifte fazem parte das zonas cratônica e externa.

Sendo assim, este trabalho foca a atenção na zona externa da Faixa Brasília Setentrional, no contexto do Maciço de Goiás, mais precisamente nas rochas da base da Formação Arraias do Domínio Cavalcante-Arraias. As rochas da base da Formação Arraias são tidas como sendo associadas a um evento de vulcanismo bimodal sin-rifte e são identificadas por Tanizaki *et al.*, (2015) como Membro Buracão. Essas rochas são descritas como vulcânicas e de idade ao redor de 1,77 Ga (Alvarenga *et al.*, 2007, Pimentel *et al.*, 1991), à apresentada pela Suíte Pedra Branca. Por sua vez, a Suíte Pedra Branca é composta

por granitos tipo A localmente *greisenizados*, que são hospedeiros das mineralizações de cassiterita da Província Estanífera de Goiás (Marini 1986).

5.2 Geologia Local – Grupo Araí - Formação Arraias

As rochas Mesoproterozoicas do Grupo Araí ocorrem sobre o embasamento da zona externa da Faixa Brasília em contexto de regime extensional crustal desenvolvido entre o período de 1,8 e 1,6 Ga, denominado por Brito Neves *et al.*, (1995a) de Tafrogênese Estateriana. A Tafrogênese Estateriana envolveu a formação de sistemas de riftes intracontinentais, sucedidos por intrusão e extrusão de rochas félsicas, piroclásticas e vulcanoclásticas seguidas de sedimentação típica de ambiente continental.

Essa tafrogênese gerou as bacias onde se depositaram as rochas das unidades mais basais do Supergrupo Espinhaço e as rochas do Grupo Araí, que são o foco deste trabalho, relacionadas ao rifte Araí (Fig. 4).

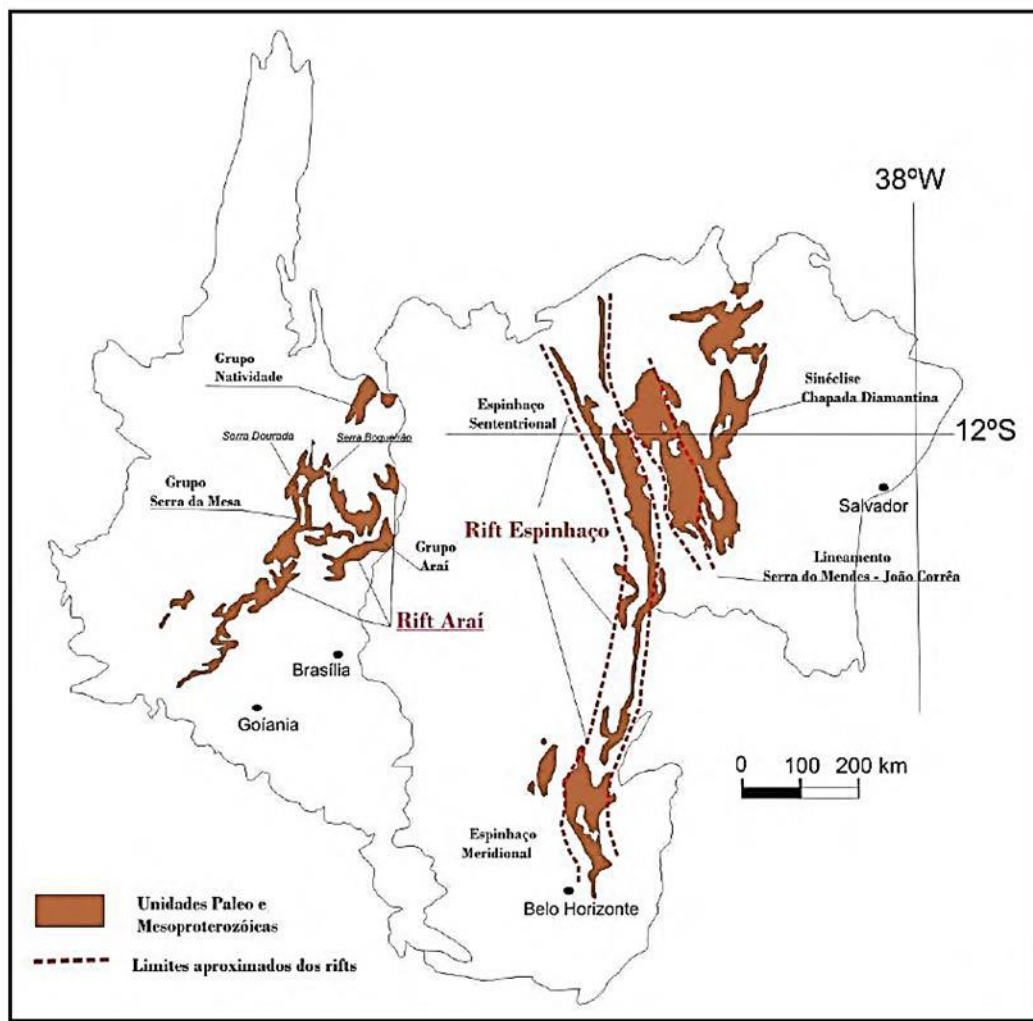


Figura 4: Principais riftes no Brasil Central, destaque para o Rifte Araí (adaptado da dissertação de mestrado de Marques, 2010 adaptado de Delgado *et al.* 2003).

Acredita-se, segundo estudo de Tanizaki *et al.* (2015; Martins Ferreira *et al.*, 2018), que a deposição do Grupo Araí tenha se dado em quatro momentos: (i) pré rifte composto pela deposição e sedimentação de conglomerados polimíticos e oligomíticos, além de quartzitos eólicos, (ii) sin-rifte dado por rochas de composição riolítica e piroclástica e derrames de basalto, (iii) estágio transicional reflete associação de rochas marinhas e continentais e (iv) estágio flexural correspondendo deposição de sedimentos siliciclásticos e carbonáticos em ambiente de plataforma marinha. Os momentos (i) e (ii) de sedimentação continental associada com rochas vulcânicas correspondem à Formação Arraias, fase rifte da evolução

tectônica do Grupo Araí segundo Tanizaki *et al.*, 2015. Já os estágios (iii) e (iv) representam respectivamente as partes inferior e superior da Formação Traíras.

Destaque deste trabalho, a Formação Arraias é composta por rochas sedimentares no topo e vulcânicas sin-rifte na base, dispostas em discordância com seu embasamento formado pelos granitos da Suíte Aurumina e xistos grafitosos e paragneisses da Formação Ticunzal. As rochas da Formação Arraias foram depositadas/intrudidas em contexto de abertura de rifte na região central do Brasil durante a Tetrogênese Estateriana (Alvarenga *et al.*, 2007). Posteriormente, essas rochas foram metamorfizadas sob condições de fácies xisto verde durante o evento neoproterozoico Brasileiro (Fuck *et al.*, 2017).

O vulcanismo do paleo-rifte Araí não é significativamente volumoso e é caracterizado por magmatismo bimodal, segundo Pimentel *et al.* (1991). Tais rochas possuem idade de 1,77 Ga, relativamente condizente com a idade dos granitos estaníferos da Suíte Pedra Branca (1,77 Ga, segundo Pimentel *et al.*, 1991). Segundo Alvarenga *et al.*, 2007, as lavas félsicas da Formação Arraias são geoquimicamente similares ao granito rapakivi tipo-A (anarogênicos) da Suíte Pedra Branca, ambos demonstrando assinatura de magmatismo intraplaca, e as lavas máficas mostram assinatura continental toleítica.

Em campanha de mapeamento anterior da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) realizada em parte da área de estudo do presente trabalho identificou a presença de metariolitos, metariodacitos e metavulcanoclásticas, nomenclatura dada por Alvarenga *et al.*, 2007 (*PP4a alfa* na legenda da Fig. 5).

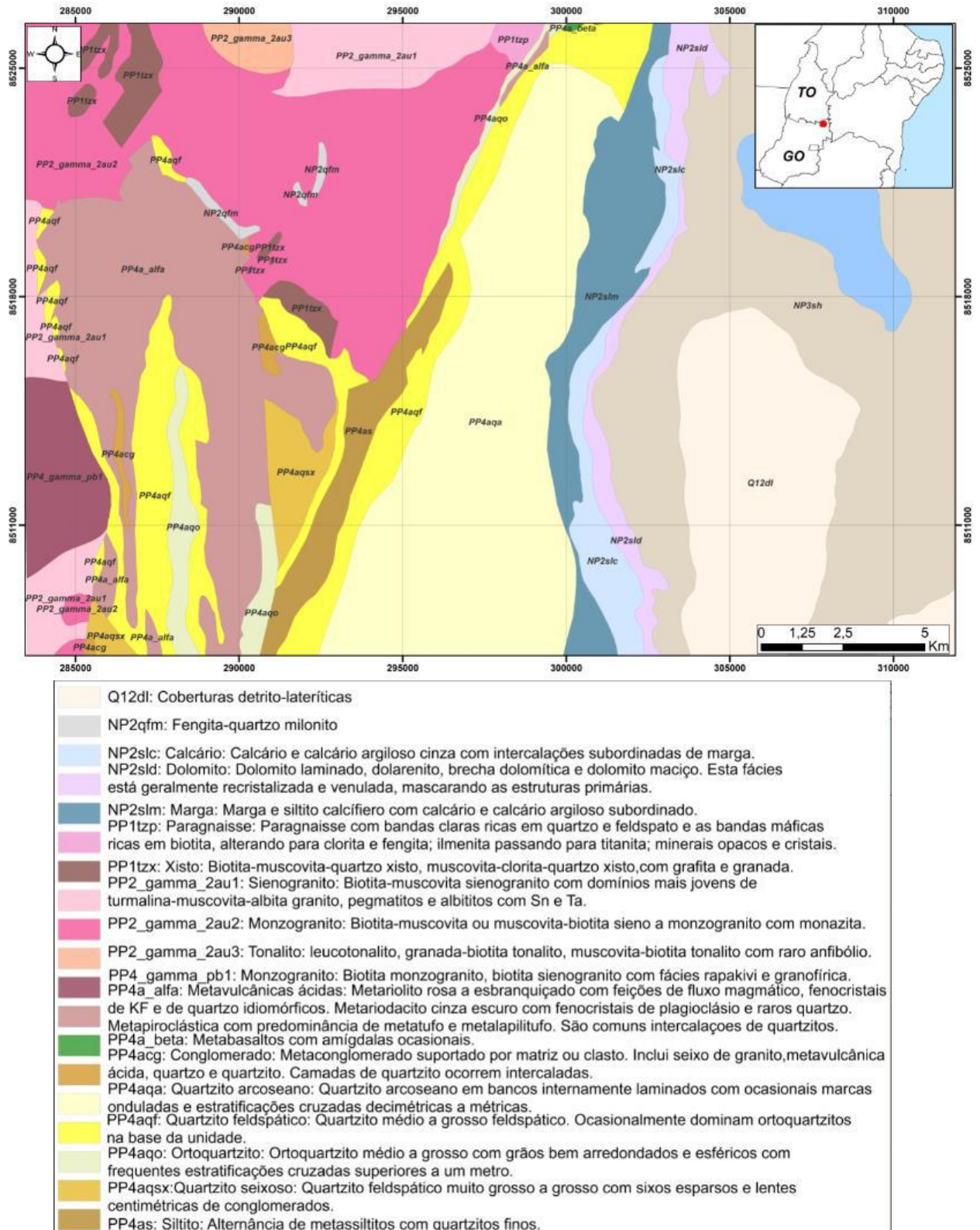


Figura 5: Mapa geológico com estruturas elaborado pela CPRM integrado para folha Monte Alegre de Goiás.

5.3 Metalogenia do Setor Setentrional da Faixa Brasília

Os depósitos que ocorrem na região Setentrional da Faixa Brasília são relacionados majoritariamente às suítes graníticas Aurumina (2,15-2,0 Ga) e Pedra Branca (1,77 Ga). Depósitos de Au, Sn-Ta e U (em menor porte) estão associados à granitogênese da Suíte Aurumina e Sn à da Suíte Pedra Branca, sendo esta a principal hospedeira dos depósitos da Província Estanífera de Goiás, definida por Marini & Botelho (1986).

Segundo Alvarenga *et al.*, 2007, os depósitos de destaque se encontram na Sub-Província Paranã com o maciço Pedra Branca e na Sub-Província Tocantins com o maciço Serra Dourada, ambos alvos de atividade garimpeira nas décadas de 1970 e 1980 e de exploração de Sn-Ta por empresas (Brumadinho, Goiás Estanho). Ainda segundo esses autores, em relatório da Folha Monte Alegre pela CPRM, atualmente não há exploração devido à baixa do preço do estanho.

6 METODOLOGIA

O fluxograma simplificado com as etapas de execução da pesquisa se encontra abaixo.



6.1 Sensoriamento remoto e Aerogeofísica

Foram feitas interpretações de dados de sensoriamento remoto e aerogeofísica (1ª derivada vertical) para ressaltar aspectos da geologia estrutural e da geomorfologia da área com auxílio do modelo digital do terreno obtido via SRTM (Shuttle Radar Topography Mission).

Para as principais estruturas, de maior escala e possivelmente mais profundas, o traço foi feito com ajuda dos dados aerogeofísicos disponibilizados na base de dados da CPRM (produtos e informações geológicas, GeoSGB) acessado em 19 de fevereiro de 2019 por <http://geosgb.cprm.gov.br/> e armazenado no banco de dados da Codelco do Brasil Mineração Ltda.

6.2 Mapeamento geológico

O mapeamento foi realizado durante uma campanha de campo de trinta dias (01 a 30 de agosto de 2019), na qual foram descritos pontos de afloramentos, blocos e solo compreendendo rochas interpretadas como metavulcânicas, um conjunto sedimentar que cobre as mesmas e também de rochas do embasamento. Os pontos geológicos e descrições das litologias com base nas feições de campo constam em Anexos na tabela 01.

Ao todo, foram feitos 106 pontos de descrições geológicas e destes foram coletadas 23 amostras de rochas, das quais 15 foram enviadas para análises químicas. Estas foram somadas a outras amostras coletadas por outros membros da equipe, totalizando 33 amostras para estudos e análises químicas, além de 05 amostras enviadas para confecção de lâminas delgadas para posterior estudo petrográfico para contribuir com a interpretação das diversas fácies de rochas metavulcânicas do Membro Buracão, base da Formação Arraias. A figura 6 mostra a localização das amostras selecionadas para análises química e petrográfica.

6.3 Petrografia

Das amostras coletadas em campo, lâminas delgadas polidas foram confeccionadas no Laboratório de Laminação do departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Foram escolhidas cinco amostras (localização na Fig. 6) para reconhecimento litológico das rochas da região da Formação Arraias, sendo três representativas de uma unidade composta por rochas metavulcânicas ácidas porfíricas (ID das amostras: MR351, MR343 e AA228399), uma amostra de rocha metavulcanoclástica (ID da amostra: AA228388) e uma de rocha ígnea de caráter intermediário (ID da amostra: AA228424). A

caracterização petrográfica foi realizada através de microscópio de luz transmitida e refletida ZEISS no Laboratório de Geologia Sedimentar, LAGESED.

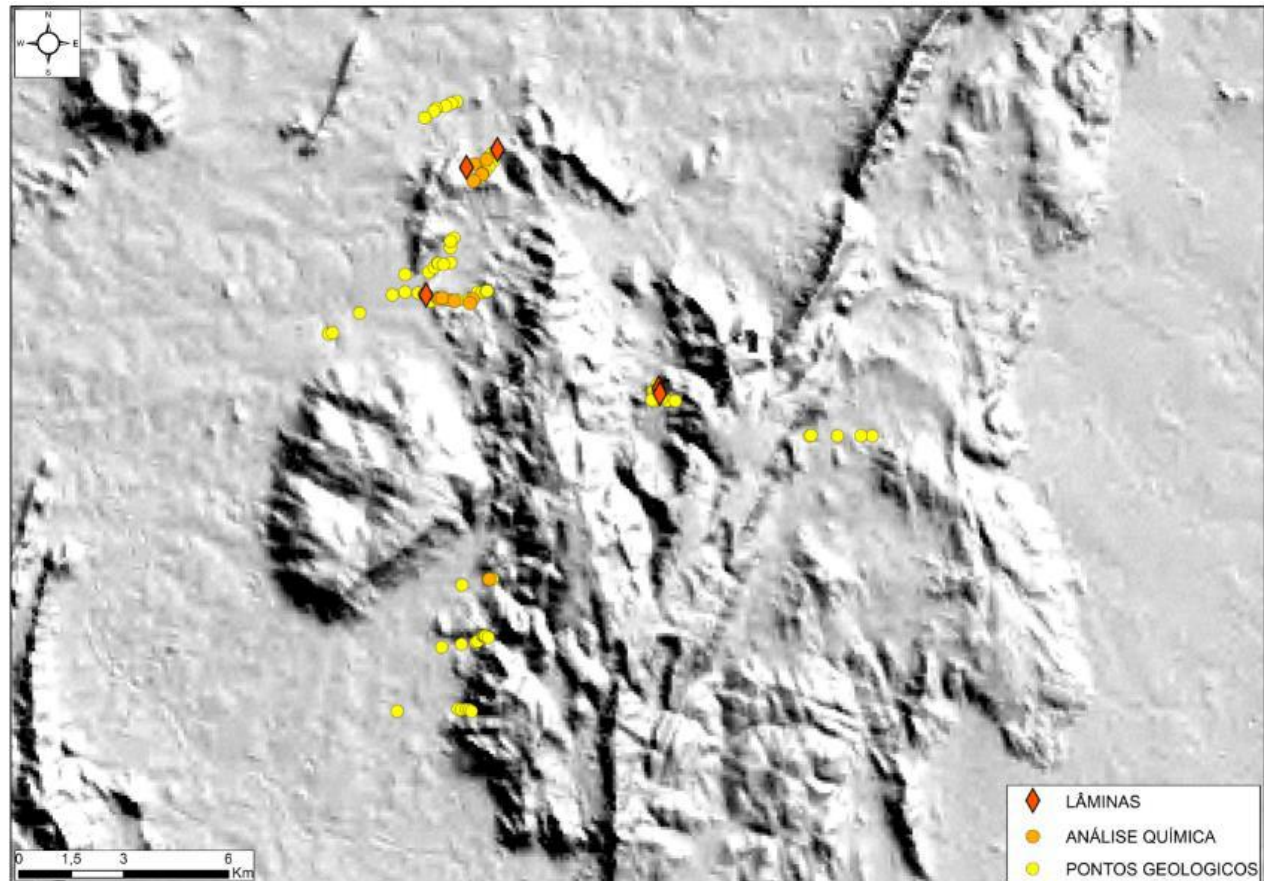


Figura 6: mapa de localização das amostras selecionadas para química e lâmina.

6.4 Geoquímica

As análises químicas foram feitas nos laboratórios SGS GEOSOL e custeadas pela Codelco do Brasil Mineração Ltda. Para obter resultados representativos foram selecionadas, além das 15 amostras coletadas durante a campanha de agosto/2019, outras coletadas pelo geólogo Marcelo Rocha durante a mesma campanha e uma campanha anterior em julho/2019.

Os ensaios foram realizados no laboratório da SGS Geosol Laboratórios Ltda. em Vespasiano, Minas Gerais. As referências analíticas incluíram os métodos FAI505 (determinação de Au, Pt e Pd por Fire Assay – ICP – Fusão de 50g), ICM40B (determinação

por digestão multiácida com HCl, HNO₃, HF e HCLO₄ – ICP OES / ICP MS), PREPQC (controle de qualidade – preparação física) e SCR33 (ensaio granulométrico a seco em malhas para amostras acima de 300g). Os padrões usados foram OREAS 46 e OREAS 47.

O método ICM40B foi utilizado por conter na análise 48 elementos permitindo investigações mais detalhadas pelos valores mais baixos de detecção e, assim, possibilitando melhor reconhecimento de elementos associados ao Cu (potenciais “farejadores”). A preparação física em laboratório incluiu secagem, britagem, pulverização <150 # e retirada de alíquota de 50 gramas para a posterior análise.

Os resultados de análises químicas foram tratados no *software* IOGAS, sempre em comparação aos teores de Cu, por ser o mineral objeto de estudo neste trabalho, com a confecção de *Principal Component Analysis* (PCAs), gráficos XY (comparação entre comportamento de elementos em log vs. log) e diagramas.

Previamente às análises estatísticas principais foi possível separar dois grupos de amostras, um com Cu em teores menores que 500 ppm e outro grupo com amostras de Cu acima de 1.500 ppm, como mostra o histograma abaixo onde a coloração representa os diferentes tipos litológicos: azul represente a rocha metavulcânica intermediária, verde representa a rocha metavulcânica básica e laranja representa a rocha metavulcânica ácida.

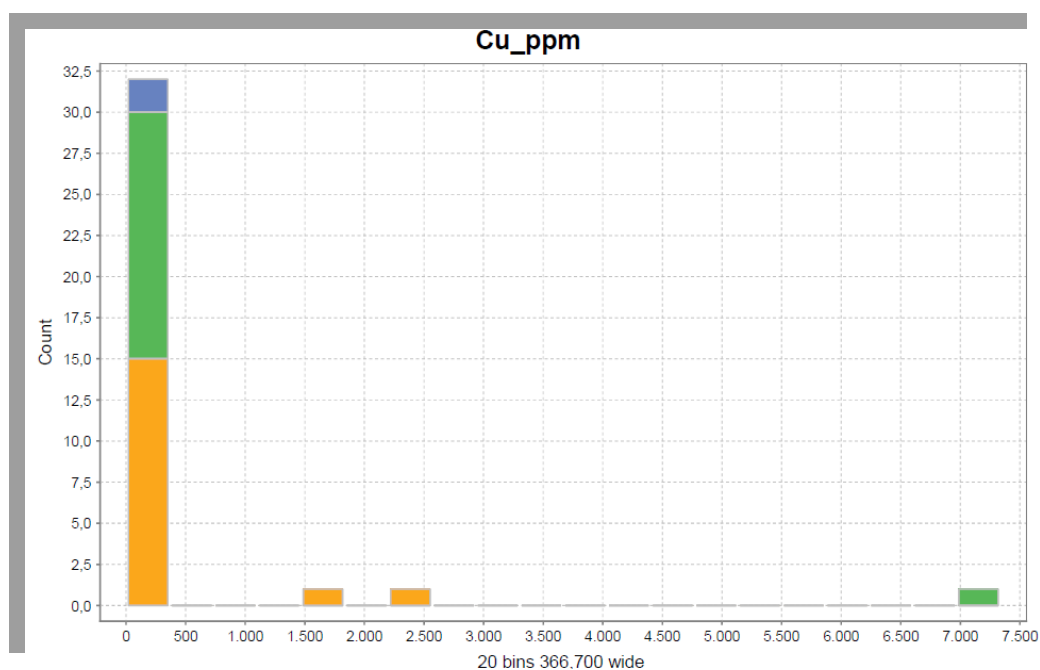


Figura 7: histograma com a distribuição dos valores de cobre em amostras coletadas em ppm.

O método de *Principal Component Analysis* é aplicado para casos estatísticos onde o número de amostra e variáveis consistem em um grande espaço amostral. Para auxiliar a decifrar o comportamento das diversas variáveis presentes em sistemas desse tipo (i.e., elementos químicos) e propor relações entre as mesmas, esse método visa reduzir o número inicial de variáveis a um número menor de variáveis mestras, ou “componentes principais”. Assim, é possível descobrir relações entre todas as possíveis variáveis iniciais através de equações matemáticas vetoriais calculadas por métodos de centralização e relativização logarítmicas repetitivas calculadas rodadas pelo *software* ioGAS.

Basicamente, o resultado é uma resposta gráfica onde os eixos do diagrama (Fig. 20) correspondem às relações vetoriais entre os elementos. De forma ampla, os vários resultados de relação entre as variáveis são baseados em uma relação de proporcionalidade ou desproporcionalidade que é entregue pelo programa como Componente Principal (PCs), correspondentes aos eixos X e Y. Estes eixos são independentes e geologicamente desconhecidos, logo, sua interpretação deve ser feita de forma relativa com base na proximidade de determinado elemento (ou subvariável) em relação ao eixo X ou Y (ou

componente principal) para entender o tipo de influência e qual o exercido pela componente principal no comportamento das subvariáveis (que aqui são os elementos químicos), que pode ser positivo ou negativo, de forma simplificada. É possível avaliar também a relação entre os vários elementos dada pela dimensão da angulação vetorial. Com isso, dois segmentos plotados no diagrama com ângulos menores que 90° têm relações das respectivas variáveis muito próximas e parecidas em comportamento, já ângulos próximos de 90° significa relações independentes e se perfazem cerca de 180° elas são inversamente proporcionais. O tamanho dos vetores gerados no diagrama também é parâmetro de influência, pois significa intensidade de interação com o eixo (PCn) em questão, proporcional à influência no cálculo desta componente principal. O valor em porcentagem gerado para cada PC retorna o quão confiável é a resposta das amostras analisadas para aqueles componentes principais calculados.

Através dos PCAs obtidos para o espaço amostral dos dados do projeto Serra do Prata, área de estudo, foram analisadas as relações do elemento Cu com os demais elementos e gráficos *XY Plot* em escala logarítmica foram gerados para estudar individualmente cada interação. Isso, depois, foi testado em gráficos condizentes com a avaliação do potencial metalogenético da área e os resultados se encontram no capítulo 7.

7 RESULTADOS

7.1 Sensoriamento Remoto e Aerogeofísica

Os mapas abaixo resultam da interpretação do relevo pela imagem SRTM. Estruturas mais regionais são observadas e destacadas na cor marrom, enquanto outras, mais locais, foram interpretadas (em laranja no mapa) e confirmadas posteriormente em campo.

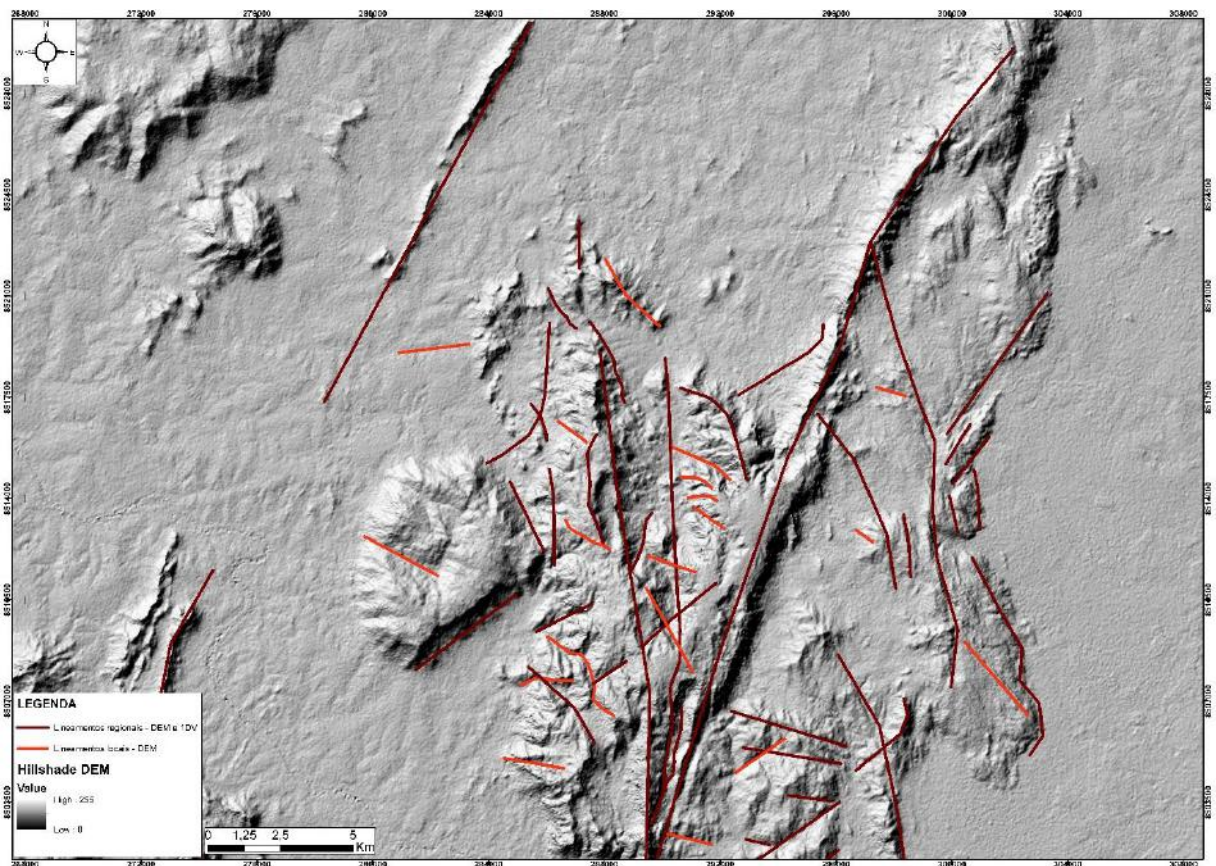


Figura 8: SRTM e lineamentos regionais e locais identificados e interpretados com ângulo de iluminação em 45°NW.

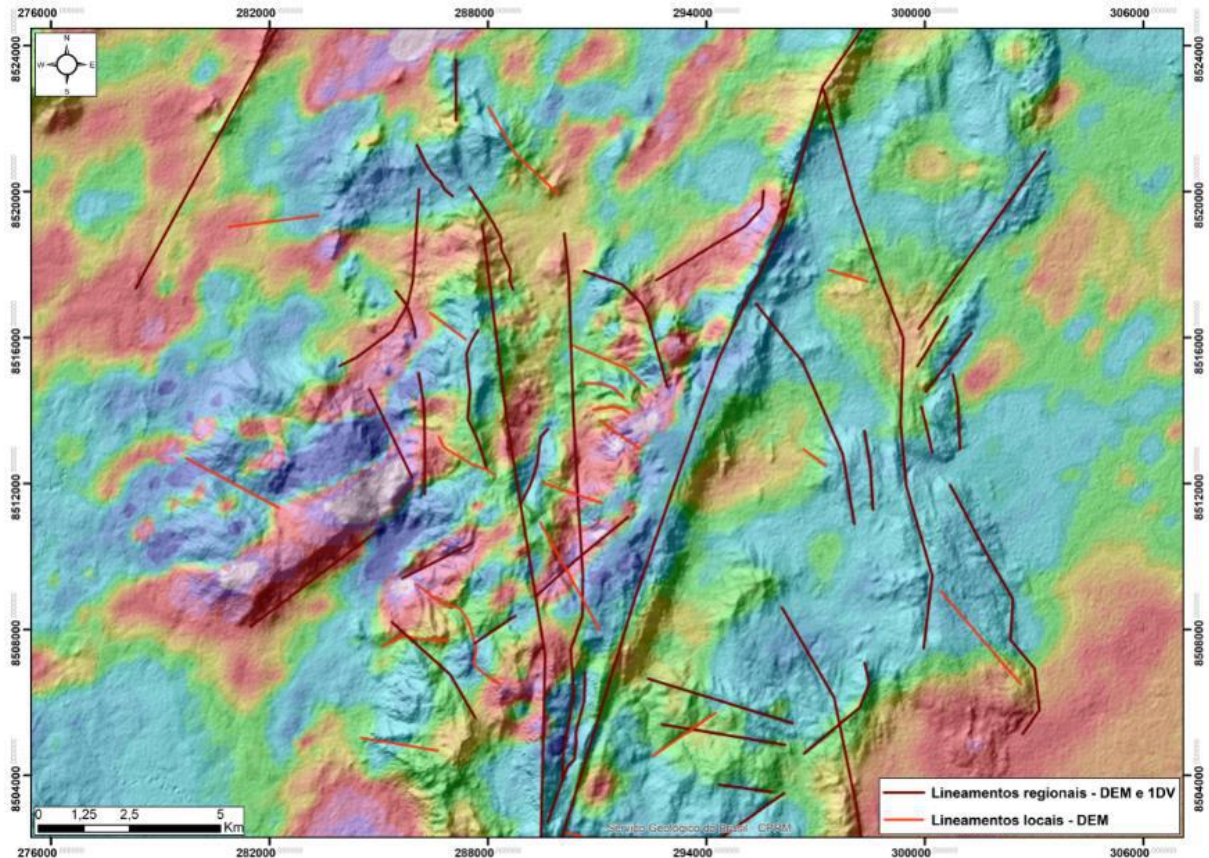


Figura 9: Interpretação de lineamentos locais e regionais com auxílio de dados aerogeofísicos (1ª Derivada, magnetometria) disponibilizada pela CPRM em projeto de levantamento do território brasileiro.

As interpretações e estudos prévios por meio de artigos e relatórios, mostraram forte orientação do *strike* das camadas para NW e NE por meio sistemas de falhas de alto ângulo.

7.2 Feições de Campo

Com base em conhecimento prévio da bibliografia e geologia regional da área e o que foi observado em campo, foram identificadas três unidades principais: metavulcânica ácida, metavulcânica básica e metavulcânica intermediária. Sendo que a unidade metavulcânica ácida foi separada em duas fácies principais, sendo elas: fácies de rochas metavulcânicas ácidas porfiríticas e fácies de rochas metavulcanoclásticas.

As rochas metavulcanoclásticas são de granulometria fina, concordando com a literatura com e sem grânulos de plagioclásio alterado com teor de sericita variando amplamente e por

vezes ocorrendo como vênulas. Já as rochas metavulcânicas ácidas porfiríticas, que podem ser encontradas tanto na forma mais preservada, com porfiroclastos de K-feldspato e plagioclásio, ou na forma intemperizada, de feição cataclástica, porosa e bastante alterada. Esta fácies da unidade metavulcânica ácida mais intemperizada geralmente abriga a mineralização na forma de malaquita. Já a unidade metavulcânica intermediária é vista como rocha rica em biotita com ocorrência de cristais bem formados de magnetita e a unidade metavulcânica básica é vista com feição de metabasalto, conforme consta na literatura. Os aspectos vistos em campo para justificar essas interpretações serão melhor descritos por partes neste capítulo.

Durante o mapeamento, foi possível notar que a relação de campo entre os diferentes pacotes da Formação Arraias é muitas vezes interdigitada.

7.2.2 Rocha metavulcânica básica

O corpo máfico, composto por clorita-xistos muito intemperizados, de coloração em tons avermelhados (Fig. 10) foi interpretado como dique atravessando as rochas metavulcânicas ácidas.



Figura 10: afloramento de rocha metavulcânica de caráter básico com foliação marcada e bússola apontando para Norte indicando um segundo plano de foliação no qual a seta está direcionando.

7.2.3 Rocha metavulcânica intermediária

Os corpos de rocha vulcânica intermediária possuem dimensão reduzida em campo (<1 metro) e são encaixados em camadas espessas de rocha metavulcânica ácida porfírica. São caracterizados por cor escura, abundância em biotita e cristais cúbicos milimétricos disseminados pela rocha interpretados como magnetita (Fig. 11).



Figura 11: amostra de rocha intermediária com cristais milimétricos de magnetita.

A análise da lâmina deste litotipo revelou composição com cristais de clinopiroxênio, ortopiroxênio, biotita (confirmando a alta quantidade deste mineral como visto em campo) e, em menor quantidade, quartzo e plagioclásio, estes dois últimos mais fragmentados ou em cristais discordantes da foliação também fragmentados (cristais granulometricamente pequenos). A maior quantidade de minerais máficos resulta na coloração mais escura da matriz.

Os opacos ocorrem com granulometria milimétrica a centimétrica, discordante de uma foliação incipiente (Fig. 12A).

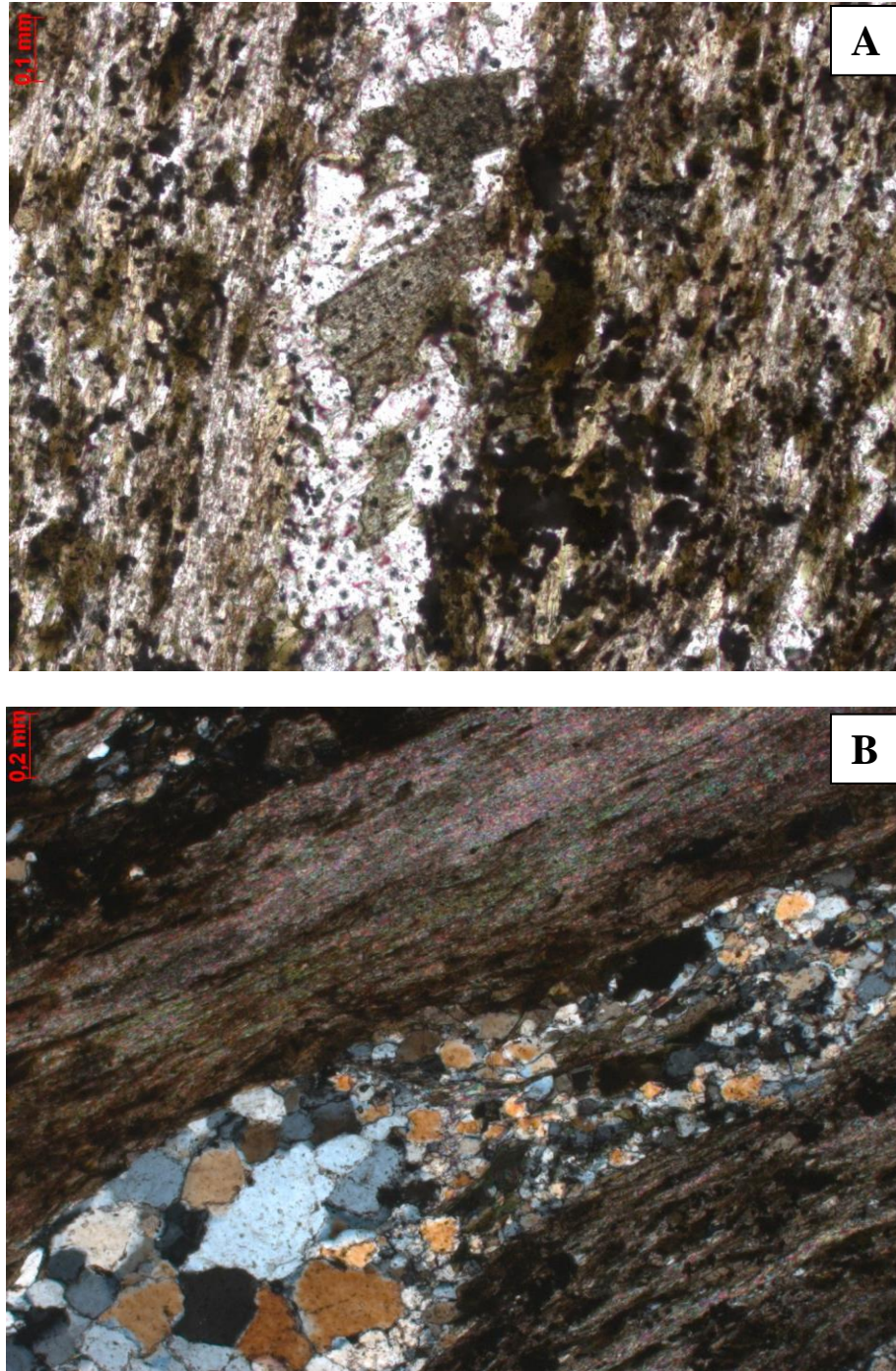


Figura 12: **A:** foliação incipiente e cristais esverdeados de piroxênio a nicóis descruzados; **B:** visada com nicol paralelo de aglomerado orientado de cristais de biotita e, entre estes, fenocristal de quartzo extremamente fragmentado.

7.2.4 Rocha metavulcânica ácida porfírica

As rochas vulcânicas ácidas porfíricas são geralmente compostas de matriz rica em quartzo e sericita e fenocristais de tamanhos variados dispersos na matriz, podendo por vezes ser K-feldspato (Fig. 13D), sempre em tons rosados, e plagioclásio, além de vênulas esverdeadas de sericita (Fig. 13B). O brilho ceroso da matriz também indica forte presença de sericita na matriz.

Esta rocha foi vista tanto na versão mais preservada, com os fenocristais bem formados, e também com matriz brechada, onde há evidência de intemperismo, e geralmente contém malaquita.

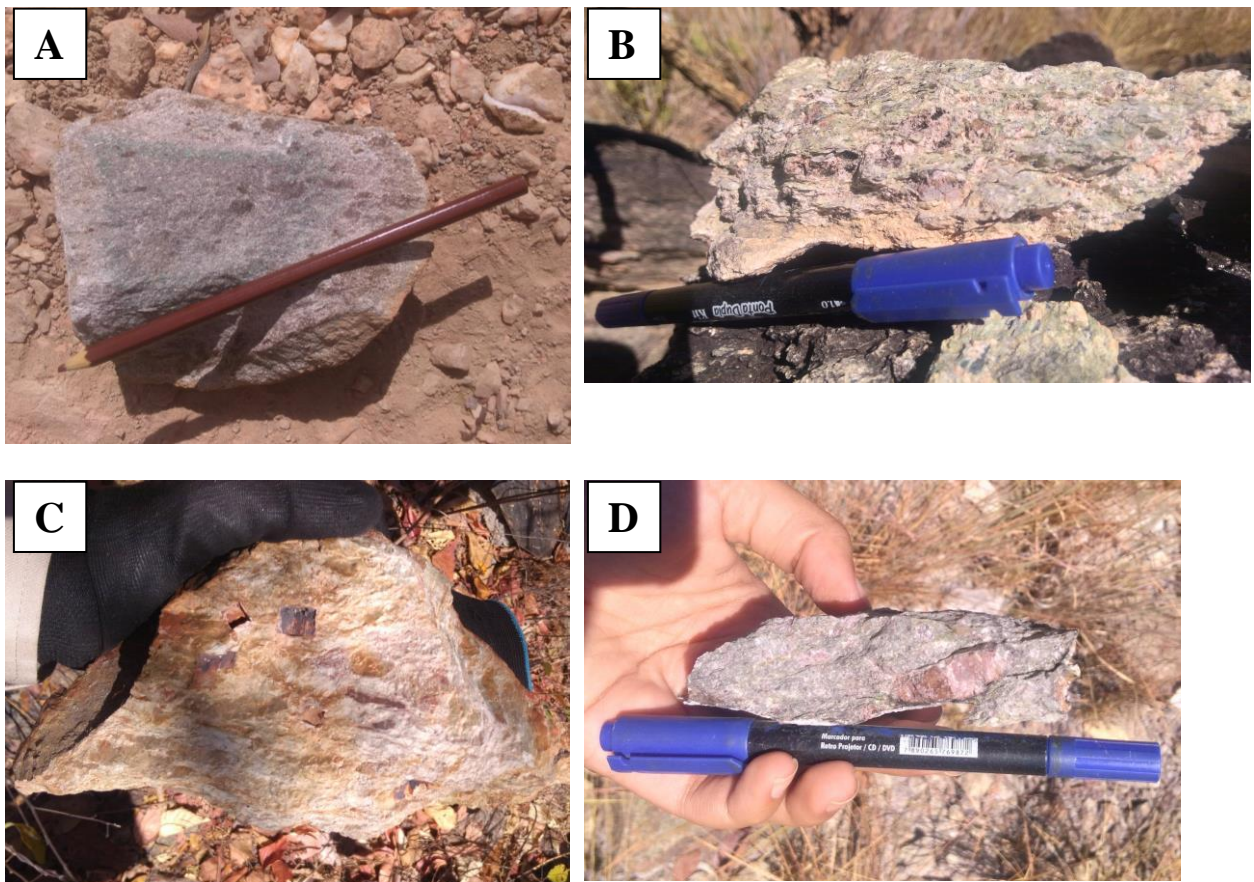


Figura 13: amostras das rochas metavulcânicas ácidas porfírica. **A:** rocha porfírica (JSMCU-02) com ocorrência de malaquita; **B:** rocha porfírica (JSMCU-077) com vênulas preenchidas por sericita esverdeada abundante; **C:** rocha porfírica (JSMCU-067) com presença de hábito de magnetita hematizada preservado na matriz e sericita abundante. **D:** rocha porfírica (JSMCU-078) com presença de pórfiros de KF;

A análise das três lâminas deste tipo litológico resultou em descrição de rochas com matriz de textura granoblástica para os grãos da matriz de granulometria fina e composta basicamente por quartzo, plagioclásio, K-feldspato e sericita em maior proporção que outros cristais tais quais muscovita, biotita, clorita e calcita (Fig. 14D), aparecendo em proporção menor que 10%. Os cristais opacos ocorrem ocasionalmente (<5%) e análise em microscópio de luz refletida revelou que a maioria se trata de cristais de magnetita (Fig. 14C).

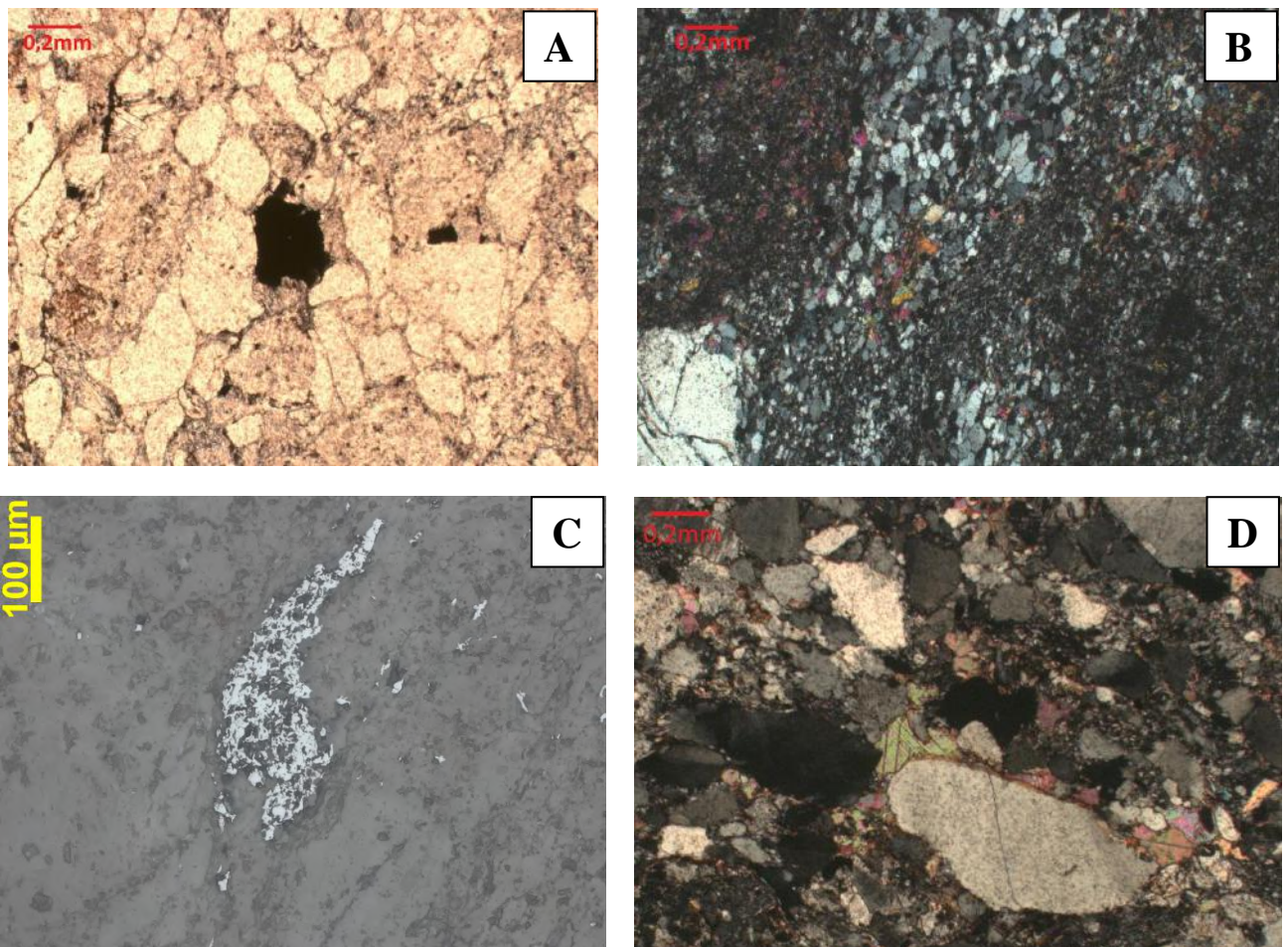


Figura 14: mineral opaco cúbico a nicóis descruzados; **B:** textura granoblástica dos cristais da matriz a nicóis cruzados; **C:** de opaco interpretado como magnetita em microscópio de luz refletida a nicóis descruzados. **D:** calcita com cor de interferência alta (>3° ordem), 3 direções de clivagem e relevo variável com o giro da platina em nicóis cruzados.

7.2.5 Rochas Metavulcanoclásticas

No geral, são de matriz com granulação milimétrica fina e cristais dispersos na mesma de tamanho milimétrico a centimétrico composto majoritariamente por plagioclásio e em menor quantidade por cristais de quartzo. Esses cristais definem o plano de foliação tectônica ou como vênulas, no caso da mica branca e da sericita, alongadas também no plano da foliação. Na literatura (Alvarenga *et al.*; 2007) essas rochas são nomeadas metapiroclásticas. No presente trabalho, foram nomeadas rochas metavulcanoclásticas devido à deformação e ao metamorfismo terem obliterado feições primárias que permitiriam seu grau de retrabalhamento por processos sedimentares.

A matriz da rocha varia de tons de cinza a avermelhados, provavelmente por oxidação. Em alguns casos como no ponto JSMCU-07 (Figura 14C), foi possível notar vesículas preenchidas.

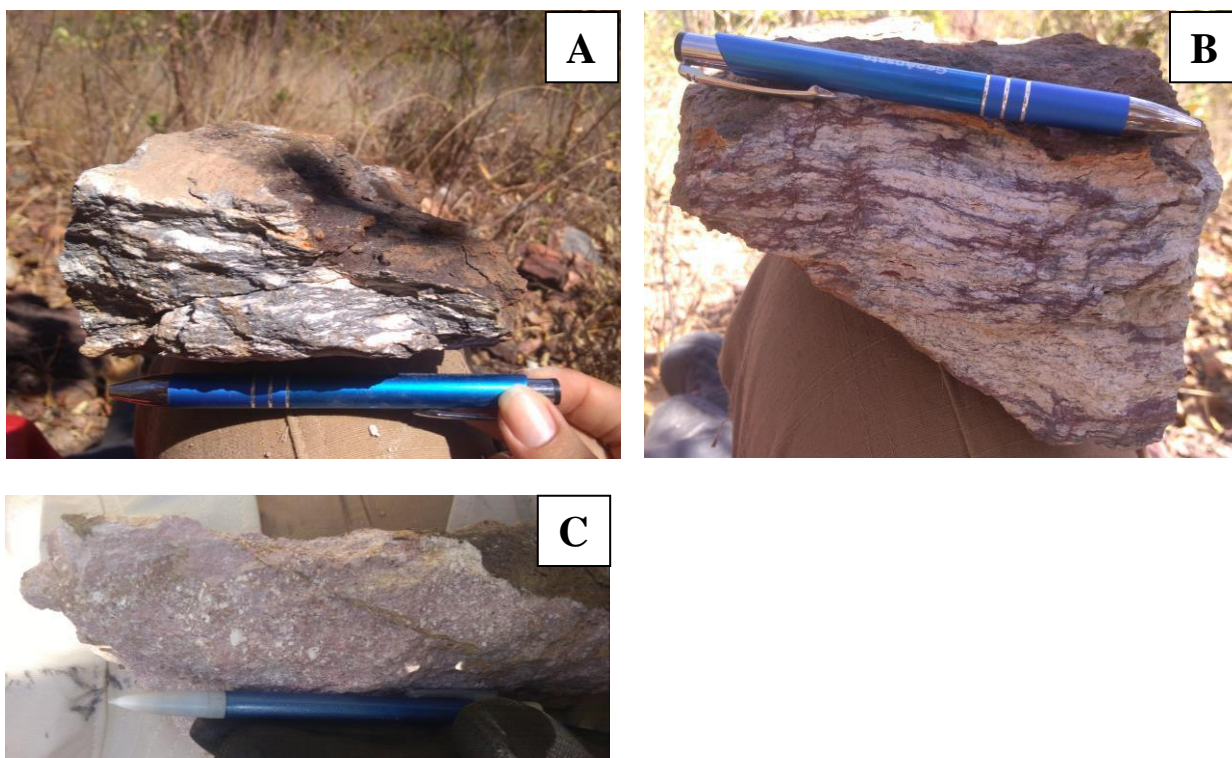


Figura 14: A figura A (JSMCU-037) apresenta amostra de rocha metavulcanoclásticas encontradas nos afloramentos e blocos em campo, as vezes percoladas por fluídos ferrosos como em B (JSMCU-036) que resultaram em coloração avermelhada à matriz da rocha por vezes com presença de vesículas preenchidas como em C (JSMCU-07).

A análise da lâmina deste litotipo identificou matriz fina e dúctil gerando uma foliação forte. A matriz fina é composta basicamente por cristais milimétricos de quartzo, plagioclásio e biotita. Como pode ser visto nas imagens 15A, cristais maiores dispersos pela matriz podem ocorrer sendo corroídos e substituídos na borda mostrando ser pré-deformacional dada a sombra de pressão.

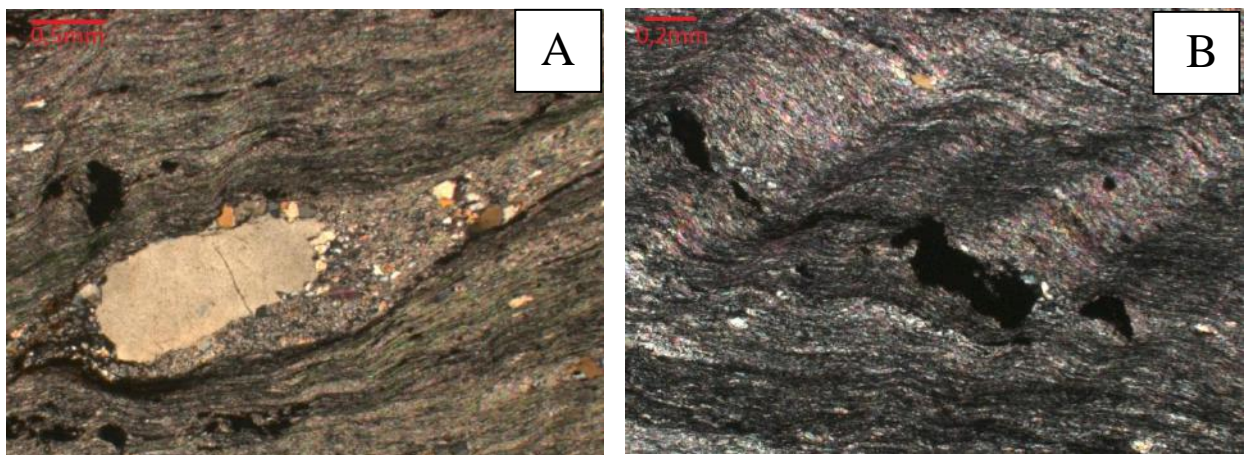


Figura 15: **A:** cristaloclasto com nicol cruzado e descruzado, respectivamente, alterado nas bordas e com halo de sombra de pressão para o cristal mais resistido; **B:** textura da rocha mostrando deformação da matriz e minerais opacos deformados junto com a foliação (cristais pré-Dn).

7.2.6 Crosta laterítica

Em campo, as crostas lateríticas apresentam-se sustentando relevos de platôs suaves. A textura destas crostas é representada por grãos cimentados por e concreções de hidróxidos de ferro. Em determinado ponto (JSMCU-026) foi possível ver zona mosqueada (Figura 16).



Figura 16: afloramento de crosta laterítica.

7.4 Geoquímica

O cobre foi utilizado como elemento de referência e padrão de comparação já que configura o objeto principal de estudo. A relação deste com todos os demais elementos está exposta nos gráficos de dispersão (x vs. y) localizados ao longo desta.

Ao plotar os gráficos com auxílio do *software* ioGAS, pode-se notar melhores tendências das amostras em gráficos binários com escala logarítmica entre os elementos Cu e Co (Fig. 17) que possibilita-se separar as amostras em grupos para melhor análise posterior. O gráfico abaixo mostra a disposição dos pontos de amostras analisadas com cores diferenciadas pelos tipos litológicos conforme a seguinte classificação: a) laranja- rochas metavulcânicas intermediárias; b) roxo- rochas metavulcânicas piroclásticas; e c) azul-rochas metavulcânicas porfíricas. As tendências observadas estão destacadas nas elipses no gráfico abaixo.

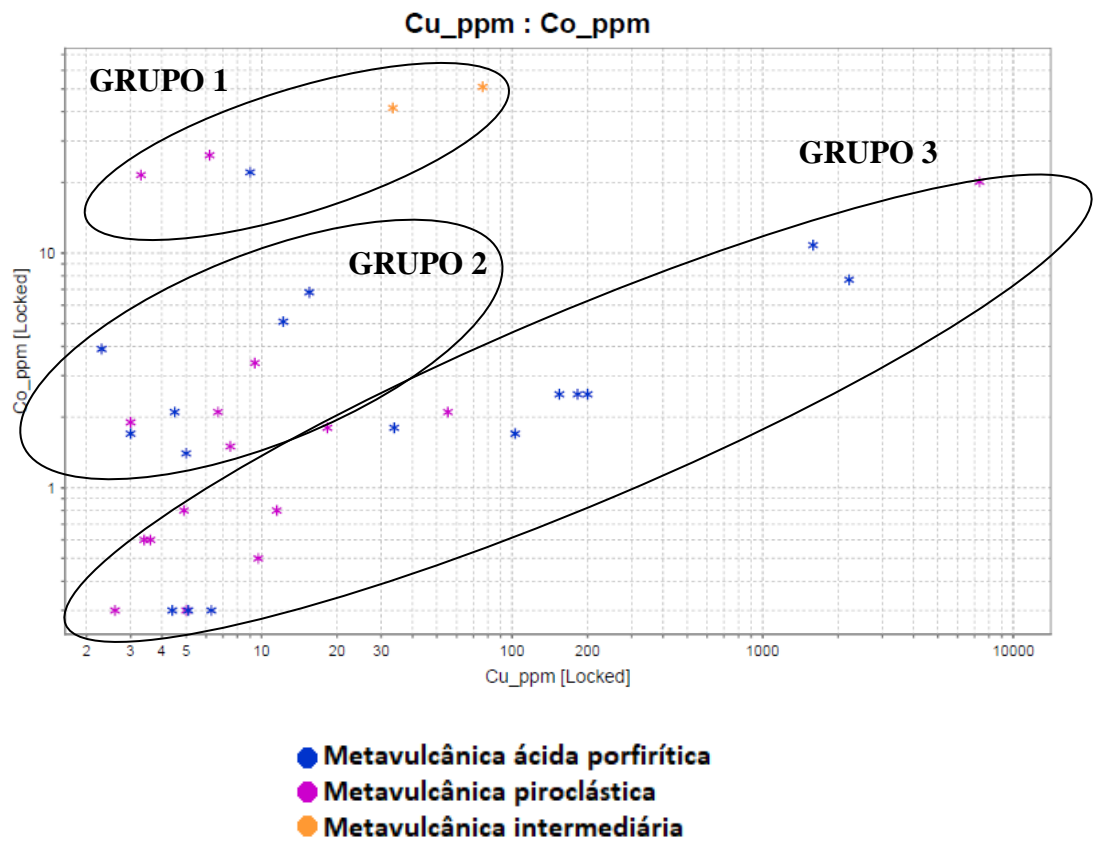


Figura 17: gráfico XY gerado em escala logarítmica entre os elementos Cu e Co.

Baseando-se na tendência observada, três grupos principais foram estabelecidos. O Grupo 1 é dado por teores alto de Co e teores de Cu menores que 100ppm, o Grupo 2 é dado por teores médios de Co e Cu abaixo de 100 ppm e o Grupo 3 é dado por uma relação de Co e Cu que mostra um *trend* positivo de proporcionalidade com aumento do teor de Co conforme aumenta o teor de Cu. Já os demais gráficos gerados obtendo a relação do elemento cobre com outros elementos estão dispostos nas Fig. 20 e Fig. 21.

O Grupo 1 está identificado com a simbologia de círculos preenchidos, o Grupo 2 está identificado com a simbologia de triângulos preenchidos e o Grupo 3 com a simbologia de quadrados preenchidos. As cores para diferenciar as litologias foram mantidas.

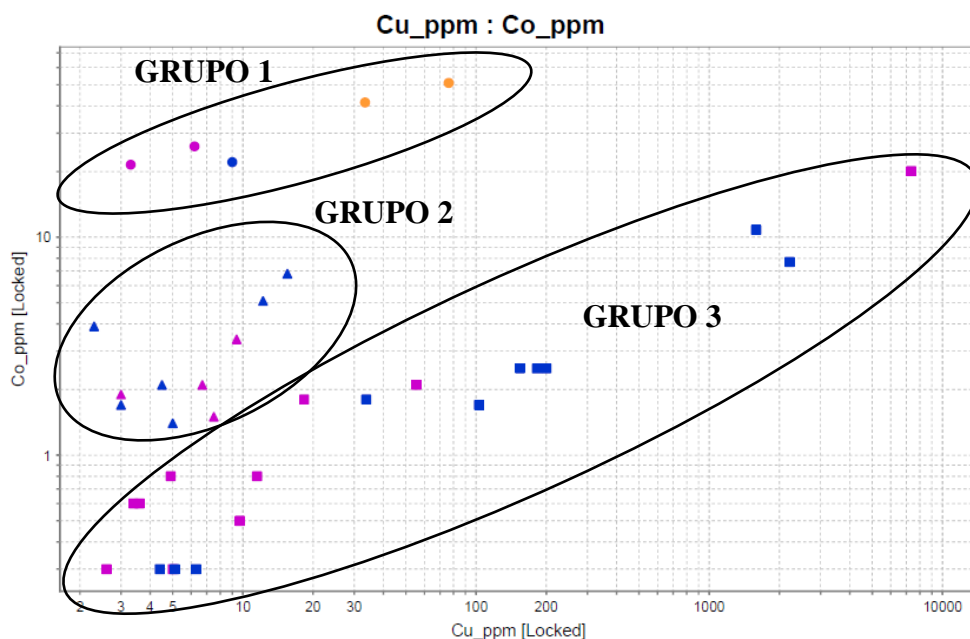


Figura 18: gráfico gerado no *software* ioGAS mostrando os três grupos destacados para posterior análise, os *shapes* utilizados para definir os três grupos foram círculo preenchido (GRUPO 1), triângulos preenchidos (GRUPO 2) e quadrados preenchidos (GRUPO 3). Sendo que as cores diferenciando os tipos litológicos foram mantidas.

Com a intenção de contribuir para melhor análise dos elementos em relação ao Cu, com auxílio do *software* ioGAS, foram gerados diagramas de *Principal Component Analysis* (PCA) a partir da matriz de correlação dos elementos analisados (em Anexos). Nestes gráficos são apontadas relações dos componentes entre si dependente das variáveis atuantes (PCNs), o resultado obtido se encontra na Fig. 19.

É possível notar no diagrama gerado, forte relação do elemento Cu com o elemento P guiado pelo PC1. Outras relações são visíveis, porém menos intensas, como as dadas entre Cu e os seguintes elementos: La, Sr, Ca, Ti, Co e, em menor nível, com Fe e Ni. Por outro lado, há falta de afinidade com elementos tais quais: Ce, Pb, Nb, Zn, Sn, As, K, W, U, Sb, Mo e Pb.

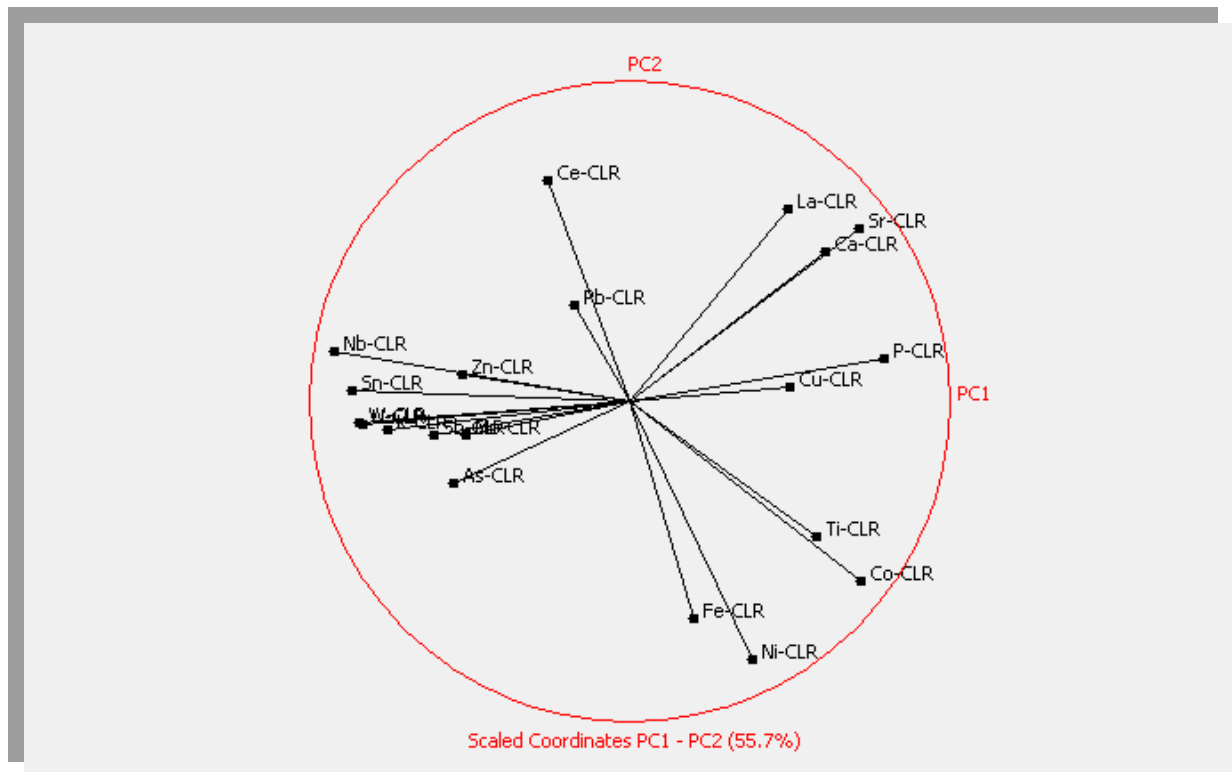
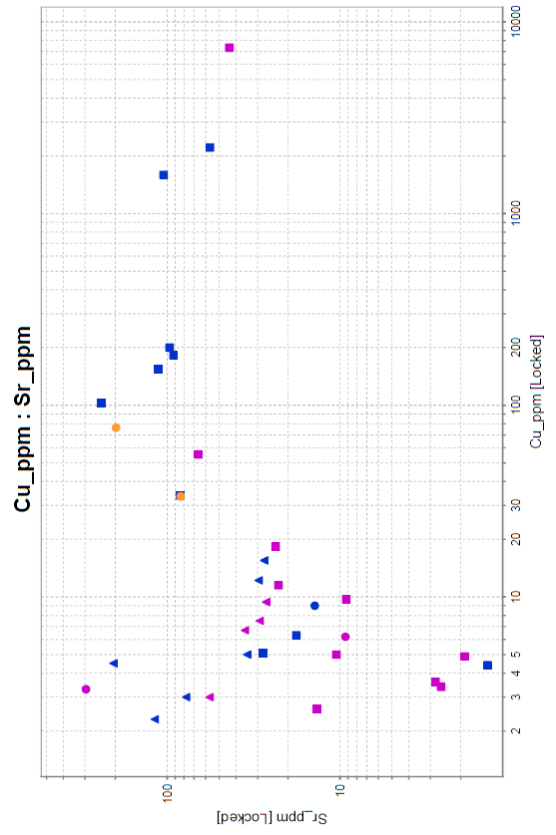
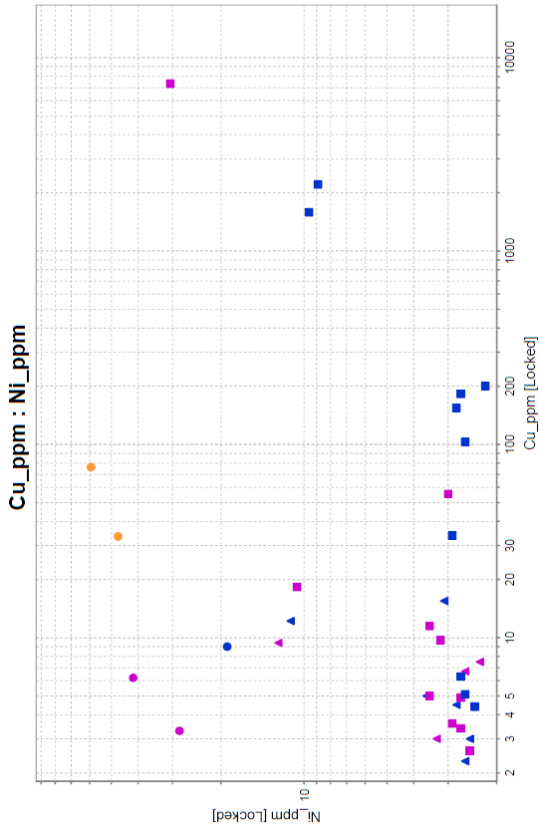
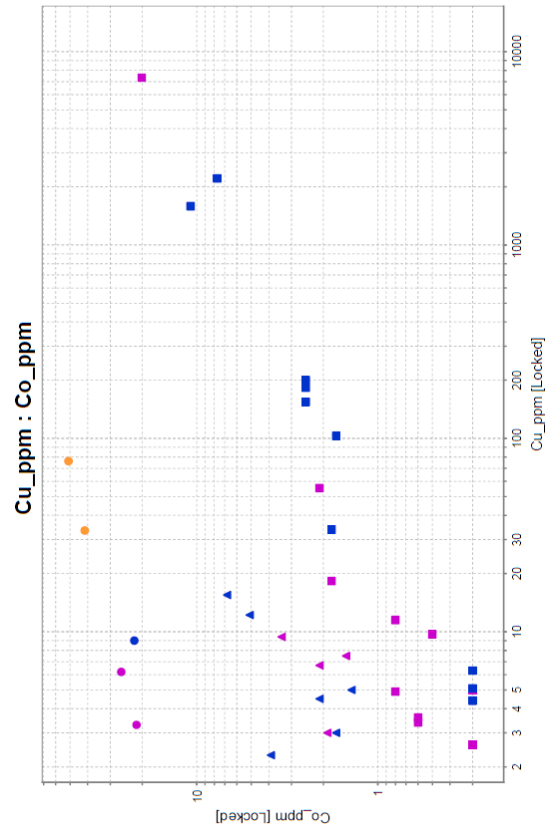
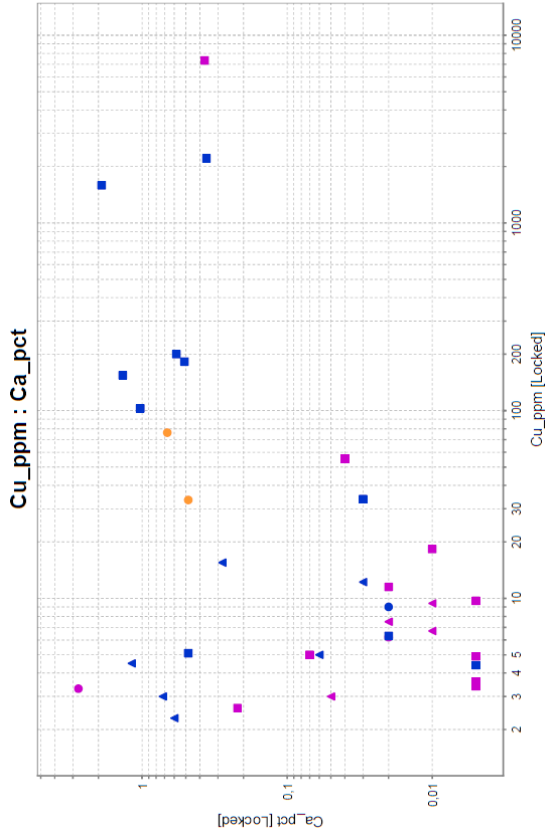
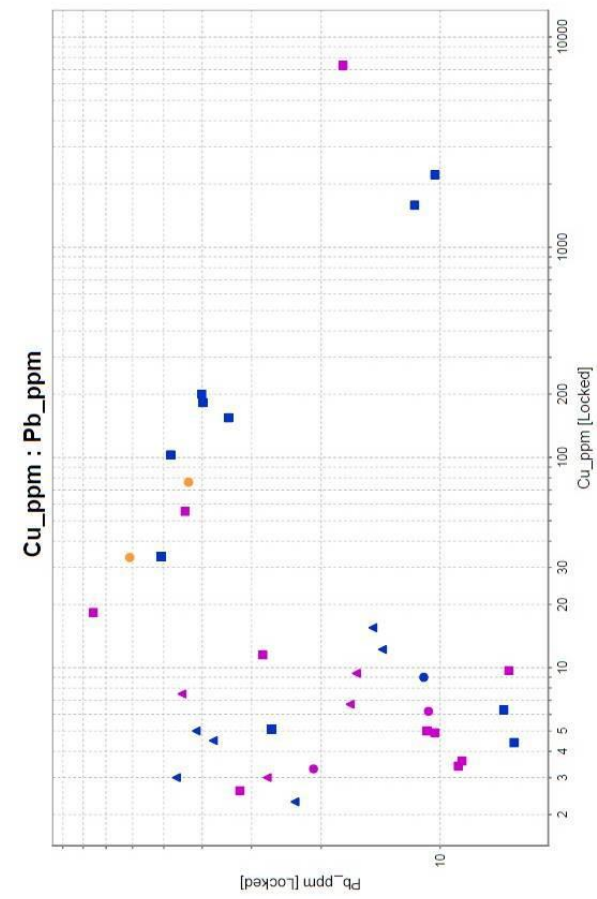
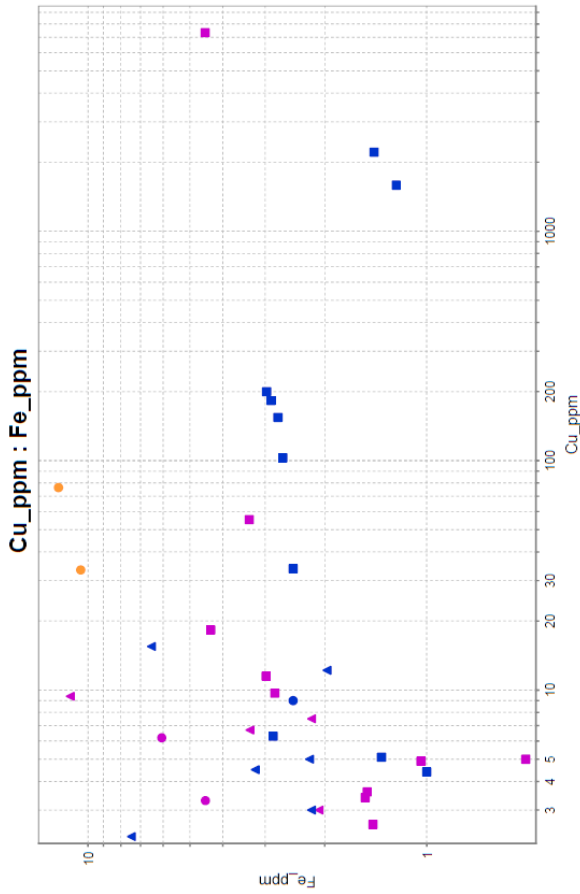
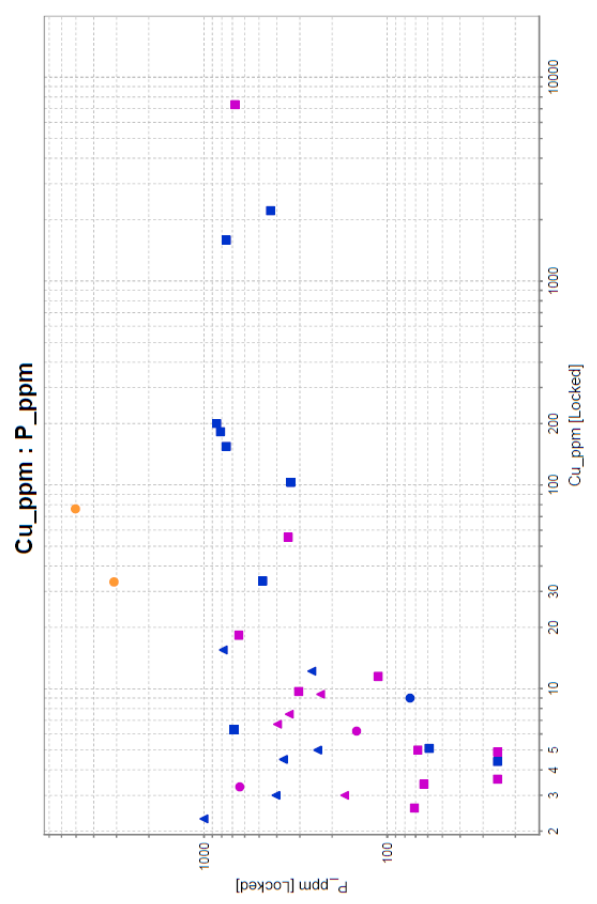
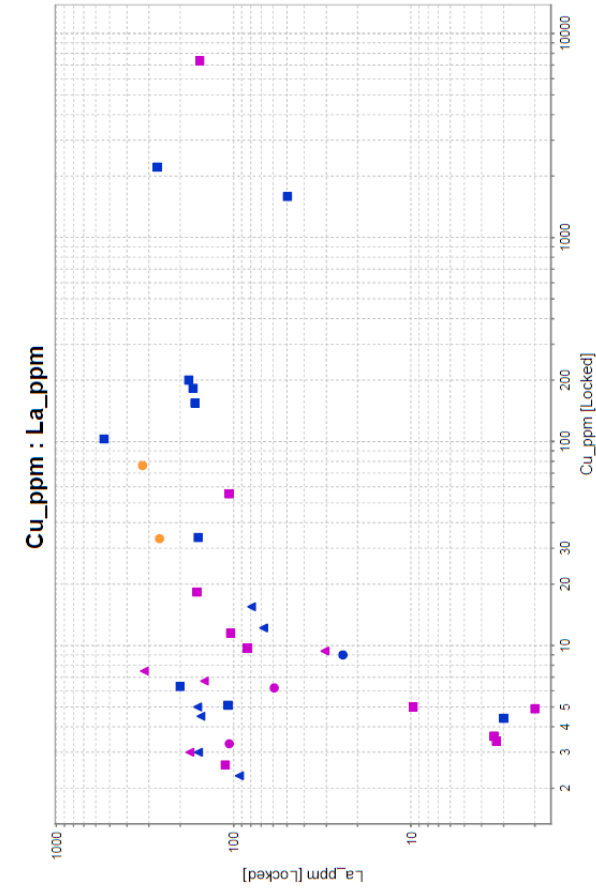


Figura 19: *Principal Component Analysis* mostrando afinidade de certos elementos com o elemento cobre em relação às componentes principais PC1 e PC2.

A partir do obtido com o *Principal Component Analysis* do universo dos elementos mostrados, foram gerados gráficos binários XY Plot em escala logarítmica do elemento cobre com os elementos já listados de maior relação (página 52 até a página 54) e os menos favoráveis (página 55 até a página 57) a interagir com este elemento.





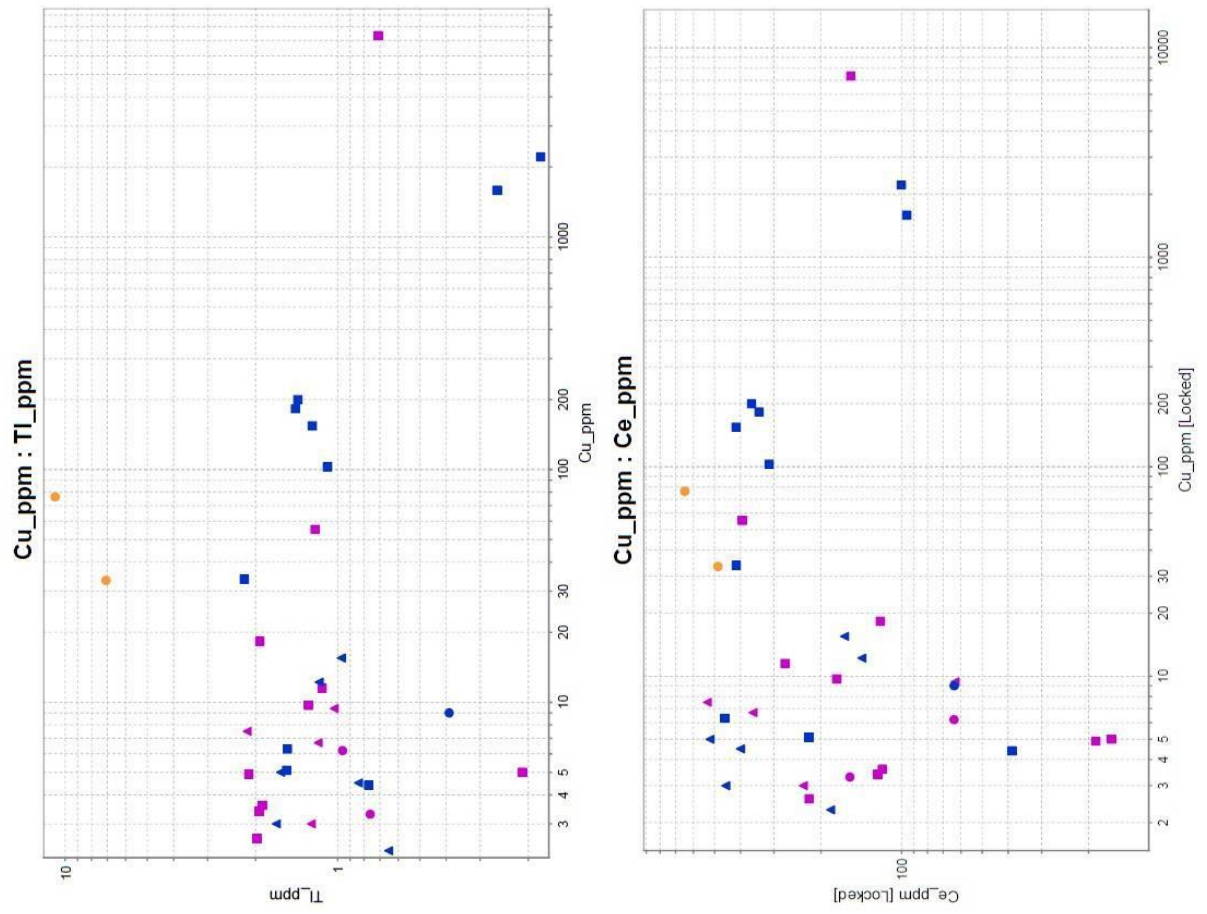
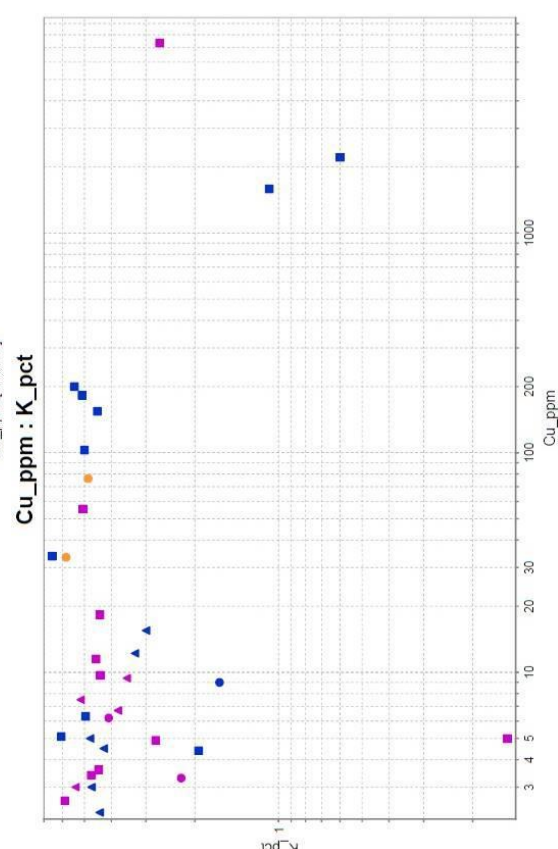
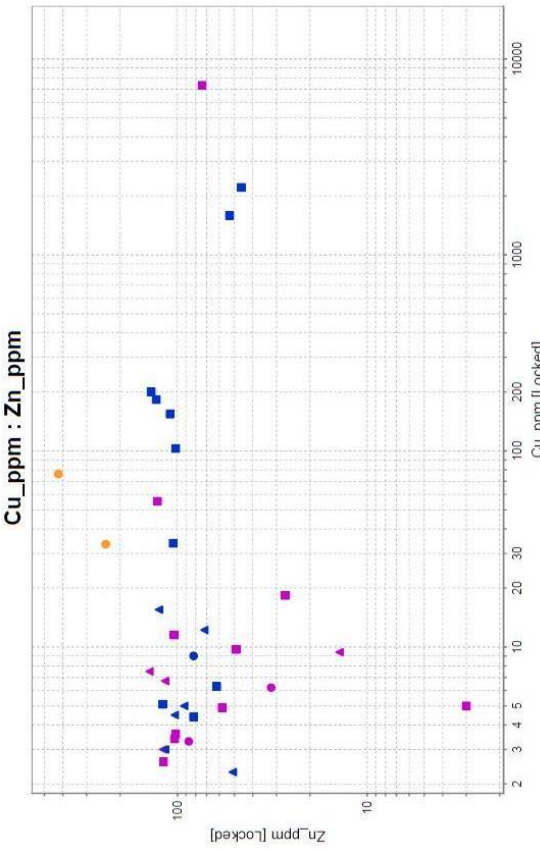
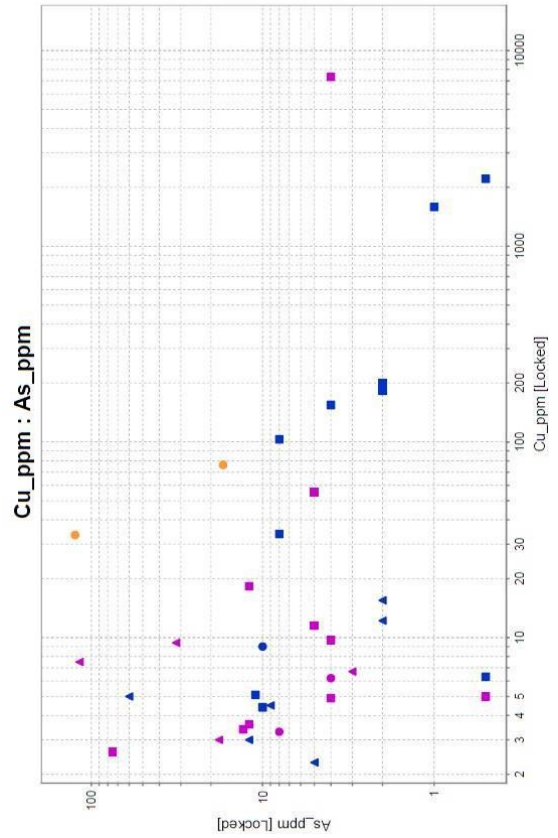
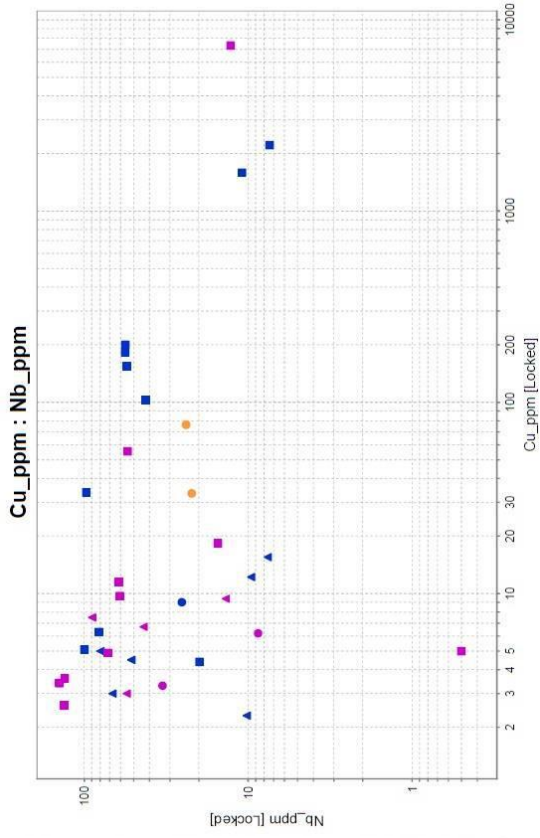
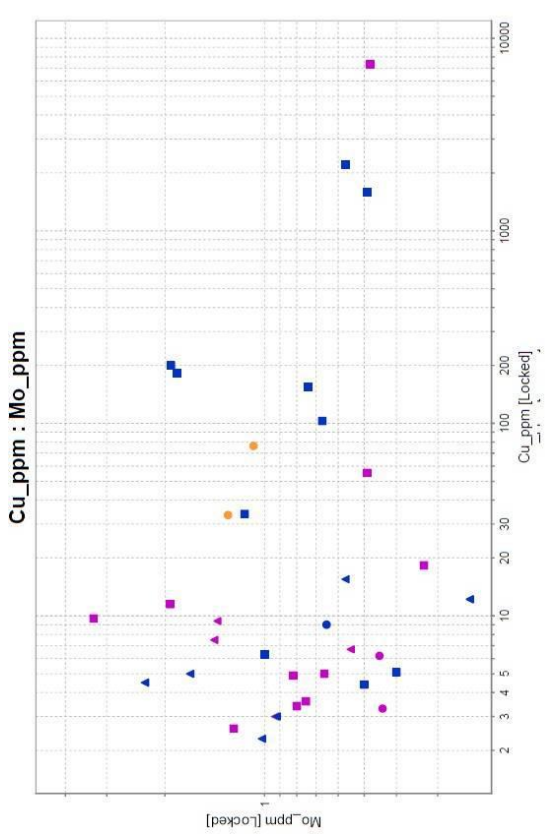
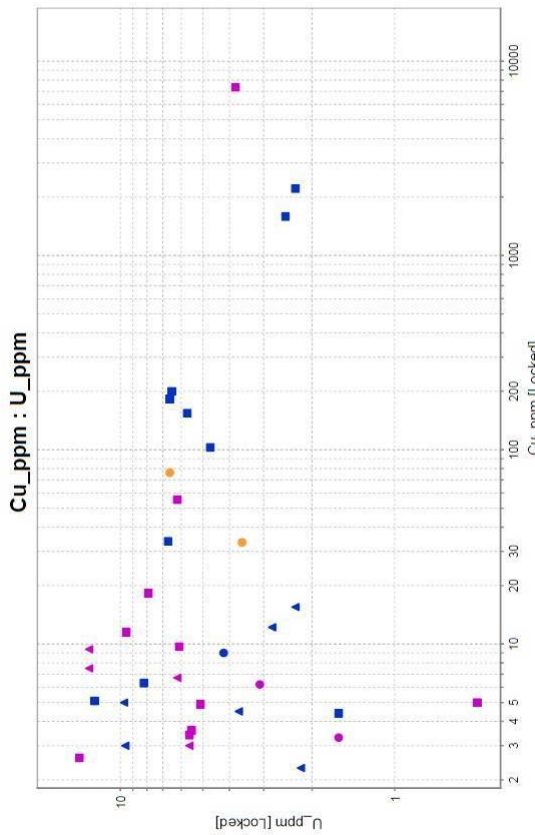
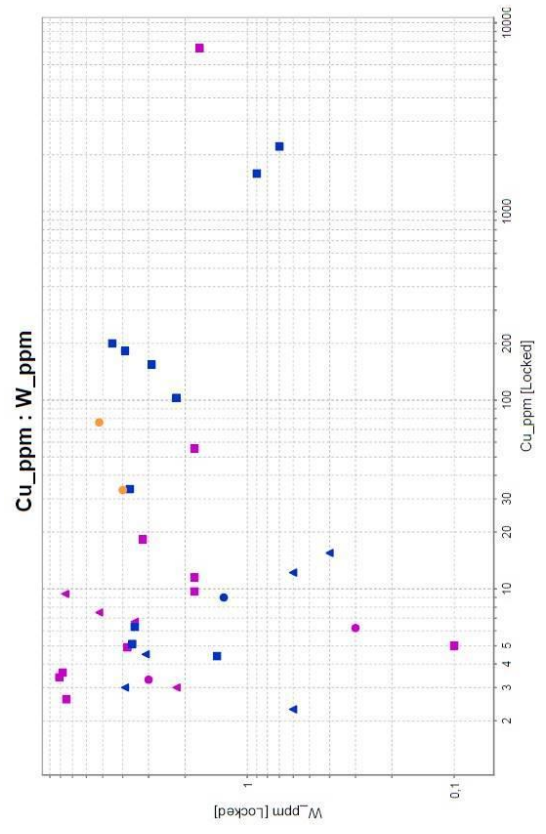
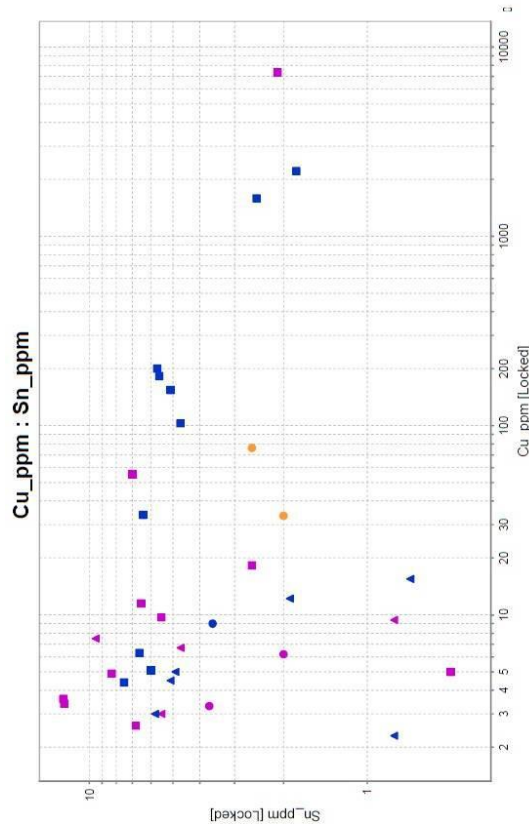


Figura 20: gráficos de relação com elementos favoráveis no PCA.





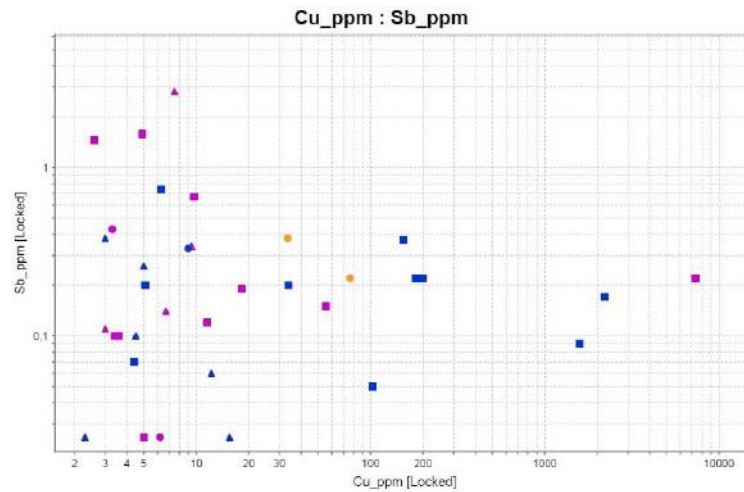


Figura 21: gráficos de relação com elementos desfavoráveis no PCA.

A análise da litogeoquímica local mostrou o comportamento dos elementos analisados em comparação aos teores de Cu e possibilitou entender melhor a possibilidade de mineralização cuprífera da área da Serra do Prata, como se segue.

O grupo de relação favorável (positiva) com Cu é representado pelos elementos La, Sr, Ca, Ce, Pb e P. Tais elementos compatíveis e favoráveis, exceto pelo P, são facilmente substituíveis em carbonatos, como a própria malaquita. Assim, percebe-se que há grupos de elementos que possuem comportamento semelhante ao do elemento Cu e grupo de elementos que não possuem esse grau de semelhança. O Grupo 3, por exemplo, representado pelas amostras com simbologia de quadrados preenchidos e com predominância da fácies de rochas metavulcânicas ácidas porfíricas foi o com melhor resposta aos gráficos de escala logarítmica de relação do Cu com os elementos de forte interação no PCA.

A relação dos elementos, componentes principais e os tipos litológicos presentes na área fica evidente quando o *Principal Component Analysis* é plotado no ioGAS junto com os pontos de amostras dispersos no diagrama em um gráfico binário (Fig. 22).

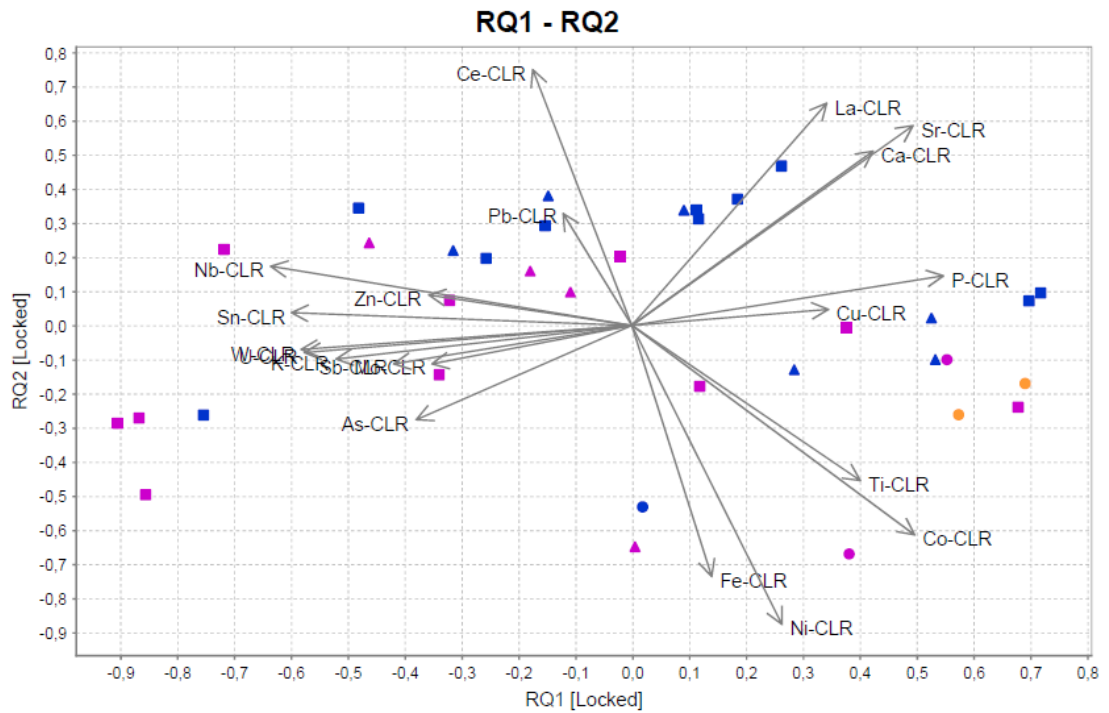


Figura 22: O gráfico binário exposto nesta figura mostra a relação das amostras com o PCA gerado.

É possível notar que as amostras do Grupo 3 (quadrados) plotam entre os dois conjuntos destoantes entre si de componentes principais dados pelo sistema mineralizante a cassiterita e o sistema mineralizante supergênico.

8 DISCUSSÃO

Em campo, o enfoque foi dado nas rochas vulcânicas e na possibilidade de diferenciação das litologias já que a proposta de Tanizaki *et al.*, (2015) ao identificá-las como Membro Buracão, não as individualiza.

As rochas foram divididas em unidade metavulcânicas ácidas, que engloba as rochas metavulcânicas ácidas porfíricas e metavulcanoclásticas, unidade metavulcânica intermediária e unidade metavulcânica básica, condizente com a literatura de Alvarenga *et al.* (2007).

A interpretação feita para cada grupo de elementos considerando sua relação com elemento Cu (positiva, negativa, ausência de relação) coordenada pelos fatores PC1 (eixo x) e PC2 (eixo, y), que correspondem a 55,7% de confiabilidade sendo as principais variáveis de controle, é de que é possível observar um grupo representado pelos elementos Fe, Ni, Ti e Co indicativo de enriquecimento litológico da encaixante pela relação angular com o grupo do Cu menor que 90°. Além deste, há um segundo grupo de relação desproporcional com o Cu representado pelos elementos Nb, Zn, Sn, W, As, K, Sb, U e Mo, pela relação de angularização dos vetores próxima de 180°, que indicam um primeiro momento de enriquecimento do sistema mineralizante a cassiterita, conhecido historicamente na área de estudo por processo de *greinsenização* dos granitos (Província Estanífera de Goiás), e reforça a ausência interação com o sistema mineralizante a malaquita, último grupo de relação com Cu.

A forte interação do terceiro e último grupo de relação com o cobre, dada pela relação angular menor que 90°, leva à consideração final de que estes elementos e, conseqüentemente, o grupo formado por eles neste diagrama, são compatíveis com o enriquecimento do sistema mineralizante cuprífero. Este sistema mineralizante ocorre pela presença de carbonato de cobre em rochas da unidade metavulcânica ácida da Serra do Prata. Estas porções da rocha

metavulcânica ácida porfirítica possuem textura brechada, levando a crer que os níveis de enriquecimento em cobre, marcado pela malaquita, estão relacionados a domínios intempéricos possibilitados pela facilidade da circulação de fluidos meteóricos por essa textura, sendo assim do tipo supergênico. Isso, também, confirma a relação da presença de dois sistemas mineralizantes e momentos de enriquecimento diferentes em uma mesma unidade litológica. Ainda, através do diagrama abaixo (Fig. 23), é possível mostrar presença de forte alteração fílica.

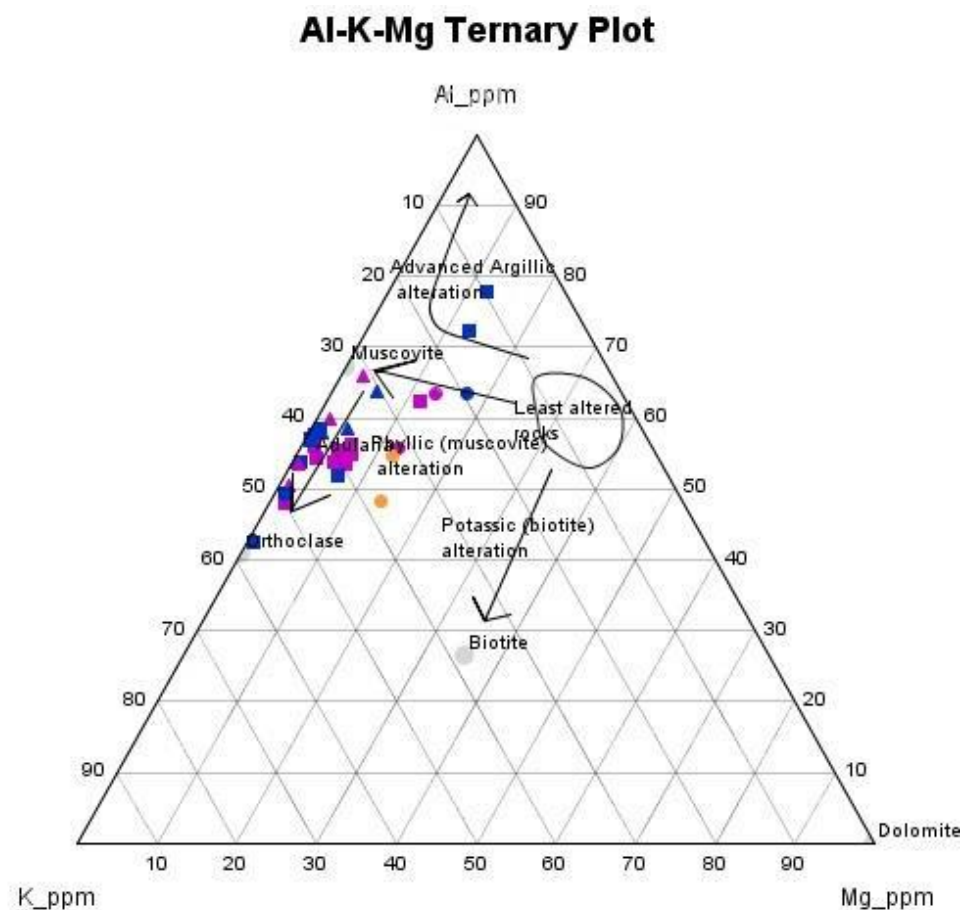


Figura 23: diagrama ternário entre os elementos Al-K-Mg indicando forte alteração fílica.

Quando vetorizada a relação das alterações litogeoquímicas apresentadas no diagrama ternário da Figura 23, a resposta é um mapa com halos de alteração bem delimitados (Fig. 24)

mostrando relação de assinatura litogeoquímica apontando para existência de possíveis sistemas mineralizantes.

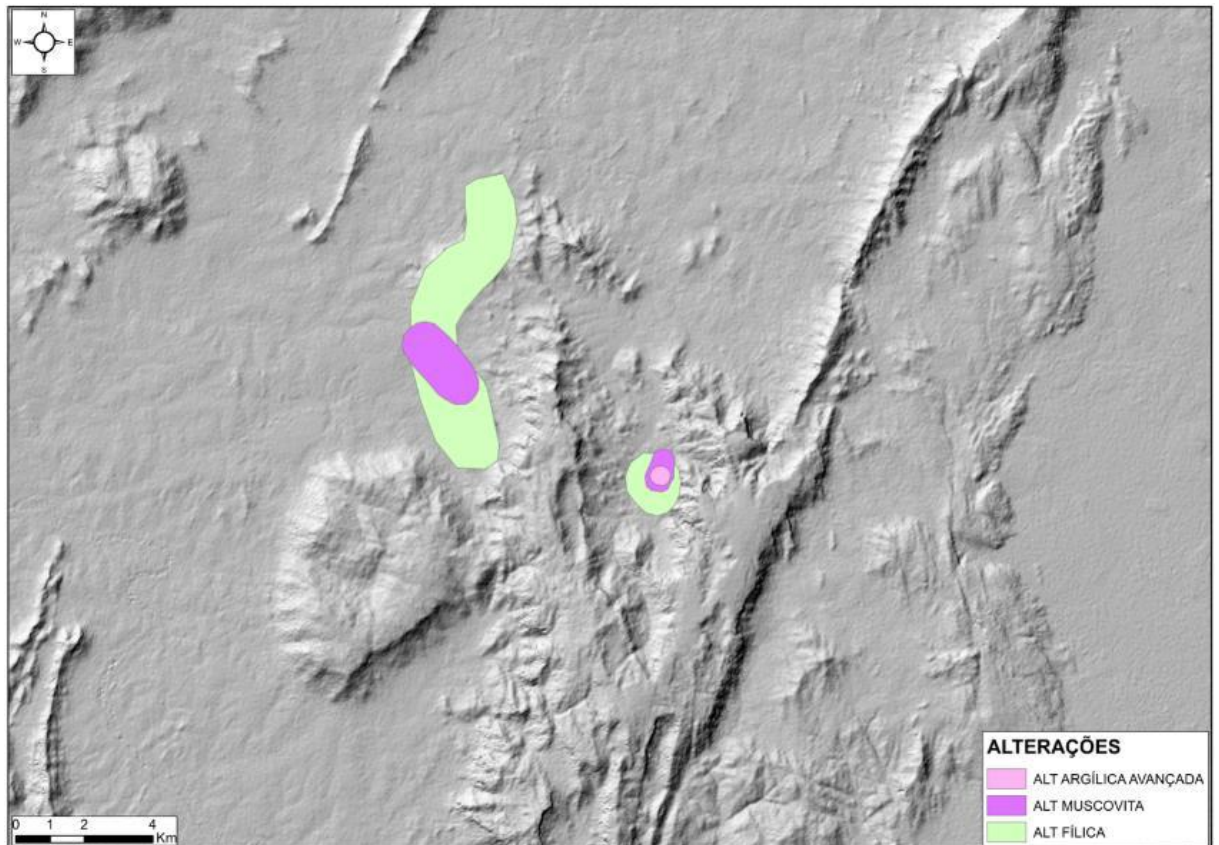


Figura 24: Mapa de vetorização das alterações vistas no diagrama ternário de alteração.

Com a combinação das vertentes testadas no diagrama de *Principal Component Analysis*, dos dados obtidos com a comparação individual de elementos com o cobre em gráficos de escala logarítmica e das relações plotadas no diagrama ternário no *software* ioGAS (Figura 23) o possível potencial foi vetorizado em mapa confeccionado no *software* arcGIS (Figura 25).

O mapeamento deste corpo concorda com o estudado na literatura da área levantada e compilada pela CPRM em programa de colaboração com a Universidade de Brasília.

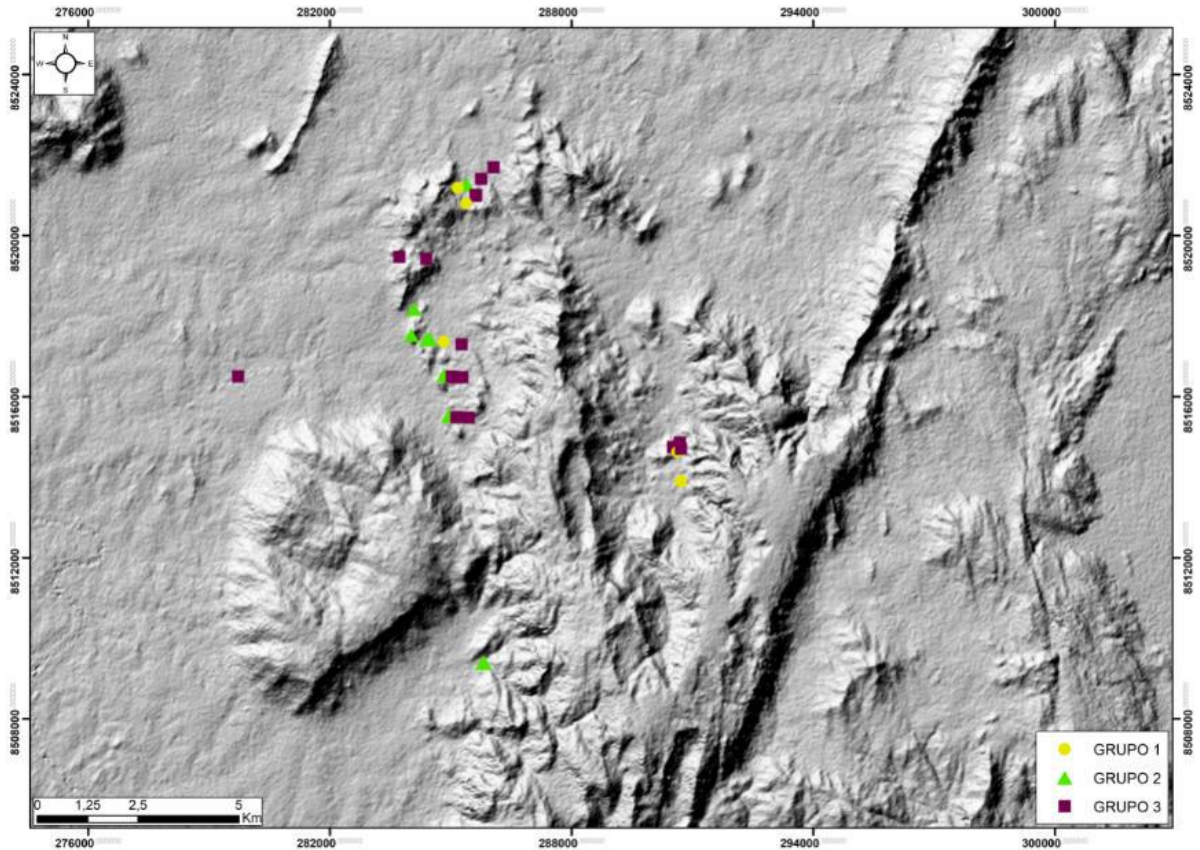


Figura 25: mapa com a imagem SRTM e os pontos de amostras plotados de acordo com a simbologia utilizada para separar os grupos de respostas na análise em gráfico logarítmico entre os elementos Cu e Co.

É possível dizer que as rochas do grupo representado por quadrados preenchidos que desde o início do trabalho pareceram mais favoráveis à mineralização cuprífera se encontram no interior dos vales onde as rochas metavulcânicas ácidas estão aflorando, enquanto as rochas representadas pelos triângulos preenchidos se encontram seguindo as cristas que mantêm o relevo da área, que foram mapeadas como as pilhas metassedimentares do topo da Formação Arraias. Já as rochas representadas pelos círculos preenchidos podem ou não apresentar relação espacial que as inserem no mesmo contexto das pertencentes ao grupo 3 dos quadrados preenchidos.

A associação dos elementos cobre e fósforo indica assinatura litogeoquímica dos padrões da alteração hidrotermal (vistos na Fig. 23) que indicam possibilidade de presença de mineralizações associadas diretas ou indiretamente a intrusões (magnetita-P, IOCG, IOA,

Pórfiro). A presença de P pode estar associada à presença de apatita indicando IOCG ou Cu-Pórfiro, já a malaquita é fruto de alteração por intemperismo.

De toda forma, serão necessárias novas campanhas de campo para obter respostas com maior acurácia.

9 CONCLUSÃO

A medida em que avançam os projetos de pesquisa mineral bem-sucedidos em regiões como Carajás e o norte de Mato Grosso, áreas livres tornam-se cada vez mais raras nesses locais. A pesquisa *greenfields* necessita, portanto, expandir fronteiras, ou seja, encontrar áreas cujo potencial prospectivo tenha sido subestimado ou mesmo ignorado. O pioneirismo nessas áreas fornecerá uma grande vantagem a qualquer empresa de mineração. O presente trabalho mostra que há potencial para mineralização cuprífera (seja IOCG, magnetita-P, IOA, Pórfiro) em uma área antes apenas conhecida por mineralização estanífera à cassiterita.

Contudo, a área delimitada na Figura 25, requer trabalhos adicionais de modo a obter uma vetorização mais aprimorada que obtenha sucesso na detecção de alvos de sondagem e, eventualmente na descoberta de um depósito. Sugere-se que sejam realizadas campanhas adensando a malha de pontos de amostragem de rochas metavulcânicas (possíveis hospedeiras dessa mineralização). Devem ser estudadas em conjunto e em maior detalhe a litogeoquímica e as possíveis assinaturas geoquímicas das mineralizações cupríferas. Desse modo, unidades de maior potencial para hospedar as mineralizações bem como as zonas de alteração hidrotermal serão detectadas. A linha de investigação acima proposta também poderá fornecer informações adicionais sobre as associações metálicas potencialmente existentes na área (ex.: Cu-Au, Cu-Mo, Fe-Cu-Au, Cu-Zn), com base nos tipos de composição de magmas. Estudos sobre composição de minerais específicos (apatita, zircão, plagioclásio e magnetita, vide Cook *et al.*, 2017) podem também ser realizados visando reconhecer a fertilidade das rochas.

A sobreposição de eventos orogênicos neoproterozoicos pode, porém, ser um fator complicador por trazer potencial de mudanças nas composições químicas originais em função de reequilíbrios metamórficos. As linhas de investigação acima propostas podem nortear etapas, como por exemplo, geoquímica de solos e geofísica ao melhor dimensionar campanhas, aumentando eficiência e diminuindo os custos.

Além disso, um novo estudo de confirmação da geocronologia dessas rochas metavulcânicas é imprescindível dado que o material atual data de 1991 e a elucidação da posição deste evento de enriquecimento mineralizante no espaço cronológico pode abrir novas frentes de estudo para geologia econômica.

10 ANEXOS

Tabela 1: pontos geológicos levantados durante a campanha de agosto.

PTO GEO	ID AMOSTRA	DESCRICAO LITOLOGICA
JSMC-001	AA-228390	Blocos de rochas vulcânicas e piroclásticas com fenocristais de quartzo, feldspato e mica branca (alteração sericítica)
JSMC-002		Afloramento de rocha vulcânica com ocorrência de malaquita; presença de quartzo, agregado de biotita indica zona potassificada (?) e feldspato e plagioclásio em cristais finos
JSMC-003		Afloramento subindo a encosta do ponto anterior, blocos de rocha vulcânica com presença de malaquita seguindo a venulação (?) e aglomerados de biotita alterada indicando percolação e precipitação
JSMC-004		Subindo a encosta do afloramento anterior, presença de aglomerados de biotita, presença de óxidos pretos com pirita? em grãos pequenos; alteração sericítica
JSMC-005		Rocha afanítica com matriz maciça cinza e predomínio de cristais pequenos de quartzo, na base do afloramento a rocha se encontra foliada enquanto no topo não está
JSMC-006	AA-228391	Rocha vulcânica mais fina e esbranquiçada (sericita?) com presença de hematita encontrada nas bordas das vesículas, cristais de quartzo, feldspato (alterado) e plagioclásio presentes na matriz são mais preservados; Zona fílica ? pela presença de quartzo e sericita
JSMC-007		Filito ? / Piroclástica
JSMC-008		Vulcânica mais cristalina, os cristais são bem formados e vênula de sericita demarca bem o plano de foliação
JSMC-009		Vulcânica sericitizada (brilho prateado ceroso), cristais nas vênulas alinhados e deformados parecendo estar intercalada com o granito mais fino
JSMC-010		Afloramento com rocha mais grossa, parece o granito mais fino, pode marcar o contato com a vulcânica; Presença de sericita, malaquita, hematita e limonita
JSMC-011		Encosta com blocos variados de quartzo-arenito e granito fino mais alterado com sericita marcando a foliação
JSMC-012		Granito fino com quartzo e sericita marcando a foliação e a deformação (kink bands?); os quartzos são grânulos arredondados
JSMC-013		Crista do arenito
JSMC-014	AA-228392	Drenagem seca soterrada por blocos e matacão de brecha vulcânica/conglomerado com matriz fina composta por quartzo e cor arroxeadas como produto de alteração e clastos angulosos diversos, clasto quartzosos, de (meta)arenitos e de vulcânicas
JSMC-015		Zona de Fe saindo da drenagem seca, bloco com halo de alteração escura na borda oxidada, presença de clorita e sericita
JSMC-016		Vulcânica fina com diversas fraturas interconectadas com preenchimento de mica branca (?)
JSMC-017		Vulcânica fina acinzentada com menos grânulos e vesículas que o normalmente visto
JSMC-018		Granito tipo S ? Ocorre muscovita e biotita em aglomerados máficos com anfibólio alterando na borda; textura grossa
JSMC-019		Continuação da estrada para um solo mais avermelhado, xisto com presença de clorita e muscovita, grãos alaranjados alterados indicando presença de Fe; presença de laterita
JSMC-020		Clorita xisto com boudins de veio de quartzo, um visto estava parecendo falhado
JSMC-021		Granito sem o aglomerado máfico aparente

JSMC-022	AA-228387	Afloramento encontrado depois de passar a drenagem seca, quase no morro de metarenito, bloco de rocha vulcânica com cristais de quartzo, sericita, KF rosados
JSMC-023		Blocos de rocha vulcânica bem alterados e de metarenitos tem minerais oxidados em aglomerados em cor arroxeada de alteração, brilho ceroso de sericita e possíveis box work ?
JSMC-024		Metarenito com níveis mais grossos, conglomerados?
JSMC-025		Metarenitos (antes de chegar no vale com as rochas vulcânicas, platô com blocos de metarenito)
JSMC-026		Platô com concentração de Fe; float com veio de quartzo no platô
JSMC-027		Afloramento de rocha vulcânica cinza fina com cristais de quartzo, brilho micáceo provavelmente da sericita e aglomerados máficos
JSMC-028		Borda de platô laterítico com fragmentos e blocos de crosta degradada, além de presença de blocos de veios de quartzo?
JSMC-029		Platô ferruginoso; AFL mostrando zona mosqueada
JSMC-030		Bloco de rocha vulcânica ainda no platô ferruginoso; granito de granulação fina com cristais maiores de quartzo e textura pulverizada; a foliação é marcada pelos quartzos "orientados"
JSMC-031	AA-228393	Zona com blocos diversos de rocha vulcânica, alguns blocos eram da vulcânica com bastante quartzo e mica branca com aglomerados de minerais máficos e outros blocos com menor quantidade ou ausência de minerais máficos
JSMC-032		Zona de blocos de (meta)arenito próximo da drenagem seca
JSMC-033		Platô pós drenagem seca com blocos de arenito
JSMC-034		Platô com solo ocre
JSMC-035		Encosta íngreme com blocos de rocha vulcânica foliada acinzentada e micácea, níveis mais oxidados
JSMC-036		Blocos de rochas do granito fino com textura vulcânica (quartzo granulação fina arredondada) e percolação de fluido oxidante (vênulas avermelhadas); abaixo desse nível as rochas estão mais oxidadas
JSMC-037	AA-228388	Blocos de rocha vulcanoclástica crenulada acinzentada com venulação (preenchida por mica branca) em duas fases, uma mais oxidada e outra preservada, em alguns blocos a venulação está fortemente oxidada
JSMC-038		Blocos de (meta)arenito na crista do morro
JSMC-039		Afloramento de (meta)arenito
JSMC-040		Afloramento de (meta)arenito com veios de quartzo cortando zona de cloritização
JSMC-041		Contato entre o (meta)arenito e a rocha vulcânica (granito fino com vesícula)
JSMC-042		Lateritas
JSMC-043	AA-228389	Aglomerados de blocos em planície da rocha vulcânica porfírica e do granito fino; as vulcânicas porfíricas possuem aglomerados máficos alterados para coloração amarronzada, KF alterado e os granitos finos possuem biotita alterada, clastos de quartzo e plagioclásio, sericita pela rocha dando o brilho micáceo e em aglomerados de cor esverdeada como se fossem vênulas
JSMC-044	AA-228394	Vulcânica com granulação média a fina porfírica com cristais de KF, quartzo e alguns minerais máficos
JSMC-045		Vulcânica porfírica de granulação mais grossa / Dacito porfírico?
JSMC-046		Piroclástica ? fina acinzentada com aglomerado de biotita e sericita seguindo foliação da rocha, deformada
JSMC-047		Piroclástica ? fina acinzentada com sericita seguindo foliação da rocha, continuação do ponto anterior
JSMC-048		Ponto de controle
JSMC-049	AA-228395	Vulcânica afanítica com quartzo vulcânico (azul acinzentado) com iridescência e presença de hematita
JSMC-050		Afanítica porfírica com sericita e quartzo
JSMC-051		Epiclástica com granulometria areia de cristais de quartzo e sericita, laminada e cristais mais grossos de KF, quartzo e sericita
JSMC-052	AA-228396	Zona de silicificação; Silica cap? Vuggy silica com sericita lixiviada?

JSMC-053		Laterita
JSMC-054		Platô laterizado com leque de blocos de arenito laterizados
JSMC-055		Drenagem seca encaixada em zona de laterita com blocos de arenito (leque?)
JSMC-056		Afloramento de vulcânica porfírica com quartzo e sericita foliada na drenagem seca
JSMC-057	AA-228397	Vulcânica porfírica de granulometria grossa com malaquita
JSMC-058		Laterita
JSMC-059		Vulcanoclástica fina acinzentada com muita sericita esverdeada em vênulas e também pela matriz, clastos de quartzo, KF
JSMC-060		Piroclástica de granulação fina bastante sericitizada, grãos médios de quartzo e oxidação seguindo a foliação
JSMC-061		Dois unidades em contato, na base a vulcânica de coloração mais escura e granulometria grossa com cristais de quartzo, já no topo de cor mais clara e granulometria fina sericitizada
JSMC-062		Metarenito seixoso com presença de sericita e com veios de quartzo em fraturas
JSMC-063		Laterita com leque de blocos do (meta)arenito e piroclástica/vulcânica
JSMC-064	AA-228399	Vulcânica porfírica com porfiroclastos centimétricos de KF disseminados na amostra, presença de hematita pequena próxima da região de aglomerados máficos; sericita no in fill da foliação
JSMC-065	AA-228400	Vulcânica sericitizada com poucos porfiroclastos, os cristais de quartzo vulcânico (azul acinzentado) presentes na amostra estão resistados no meio da sericita que parece deformada; Avanço da zona sericitizada?
JSMC-066		Vulcânica fina sericitizada
JSMC-067	AA-228398	Vulcânica fica acinzentada com poucos grânulos de quartzo dispersos na rocha; boxwork e oxidação da rocha nos blocos da base do SUB_AFL
JSMC-068		Vulcânica fica acinzentada com oxidação da rocha nos blocos da base do SUB_AFL, menos oxidada subindo o AFL (JSMC-067)
JSMC-069		Bloco de rocha vulcânica com granulometria grossa com porfiroclastos de KF
JSMC-070	AA-228423	Afloramento com rocha sericitizada esverdeada com alteração potássica (KF), sericita marcando a foliação
JSMC-071		Bloco de rochas com certo grau de fraturamento que possibilitou percolação de fluido; strings com sulfeto oxidado?
JSMC-072	AA-228424	Zona de alteração potássica; rocha (xisto?) rica em biotita e minerais máficos, presença de quartzo e boxwork, além de sulfeto oxidado
JSMC-073		Vulcânica porfírica com coloração esverdeada (clorita), mica branca e fenocristais de alcali-feldspato
JSMC-074		Dois unidades finas e sericitizadas próximas, um delas com resquício do fenocristal de alcalifeldspato porém ceroso e alterado; o AFL tem aspecto rugoso na capa
JSMC-075		Rocha fina sericitizada com aspecto ceroso de alteração
JSMC-076		Rocha branca fina e pulverolenta com veio de quartzo cortando a rocha, cristais de quartzo na matriz e vênula de silicificação bem evidentes
JSMC-077	AA-228425	Vulcânica porfírica com esverdeado da sericita, porfiroclastos de KF, cristais máficos oxidados ou sulfetos escuros? Cristais em ripas pretas podem ser sulfetos? Amostra com azimute
JSMC-078	AA-228426	Rocha com porfiroclastos de KF, esverdeada da sericita e intensa quantidade de minerais escuros
JSMC-079		Vulcânica acinzentada mais fina com sericita sem os porfiroclastos de KF; não tem o aspecto grosseiro na "capa" do AFL
JSMC-080		Continuação da rocha vulcânica fina sericitizada do ponto anterior
JSMC-081		Intercalação da rocha vulcânica porfírica com a rocha intermediária rica em biotita (de alteração?)
JSMC-082	AA-228427	Rocha intermediária rica em biotita
JSMC-083		Granito fraturado em contato com rocha vulcânica escura de granulometria fina (piroclástica?) com pequenos cristais arredondados e claros de plagioclásio na matriz, mica prateada em placas pequenas dispersas na matriz
JSMC-084		Rocha máfica com biotita evidente em camada que parece dobrada (??)
JSMC-085		Zona de contato/falha da rocha vulcânica com o Aurumina; blocos rolados de (meta)arenito e vulcânica com vênulas de sericita, mas com granulometria areia (porfírica muito alterada pelo contato)

JSMC-086		(Meta)arenito
JSMC-087		(Meta)arenito
JSMC-088		Vulcânica de coloração arroxeadada com grânulos de quartzo, aglomerados de sericita esverdeada e minerais máficos tabulares oxidados e corroídos
JSMC-089		Continuação da vulcânica arroxeadada com grânulos de quartzo
JSMC-090		Rocha vulcânica arroxeadada na base da encosta na drenagem e arenito no topo recobrimdo as vulcânicas
JSMC-091		(Meta)arenito
JSMC-092	AA-228438	Rocha vulcânica fina com clastos centimétricos de Qtz e Plag e vênulas preenchidas com biotita e cristais tabulares arroxeados de óxidos (?) / sulfetos oxidados (?), esses cristais são roxos na borda e possuem cristais bem formados e com brilho no centro; aglomerados vermelhos de oxidação corroídos indicam alteração?; boxwork?
JSMC-093	AA-228439	Rocha vulcânica do ponto anterior mais preservada e com vesículas preenchidas por sílica e hematita (? cristais avermelhados)
JSMC-094		Continuação da rocha vulcânica
JSMC-095		Granito fraturado com veios de Quartzo preenchendo fraturas
JSMC-096		Rocha vulcânica de matriz afanítica com fenocristais centimétricos de plagioclásio
JSMC-097		(Meta)arenito bem silicificado com blocos de vulcânica na planície também bem silicificados
JSMC-098		Vulcanoclástica com quartzo e sericita
JSMC-099		Mesma vulcanoclásticos com menos sericita
JSMC-100		Vulcânica com sericita e quartzo
JSMC-101		Vulcanoclástica com sericita e quartzo, mas com presença de seixos dispersos
JSMC-102		Rocha vulcânica fina com coloração arroxeadada e pequenos grânulos alterados com plagioclásio
JSMC-103		Rocha vulcânica fina foliada com mica e quartzo em grãos pequenos
JSMC-104		Vulcânica porfírica com plagioclásio tabular disperso na matriz e vênula de sericita esverdeada
JSMC-105		(Meta)arenito com quartzo e sericita na composição; foliação marcada pela sericita
JSMC-106		(Meta)arenito com quartzo e sericita na composição

Tabela 2: controle de amostras para química e lâmina

PTOGEO	ID_AMOSTRA	QUÍMICA	LÂMINA
JSMC-001	AA-228390		1
JSMC-006	AA-228391		1
JSMC-014	AA-228392		1
JSMC-022	AA-228387		1
JSMC-031	AA-228393		1
JSMC-037	AA-228388	1	
JSMC-043	AA-228389	1	1
JSMC-044	AA-228394	1	1
JSMC-049	AA-228395	1	1
JSMC-052	AA-228396	1	
JSMC-057	AA-228397	1	
JSMC-064	AA-228399	1	1
JSMC-065	AA-228400		1
JSMC-067	AA-228398	1	1
JSMC-070	AA-228423	1	1
JSMC-072	AA-228424	1	1
JSMC-077	AA-228425	1	1
JSMC-078	AA-228426	1	
JSMC-082	AA-228427	1	1
JSMC-092	AA-228438	1	1
JSMC-093	AA-228439	1	1
MRGOTO_200	AA-228543		1
MRGOTO_202	AA-228544		1
MRGOTO_221	AA-228547		1
MRGOTO_237	AA-228550		1
MRGOTO_343	AA-182955		1
MRGOTO_351	AA-228409		1

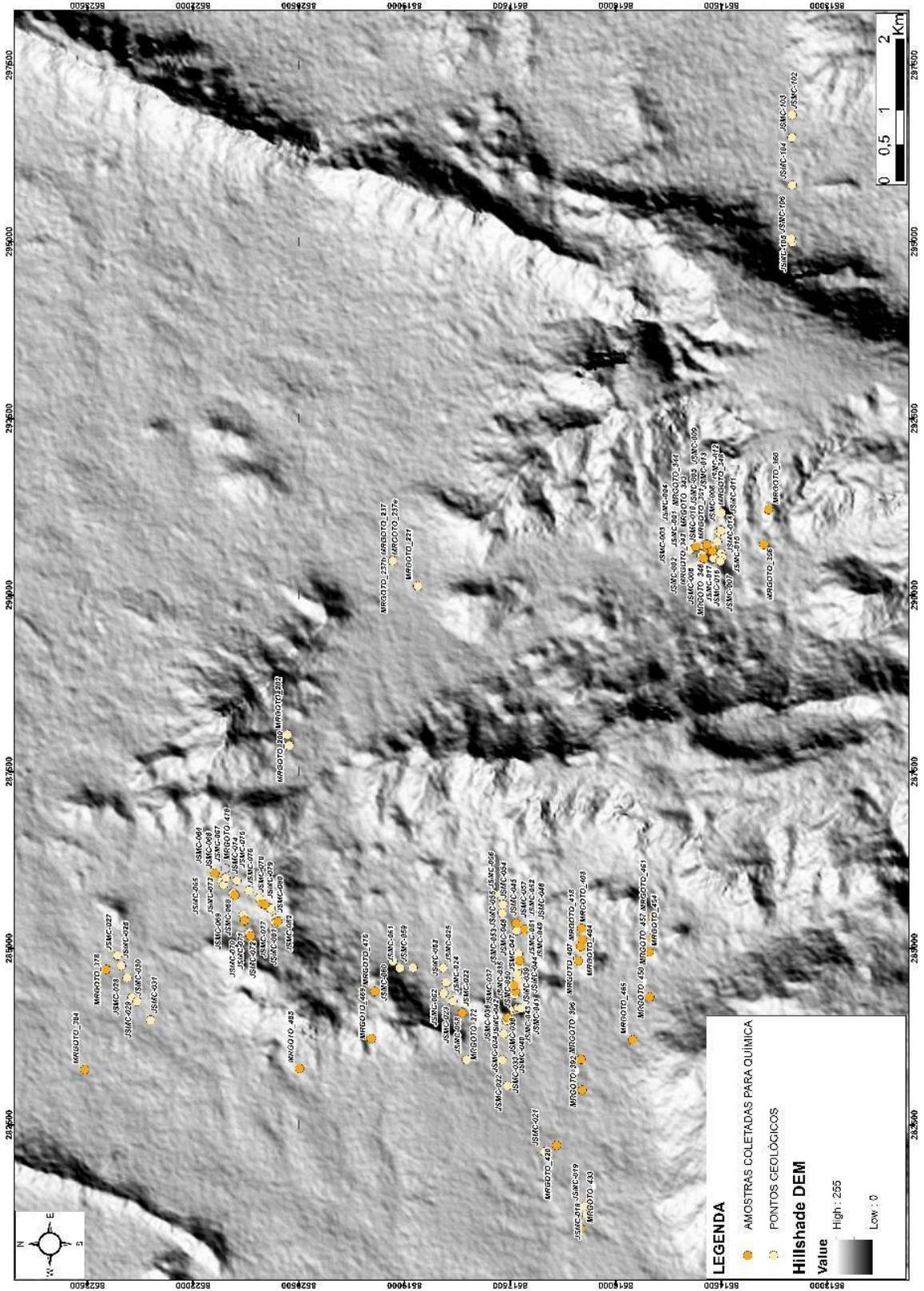


Figura 26: mapa com todos os pontos levantados em campo, incluindo pontos com amostras enviadas para análise química no laboratório da SGS Geosol em Vespasiano. Constam também as amostras oferecidas pelo geólogo Marcelo Rocha, que acompanhou a campanha durante o mês de agosto, para petrografia e análise química.

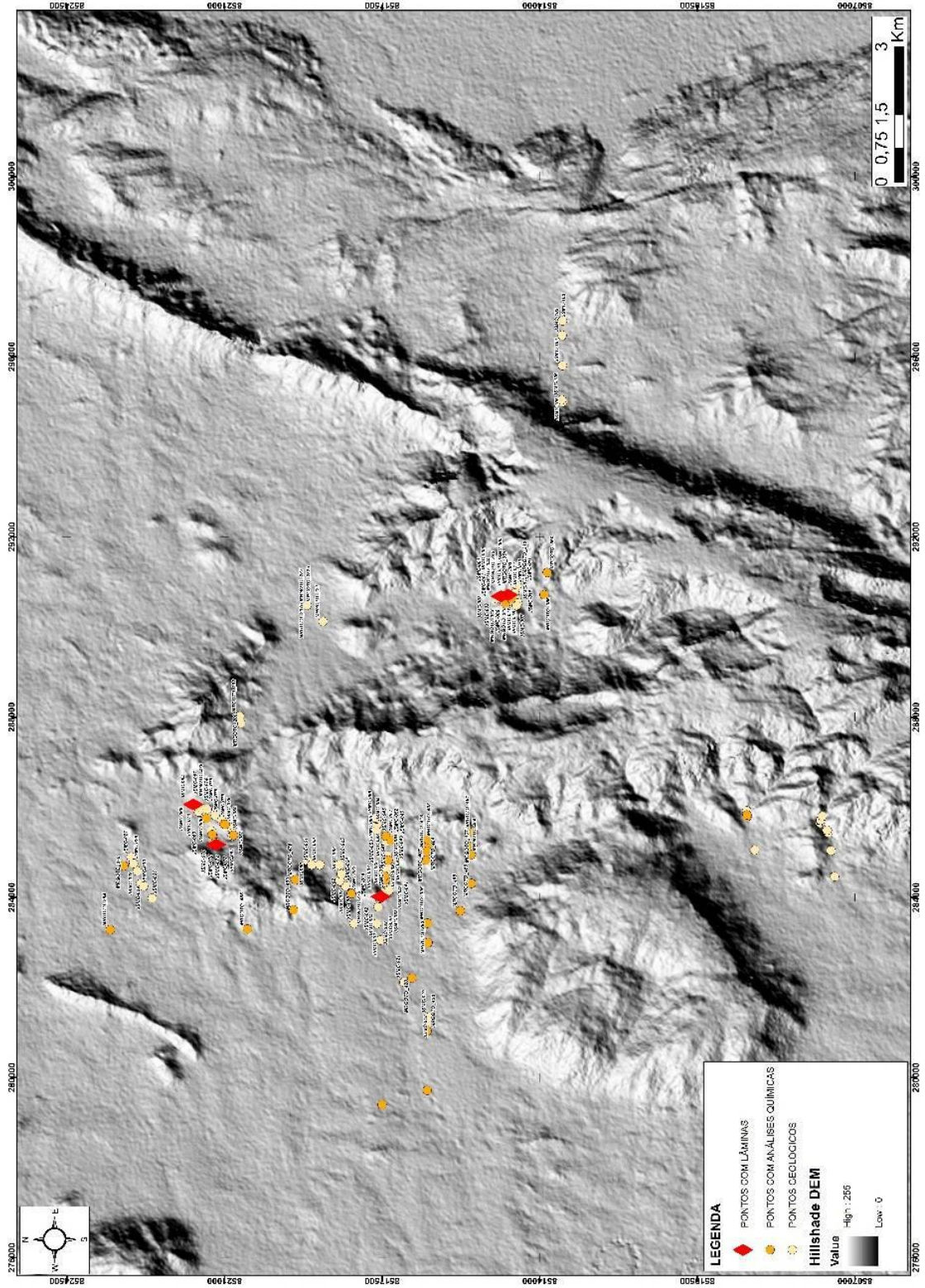


Figura 27: Mapa de localização das amostras selecionadas para laminação

Tabela 3: Matriz de Correlação gerada com a análise de *Principal Component Analysis* pelo software ioGAS

Correlation	Cu-CLR	As-CLR	Ca-CLR	Ce-CLR	Co-CLR	Fe-CLR	K-CLR	La-CLR	Nb-CLR	Ni-CLR	P-CLR	Pb-CLR	Sb-CLR	Sn-CLR	Sr-CLR	W-CLR	U-CLR	Ti-CLR	Mo-CLR	Zn-CLR
Cu-CLR	1.00	-0.62	0.28	-0.34	0.31	-0.23	-0.58	0.12	-0.45	0.17	0.31	-0.26	-0.22	-0.26	0.19	-0.40	-0.37	0.01	-0.27	-0.27
As-CLR	-0.62	1.00	-0.41	-0.01	-0.21	0.06	0.41	-0.35	0.36	0.01	-0.55	0.33	0.31	0.25	-0.47	0.50	0.39	-0.23	0.18	0.21
Ca-CLR	0.28	-0.41	1.00	-0.07	0.21	-0.30	-0.59	0.34	-0.49	-0.09	0.37	0.02	-0.43	-0.49	0.74	-0.53	-0.67	-0.07	-0.34	-0.21
Ce-CLR	-0.34	-0.01	-0.07	1.00	-0.57	-0.26	0.34	0.44	0.37	-0.68	0.10	0.14	-0.12	0.19	0.14	0.11	0.18	-0.13	0.05	0.35
Co-CLR	0.31	-0.21	0.21	-0.57	1.00	0.41	-0.53	-0.05	-0.70	0.74	0.40	-0.33	-0.44	-0.59	0.23	-0.61	-0.65	0.64	-0.43	-0.22
Fe-CLR	-0.23	0.06	-0.30	-0.26	0.41	1.00	0.22	-0.18	-0.33	0.50	0.25	-0.08	-0.30	-0.31	-0.13	-0.18	-0.01	0.63	0.16	-0.21
K-CLR	-0.58	0.41	-0.59	0.34	-0.53	0.22	1.00	-0.32	0.74	-0.32	-0.51	0.17	0.16	0.59	-0.57	0.56	0.70	-0.12	0.32	0.48
La-CLR	0.12	-0.35	0.34	0.44	-0.05	-0.18	-0.32	1.00	-0.40	-0.28	0.51	0.11	-0.29	-0.51	0.64	-0.55	-0.28	0.23	-0.34	-0.37
Nb-CLR	-0.45	0.36	-0.49	0.37	-0.70	-0.33	0.74	-0.40	1.00	-0.52	-0.73	0.00	0.51	0.85	-0.56	0.80	0.71	-0.50	0.35	0.59
Ni-CLR	0.17	0.01	-0.09	-0.68	0.74	0.50	-0.32	-0.28	-0.52	1.00	0.10	-0.24	-0.12	-0.26	-0.16	-0.32	-0.28	0.40	-0.14	-0.29
P-CLR	0.31	-0.55	0.37	0.10	0.40	0.25	-0.51	0.51	-0.73	0.10	1.00	-0.15	-0.45	-0.75	0.59	-0.62	-0.66	0.58	-0.32	-0.42
Pb-CLR	-0.26	0.33	0.02	0.14	-0.33	-0.08	0.17	0.11	0.00	-0.24	-0.15	1.00	-0.09	0.10	0.15	0.04	0.20	-0.34	0.14	-0.12
Sb-CLR	-0.22	0.31	-0.43	-0.12	-0.44	-0.30	0.16	-0.29	0.51	-0.12	-0.45	-0.09	1.00	0.49	-0.55	0.60	0.54	-0.43	0.33	0.05
Sn-CLR	-0.26	0.25	-0.49	0.19	-0.59	-0.31	0.59	-0.51	0.85	-0.26	-0.75	0.10	0.49	1.00	-0.61	0.66	0.64	-0.66	0.47	0.56
Sr-CLR	0.19	-0.47	0.74	0.14	0.23	-0.13	-0.57	0.64	-0.56	-0.16	0.59	0.15	-0.55	-0.61	1.00	-0.59	-0.65	0.21	-0.37	-0.42
W-CLR	-0.40	0.50	-0.53	0.11	-0.61	-0.18	0.56	-0.55	0.80	-0.32	-0.62	0.04	0.60	0.66	-0.59	1.00	0.69	-0.45	0.31	0.33
U-CLR	-0.37	0.39	-0.67	0.18	-0.65	-0.01	0.70	-0.28	0.71	-0.28	-0.66	0.20	0.54	0.64	-0.65	0.69	1.00	-0.37	0.46	0.19
Ti-CLR	0.01	-0.23	-0.07	-0.13	0.64	0.63	-0.12	0.23	-0.50	0.40	0.58	-0.34	-0.43	-0.66	0.21	-0.45	-0.37	1.00	-0.36	-0.28
Mo-CLR	-0.27	0.18	-0.34	0.05	-0.43	0.16	0.32	-0.34	0.35	-0.14	-0.32	0.14	0.33	0.47	-0.37	0.31	0.46	-0.36	1.00	0.03
Zn-CLR	-0.27	0.21	-0.21	0.35	-0.22	-0.21	0.48	-0.37	0.59	-0.29	-0.42	-0.12	0.05	0.56	-0.42	0.33	0.19	-0.28	0.03	1.00

Referências bibliográficas

- Alvarenga, C.J.S., Dardenne, M.A., Botelho, N.F., Lima, O.N.B., Machado, M.A., Almeida, T., 2007. Nota Explicativa das folhas SD.23-V-C-III (Monte alegre de Goiás), SD.23-V-C-V (Cavalcante), SD.23-V-C-VI (Nova Roma). CPRM, Brasília, p. 65.
- Bogossian, J. (2012). Mineralizações primárias e supergênicas de urânio do Nordeste de Goiás e Sudeste do Tocantins: Contexto geológico, mineralogia e implicações metalogenéticas.
- Cordeiro, Pedro Filipe de Oliveira, e Claudinei Gouveia de Oliveira. “The Goiás Massif: Implications for a Pre-Columbia 2.2–2.0 Ga Continent-Wide Amalgamation Cycle in Central Brazil”. *Precambrian Research*, vol. 298, setembro de 2017, p. 403–20. DOI.org (Crossref), doi:10.1016/j.precamres.2017.06.021.
- Cuadros Jiménez, Federico Alberto. Relações petrogenéticas entre a Suíte granítica Aurumina e sua encaixante, a Formação Ticunzal, no setor setentrional da zona externa da Faixa Brasília. 2017. vi, 101 f., il. Tese (Doutorado em Geologia). Universidade de Brasília, Brasília, 2017.
- D’El-Rey Silva, L.J.H., de Vasconcelos, M.A.R., Silva, D.V.G., 2008. Timing and role of the Maranhão River Thrust in the evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt and Tocantins Province, central Brazil. *Gond. Res.* 13, 352–374.
- Dardenne M.A. 2000. The Brasília Fold Belt. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho & D.A. Campos. 2000. Tectonic evolution of South America. 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, SBG. p. 231-263
- de Sousa, I. M. C., Giustina, M. E. S. Della, & de Oliveira, C. G. (2016). Crustal evolution of the northern Brasília Belt basement, central Brazil: A Rhyacian orogeny coeval with a pre-Rodinia supercontinent assembly. *Precambrian Research*, 273, 129–150. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2015.12.007>

- Fuck, R.A., Pimentel, M.M., Soares J.E., Dantas, E. L. 2005. Compartimentação da Faixa Brasília. In: Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, 9, Anais, p.26-27.
- Fuck, Reinhardt A., et al. "The Northern Brasília Belt". São Francisco Craton, Eastern Brazil, IN: Heilbron, M., 2017 (ed.), Springer International Publishing, 2017, p. 205–20. DOI.org (Crossref), doi:10.1007/978-3-319-01715-0_11
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, organizador. Manual técnico de pedologia. 2a. ed, IBGE, 2007.
- L. A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R. M. Vidotti e J. H. Gonçalves (eds.). Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil - CPRM, Brasília, 2003.M, Brasília, 2003. P254-256
- MARINI, O. J.; BOTELHO N. F. A província de granitos estaníferos de Goiás. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 16, p. 119-131, 1986.
- Marques, G. C., & Dardenne, M. A. (2007). Litoestratigrafia dos grupos Serra da Mesa e Araí no centro-sul do estado de Tocantins. Anais Do 10o Simpósio de Geologia da Amazônia, 276–277.
- Martins-Ferreira, Marco Antonio Caçador, et al. "Paleorift Structure Constrained by Gravity and Stratigraphic Data: The Statherian Araí Rift Case". Tectonophysics, vol. 738–739, julho de 2018, p. 64–82. DOI.org (Crossref), doi:10.1016/j.tecto.2018.05.014.
- Pimentel, M. M. (2016). The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil: A geochronological and isotopic approach. Brazilian Journal of Geology, 46(June), 67–82. <https://doi.org/10.1590/2317-4889201620150004>
- Pimentel, M.M., Fuck, R.A., Botelho, N.F., 1999. Granites and the geodynamic history of the Neoproterozoic Brasília belt, Central Brazil: a review. Lithos 46: 463–483.
- Valeriano C.M., Pimentel M.M., Heilbron M., Almeida J.C.H. and Trouw R.A.J., 2008. Tectonic evolution of the Brasília Belt, Central Brazil, and early assembly of Gondwana. The Geological Society of London, London, Special Publications, 294: 197-210.

