



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE ENGENHARIA E GEOCIÊNCIAS
BACHARELADO EM GEOLOGIA**

ANA LUIZA DIAS FERNANDES

**GEOLOGIA E PETROGRAFIA DO COMPLEXO SÃO JOSÉ, REGIÃO SUL DE
URUARÁ, PORÇÃO OESTE DO DOMÍNIO BACAJÁ, PROVÍNCIA
TRANSAMAZONAS**

**SANTARÉM-PA
2025**

ANA LUIZA DIAS FERNANDES

**GEOLOGIA E PETROGRAFIA DO COMPLEXO SÃO JOSÉ, REGIÃO SUL DE
URUARÁ, PORÇÃO OESTE DO DOMÍNIO BACAJÁ, PROVÍNCIA
TRANSAMAZONAS**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado
ao Curso de Bacharelado em Geologia para
obtenção de grau em Bacharel em Geologia;
Universidade Federal do Oeste do Pará,
Instituto de Engenharia e Geociências – IEG.
Orientador: Prof. Dr. Luciano Ribeiro da Silva
Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Fabiano Silva
Santos

**SANTARÉM – PA
2025**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/ UFOPA

- F363g Fernandes, Ana Luiza Dias
Geologia e petrografia do Complexo São José, Região Sul de Uruará, porção Oeste do Domínio Bacajá, Província Transamazonas. / Ana Luiza Dias Fernandes. – Santarém, 2025.
51 p.: il.
Inclui bibliografias.
- Orientador: Luciano Ribeiro da Silva
Coorientador: Rodrigo Fabiano Silva Santos
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Engenharia e Geociências, Curso Bacharelado em Geologia.
1. Complexo São José. 2. Geologia. 3. Petrografia. 4. Domínio Bacajá. 5. Província Transamazonas. I. Silva, Luciano Ribeiro da, *orient.* II. Santos, Rodrigo Fabiano Silva, *coorient.* III. Título.

CDD: 23 ed. 552.098115

ANA LUIZA DIAS FERNANDES

**GEOLOGIA E PETROGRAFIA DO COMPLEXO SÃO JOSÉ, REGIÃO SUL DE
URUARÁ, PORÇÃO OESTE DO DOMÍNIO BACAJÁ, PROVÍNCIA
TRANSAMAZONAS**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado
ao Curso de Bacharelado em Geologia para
obtenção de grau em Bacharel em Geologia;
Universidade Federal do Oeste do Pará,
Instituto de Engenharia e Geociências – IEG.
Orientador: Prof. Dr. Luciano Ribeiro da Silva
Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Fabiano Silva
Santos

Conceito: 9,2

Data de Aprovação: 29/07/2025

Documento assinado digitalmente



LUCIANO RIBEIRO DA SILVA
Data: 31/07/2025 17:54:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Luciano Ribeiro da Silva – Orientador
Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA

Documento assinado digitalmente



RODRIGO FABIANO SILVA SANTOS
Data: 31/07/2025 18:49:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rodrigo Fabiano Silva Santos – Coorientador
Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA

Documento assinado digitalmente



WILLIAMY QUEIROZ FELIX
Data: 31/07/2025 18:38:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Williamy Queiroz Felix – Membro
Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA

Documento assinado digitalmente



YURY HARRISON DA COSTA REIS
Data: 31/07/2025 18:02:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Geol. Me. Yury Harrison da Costa Reis – Membro
Universidade Federal do Pará – UFPA

À memória de minha tia, Liana (Tia Lili).
Pelo seu incentivo e ensinamentos que foram fundamentais em minha formação, dedico-lhe esta conquista como um gesto de eterna gratidão por todo o seu amor, cuidado e educação.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por toda a força, sabedoria concedidas ao longo deste trabalho.

À Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), por toda a estrutura e suporte oferecidos como os laboratórios para a realização deste trabalho.

Agradeço ao meu orientador, Professor Luciano Ribeiro, por ter aceitado a orientação deste trabalho, teu amor e conhecimento pela geologia é admirável e contagiante. Ao meu coorientador, Professor Rodrigo Fabiano, pelos ensinamentos repassados com muita leveza e pelas piadas. A todos os meus professores que contribuíram nesta jornada, em especial à Cristiane Monte, Erika, Fernanda, Geize, Laura, Bruno, Felipe e ao Professor Williamy.

À minha mãe, Ana Lucia. Finalizo esta etapa apoiada em seu amor, esforço e dedicação. Aos meus irmãos, Felipe e Larissa, minha grande amiga e apoiadora. Sem o apoio de vocês, tudo seria mais difícil. E à minha sobrinha Alice, que é a luz da minha vida. Ao Seu Alberto, por cada ensinamento. Obrigada por serem a minha base e por torcerem por mim em cada momento.

À minha querida tia Lili, que desde sempre foi e será meu maior exemplo de mulher, filha, irmã e profissional. Obrigada por todo o amor, por cada incentivo, cada olhar e por trilhar comigo em cada etapa da vida. Assim como aos meus tios e à minha avó Laudi.

Agradeço imensamente ao Carlos, que foi um parceiro e um suporte importante durante grande parte desta jornada, e à sua família, Iolanda, Neuza e Rafaela, por todo o acolhimento e apoio em momentos importantes.

Aos meus amigos, fontes de leveza e alegria: Walber, Hian, Ingrid, Danny Lobo, Thais, Erika e Karina. Aos amigos do trabalho: Karol, Josi, Igor, Louise, Paula, Brenda e Bernardo, por tornarem os dias, especialmente nesta reta final, mais leves e felizes. Ao Thiago e ao Professor Edinelson, obrigada pela compreensão e flexibilidade que me permitiram dedicar a este trabalho.

Às equipes da disciplina de Geologia de Campo – Mapeamento Geológico II de 2024, pela disponibilização dos dados e em especial à minha equipe II.

Um agradecimento carregado de amor e gratidão ao Clêiton, que nesta reta final se tornou um grande amigo e parceiro. Obrigada pelos ensinamentos, exemplos, paciência, cuidados e detalhes que foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Por fim, a todos que, de alguma forma, fizeram parte desta jornada, muito obrigada!

RESUMO

Baseado em dados de campo e petrografia aliados à uma revisão de trabalhos anteriores, este estudo reavalia a distribuição espacial, estrutura interna e as relações de contato do Complexo São José, com protólito datado em 2,50 Ga, e reinterpreta o contexto petrológico e tectônico desta unidade, localizada na porção sul de Uruará-PA, geologicamente situada no extremo noroeste do Domínio Bacajá, no centro-sul da Província Transamazonas, Cráton Amazonas. O Complexo São José, anteriormente definido como uma unidade ígnea preservada, é composto por biotita tonalitos e biotita granodioritos, com granitos subordinados. Este estudo propõem um novo mapa geológico para o Complexo São José, além de identificar nove variedades petrográficas de metagranitoides, integradas em quatro grupos: (i) metatonalitos com hornblenda, composto por biotita-hornblenda metatonalito (BHTn) e hornblenda-biotita metatonalito (HBTn); (ii) biotita metagranitoides, representado pelas variedades biotita metatonalito (BTn), biotita metagranodiorito (BGd) e biotita metamonzogranito (BMzG); (iii) granitoides com granada, composto por granada-biotita metatonalito (GBTn) e granada-biotita metagranodiorito (GBGd); e (iv) metagranodioritos com muscovita, constituído por biotita-muscovita metagranodiorito (BMGd) e muscovita-biotita metagranodiorito (MBGd). Adicionalmente foram descritas lentes de anfíbolito e xenólitos de BIFs. Estruturalmente, o Complexo São José pode apresentar aspecto pouco deformado em domínios de menor *strain* ou fortemente deformado próximo às zonas de cisalhamento (transpressivo sinistral dominado por cisalhamento puro), caracterizados por foliação milonítica de direção NW-SE e mergulhos de 60–80° / NE. A trajetória da foliação transpõe à unidade, sugerindo uma continuidade do padrão estrutural dessas rochas com as unidades adjacentes. Em imagens aerogeofísicas é notável um grande lineamento (zona de cisalhamento inferida) que corta as rochas do Complexo São José na direção NE-SW, truncando as zonas de cisalhamento de direção regional NW-SE. O contexto geológico e os dados disponíveis para o Complexo São José, com destaque para a idade do protólito de 2,5 Ga, sugerem que essas rochas devem ser descritas e classificadas como metamórficas, ao invés de ígneas preservadas, conforme definição inicial. A mineralogia dos metagranitoides é caracterizada por plagioclásio +quartzo +biotita ±álcali-feldspato ±hornblenda ±granada ±muscovita e suporta uma origem metamórfica sob condições de fácies anfíbolito. Entretanto, vale destacar que, no diagrama QAP os metagranitoides plotam seguindo um *trend* de cristalização fracionada, o que pode indicar que seus protólitos tonalíticos evoluíram através de uma série cálcio-alcálica granodiorítica para formar os protólitos dos metagranodioritos. Já os metatonalitos com granada e os metagranodioritos com muscovita poderiam se formar a partir de protólitos ainda mais evoluídos, possivelmente envolvendo

contribuição sedimentar em sua formação. Em termos de ambiente tectônico, os diferentes protólitos dessa unidade foram provavelmente formados em um ambiente de arco de ilhas arqueano (2,5 Ga), de modo análogo as rochas do Ortognaisse Uruará, metamorizados durante o pico colisional do Evento Transamazônico, em ~2,1 Ga, ou seja, 400 milhões de anos após a formação dos protólitos dessas unidades. Devido as similaridades entre essas duas unidades, em nível regional, sugere-se agrupar o Complexo São José na mesma associação tectônica do Ortognaisse Uruará.

Palavras-Chave: Complexo São José. Geologia. Petrografia. Domínio Bacajá. Província Transamazonas.

ABSTRACT

Based on field data and petrographic analyses, integrated with a review of previous studies, this study re-evaluates the spatial distribution, internal structure, and contact relationships of the São José Complex, whose protolith is dated at 2.50 Ga, and reinterprets the petrological and tectonic context of this unit, located in the southern portion of Uruará, Pará State, geologically situated in the northwesternmost sector of the Bacajá Domain, within the south-central part of the Transamazonian Province, Amazonian Craton. The São José Complex, previously interpreted as a preserved igneous unit, is composed mainly of biotite tonalites and biotite granodiorites, with subordinate granites commonly crosscut by aplitic dikes, the São José Complex is here reinterpreted and a new geological map is proposed. Nine petrographic varieties of metagranitoids have been identified: (i) hornblende-bearing metatonalites, including biotite-hornblende metatonalite (BHTn) and hornblende-biotite metatonalite (HBTn); (ii) biotite-bearing metagranitoids, including biotite metatonalite (BTn), biotite metagranodiorite (BGd), and biotite metamonzogranite (BMzG); (iii) garnet-bearing granitoids, represented by garnet-biotite metatonalite (GBTn) and garnet-biotite metagranodiorite (GBGd); and (iv) muscovite-bearing metagranodiorites, including biotite-muscovite metagranodiorite (BMGd) and muscovite-biotite metagranodiorite (MBGd). Additionally, amphibolite lenses and BIF xenoliths were described. Structurally, the São José Complex shows low-strain domains with weak deformation and high-strain zones close to major shear zones, which are characterized by NW–SE trending mylonitic foliation dipping 60–80° / NE. The foliation trajectory transects the unit, suggesting structural continuity with adjacent lithostratigraphic units. Aerogeophysical imagery reveals a prominent NE–SW-trending lineament (interpreted as a shear zone) that crosscuts the São José Complex and truncating the regional NW–SE shear zones. The geological context and available data, particularly the protolith age of 2.50 Ga, support the interpretation that these rocks are metamorphic rather than preserved igneous bodies, as initially proposed. The mineral assemblage of the metagranitoids, plagioclase + quartz + biotite ± alkali feldspar ± hornblende ± garnet ± muscovite, supports a metamorphic origin under amphibolite-facies conditions. However, in QAP diagrams, the metagranitoids plot along a trend consistent with fractional crystallization, suggesting that their tonalitic protoliths evolved through a calc-alkaline granodioritic series. This interpretation is supported by the presence of hornblende in several varieties and implies hornblende ± plagioclase fractionation. The garnet-bearing tonalites and muscovite-bearing granodiorites may have originated from more evolved protoliths, possibly involving sedimentary contributions. In terms of tectonic setting, the protoliths of this unit were

likely formed in an Archean island-arc environment (~2.50 Ga), analogous to the rocks of the Uruará Orthogneiss, and were later metamorphosed during the collisional peak of the Transamazonian Orogeny (~2.10 Ga), i.e., ~400 Ma after the formation of their protoliths. Due to regional-scale similarities, it is proposed that the São José Complex be grouped within the same tectonic association as the Uruará Orthogneiss.

Keywords: São José Complex. Geology Petrography. Bacajá Domain. Transamazonas Province.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 – Mapa de localização e acesso a área de estudo.	18
Figura 2 – Mapa de pontos selecionados para este estudo, com destaque para as amostras com lâmina selecionadas para análise modal do Complexo São José.	19
Figura 3 – Províncias tectônicas do Cráton Amazonas (SANTOS, 2003; VASQUEZ & ROSA-COSTA, 2008).	22
Figura 4 – Mapa geológico regional do Domínio Bacajá, com destaque para a área de estudo.	27
Figura 5 – Mapa geológico da área de estudo de acordo com Viera et al. (2022).	30
Figura 6 – Mapa geológico da área de estudo de acordo com Vasquez <i>et al.</i> (2008).	31
Figura 7 – Mapa geológico proposto para o Complexo São José. Ao lado direito foram encartadas imagens aerogeofísicas selecionadas (composição ternária e primeira derivada vertical), utilizadas para auxiliar na definição dos limites das unidades e extração dos lineamentos estruturais. Na área ocorrem duas famílias de lineamentos, que cortam o Complexo São José: (i) família NW-SE interpretada como zonas de cisalhamento transpressivo sinistral, relacionadas as rochas miloníticas, com trend subparalelo com as foliações medidas. Uma segunda família de lineamentos, definida por uma grande anomalia magnética NE-SW, que trunca as estruturas regionais. .	33
Figura 8 – Aspectos texturais e mesoestruturais dos metatonalitos. (a) Foliação milonítica definida pela orientação preferencial de agregados de biotita e anfibólio alternados com agregados quartzo-feldspáticos; (b) metatonalito mostrando bandamento composicional caracterizado por bandas mais máficas e mais félsicas; e (c–d) foliação milonítica definida por porfiroclastos em forma de augen envolvidos por uma matriz foliada de biotita.	34
Figura 9 – Aspectos texturais e mesoestruturais dos metagranodioritos e metamonzogranitos do Complexo São José. (a) Bandamento composicional definido pela alternância de bandas compostas por metagranodiorito, metamonzogranito (banda na forma de cunha na porção central) e metatonalito (banda fina na parte superior da amostra); (b) metagranodiorito mostrando típica textura inequigranular grossa; (c) bandamento composicional caracterizado por bandas de metagranodiorito e metamonzogranitos; e (d) metagranodioritos milonitizado com porfiroclastos em forma de <i>augens</i> e matriz foliada, próximo às zonas de cisalhamento.	35
Figura 10 – Aspectos texturais e mesoestruturais das lentes de anfibolitos, BIFs e óxido de Fe maciço do Complexo São José. (a–b) Anfibolito equigranular fino com foliação	

incipiente; (c) BIF mostrando bandamento milimétrico a centimétrico definido pela alternância de bandas de cor bege composta por quartzo (chert) e bandas escuras compostas por óxidos de ferro; e (d) amostra representava do óxido de Fe maciço.

.....36

Figura 11 – Diagrama QAP (LE MAITRE, 2002) com amostras representativas dos metagranitoides do Complexo São José. No diagrama também são plotadas as curvas que representam as tendências evolutivas das 5 séries graníticas conforme definição de Bowden et al. (1984) e suas referências.38

Figura 12 – Aspecto microestruturais do metatonalito. (a) Textura granoblástica composta por plagioclásio, quartzo, anfibólio e biotita; (b) plagioclásio com maclamento carlsbard e inclusões de opaco e biotita; (c) quartzo com forte extinção ondulante, definindo bandas de deformação; (d) intercrescimento mirmequítico no plagioclásio em contato com o álcali-feldspato; (e) textura lepidoblástica-nematoblástica definida pelo alinhamento da hornblenda e biotita, com inclusão de epidoto; e (f) granada intensamente fraturada em contato com a biotita. Abreviações: (Afs) – Álcali-feldspato, (Anf) – Anfibólio, (Bt) – Biotita, (Pê) – Epidoto, (Grt) – Granada, (Mir) Mirmequita, (Pl) – Plagioclásio, (Qtz) - Quartzo.41

Figura 13 – Aspectos microestruturais dos metagranodioritos e metamonzogranitos subordinados. (a) Textura lepidoblástica definida pelo alinhamento de biotita e agregados de quartzo e feldspatos; (b) Plagioclásio com alteração sericítica; (c) Agregados de quartzo com extinção ondulante, contatos serrilhados e identificação de recristalização por borda de grão; e (d) foliação milonítica marcada pela biotita e porfiroclasto de álcali-feldspato; (e) granada e biotita com forma hipidioblástica; e (f) agregados de quartzo recristalizado tipo GBM e cristais de muscovita definindo a foliação da rocha. Abreviações: (Anf) – Anfibólio, (Afs) – Álcali-feldspato, (Bt) – Biotita, (Grt) – Granada, (Ms) – Muscovita, (Pl) – Plagioclásio, (Qtz) – Quartzo..42

Figura 14 – Aspectos microestruturais do anfibolito. (a) Textura granoblástica poligonal e plagioclásio com maclamento albita; (b) cristais de anfibólio com pleocroísmo variando de verde a marron; (c) microvênula preenchida por epidoto; (d) destaque para cristais titanita fina, marrom pálida. Abreviações: (Anf) – Anfibólio, (Ep) – Epidoto (Pl) – Plagioclásio, (Ti) – Titanita.....43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Idades geocronológicas para as unidades litoestratigráficas do Domínio Bacajá. .28

Tabela 2 – Composições modais dos litotipos do Complexo São José. Siglas: BTn = biotita metatonalito; HBTn = hornblenda-biotita metatonalito; BHTn = biotita-hornblenda metatonalito; GBTn = granada-biotita metatonalito; BGd = biotita metagranodiorito; GBGd = granada-biotita metagranodiorito; MBGd = muscovita-biotita metagranodiorito; BMGd = biotita-muscovita metagranodiorito; BMzG = biotita metamonzogranito; e Anf = anfibolito. Fontes dos dados: ¹Este estudo; e ²Vieira (2020). 39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Apresentação	15
1.2 Justificativa	15
1.3 Objetivos.....	16
1.4 Localização e vias de acesso	17
1.5 Materiais e métodos.....	17
1.5.1 Pesquisa bibliográfica.....	17
1.5.2 Mapeamento geológico.....	18
1.5.3 Petrografia	20
2 GEOLOGIA REGIONAL	21
2.1 Cráton Amazonas	21
2.2 Província Transamazonas.....	22
2.3 Domínio Bacajá.....	24
2.3.1 Complexos Metamórficos	24
2.3.2 <i>Greenstone belts</i>	25
2.3.3 Suítes plutônicas.....	25
3 TRABALHOS ANTERIORES SOBRE O COMPLEXO SÃO JOSÉ	29
4 RESULTADOS	32
4.1 Geologia do Complexo São José.....	32
4.2 Petrografia.....	36
4.2.1 Composições modais e classificação	36
4.2.2 Aspectos texturais e microdeformacionais	40
5 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES	44
REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) é apresentado ao Instituto de Engenharia e Geociências (IEG) da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharelado em Geologia e encontra-se organizado em 5 capítulos. O capítulo 1 trata da apresentação deste documento, localização e o contexto geográfico da área de estudo e apresenta a justificativa e os objetivos propostos. O capítulo 2 apresenta a geologia regional, insere o contexto geológico da área de pesquisa e detalha as unidades mapeadas na porção noroeste do Domínio Bacajá. O capítulo 3 traz uma revisão dos trabalhos anteriores, com destaque para o estudo que propôs a unidade Complexo São José, destacando as relações de campo, petrografia e classificação litológica. O capítulo 4 apresenta os resultados desse estudo, discorre sobre a distribuição espacial e de contato do Complexo São José com as demais unidades, bem como sobre as relações de campo e petrografia dessa unidade. Por fim, o capítulo 5 discute as principais divergências encontradas acerca da natureza ígnea ou metamórfica do Complexo São José, uma vez que essa unidade foi originalmente definida como composta por rochas ígneas preservadas (Vieira *et al.*, 2022), no entanto, seu contexto indica uma natureza metamórfica. Assim, este estudo propõe uma reinterpretação para esta unidade.

1.2 Justificativa

O estudo de terrenos metamórficos é fundamental para investigar a evolução crustal e tectônica da Terra (BUCHER, 2023). O Domínio Bacajá é um terreno metamórfico de alto grau localizado na porção sul da Província Transamazonas, porção oriental do Cráton Amazonas (SANTOS, 2003). Esse domínio é constituído por associações tectônicas e fragmentos arqueanos e siderianos retrabalhados durante o Evento Transamazônico, que representa uma das orogenias mais importantes para a formação da crosta continental brasileira, desenvolvido durante o paleoproterozoico, entre 2,2–1,9 Ga (VASQUEZ & ROSA-COSTA, 2008).

No extremo noroeste do Domínio Bacajá, precisamente na porção sul do município de Uruará-PA, complexos metamórficos de médio a alto grau e diversos corpos de granitoides registram os diferentes estágios da orogenia Transamazônica na região. Nos últimos anos, diversos trabalhos foram desenvolvidos nessa área e novas unidades foram descritas a partir dos domínios de ocorrência do Ortogranulito Máfico Rio Preto (VASQUEZ & ROSA-COSTA, 2008). Nesse contexto, o Complexo São José foi definido e classificado por Vieira *et al.*, (2022) como rochas ígneas preservadas, descritas como tonalitos, granodioritos e granitos

subordinados, contendo xenólitos de anfibolito e lentes de formações ferríferas bandadas (BIFs). Uma contribuição significativa dos autores supracitados foi a datação de um biotita tonalito por U-Pb em zircão que forneceu idade de 2501 ± 4 Ma, interpretada como idade de cristalização magmática. Esta idade arqueana é nitidamente mais antiga que as aquelas paleoproterozoicas relacionadas ao Evento Transamazônico (2,2–1,9 Ga), com pico em 2,1 Ga (VASQUEZ & ROSA-COSTA, 2008), e é contemporânea à formação dos protólitos de outros complexos metamórficos do Domínio Bacajá, tais como o Ortognaisse Uruará (2,50 Ga; VASQUEZ *et al.*, 2005, VASQUEZ & ROSA-COSTA, 2008), o Ortognaisse Pacajá (2,67 Ga; MACAMBIRA *et al.*, (2004) e o Metatonalito Rio Bacajá (2,34 Ga VASQUEZ & ROSA-COSTA, 2008).

Apesar do avanço no conhecimento, o contexto geológico e a idade obtida para o Complexo São José (2,50 Ga) levantam importantes questões sobre a evolução petrológica e preservação ígnea dessa unidade. Dados de campo e petrografia obtidos durante a disciplina Geologia de Campo – Mapeamento Geológico II de 2024 da UFOPA indicam que as rochas do Complexo São José poderiam ser melhor interpretadas como metamórficas. Neste estudo essas rochas são descritas e reclassificadas como metatonalitos e metagranodioritos, com metamonzogranitos subordinados, diferindo da classificação proposta pelos autores que definiram esse complexo (VIEIRA *et al.*, 2022). Diante deste cenário, este trabalho busca avançar no conhecimento sobre as relações de campo, mineralogia e aspectos estruturais do Complexo São José, além de fazer uma reflexão preliminar sobre a origem dos protólitos, e das condições (fácies) de metamorfismo que atuaram sobre esta unidade.

1.3 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é reinterpretar o contexto petrológico e indicar a natureza metamórfica do Complexo São José, primeiramente descrito e considerado como rochas ígneas preservadas (VIEIRA *et al.*, 2022). Além disso, esse trabalho visa fazer uma discussão preliminar sobre as condições (fácies) de metamorfismo, natureza do protólito e o ambiente tectônico dessa unidade. Para isso este estudo visa atingir os seguintes objetivos específicos:

- i. Realizar uma revisão das informações disponíveis sobre o Complexo São José, incluindo dados petrográficos previamente publicados, integrando-os com aqueles produzidos neste estudo;
- ii. Classificar os diferentes litotipos identificados no Complexo São José, seguindo as recomendações da Subcomissão de Sistematização de Rochas Metamórficas – SSRM (FETTES & DESMONS, 2007) da *International Union of Geological Sciences* (IUGS);

- iii. Identificar possíveis enclaves, tais como xenólitos, caracterizando-os e avaliando suas relações de campo com os litotipos hospedeiros;
- iv. Caracterizar as estruturas observadas nas rochas do Complexo São José, com destaque para zonas de cisalhamento;
- v. Comparar as características e o contexto geológico do Complexo São José com unidades análogas no Domínio Bacajá, tais como o Ortognaisse Uruará, o Ortognaisse Pacajá e o Metatonalito Rio Bacajá.

1.4 Localização e vias de acesso

A área de estudo localiza-se na porção sul do município de Uruará, mesorregião sudoeste do estado do Pará (Figura 1). O município limita-se a norte com os municípios de Prainha, Mojuí dos Campos e Santarém, a leste com o município de Medicilândia, a oeste com o município de Placas e a sul com o município de Altamira. No contexto geológico, a área insere-se na porção sul da Bacia do Amazonas, na porção noroeste do Domínio Bacajá.

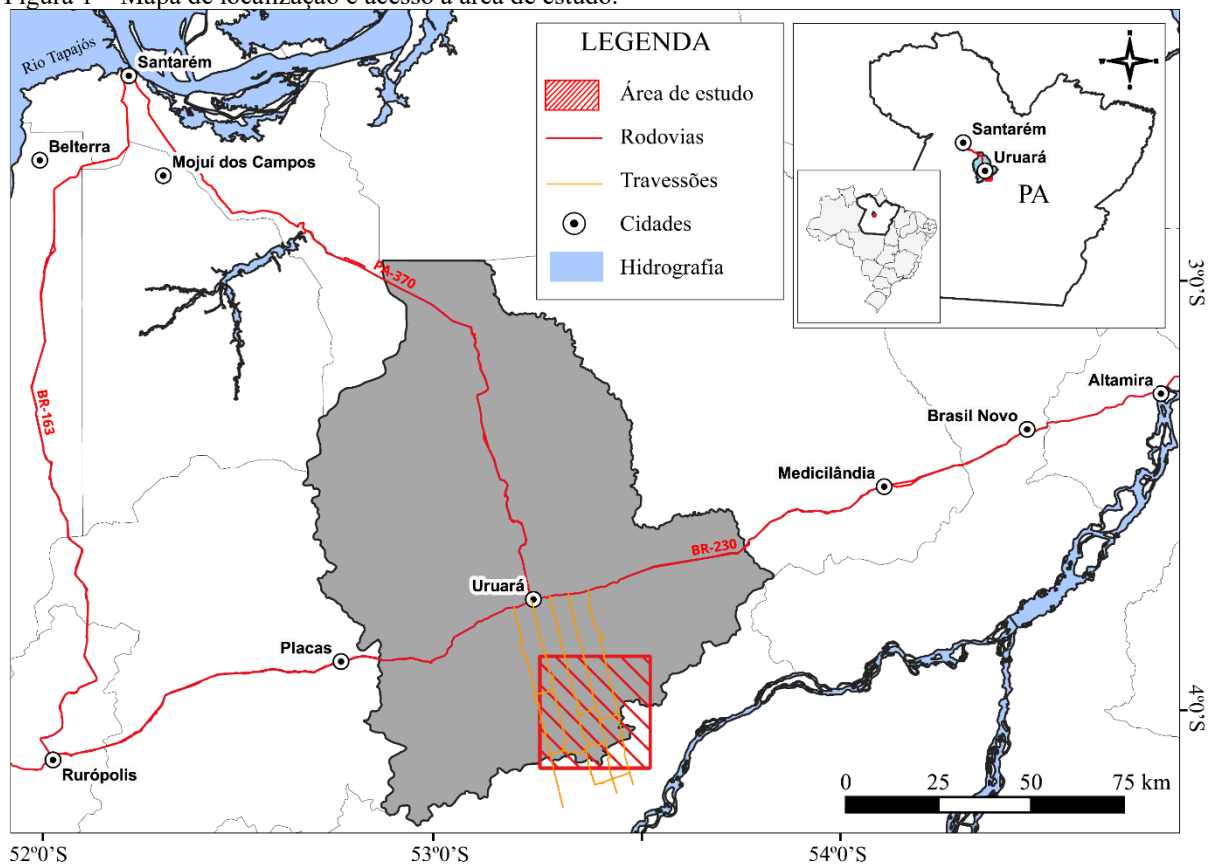
O acesso até a cidade de Uruará ocorre essencialmente pela malha rodoviária estadual e federal. Saindo da cidade de Santarém, o acesso é realizado preferencialmente pela PA-370, rodovia pavimentada, num percurso de aproximadamente 220 km. Uma rota alternativa pode ser realizada através da BR-163 até a cidade de Rurópolis (~220 km), seguindo mais 150 km pela BR-230 (Transamazônica) até a cidade de Uruará, totalizando um percurso de aproximadamente 370 km. A área de estudo é acessada por estradas não pavimentadas (travessões) a partir da BR-230.

1.5 Materiais e métodos

1.5.1 Pesquisa bibliográfica

Envolveu o levantamento contínuo de livros, artigos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses desenvolvidas no extremo noroeste do Domínio Bacajá (VASQUEZ, 2006; VASQUEZ & ROSA-COSTA, 2008), com destaque para a dissertação de mestrado de Vieira (2020), que definiu o Complexo São José (VIEIRA *et al.*, 2022). Também foram consultadas obras especializadas em petrografia, com enfoque em estruturas, texturas e mineralogia de rochas metamórficas, como Bucher (2023). Além disso, foram consultados os relatórios de campo elaborados pelos discentes de geologia da UFOPA durante a disciplina Geologia de Campo – Mapeamento Geológico II, com destaque para os relatórios do ano de 2024.

Figura 1 – Mapa de localização e acesso à área de estudo.



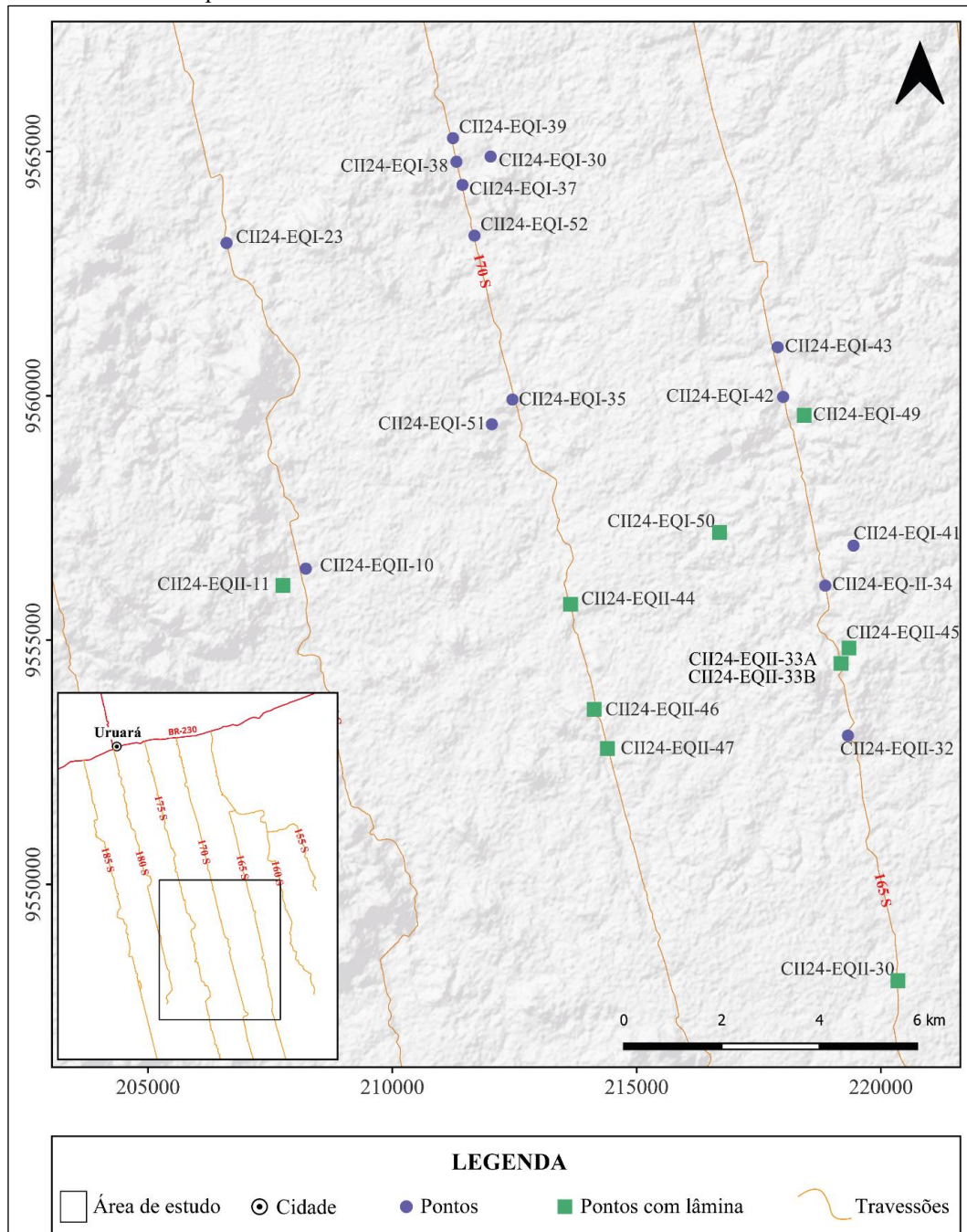
Fonte: Autora (2025).

1.5.2 Mapeamento geológico

As amostras estudadas neste trabalho são produtos de um mapeamento geológico realizado durante as atividades de campo da disciplina Geologia de Campo – Mapeamento Geológico II do curso de geologia da UFOPA, realizado entre os dias 22 e 31 de agosto de 2024. As informações acerca do Complexo São José foram obtidas através da integração dos dados das diferentes equipes, o que resultou em vinte e cinco pontos de afloramentos representativos para essa unidade (Figura 2). O mapa geológico proposto neste trabalho foi elaborado em conjunto com outro estudo, voltado para a integração de dados de campo e interpretação de dados aerogeofísicos desta região (FERREIRA, 2025). Em campo, foram descritos os afloramentos destacando os aspectos macroscópicos, estruturais e mineralógicos, além da realização de uma coleta sistemática de amostras de mão. Essas amostras foram utilizadas para descrição petrográfica em nível macroscópico e microscópico, por meio da confecção e análise de lâminas delgadas. Também foram coletadas amostras adicionais com o objetivo de possibilitar, futuramente, análises geoquímicas e geocronológicas, embora estas não sejam contempladas neste trabalho. Durante o mapeamento foram utilizados os seguintes equipamentos: (i) GPS portátil tipo Garmim Etrex 32x; (ii) bússola geológica tipo Brunton e

tipo Clar; (iii) lupas de bolso com aumento de 40x; (iv) martelos petrográficos e marretas de 5 kg; (v) sacos plásticos, sacos de estopa, canetas e fitas para armazenagem e catalogação das amostras; (vi) mapas de apoio, tais como planialtimétrico e aerogeofísicos (eTh, Th/K, U/Th, U/K, Kd e composição ternária) (LAGO & COSTA, 2016)

Figura 2 – Mapa de pontos selecionados para este estudo, com destaque para as amostras com lâmina selecionadas para análise modal do Complexo São José.



Fonte: Autora (2025).

1.5.3 Petrografia

Dez lâminas petrográficas polidas foram confeccionadas e descritas durante essa etapa. As análises petrográficas foram realizadas no Laboratório de Mineralogia e Microscopia Óptica da Universidade Federal do Oeste do Pará, utilizando microscópio petrográfico de luz transmitida da marca *Leica, DM750P* e permitiu reconhecer os minerais essenciais, varietais e acessórios presente nos diferentes litotipos do Complexo São José, bem como diversas microestruturas magmáticas (reliquiarias), metamórficas e deformacionais. Esses dados foram integrados aos resultados petrográficos de Vieira *et al.* (2022). As quantificações modais das amostras foram estimada em análise modal semiquantitativa e a classificação final das rochas foi definida seguindo as recomendações da SSRM/IUGS (FETTES & DESMONS, 2007).

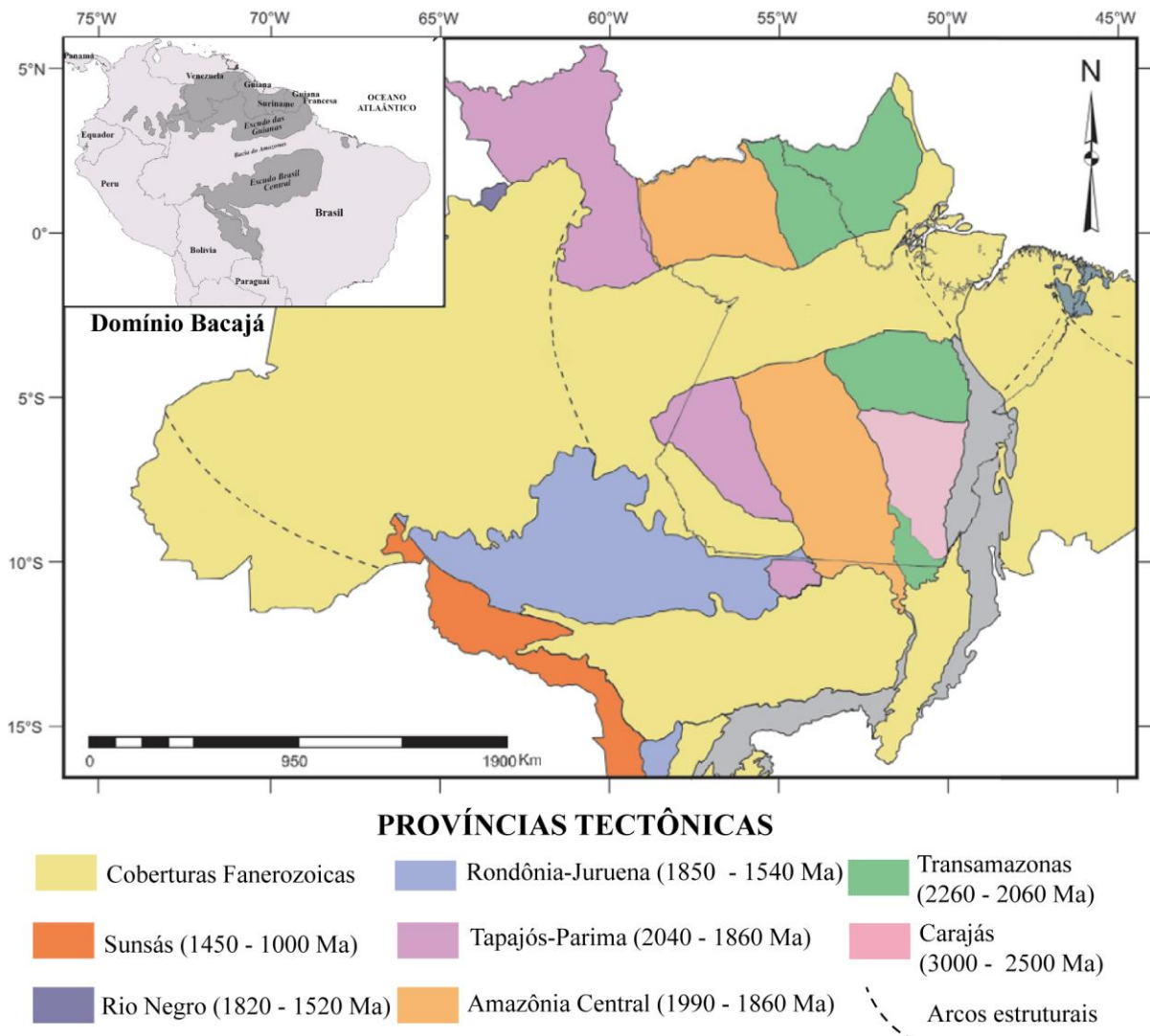
2 GEOLOGIA REGIONAL

2.1 Cráton Amazonas

O Cráton Amazonas localiza-se na porção norte da Plataforma Sul-Americana e é uma das maiores áreas pré-cambrianas menos estudada do mundo (ALMEIDA, 1977). Tectonicamente estabilizado ao final do Mesoproterozoico, é constituído por núcleos arqueanos acrescido e amalgamado por blocos crustais juvenis durante o paleoproterozoico (TASSINARI & MACAMBIRA, 2004). Morfologicamente, é dividido em Escudo das Guianas a norte e Brasil Central ao sul, cortado em sentido E-W pela Bacia do Amazonas, Solimões, Acre e Marajó. Esta unidade registra múltiplos eventos de deformação e metamorfismo que se estenderam do Arqueano ao Proterozoico (SANTOS, 2003).

A compreensão da evolução tectônica do cráton tem sido aprimorada ao longo de décadas por diversos autores (AMARAL, 1974; CORDANI *et al.*, 1979; TEIXEIRA *et al.*, 1989; TASSINARI, 1996; TASSINARI & MACAMBIRA, 1999, 2000; SANTOS *et al.*, 2000; TASSINARI & MACAMBIRA, 2004; SANTOS, 2003), passando por modelos fixistas – evolução por reativação e falhamentos crustais sustentado por métodos geofísicos e estrutural (HASUI *et al.*, 1984; COSTA & HASUI, 1997), e evoluindo para um modelo mobilista que considera processos tectônicos, com formações de arcos magmáticos e acreção de crosta durante o processo de formação, sustentado por geocronologia e geoquímica isotópica (CORDANI *et al.*, 1979, CORDANI & BRITO NEVES, 1982; TEIXEIRA *et al.*, 1989; TASSINARI, 1996; TASSINARI & MACAMBIRA 1999). Atualmente, dois modelos de compartimentação são amplamente aceitos e utilizados como referência: o modelo de Tassinari & Macambira (2004), que divide o cráton em seis províncias geocronológicas, e o modelo de Santos (2003), adotado nesse trabalho por sua maior integração de dados geológicos, geofísicos e isotópicos, que divide o cráton em sete províncias geotectônicas (Figura 3).

Figura 3 – Províncias tectônicas do Cráton Amazonas (SANTOS, 2003; VASQUEZ & ROSA-COSTA, 2008).



Fonte: Adaptado de Vasquez & Rosa-Costa (2008).

2.2 Província Transamazonas

A Província Transamazonas de Santos (2003), correspondente à Província Maroni-Itacaiúnas no modelo de Tassinari & Macambira (2004), a qual constitui um expressivo orógeno paleoproterozoico relacionado ao Evento Transamazônico entre 2,26–1,95 Ga, envolvendo a amalgamação de extensos domínios juvenis e o retrabalhamento de blocos arqueanos preexistentes. Constituído por processos de amalgamação de terrenos granito-*greenstone* juvenis (VASQUEZ & ROSA-COSTA, 2008), a constituição litológica da Província Transamazonas é diversificada e complexa. Santos (2003) propôs uma subdivisão em cinco grandes grupos de unidades: (a) o Complexo Guianense, representando terrenos ainda pouco definidos lito- e geocronologicamente; (b) rochas arqueanas de alto grau metamórfico; (c) rochas supracrustais de terrenos granito-*greenstone*, como o Grupo Vila Nova; (d) granitoides

com idades entre 2,26 e 2,06 Ga, representando fases da evolução orogênica transamazônica; e (e) granitoides transamazônicos formados em ambiente intraplaca ao final do paleoproterozoico. No território brasileiro, Santos (2003) inicialmente destacou três domínios principais compondo a Província Transamazonas: Gurupi, Bacajá e Amapá. Contudo, o avanço dos estudos geocronológicos e geológicos permitiu um refinamento desta compartimentação (RICCI *et al.*, 2001; ROSA-COSTA *et al.*, 2003, 2006; SANTOS, 2003; VASQUEZ, 2006; VASQUEZ *et al.*, 2008).

Atualmente a Província Transamazonas é dividida em blocos e domínios. O Bloco Amapá idades entre 2,79–2,03 Ga descrito por Rosa-Costa *et al.* (2006) como o mais expressivo segmento de crosta continental arqueana dentro da Província Transamazonas, estendendo-se da porção leste do Estado do Amapá até a região noroeste do Pará. Apresenta uma longa e complexa história evolutiva, com múltiplos estágios de acreção e retrabalhamento crustal desde o final do paleoarqueano até o paleoproterozoico. Domínio Bacajá com idades entre 3,01 e 1,99 Ga está localizado ao sul da Bacia do Amazonas (Figura 3) e é caracterizado por fragmentos arqueanos e siderianos retrabalhados, além de granitoides de arcos magmáticos riacianos e rochas charnoquíticas associadas a estágios colisionais e pós-colisionais da orogênese Transamazônica. Conforme descrito por Vasquez & Rosa-Costa (2008), este domínio compreende dois principais componentes: o embasamento representado por *greenstone belts* e complexos metamórficos, que são divididos em associações granulítica e granito-gnáissica-migmatítica arqueanas a siderianas e as suítes plutônicas riacianas alojadas durante o Evento Transamazônico. O Domínio Paru com idades entre 2,59 e 2,07 Ga é composto pelo Complexo Ananaí granulitos ortoderivados neoarqueanos com protólito magmático de 2,6 Ga, T_{DM} de 2,83 Ga e $\epsilon_{Nd(t)}$ de $-1,16$ e pela Suíte Intrusiva Igarapé Urucu charnoquitos de 2,07 Ga, com T_{DM} entre 2,68 e 2,61 Ga e $\epsilon_{Nd(t)}$ entre $-5,89$ e $-4,80$. Estes dados indicam a participação de componentes crustais arqueanos na gênese do magma charnoquítico (ROSA-COSTA *et al.*, 2003, 2006). O Domínio Carecuru com idades entre 2,26 e 2,03 Ga está situado a leste do Bloco Amapá e a oeste do Domínio Erepecuru-Trombetas, e é constituído por granitoides e gnaisses calcioalcalinos, além de faixas de rochas metavulcanossedimentares, com idades de cristalização entre 2,27 e 2,10 Ga. O Domínio Santana do Araguaia composto por rochas arqueanas que foram retrabalhadas durante o Evento Transamazônico está localizado no extremo sudeste do estado do Pará, adjacente ao Cinturão Araguaia e ao Domínio Rio Maria. Embora algumas propostas o considerem uma continuidade mesoarqueana do Domínio Rio Maria pertencente à Província Carajás, Vasquez & Rosa-Costa (2008) citam uma idade Rb–Sr de 2,7 Ga para uma área no Mato Grosso, interpretada como possível prolongamento meridional

do Domínio Santana do Araguaia, sugerindo um embasamento arqueano que foi subsequentemente retrabalhado durante o Evento Transamazônico. A Província Transamazonas, portanto, exhibe uma complexa mistura de terrenos com diferentes histórias evolutivas, amalgamados e retrabalhados durante a orogênese transamazônica.

2.3 Domínio Bacajá

O Domínio Bacajá (Figura 4) localizado na porção sudeste do Cráton Amazonas, é limitado a leste pelo Cinturão Araguaia, a oeste pelo Domínio Iriri-Xingu e a sul pelo Domínio Carajás. Formado por um embasamento de fragmentos arqueanos e siderianos, intensamente retrabalhado e acrescido de material juvenil durante o Evento Transamazônico (2,2–1,9 Ga). Sua evolução geológica pode ser sistematizada em uma sequência de eventos tectono-magmáticos e metamórficos, como discutido por Vasquez (2006) e Besser (2012). Este domínio é composto por granitoides, rochas charnoquíticas supra crustais, ortognaisses, migmatitos, e granulitos parassedimentar e ortoderivados (VASQUEZ, 2006; VASQUEZ *et al.*, 2008).

Ricci *et al.* (2003) observaram alguns contrastes litológicos, metamórficos, estruturais e geofísicos entre os domínios Bacajá e Carajás, destacando a ocorrência de rochas de alto grau no Bacajá, a menor ocorrência de rochas supracrustais e uma nítida tectônica transcorrente, limitada por extensas zonas de cisalhamento NW-SE e WNW-ESE, o que caracteriza um comportamento dúctil das rochas. Posteriormente, Ricci (2006) verificou que parte dos charnoquitos e granulitos foram reequilibradas, descrevendo-os como descharnoquitizados, e propôs que o Domínio Bacajá apresenta uma quantidade superior de rochas infracrustais. O Domínio Bacajá foi agrupado por Vasquez & Rosa-Costa (2008) em complexos metamórficos, *greenstone belts* e quatro suítes plutônicas como segue abaixo e mostrados na Tabela 1.

2.3.1 Complexos Metamórficos

O embasamento do Domínio Bacajá é constituído por um conjunto de complexos metamórficos agrupados em duas associações. A primeira é a associação granulítica arqueana-paleoproterozoica composta por cinco unidades: Complexo Cajazeiras, Complexo Aruanã, Granulito Novolândia, Paragnaisse Ipiaçava e Ortogranulito Máfico Rio Preto. O Complexo Cajazeiras redefinido por Vasquez & Rosa-Costa (2008), representa um dos registros crustais mais antigos da região com idade de cristalização de 3,01 Ga e idade de metamorfismo de 2,07 Ga (MACAMBIRA *et al.*, 2007). O Complexo Aruanã, proposto e datado por Vasquez & Rosa-Costa (2008) com idade de 2,6 Ga (Tabela 1). O Granulito Novolândia proposto por Vasquez & Rosa-Costa (2008) com idade metamórfica de 2,07 Ga (MACAMBIRA *et al.* (2007). O Paragnaisse Ipiaçava, redefinido e formalizado por Vasquez & Rosa-Costa (2008), forneceu

idades de zircões detríticos entre 3,14 Ga e 2,47 Ga (VASQUEZ, 2006), além de idade de migmatização em 2,11 Ga e de metamorfismo granulítico em 2,07 Ga (Tabela 1). O Ortogranulito Máfico Rio Preto, redefinido e datado de 2,63 Ga, com idade de metamorfismo de 2,07 Ga por Vasquez & Rosa-Costa (2008). A segunda, denominada como associação granito-gnáissica-migmatítica arqueana-paleoproterozoica é composta por três unidades. O Ortognaisse Pacajá, formalmente proposto por Vasquez & Rosa-Costa (2008) forneceu idade de cristalização em 2,67 Ga e de metamorfismo em 2,19 Ga (MACAMBIRA, 2004). O Metatonalito Rio Bacajá redefinido por Vasquez & Rosa-Costa (2008) com idade de cristalização datada em 2,31 Ga (FARACO *et al.*, 2005) e em 2,34 Ga (VASQUEZ & ROSA-COSTA, 2008). O Ortognaisse Uruará, com protólito tonalítico a granodiorítico e feições de migmatização, foi formalmente proposto por Vasquez & Rosa-Costa (2008) e forneceu idades de 2,50 Ga (SANTOS, 2003), 2,49 Ga (VASQUEZ *et al.*, 2008) e 2,44 Ga (VASQUEZ *et al.*, 2005).

2.3.2 *Greenstone belts*

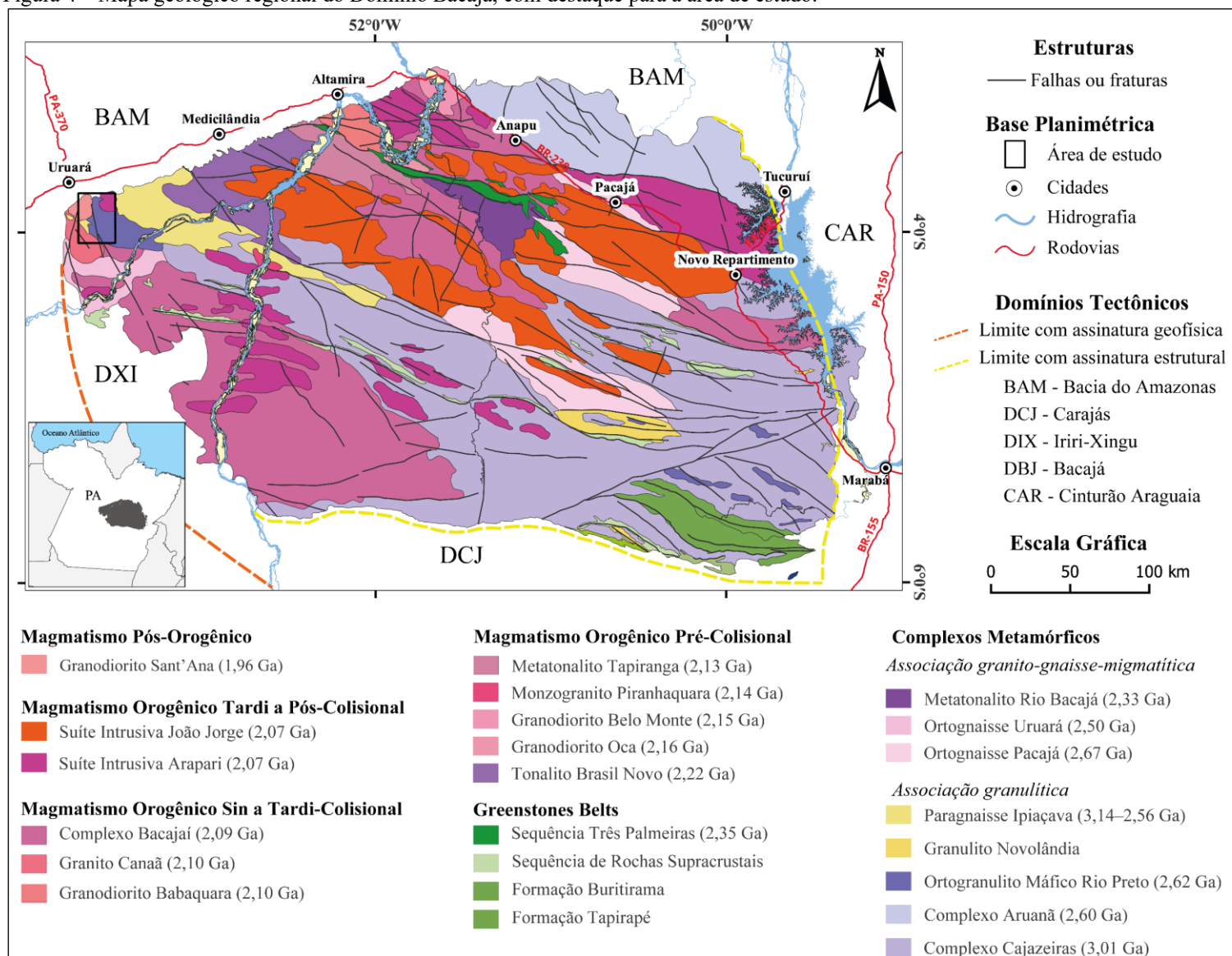
As sequências de *greenstone belts* da região são representadas por sequências metavulcanossedimentares, como a sequência Três Palmeiras, Grupo Vila União, o qual é composto por duas unidades principais: as formações Tapirapé e Buritirama. A sequência Três Palmeiras redefinida por Vasquez & Rosa-Costa (2008), com idade de 2,4 Ga (MACAMBIRA *et al.* (2004). A Formação Tapirapé, interpretada por Vasquez & Rosa-Costa (2008) como uma porção basal do Grupo Vila União, composta por metabasaltos foliados e talco-xistos. Em contraste, a Formação Buritirama corresponde a uma sequência metassedimentar diversificada, incluindo quartzitos, xistos carbonatados, rochas calciossilicáticas e mármore. Ambas as formações foram metamorfisadas em condições que variam da fácies xisto verde à anfibolito de baixo grau (VASQUEZ & ROSA-COSTA, 2008).

2.3.3 Suítes plutônicas

Vasquez & Rosa-Costa (2008) agruparam os granitoides do Domínio Bacajá em quatro suítes plutônicas com evolução relacionada a diferentes estágios do Evento Transamazônico: suítes plutônicas pré-colisionais, suítes plutônicas sin a tardi-colisionais, suítes plutônicas tardi a pós colisionais e suíte plutônica pós-orogênica. As suítes plutônicas pré-colisionais são compostas pelas unidades associadas à formação de arcos magmáticos riacianos, desenvolvidos sobre a margem de um continente já consolidado e representadas pelas unidades como o Tonalito Brasil Novo, denominado por Santos (2003) datado entre 2,22 e 2,18 Ga (SANTOS, 2003; VASQUEZ *et al.*, 2005). O Granodiorito Oca, definido por Jorge João *et al.* (1987), com

idade de 2,16 (VASQUEZ, 2006), e um grupo de granitoides redefinido por Vasquez & Rosa-Costa (2008), como o Granodiorito Belo Monte de 2,15 Ga (MACAMBIRA *et al.*, 2001), o Monzogranito Piranhaquara de 2,15 Ga (VASQUEZ *et al.*, 2008) e o Metatonalito Tapiranga de 2,13 Ga (VASQUEZ, 2006), com dados isotópicos de Nd que sugerem variadas fontes para esta suíte com pouca ($\epsilon_{Nd(t)}$, de -1,59 e -0,71 e T_{DM} de 2,47 e 2,49 Ga) e significativa contribuição crustal ($\epsilon_{Nd(t)}$ de -4,29 a -6,36 e T_{DM} de 2,74 a 2,93 Ga). Posteriormente, as suítes sin a tardi-colisionais registram o pico do Evento Transamazônico (2,1 Ga), composta por unidades definidas e redefinidas por Vasquez & Rosa-Costa (2008), como o Complexo Bacajaí, com idades entre 2,11 Ga e 2,09 Ga (FARACO *et al.*, 2005; MONTEIRO, 2006); o Granodiorito Babaquara de 2,10 Ga (VASQUEZ *et al.*, 2008); e o Granito Canaã de 2,10 Ga (VASQUEZ *et al.*, 2005). A assinatura isotópica de Nd destes granitoides indicam uma fonte crustal com valores de $\epsilon_{Nd(t)}$ de -3,40 e -3,45 e T_{DM} de 2,59 e 2,54 Ga (Tabela 1). O estágio seguinte, representado pelas suítes tardi a pós-colisionais marca a fase de relaxamento crustal e é representada por unidades intrusivas como a Suíte Intrusiva Arapari, com idades de 2,08 Ga a 2,07 Ga (SANTOS, 2003; MACAMBIRA *et al.*, 2003); a Suíte Intrusiva João Jorge, datada em 2,07 Ga (VASQUEZ *et al.*, 2005). A individualização da maioria destas suítes segue a definição de Vasquez & Rosa-Costa (2008) e a assinatura isotópica de Nd indica que a contribuição de crosta arqueana é mais expressiva nos granitos com valores de $\epsilon_{Nd(t)}$ de -4,12 a -6,49 e T_{DM} de 2,57 e 2,73 Ga, se comparado aos charnoquitos que apresentam $\epsilon_{Nd(t)}$ de -2,40 a -3,12 e T_{DM} de 2,46 e 2,47 Ga. Por fim, marcando a estabilização final do terreno, a suíte plutônica pós-orogênica, representada pelo Granodiorito Sant'Ana (VASQUEZ & ROSA-COSTA, 2008), datado em 1,99 Ga (VASQUEZ *et al.*, 2005), que forneceu assinatura isotópica de Nd indicativa de contribuição crustal nearqueana, com valores de $\epsilon_{Nd(t)}$ de -8,89 e T_{DM} de 2,83 Ga (Tabela 1).

Figura 4 – Mapa geológico regional do Domínio Bacajá, com destaque para a área de estudo.



Fonte: Adaptado de Vasques & Rosa-Costa, (2008).

Tabela 1 – Idades geocronológicas para as unidades litoestratigráficas do Domínio Bacajá.

ASSOCIAÇÃO	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	IDADE DE FORMAÇÃO / FONTES DETRÍTICAS (Ma)	MÉTODO	IDADE DO METAMORFISMO	MÉTODO	T _{DM} (Ga)	εNd _(t)
Suíte plutônica pós-orogênica	Granodiorito Santana	1986 ± 5 ⁷	Pb-Pb zr			2,83 ⁵	-8,89 ⁵
Suítes plutônicas tardi a pós-colisionais	Suíte Intrusiva João Jorge	2077 ± 2 ⁷	Pb-Pb zr			2,73 e 2,65 ⁵	-5,80 e -6,49 ⁵
		2076 ± 6 ⁹	Pb-Pb zr			2,57 e 2,33 ⁹	-4,12 e -0,60 ⁹
	Suíte Intrusiva Arapari	2075 ± 3 ⁹ 2070 ± 3 ⁴ 2086 ± 5 ⁶	Pb-Pb zr Pb-Pb zr U-Pb S zr			2,47 a 2,46 ⁵	-3,12 a -2,40 ⁵
Suítes plutônicas sin a tardi-colisionais	Granodiorito Babaquara	2102 ± 3 ⁴	Pb-Pb zr			2,59 ⁵	-3,45 ⁵
	Granito Canaã	2104 ± 5 ⁷	Pb-Pb zr			2,54 ⁵	-3,40 ⁵
	Complexo Bacajá	2094 ± 4 ¹⁰ 2114 ± 3 ¹⁰ 2113 +35/-33 ⁸	Pb-Pb zr Pb-Pb zr U-Pb S zr				
Suítes plutônicas pré-colisionais	Metatonalito Tapiranga	2133 ± 10 ⁵	U-Pb S zr	2055 ± 6 ⁵	U-Pb S zr	2,45 ⁵	-0,71 ⁵
	Monzogranito Piranhaquara	2147 ± 5 ⁴	U-Pb S zr			2,74 ⁵	-4,29 ⁵
	Granodiorito Belo Monte	2154 ± 3 ⁹	Pb-Pb zr				
	Granodiorito Oca	2160 ± 3 ⁵	U-Pb S zr			2,52 ⁵	-1,59 ⁵
	Tonalito Brasil Novo	2182 ± 6 ⁶ 2209 ± 2 ⁴ 2215 ± 2 ⁷	U-Pb S zr Pb-Pb zr Pb-Pb zr			2,93 e 2,71 ⁵	-4,35 a -6,37 ⁵
<i>Greenstone belts</i>	Sequência Três Palmeiras	2359 ± 3 ³	Pb-Pb zr			2,49 e 2,47 ⁵	+1,64 e +173 ⁵
Associação granito-gnaiss-nigmatítica arqueana-paleoproterozoica	Metatonalito Rio Bacajá	2338 ± 5 ⁴	U-Pb S zr			3,10 ⁵	-10,84 ⁵
		2313 ± 9 ⁸	U-Pb S zr				
	Ortognaisse Uruará	2440 ± 7 ⁷ 2503 ± 10 ⁶ 2487 ± 13 ⁴	Pb-Pb zr U-Pb S zr U-Pb S zr			2,98 - 2,64 ⁵	-4,68 a +0,46 ⁵
Associação granulítica arqueana-paleoproterozoica	Ortognaisse Pacajá	2671 ± 3 ³	Pb-Pb zr	2195 ± 3 ¹	Pb-Pb zr	2,67 ³	+2,7 ³
	Paragnaisse Ipiçava			2109 ± 9 ⁴ 2073 ± 2	U-Pb S zr		
		3,14 - 2,56 ⁵ 3,12 - 2,47 ^{(*)5}	Pb-Pb zrd U-Pb S zrd	2071 ± 3 ⁵ 2074 ± 3 ⁵	U-Pb S mz Pb-Pb zr		
	Granulito Novolândia			2064 ± 4 ²	U-Pb S mz		
Ortgranulito Máf. Rio Preto	2628 ± 3 ¹	Pb-Pb zr	2072 ± 3 ¹	Pb-Pb zr			
Complexo Aruanã	2606 ± 4 ¹	Pb-Pb zr					
Complexo Cajazeiras	3009 ± 27 ²	U-Pb S zr	2074 ± 8 ²	U-Pb S zr			
	2942 ± 4 ¹	Pb-Pb zr					

Abreviaturas: S. SHRIMP; mz. monazita; zr. zircão; zrd. zircão detritico; εNd(t). calculado para idade de cristalização; (*) idades em Ga, * - denominação usada exclusivamente pelos autores.

Referências: 1 – Neste trabalho; 2 – Macambira et al. (2007); 3 – Macambira et al. (2004); 4 – Vasquez et al. (2008); 5 – Vasquez (2006); 6 – Santos (2003); 7 – Vasquez et al. (2005); 8 – Faraco et al. (2005); 9 – Macambira et al. (2003); 10 – Monteiro (2006); 11 – Souza et al. (2003).

Fonte: Autora (2025).

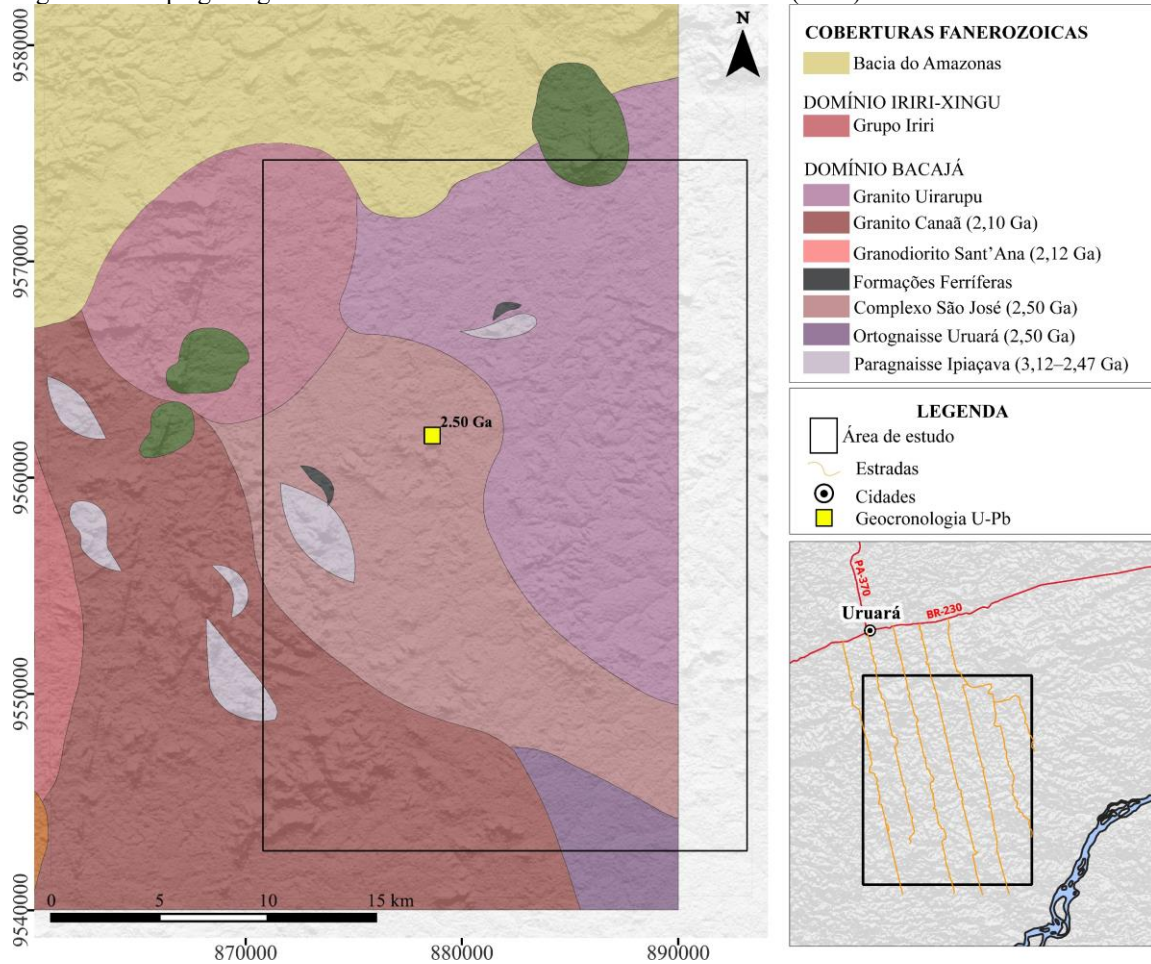
3 TRABALHOS ANTERIORES SOBRE O COMPLEXO SÃO JOSÉ

Os primeiros trabalhos de mapeamento geológico na porção extremo noroeste do Domínio Bacajá, no sul de Uruará-PA (Figura 4), foram conduzidos no âmbito de projetos de levantamentos regionais (JORGE & JOÃO, 1987; OLIVEIRA *et al.*, 1994; SANTOS, 2003; VASQUEZ, 2006; VASQUEZ & ROSA-COSTA, 2008). Em revisão à geologia do estado do Pará, o Serviço Geológico do Brasil (SGB) indicou que este segmento de crosta é composto por granitoides sintectônicos riacianos e orosirianos, tais como o Granito Canaã (2,10 Ga; VASQUEZ *et al.*, 2005), que cortam ortognaisses arqueanos a siderianos, metamorfizados durante o Evento Transamazônico (2,2–1,9 Ga), com pico em 2,1 Ga (VASQUEZ & ROSA-COSTA, 2008). Mais recentemente, com base em um estudo integrado de dados de campo, petrografia, geoquímica e geocronologia U-Pb (LA-ICP-MS) em zircão, Vieira *et al.* (2022) contribuíram para um avanço no conhecimento da geologia desta área, com destaque para a definição do Complexo São José (Figura 5), que ocorre no que até então em nível de mapeamento regional era considerado como domínios de ocorrência do Ortogranulito Máfico Rio Preto (Figura 6), com protólito datado em 2,63 Ga e idade de metamorfismo em 2,07 Ga (Tabela 1), ambos pelo método de evaporação de Pb (VASQUEZ & ROSA-COSTA, 2008).

O Complexo São José foi primeiramente descrito e classificado como uma unidade ígnea preservada (VIEIRA *et al.*, 2022), representada por um corpo alongado na direção NW-SE (Figura 5), composto por biotita tonalitos e biotita granodioritos, com granitos subordinados, comumente cortadas por diques aplíticos. Ele faz contato sul com o Ortognaisse Uruará, é cortado pelo Granito Canaã na porção oeste, à norte pelo Granodiorito Sant’Ana e a leste pelo Granito Uirapuru, este último definido pelos mesmos autores, como biotita granitos com muscovita e textura porfírica. No Complexo São José, localmente, foram descritos xenólitos métricos de anfíbolito e lentes de formações ferríferas bandadas (BIFs), além de enclaves máficos de biotitito. Os autores apresentam dados geoquímicos para essa unidade e indicam que essas rochas são meta a levemente peraluminosas, apresentam afinidade calcioalcalina de médio a alto-K, caráter magnésiano, elevados conteúdos de Na₂O e uma correlação negativa entre P₂O₅ e SiO₂. Além disso, exibem baixos teores de elementos de alto campo de força (*High Field Strength Elements* – HFSEs) e elementos terras raras (ETRs). Esses parâmetros sugerem uma afinidade com granitoides calcioalcalino tipo-I. Já em termos de ambiente tectônico, as amostras do Complexo São José plotam principalmente em ambientes de arco vulcânico e/ou sin-colisional. Adicionalmente, uma contribuição significativa de Vieira *et al.* (2022) foi a obtenção de dados U-Pb em zircão para um biotita tonalito desta unidade que forneceu idade de cristalização de 2501 ± 4 Ma. Esta datação é de extrema importância, pois revela que o

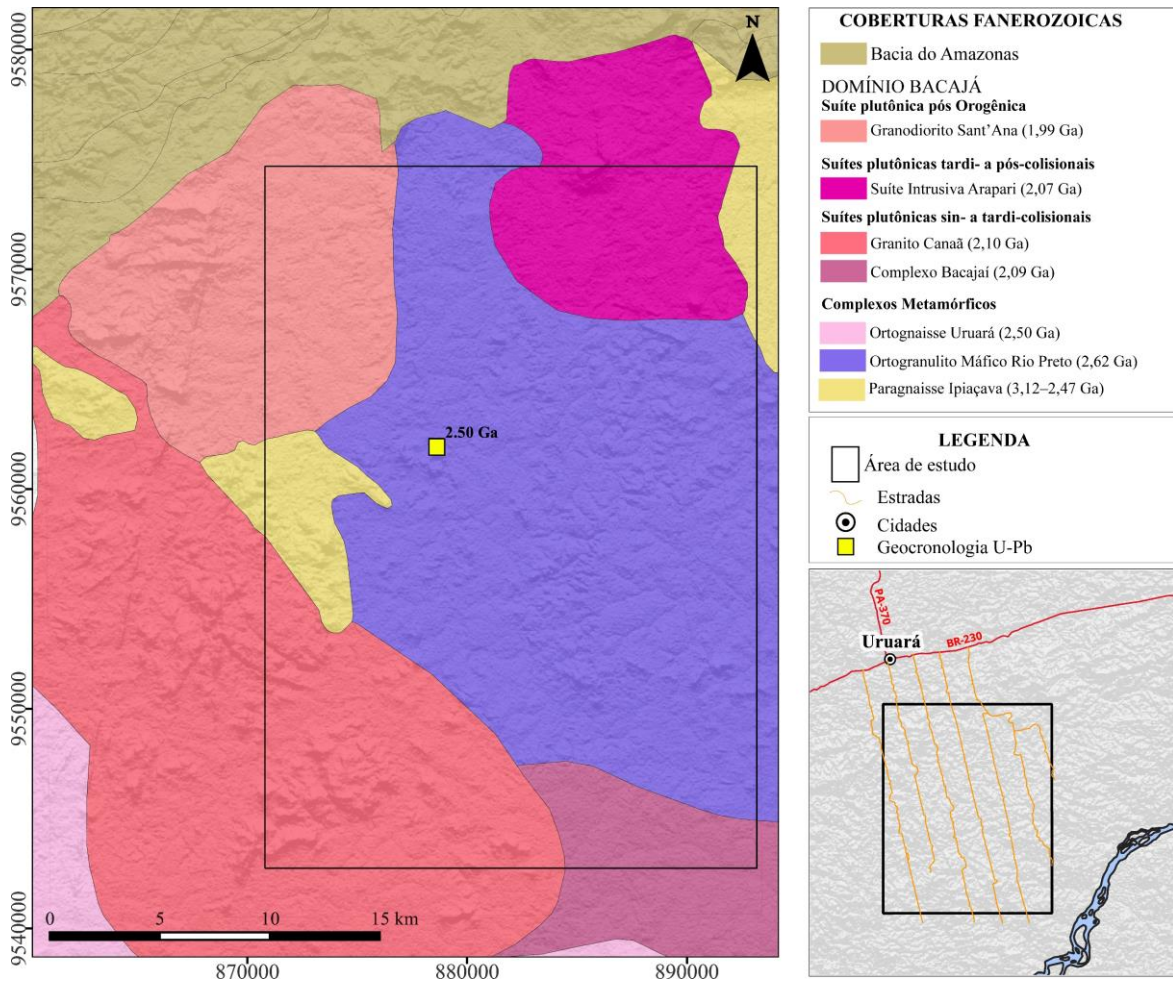
protólito do Complexo São José é de idade arqueana, mais antigo que o Evento Transamazônico (2,2–1,9 Ga) e é contemporânea a idade de formação dos protólitos de outras unidades da região como, por exemplo, o Ortognaisse Uruará (2,50 Ga; SANTOS, 2003).

Figura 5 – Mapa geológico da área de estudo de acordo com Vieira *et al.* (2022).



Fonte: modificado de Vieira *et al.* (2022).

Figura 6 – Mapa geológico da área de estudo de acordo com Vasquez *et al.* (2008).



Fonte: Adaptado de Vasquez *et al.* (2008).

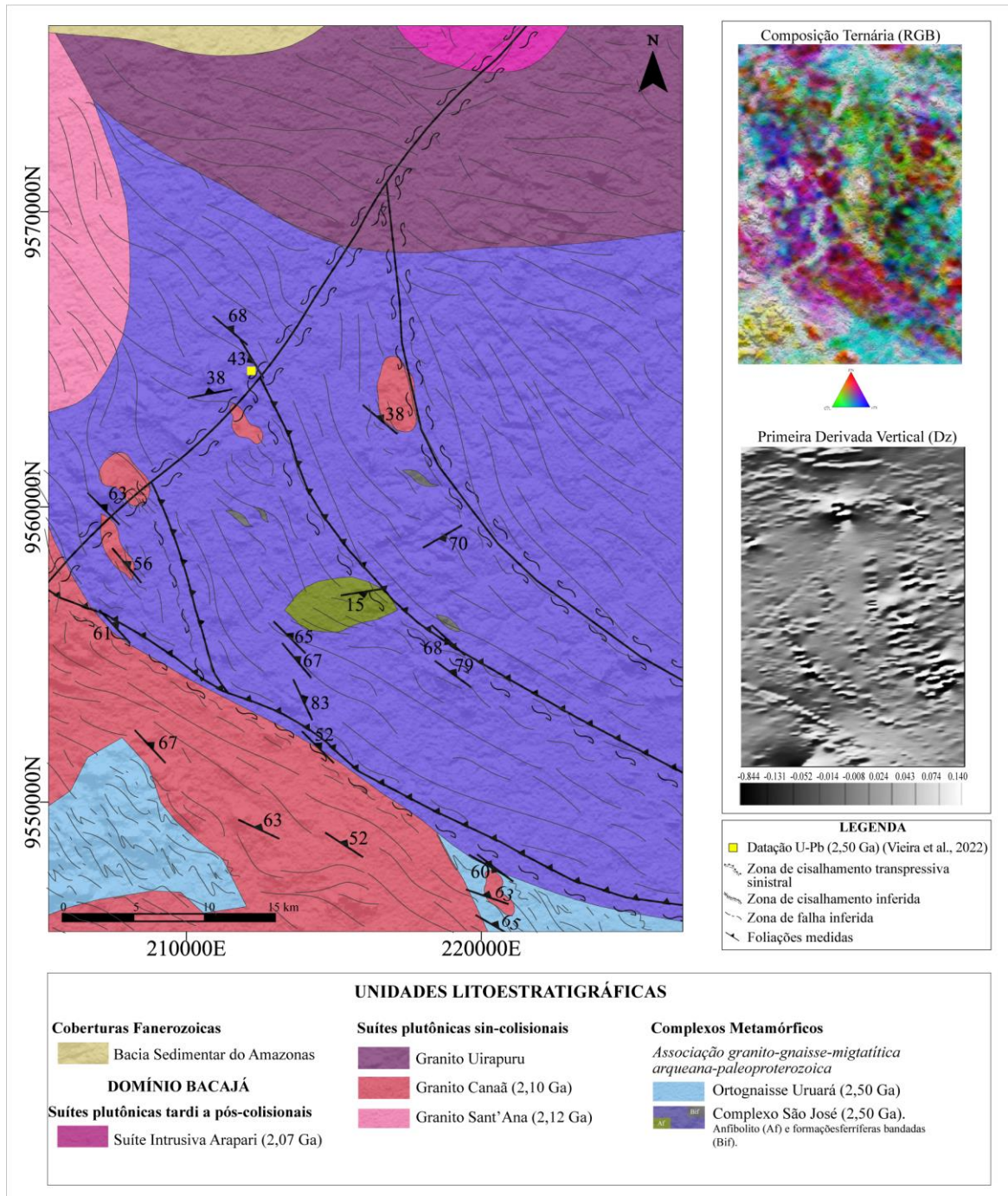
4 RESULTADOS

4.1 Geologia do Complexo São José

Com base nos dados de campo e análise aerogeofísica (gamaespectrometria e magnetometria), neste estudo foi possível revisar a distribuição espacial, geometria e as relações de contato do Complexo São José (Figura 7). Isto combinado ao contexto geológico destas rochas permitiu reclassificar essa unidade como metamórfica, ao invés de ígnea preservada, conforme definição inicial (VIEIRA *et al.*, 2022). Assim, essa questão será retomada nas discussões e a seguir serão utilizados termos descritivos de rochas metamórficas (FETTES & DESMONS, 2007) ao invés de termos de rochas ígneas (LE MAITRE, 2002).

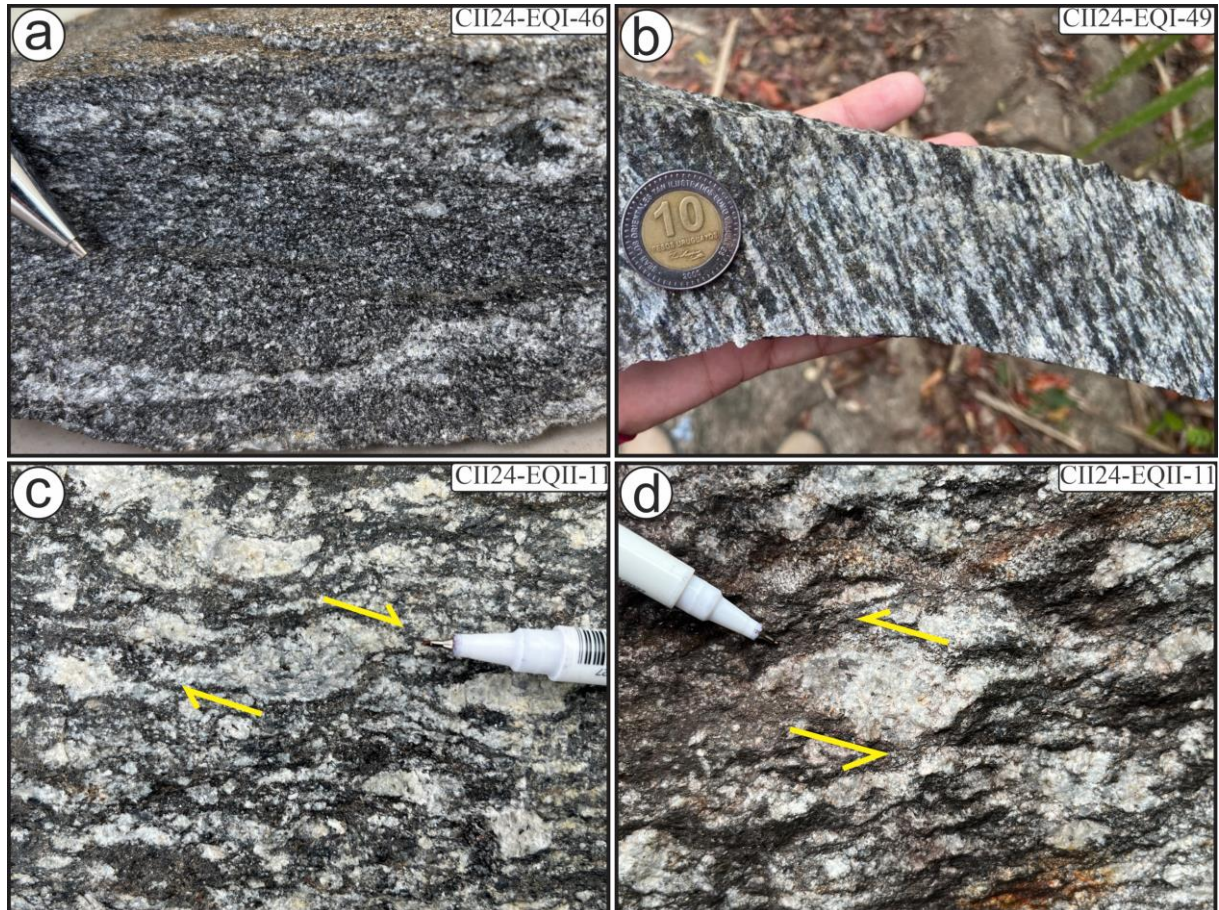
O Complexo São José é estruturado na direção regional, com *trend* NW-SE, conforme evidenciado pelas foliações medidas e pelas zonas de cisalhamento (Figura 7). A trajetória da foliação transpõe os limites da unidade, indicando uma continuidade do padrão estrutural dessas rochas com as unidades adjacentes. Além disso, em imagens de aeromagnetometria é notável a ocorrência de um grande lineamento (zona de cisalhamento inferida) que corta as rochas do Complexo São José na direção NE-SW e trunca as zonas de cisalhamento de direção regional NW-SE (Figura 7), que, por sua vez, mostram rochas com foliação milonítica, caracterizadas por mergulhos de 60–80°, predominantemente para NE. Com relação as unidades adjacentes, o Complexo São José faz contato sul com o Ortognaisse Uruará, a oeste é cortado pelo Granito Canaã e pelo Granodiorito Sant’Ana e a norte é intrudido pela Granito Uirapuru (Figura 7). Diferentemente da proposta de Vieira *et al.* (2022), os dados de campo deste estudo sugerem que parte dos domínios de ocorrência do que foi definido como Granito Uirapuru (VIEIRA *et al.*, 2022) é na verdade composto por rochas de protólito tonalítico a granodiorítico, análogas àquelas do Complexo São José, que tem limite leste desconhecido (Figura 7). Por sua vez, o Granito Uirapuru ocorre como um batólito alongado na direção E-W (Figura 7). O Complexo São José aflora na forma de lajedos e blocos e é composto por metatonalitos (Figura 8) a metagranodioritos, com metamonzogranitos subordinados (Figura 9). Localmente, hospedam lentes de anfibólitos, BIFs e óxido de ferro maciço (Figura 10).

Figura 7 – Mapa geológico proposto para o Complexo São José. Ao lado direito foram encartadas imagens aerogeofísicas selecionadas (composição ternária e primeira derivada vertical), utilizadas para auxiliar na definição dos limites das unidades e extração dos lineamentos estruturais. Na área ocorrem duas famílias de lineamentos, que cortam o Complexo São José: (i) família NW-SE interpretada como zonas de cisalhamento transpressivo sinistral, relacionadas as rochas miloníticas, com *trend* subparalelo com as foliações medidas. Uma segunda família de lineamentos, definida por uma grande anomalia magnética NE-SW, que trunca as estruturas regionais.



Fonte: Autora (2025).

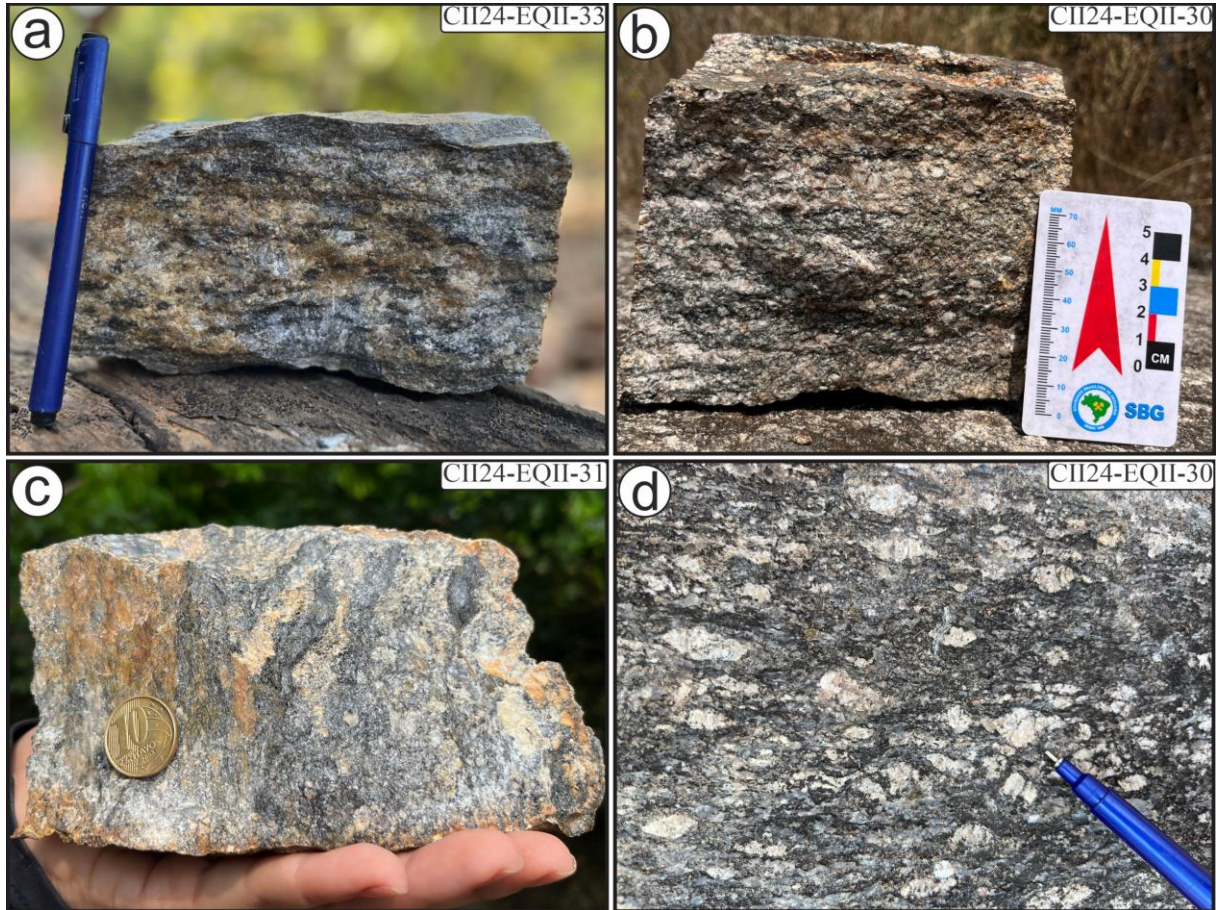
Figura 8 – Aspectos texturais e mesoestruturais dos metatonalitos. (a) Foliação milonítica definida pela orientação preferencial de agregados de biotita e anfibólio alternados com agregados quartzo-feldspáticos; (b) metatonalito mostrando bandamento composicional caracterizado por bandas mais máficas e mais félsicas; e (c–d) foliação milonítica definida por porfiroclastos em forma de *augen* envolvidos por uma matriz foliada de biotita.



Fonte: Autora (2025).

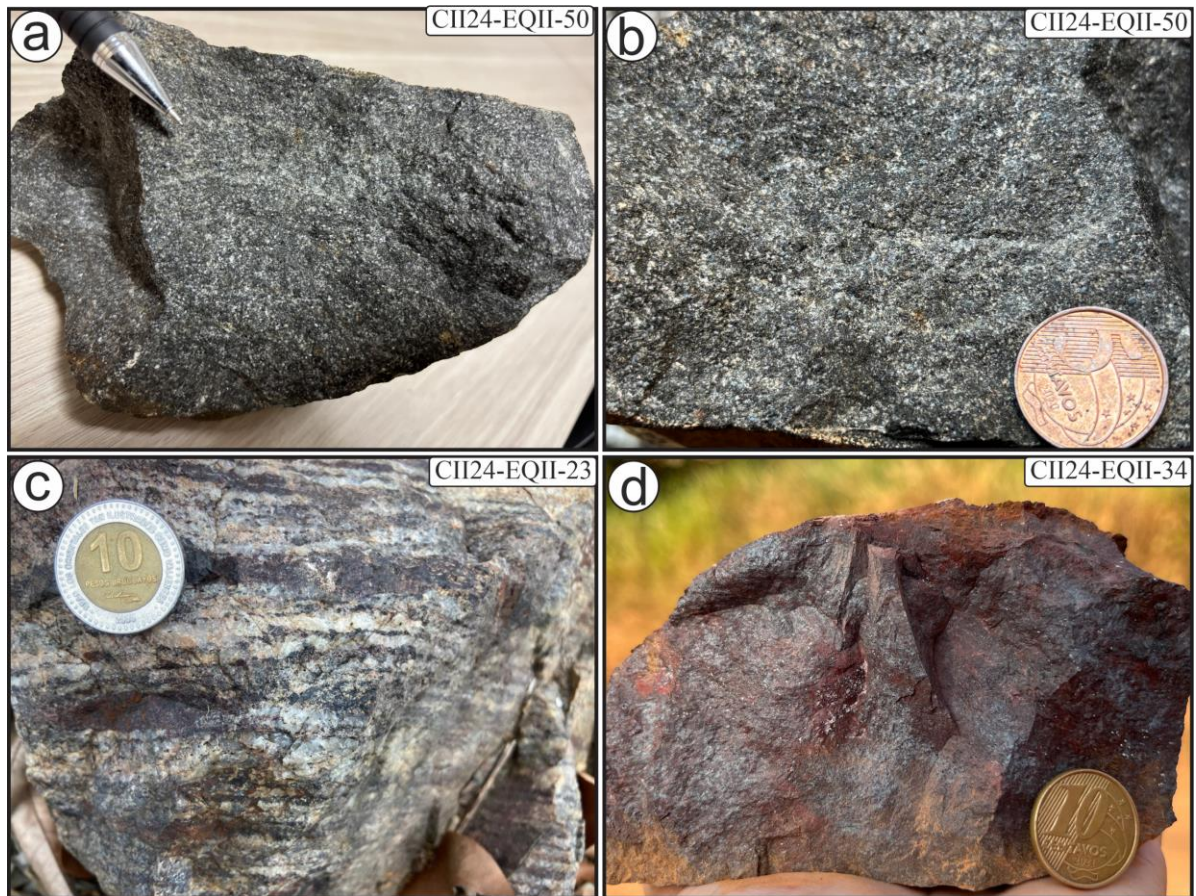
Os metatonalitos mostram cor cinza (Figura 8), enquanto os metagranodioritos e metamonzogranitos apresentam cor bege rosada (Figura 9). Nessas rochas podem ocorrer bandamento gnáissico (Figura 8a; Figura 9a,c) e foliação milonítica (Figura 8b–d, Figura 9d). Os metatonalitos podem apresentar textura equigranular fina à média (Figura 8a), enquanto os metagranodioritos e metamonzogranitos frequentemente mostram textura inequigranular média a grossa (Figura 9b). Próximo as zonas de cisalhamento, ou seja, nos domínios de maior *strain*, as rochas podem mostrar forte aspecto milonítico, com porfiroclastos do tipo- σ , com movimentação dextral (Figura 8c) ou sinistral (Figura 8d), ou porfiroclastos do tipo- ϕ , indicando predominância de cisalhamento puro. Além disso, no Complexo São José ocorrem lentes de anfibolito com textura equigranular fina à média (Figura 10a–b). O ponto CII24-EQI-50 é um afloramento com dezenas de metros composto por anfibolito. Lentes de BIFs (Figura 10c) e de óxidos de ferro maciço (Figura 10d) também ocorrem hospedados no Complexo São José (Figura 7).

Figura 9 – Aspectos texturais e mesoestruturais dos metagranodioritos e metamonzogranitos do Complexo São José. (a) Bandamento composicional definido pela alternância de bandas compostas por metagranodiorito, metamonzogranito (banda na forma de cunha na porção central) e metatonalito (banda fina na parte superior da amostra); (b) metagranodiorito mostrando típica textura inequigranular grossa; (c) bandamento composicional caracterizado por bandas de metagranodiorito e metamonzogranitos; e (d) metagranodioritos milonitizado com porfiroclastos em forma de *augens* e matriz foliada, próximo às zonas de cisalhamento.



Fonte: Autora (2025).

Figura 10 – Aspectos texturais e mesoestruturais das lentes de anfibolitos, BIFs e óxido de Fe maciço do Complexo São José. (a–b) Anfibolito equigranular fino com foliação incipiente; (c) BIF mostrando bandamento milimétrico a centimétrico definido pela alternância de bandas de cor bege composta por quartzo (*chert*) e bandas escuras compostas por óxidos de ferro; e (d) amostra representativa do óxido de Fe maciço.



Fonte: Autora (2025).

4.2 Petrografia

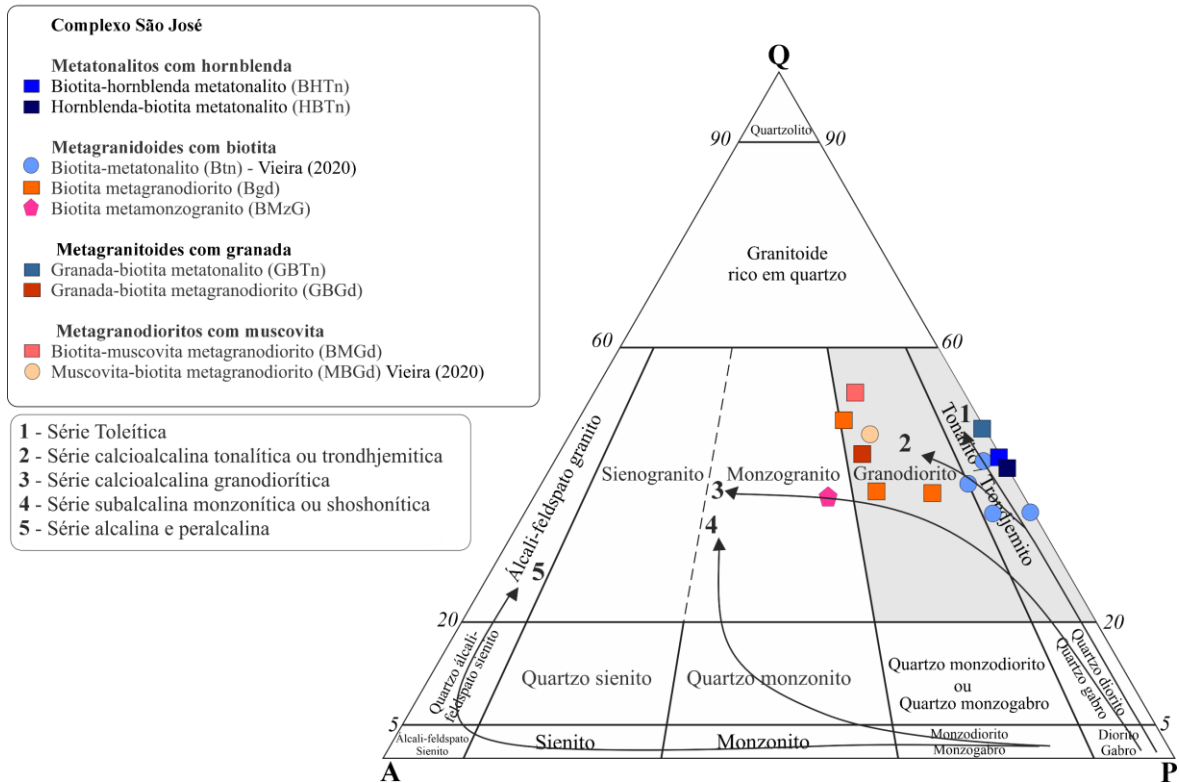
4.2.1 Composições modais e classificação

Para análise modal, neste estudo foram selecionadas três lâminas representativas dos metatonalitos (CII24-EQII-11, CII24-EQI-49, CII24-EQII-46) e seis representativas dos metagranodioritos e metamonzogranito (CII24-EQII-32, CII24-EQI-33A, CII24-EQII-33B, CII24-EQII-44, CII24-EQII-45, CII24-EQII-47), cujos resultados são apresentados na Tabela 2 e plotados no diagrama Q-A-P da Figura 11 (LE MAITRE, 2002). Além disso, foi selecionada uma amostra da lente do anfibolito (CII24-EQI-50) e foram compilados os dados petrográficos da dissertação de Vieira (2020), representados pelas amostras CVM-26, CVM-28, CVM-29, CVM-32 e CVM-33. Apesar do Complexo São José ser constituído por litotipos metamórficos, a utilização do diagrama QAP para os metagranitoides se justifica pela natureza ígnea de seus protólitos.

A mineralogia essencial dos metagranitoides do Complexo São José é composta por plagioclásio, quartzo e álcali-feldspato, com maior proporção de álcali-feldspatos nos metagranodioritos e metamonzogranito, respectivamente. Ao todo, sob o microscópio, para o Complexo São José foram identificados 10 grupos petrográficos, incluindo o anfibolito. Além deste, foram descritas nove variedades petrográficas de metagranitoides, sendo quatro variedades de metatonalitos, quatro de metagranodioritos e um de metamonzogranito (Figura 11; Tabela 2). Assim temos: (i) biotita-hornblenda metatonalito (BHTn), amostra CII24-EQII-46, (ii) hornblenda-biotita metatonalito (HBTn) – amostra CII24-EQI-49; (iii) biotita metatonalito (BTn), representado pelas amostras CVM-28, CVM-29, CVM-32 e CVM-33, compiladas na dissertação de Vieira (2020); (iv) granada-biotita metatonalito (GBTn), amostra CII24-EQII-11; (v) granada-biotita metagranodiorito (GBGd), amostra CII24-EQII-33B; (vi) biotita metagranodiorito (BGd), amostras CII24-EQII-32, CII24-EQII-33A e CII24-EQII-47; (vii) muscovita-biotita metagranodiorito (MBGd), amostra CMV-26 (VIEIRA, 2020); (viii) biotita-muscovita metagranodiorito (BMGd), amostra CII24-EQII-44; e (ix) biotita metamonzogranito (BMzG), amostra CII24-EQII-30.

Para todos os granitoides, o principal mineral máfico é a biotita, com teores variando de 9,2–24,5% para os metatonalitos e 6,3–13,7% para os metagranodioritos e metamonzogranito subordinado. Duas amostras classificadas como metatonalitos (CII24-EQI-49 e CII24-EQII-46) apresentaram hornblenda varietal, com teores de 8,0% a 20%, respectivamente, definindo um grupo de metatonalitos com hornblenda. Além disso, foram identificados cristais de granada tanto nos metatonalitos quanto nos metagranodioritos. Uma amostra de metatonalito (CII24-EQII-11) apresentou 3,7% de granada e uma amostra de metagranodiorito (CII24-EQII-33B) apresentou teor modal de 5,2% de granada, definindo um grupo de metagranitoides com granada. Adicionalmente, foram identificadas duas amostras de metagranodioritos (CII24-EQII-44 e CMV-26) com muscovita varietal, com teores modais entre 8,7–10,3%. Nesse contexto, simplificando, no Complexo São José podemos definir quatro grupos petrográficos de metagranitoides: (1) metatonalitos com hornblenda (BHTn e HBTn); (2) metatonalito, metagranodiorito e metamonzogranito apenas com biotita varietal (BTn, BGd e BMzG); (3) metatonalito e metagranodiorito com granada (GBTn e GBGd); e (4) metagranodioritos com muscovita (BMGd e MBGd). De modo geral, os minerais acessórios primários dos diferentes grupos de metagranitoides são representados por zircão, apatita, allanita, epidoto e opacos (Tabela 2), enquanto os secundários são formados por sericita, clorita e epidoto. O anfibolito (amostra CII-EQ-I-50) é composto hornblenda (71,2%), plagioclásio (23,3%), sericita (2,5%) e epidoto (2,5) e opacos e titanita como minerais acessórios (Tabela 2).

Figura 11 – Diagrama QAP (LE MAITRE, 2002) com amostras representativas dos metagranitoides do Complexo São José. No diagrama também são plotadas as curvas que representam as tendências evolutivas das 5 séries graníticas conforme definição de Bowden et al. (1984) e suas referências.



Fonte: Autora (2025). Modificado de Le Maitre (2002).

Tabela 2 – Composições modais dos litotipos do Complexo São José. Siglas: BTn = biotita metatonalito; HBTn = hornblenda-biotita metatonalito; BHTn = biotita-hornblenda metatonalito; GBTn = granada-biotita metatonalito; BGd = biotita metagranodiorito; GBGd = granada-biotita metagranodiorito; MBGd = muscovita-biotita metagranodiorito; BMGd = biotita-muscovita metagranodiorito; BMzG = biotita metamonzogranito; e Anf = anfíbolito. Fontes dos dados: ¹Este estudo; e ²Vieira (2020).

Variedades	metatonalito							metagranodiorito e metamonzoranito subordinado							Anfíbolito	
	GBTn	BHTn	HBTn	BTn	BTn	BTn	BTn	GBGd	BGd	BGd	BGd	MBGd	BMGd	BMzG	Anf	
Amostra	¹ CII24-EQII-11	¹ CII24-EQII-46	¹ CII24-EQI-49	² CVM-28	² CVM-29	² CVM-32	² CVM-33	¹ CII24-EQII-33B	¹ CII24-EQII-32	¹ CII24-EQII-33A	¹ CII24-EQII-47	² CVM-26	¹ CII24-EQII-44	¹ CII24-EQII-30	¹ CII24-EQI-50	
<i>Mineral (vol%)</i>																
Quartzo	33,8	26,1	34,2	30,3	38,8	26,0	32,9	38,7	33,5	33,0	45,7	35,5	43,8	34,5		
Plagioclásio	37,7	36,5	47,9	55,0	49,1	43,5	45,5	32,6	35,5	41,9	29,1	29,4	27,4	32,1	23,3	
Álcali-feldspato					2,7	4,0	5,2	15,6	15,6	9,0	15,4	11,6	10,4	23,2		
Biotita	24,5	16,9	9,2	13,4	8,4	25,8	16,0	7,6	13,7	14,0	9,4	11,9	6,3	10,0		
Hornblenda		20,0	8,0												71,2	
Muscovita			Tr	0,3		0,6						8,7	10,3	Tr		
Zircão	0,2	0,2	0,3	0,4	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1		
Apatita	Tr	Tr		0,3		0,1					Tr	0,1				
Granada	3,7							5,2								
Epidoto	Tr	Tr										0,1		Tr	2,5	
Alanita		Tr														
Titanita										Tr					Tr	
Clorita																
Sericita	Tr				0,7				1,3			2,6	1,0	Tr	2,5	
Opacos	0,1	0,3	0,5	0,5	0,1		0,1	0,2	0,3	2,0	0,2		0,5	0,1	0,5	
Máficos	28,5	37,4	18,0	14,7	9,3	26,5	16,4	13,1	15,4	16,1	9,8	23,6	18,4	10,2		
A + P	37,7	36,5	47,9	55,0	51,8	47,5	50,7	48,2	51,1		44,5	41,0	37,8	55,3		
Recalcado para 100%																
Quartzo	47,3	41,7	41,7	35,6	42,8	35,4	39,4	44,5	39,6	39,3	50,7	46,4	53,7	38,4		
Álcali-feldspato	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	5,4	6,2	18,0	18,4	10,7	17,1	15,1	12,7	25,8		
Plagioclásio	52,7	58,3	58,3	64,4	54,2	59,2	54,4	37,5	41,9	49,9	32,3	38,5	33,6	35,8		

Fonte: Autora (2025).

4.2.2 Aspectos texturais e microdeformacionais

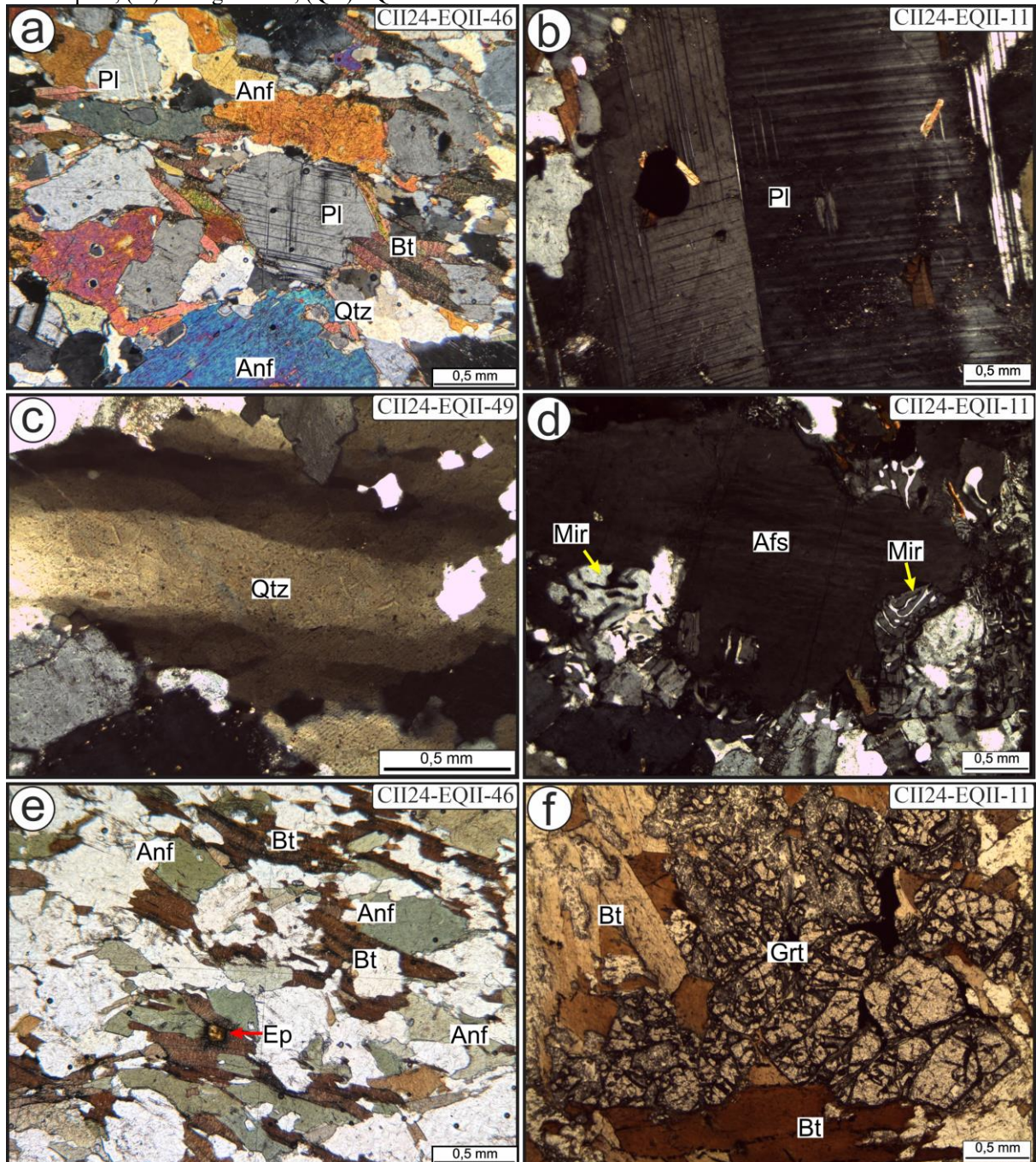
Os metatonalitos, metagranodioritos e metamonzogranitos subordinados do Complexo São José apresentam muitas similaridades petrográficas. Nesse contexto, a seguir é apresentada uma descrição conjunta dos aspectos mineralógicos e texturais dessas rochas. Desta forma, na Figura 12 são apresentados os aspectos texturais gerais dos metatonalitos, na Figura 13 dos metagranodioritos e metamonzogranitos e na Figura 14 do anfibolito.

Os minerais essenciais dos metagranitoides são representados pelo quartzo, plagioclásio e álcali-feldspato. O quartzo ocorre na forma de cristais xenoblásticos ou agregados inequigranulares alongados de acordo com a foliação (Figura 12; Figura 13). Apresenta leve à moderada extinção ondulante, com presença de subgrãos e novos grãos, com contatos suturados (Figura 12c; Figura 13c,f), que sugerem recristalização dinâmica por migração de limites de grãos (GBM) em moderadas a altas temperaturas ($> 500^{\circ}\text{C}$). Podem ocorrer completamente recristalizados e com contatos retos e pontos tríplices, caracterizando a textura granoblástica poligonal. O plagioclásio ocorre como cristais da matriz ou fenocristais, predominantemente hipidioblásticos ou como porfiroclastos definindo formatos de *augen*. Os fenocristais podem apresentar maclamento tipo albita, albita-periclina e albita-*carlsbard* (Figura 12a–b; Figura 13 a–b). Ocorre intercrescimento mirmequítico (Figura 12d) e leve a moderada sericitização (Figura 12b; Figura 13b). Já o álcali-feldspato frequentemente exhibe maclamento xadrez e ocorre como cristais xenoblásticos à hipidioblásticos de granulação média (1–3 mm), mas podem ocorrer como fenocristais ou porfiroclastos, contornados pela matriz (Figura 13d).

Nos metagranitoides, os minerais máficos são representados principalmente pela biotita, além da presença de anfibólio e granada varietal. A biotita ocorre na forma de cristais lamelares hipidioblásticos de granulação fina à média, < 3 mm (Figura 12e; Figura 13a,b,d,e). O forte pleocroísmo varia de marrom escuro a amarelo pálido. Alguns cristais apresentam alteração fraca a moderada para clorita. Pode ocorrer associada com muscovita, especialmente nas amostras CII24-EQII-44 (Figura 13b,f). Pode ocorrer orientada e contornando porfiroclastos de plagioclásio e álcali-feldspato, pode apresentar inclusões de zircão, apatita, opacos e epidoto (Figura 12e). Enquanto isso, o anfibólio ocorre como cristais hipidioblásticos de granulação média (< 3 mm), com pleocroísmo variando de verde forte e verde pálido (Figura 12e) e cor de interferência de segunda ordem, indicando que se trata de hornblenda. Pode ocorrer definindo uma trama linear (nematoblástica) e localmente se apresentar alterado para biotita e clorita. Por sua vez, a granada ocorre como cristais hipidioblásticos, intensamente fraturado e de granulação média à grossa (Figura 12f; Figura 13e). Os opacos ocorrem como cristais xenoblásticos,

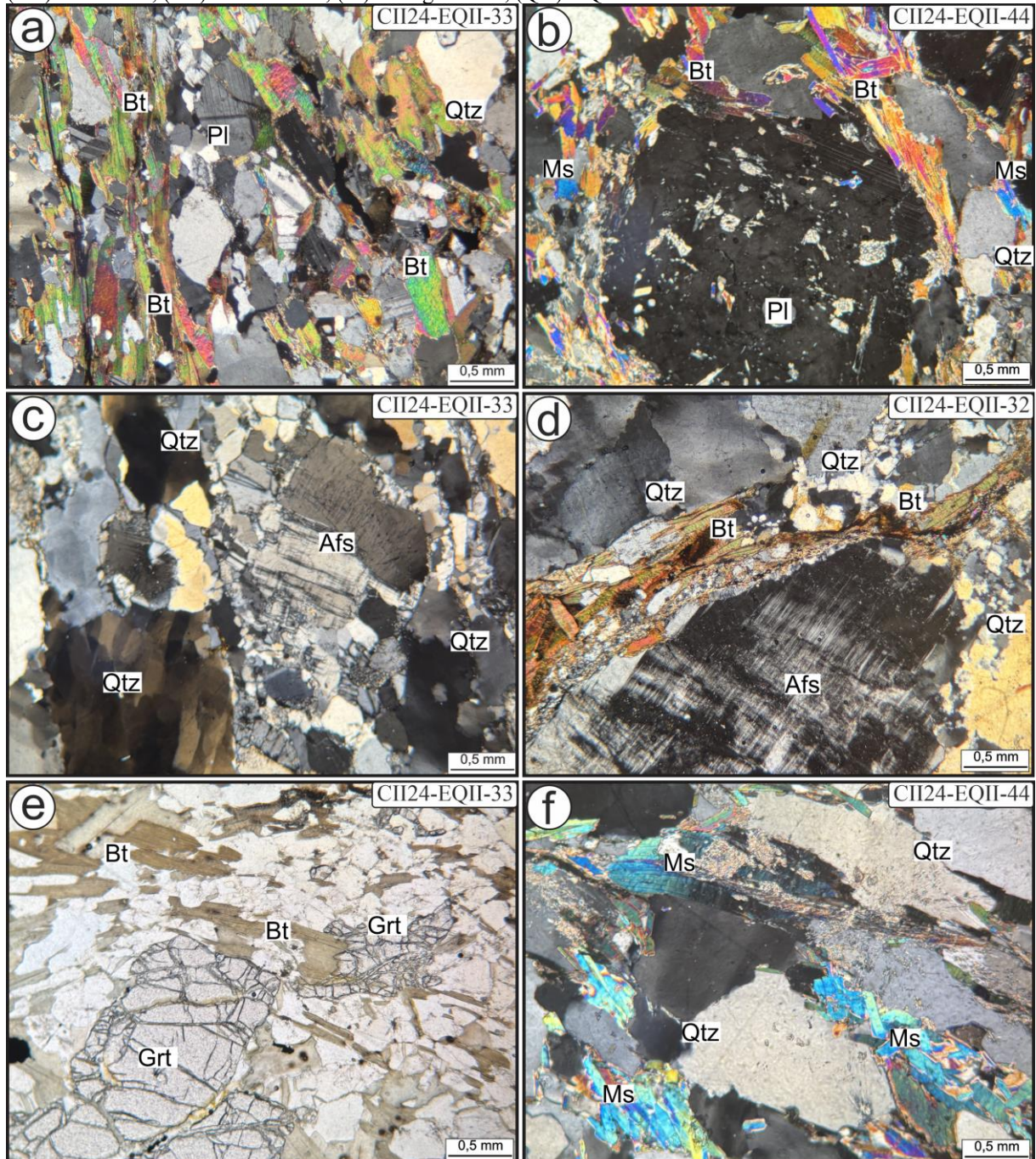
enquanto zircão, apatita e epidoto ocorre como finos cristais idióblásticos, comumente na forma de pequenas inclusões na biotita. Clorita ocorre como produto de transformação da biotita e hornblenda, enquanto sericita e epidoto são associados à alteração dos feldspatos.

Figura 12 – Aspecto microestruturais do metatonalito. (a) Textura granoblástica composta por plagioclásio, quartzo, anfibólio e biotita; (b) plagioclásio com maclamento *carlsbad* e inclusões de opaco e biotita; (c) quartzo com forte extinção ondulante, definindo bandas de deformação; (d) intercrescimento mirmequítico no plagioclásio em contato com o álcali-feldspato; (e) textura lepidoblástica-nematoblástica definida pelo alinhamento da hornblenda e biotita, com inclusão de epidoto; e (f) granada intensamente fraturada em contato com a biotita. Abreviações: (Afs) – Álcali-feldspato, (Anf) – Anfibólio, (Bt) – Biotita, (Pê) – Epidoto, (Grt) – Granada, (Mir) Mirmequita, (Pl) – Plagioclásio, (Qtz) - Quartzo.



Fonte: Autora (2025).

Figura 13 – Aspectos microestruturais dos metagranodioritos e metamonzogranitos subordinados. (a) Textura lepidoblástica definida pelo alinhamento de biotita e agregados de quartzo e feldspatos; (b) Plagioclásio com alteração sericítica; (c) Agregados de quartzo com extinção ondulante, contatos serrilhados e identificação de recristalização por borda de grão; e (d) foliação milonítica marcada pela biotita e porfiroclasto de álcali-feldspato; (e) granada e biotita com forma hipidioblástica; e (f) agregados de quartzo recristalizado tipo GBM e cristais de muscovita definindo a foliação da rocha. Abreviações: (Anf) – Anfibólio, (Afs) – Álcali-feldspato, (Bt) – Biotita, (Grt) – Granada, (Ms) – Muscovita, (Pl) – Plagioclásio, (Qtz) – Quartzo.

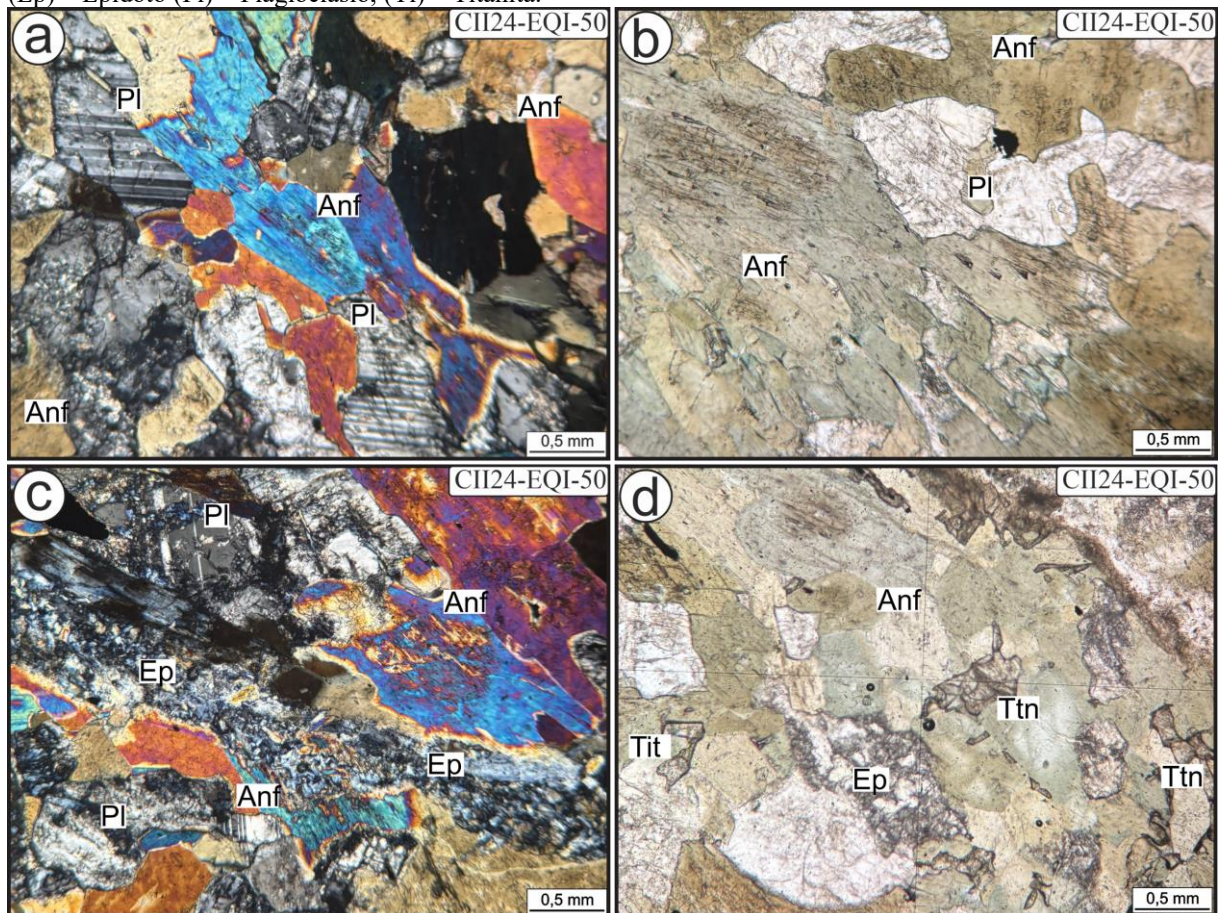


Fonte: Autora (2025).

A amostra CII-EQ-I-50 é classificada como um anfibolito, apresenta granulação média, é composto essencialmente por hornblenda, plagioclásio, exibindo textura granoblástica poligonal a nematoblástica, (Figura 14a,b). A hornblenda ocorre como cristais idioblásticos a

hipidioblásticos, granulação média, com pleocroísmo verde a marrom claro e cores de interferência de segunda ordem (Figura 14a–b). O plagioclásio ocorre como cristais hipidioblásticos a xenoblásticos, granulação média, fortemente sericitizados, com maclamento do tipo albita raramente preservado (Figura 14a). A rocha é cortada por microvênulas de epidoto e sericita (Figura 14c). Epidoto e titanita, de granulação fina, podem ocorrer também de forma disseminada pela rocha normalmente associados a hornblenda (Figura 14d).

Figura 14 – Aspectos microestruturais do anfibólito. (a) Textura granoblástica poligonal e plagioclásio com maclamento albita; (b) cristais de anfibólio com pleocroísmo variando de verde a marrom; (c) microvênula preenchida por epidoto; (d) destaque para cristais titanita fina, marrom pálida. Abreviações: (Anf) – Anfibólio, (Ep) – Epidoto (Pl) – Plagioclásio, (Ti) – Titanita.



Fonte: Autora (2025).

5 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

O Complexo São José foi definido e primeiramente descrito como uma unidade ígnea preservada, representada por um corpo alongado na direção NW-SE, datado em 2501 ± 4 Ma por U-Pb em zircão (VIEIRA *et al.*, 2022), composto por biotita tonalitos e biotita granodioritos, com granitos subordinados, além da ocorrência de xenólitos de anfibólito, enclaves de biotito e lentes de BIFs. Neste estudo, além da descrição de lentes anfibólito, xenólitos de BIFs e óxidos de ferro maciço (Figura 10), que ocorrem dentro do Complexo São José (Figura 7), foram identificadas nove variedades petrográficas de metagranitoides, subdividas em quatro grupos: (i) metatonalitos com hornblenda, composto pelas variedades BHTn e HBTn; (ii) metagranitoides apenas com biotita varietal, representado pelas variedades BTn, BGd e BMzG; (iii) granitoides com granada, composto pelas variedades GBTn e GBGd; e (iv) metagranodioritos com muscovita, que compõem as variedades BMGd e MBGd.

Em termos estruturais, o Complexo São José pode apresentar aspecto pouco deformado em domínios de menor *strain* ou fortemente deformado próximo às zonas de cisalhamento (transpressivo sinistral dominado por cisalhamento puro), que são caracterizadas por foliação milonítica de direção NW-SE e mergulhos de 60–80°, predominantemente para NE. A trajetória da foliação transpõe à unidade, sugerindo uma continuidade do padrão estrutural dessas rochas com as unidades adjacentes. Além disso, em imagens aerogeofísicas é notável um grande lineamento magnético (zona de cisalhamento inferida) que corta as rochas do Complexo São José e unidades adjacentes na direção NE-SW, truncando as zonas de cisalhamento de direção regional (NW-SE). Em termos de assinatura geoquímica, Vieira *et al.* (2022) indicam que as rochas do Complexo São José são meta a levemente peraluminosas, com afinidade calcioalcalina de médio a alto-K, caráter magnesiano, elevados conteúdos de Na₂O e uma correlação negativa entre P₂O₅ e SiO₂, com baixos teores de HFSEs e ETRs, o que indica uma afinidade com granitoides calcioalcalino do tipo-I. Com base na natureza sódica, calcioalcalina e magnesiana dessa rochas, que foram datadas do final do Arqueano (2,50 Ga), pode-se indicar que a assinatura geoquímica descrita acima é similar à dos TTG arqueanos e sugere uma fonte metabasáltica ou anfibolítica, especialmente para os protólitos tonalíticos dessa unidade.

Em termos de ambiente tectônico, os dados de Vieira *et al.* (2022) indicam cenários de arcos vulcânicos e/ou sin-colisionais para o Complexo São José. Neste estudo, uma avaliação dos dados disponíveis indica que os protólitos de suas rochas foram formados no final do Arqueano (2,5 Ga), provavelmente em um ambiente de arco vulcânico, durante deformação e, portanto, o Complexo São José é uma unidade sin-tectônica em relação ao arco vulcânico arqueano que deu origem aos seus protólitos. Entretanto, o Complexo São José é pré-tectônico

em relação ao Evento Transamazônico (2,2–1,9 Ga), ou seja, ele foi formado antes do Evento Transamazônico e provavelmente foi deformado e metamorfozido durante a colisão transamazônica, com pico datado em 2,1 Ga (SANTOS, 2003; VASQUEZ & ROSA-COSTA, 2008). Em outras palavras, o Complexo São José deve ter sido afetado por metamorfismo regional (em 2,1 Ga), aproximadamente 400 milhões de anos depois da formação de seus protólitos (2,5 Ga). Apesar da falta de dados geocronológicos de metamorfismo dessa unidade, pode-se inferir que o Complexo São José registra dois eventos orogênicos, um arqueano que formou seus protólitos e outro riaciano (transamazônico), responsável pelo metamorfismo. Nesse contexto, as estruturas mais antigas, como bandamento composicionais e zonas de cisalhamento do primeiro evento (arqueano) devem ter sido obliteradas pelas estruturas mais jovens, formadas durante o Evento Transamazônico. Portanto, o padrão estrutural preservado nessas rochas, com *trend* regional NW-SE, deve estar mais relacionado ao Evento Transamazônico.

De fato, o contexto geológico e os dados disponíveis para o Complexo São José, com destaque para a idade do protólito de 2,50 Ga, sugerem que essas rochas devem ser descritas e classificadas como metamórficas, ao invés de ígneas preservadas, conforme inicialmente proposto por Vieira *et al.* (2022). A mineralogia das variedades de metagranitoides do Complexo São José é caracterizada por plagioclásio +quartzo +biotita ±alcali-feldspato ±hornblenda ±granada ±muscovita e suporta uma origem metamórfica sob condições de fácies anfíbolito, o que é reforçado pela presença de lentes de anfíbolitos dentro deste complexo. Entretanto, vale destacar que as diferentes variedades de metagranitoides plotam no diagrama QAP seguindo um *trend* de cristalização fracionada, e, portanto, não podemos descartar que seus protólitos tonalíticos poderiam ter evoluído através de uma série calcioalcalina granodiorítica para formar os protólitos dos metagranodioritos. Já os metatonalitos com granada e os metagranodioritos com muscovita poderiam representar grupos litológicos com protólitos ainda mais evoluídos, possivelmente com alguma contribuição de sedimentos em sua formação. Nesse contexto, estudos futuros envolvendo a datação do evento de metamorfismo combinado a obtenção de dados geoquímicos e isotópicos se fazem necessários para avançar na real compreensão dos processos de formação das variedades petrográficas do Complexo São José.

Com base nos dados da literatura, pode-se indicar que o Ortognaisse Uruará, com protólito datado em 2,50 Ga (SANTOS, 2003), 2,49 Ga (VASQUEZ *et al.*, 2008) e 2,44 Ga (VASQUEZ *et al.*, 2005) provavelmente experimentou uma história tectônica análoga à do Complexo São José. Entretanto, o Ortognaisse Uruará apresenta litotipos com evidências de migmatização, sugerindo um maior grau de metamorfismo com relação ao Complexo São José,

que até então é caracterizado por litotipos sem feições de migmatização. Vasquez & Rosa-Costa (2008) agrupa o Ortognaisse Uruará na associação granito-gnáissica-migmatítica arqueana-paleoproterozoica, em conjunto com o Ortognaisse Pacajá (com idade do protólito datado em 2,67 Ga e de metamorfismo em 2,19 Ga; MACAMBIRA, 2004) e o Metatonalito Rio Bacajá, com protólito datado em 2,31 Ga (FARACO *et al.*, 2005) e em 2,34 Ga (VASQUEZ & ROSA-COSTA, 2008). Portanto, em termos geocronológicos, o Complexo São José se assemelha mais ao Ortognaisse Uruará, se comparado ao Ortognaisse Pacajá e ao Metatonalito Rio Bacajá. Assim, neste estudo, além de indicar uma natureza metamórfica para os litotipos do Complexo São José, sugere-se agrupar essa unidade na mesma associação tectônica do Ortognaisse Uruará (associação granito-gnáissica-migmatítica arqueana-paleoproterozoica).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M. *et al.* **Províncias estruturais brasileiras.** In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE. Atas... Campina Grande: SBG, 1977.
- AMARAL, G. **Geologia Pré-Cambriana da Região Amazônica.** 1974. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1974.
- BESSER, M. L. **Origem e evolução das rochas paleoproterozoicas da área Rio Bacajá, Pará, Brasil.** 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- BOWDEN, P. *et al.* **Petrological, geochemical and source criteria for the classification of granitic rocks: a discussion.** Physics of the Earth and Planetary Interiors, 1984.
- BRITO NEVES, B. B.; CORDANI, U. G. **Tectonic evolution of South America during the Late Proterozoic.** Precambrian Research, 1991.
- BUCHER, K. **Petrogenesis of metamorphic rocks.** 9. ed. Cham: Springer, 2023.
- CORDANI, U. G. *et al.* **Evolução tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos.** In: CONGRESSO GEOLÓGICO CHILENO. Actas... Arica, 1979.
- CORDANI, U. G.; BRITO NEVES, B. B. de. **The geologic evolution of South America during the archaean and early proterozoic.** Revista Brasileira de Geociências, 1982.
- COSTA, J. B. S.; HASUI, Y. **Evolução Geológica da Amazônia.** In: ROSA-COSTA, L. T.; ANGÉLICA, R. S. (Coord.). Contribuições à geologia da Amazônia. Belém: FINEP/SBG-Núcleo Norte, 1997.
- FARACO, M. T. L. *et al.* **Levantamento geológico da região ao norte da província Carajás.** Contribuições à Geologia da Amazônia, 2005.
- FERREIRA, C. C. **Integração de dados de campo da porção sul de Uruará, oeste do Pará: Evolução do conhecimento geológico do extremo noroeste do domínio Bacajá, Província Transamazonas.** 2025 [Em preparação]. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2025.
- FETTES, D.; DESMONS, J. **Metamorphic Rocks: A Classification and Glossary of Terms.** Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- HASUI, Y, *et al.* **Província Tocantins. Setor Setentrional.** In: ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y. (Coord.). **O Pré-cambriano do Brasil.** São Paulo: Edgard Blücher, 1984.
- HASUI, Y.; ABREU, F. A. M. de; SILVA, J. M. R. da. **Estratigrafia da Faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia no centro-norte do Brasil.** Boletim do Instituto de Geociências, São Paulo, v. 8, p. 107-118, 1977.
- JORGE JOÃO, X. S.; VALE, A. G.; LOBATO, T. A. M. **Altamira: folha SA.22-Y-D, Estado do Pará.** Brasília: DNPM/CPRM, 1987.

LAGO & COSTA. **Projeto aerogeofísico Rio Bacajá: relatório final do levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos**. Rio de Janeiro: Lasa Prospecções, 2016.

LE MAITRE, R. W. **A classification of igneous rocks and glossary of terms**. London: Cambridge University Press, 2002.

MACAMBIRA, M. J. B. *et al.* **Investigação do limite Arqueano-Paleoproterozoico ao norte da Província de Carajás, Amazônia Oriental**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Resumos... Araxá, 2004.

MACAMBIRA, M. J. B. *et al.* **Novos dados geológicos e geocronológicos para a região ao norte da Província de Carajás, evidências para o estabelecimento do limite Arqueano-Paleoproterozoico no sudeste do Cráton Amazônico**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA. Belém, 2001.

MACAMBIRA, M. J. B.; PINHEIRO, R. V. L.; ARMSTRONG, R. A. **A fronteira Arqueano-Paleoproterozoico no SE do Cráton Amazônico; abrupta no tempo, suave na tectônica?** In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA. Anais... Porto Velho: SBG Núcleo Norte, 2007.

MACAMBIRA, M.J.B. *et al.* **New isotope evidences confirming the existence of a Paleoproterozoic terrain in the region at north of the Carajás Mineral Province**. In: South American Symposium on Isotope Geology. Salvador, 2003.

MONTEIRO, P. C. **Investigação do limite entre domínios geocronológicos da região do médio rio Xingu, sudeste do Cráton Amazônico**. 2006. Dissertação (Mestrado) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

OLIVEIRA, J.; SILVA NETO, C.; COSTA, E. **Serra Pelada; folha SB. 22. X. C. Estado do Pará**. Brasília: CPRM, 1994.

RICCI, P. S. F. *et al.* **Projeto Província Mineral da Renca e Distrito Mineral do Ipitinga Estados do Pará e Amapá. Fase 1**. Belém: CPRM, 2001.

RICCI, P. S. F. *et al.* **The reanalysed Carajás Block is interposed between the Bacajá and Rio Maria Archean terranes – Guaporé Craton**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA. Manaus, 2003.

RICCI, P. S. F. **Mineralogically bizarre charnockitoids of the Bacajá High-Grade Block (Pará): discharnockitized and reemplaced plutons mistakenly confused with granitoids crystallized at shallower crustal levels**. Simpósio de Geologia da Amazônia, 2006.

RICCI, P. S. F. **Most of the “Xingu Complex” previously mapped in the Bacajá High-Grade Block (Pará) comprises retrograded granulites as yet unsuspected from a petrological standpoint**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. 2006.

ROSA-COSTA, L. T. *et al.* **Geology and geochronology of Archean and Paleoproterozoic domains of the southeastern Amapá and northwestern Pará, Brazil – southeastern Guiana Shield**. Géologie de la France, 2003.

ROSA-COSTA, L. T. **Geocronologia $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, Sm-Nd, U-Th-Pb e $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ do segmento sudeste do Escudo das Guianas: evolução crustal e termocronologia do evento Transamazônico**. 2006. Tese (Doutorado) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

ROSA-COSTA, L. T.; LAFON, J. M.; DELOR, C. **Zircon geochronology and Sm-Nd isotopic study: further constraints for the Archean and Paleoproterozoic geodynamical evolution of the southeastern Guiana Shield, north of Amazonian Craton, Brazil**. Gondwana Research, 2006.

SANTOS, J. O. S. et al. **New understanding of the Amazon Craton provinces, based on field work and radiogenic isotope data**. Gondwana Research, 2000.

SANTOS, J. O. S. **Geotectônica do Escudo das Guianas e Brasil-Central**. In: BIZZI, L. A. et al. (Ed.). Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG. Brasília: CPRM, 2003.

SOUZA, V. S.; MACAMBIRA, M. J. B.; KOTSCHOUBEY, B. **Idade de zircão do granito Felício Turvo, garimpo de ouro do Manelão, região do Bacajá (PA): implicações tectônicas**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA. Resumos... Manaus: SBG, 2003.

TASSINARI, C. C. G.; MACAMBIRA, M. J. B. **A evolução tectônica do Cráton Amazônico**. In: MANTESSO-NETO, V. et al. (Ed.). Geologia do continente Sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2004.

TASSINARI, C. C. G.; MACAMBIRA, M. J. B. **Geochronological provinces of the Amazonian Craton**. Episodes, 1999.

TASSINARI, C.C.G. et al. **The Amazonian Craton**. In: CORDANI, U.G. et al. (Ed.). **Tectonic Evolution of South America**. Rio de Janeiro: 31. International Geological Congress, 2000.

TASSINARI, C.C.G. **O mapa geocronológico do Cráton Amazônico no Brasil: revisão dos dados isotópicos**. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo. (Tese de Livre-doscência), 1996.

TEIXEIRA, W. et al. **A review of the geochronology of the Amazonian Craton: tectonic implications**. Precambrian Research, 1989.

VASQUEZ, L. M.; ROSA-COSTA, L. T. **Geologia e Recursos Minerais do Estado Do Pará: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais do estado do Pará**. Belém: CPRM, 2008.

VASQUEZ, M. L. et al. **Zircon geochronology of granitoids from the western Bacajá Domain, southeastern 75 Amazonian craton, Brazil: Neoproterozoic to Orosirian evolution**. Precambrian Research, 2008.

VASQUEZ, M. L. **Geocronologia em zircão, monazita e granada e isótopos de Nd das Associações litológicas da porção oeste do Domínio Bacajá: evolução crustal da porção meridional da Província Maroni-Itacaiúnas – Sudeste do Cráton Amazônico**. 2006. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

VASQUEZ, M. L.; MACAMBIRA, M. J. B.; GALARZA, M. A. **Granitóides transamazônicos da Região Irixi-Xingu, Pará - Novos dados geológicos e geocronológicos.** *In:* HORBE, A. M. C.; SOUZA, V. S. (Coord.). Contribuições à geologia da Amazônia. Manaus: SBG-Núcleo Norte, 2005.

VIEIRA, C. da S. *et al.* **Petrografia, Geoquímica e Geocronologia U-Pb de Zircão dos Granitoides Sideriano-Riacianos do Domínio Bacajá NW, Cráton Amazônico.** Journal of the Geological Survey of Brazil, 2022

VIEIRA, C. da S. **Geologia, petrografia, geoquímica e geocronologia U-Pb dos granitoides paleoproterozoicos do noroeste do Domínio Bacajá, Cráton Amazônico, Uruará-PA.** 2020. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2020.