

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**INSTITUTO DE GEOGRAFIA**  
**CURSO GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

**CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA POR DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X  
DE ARENITOS DA FORMAÇÃO CAPACETE (CRETÁCEO SUPERIOR DA  
BACIA SANFRANCISCANA) EM COROMANDEL, MINAS GERAIS**

**Marco Antônio Oliveira Guilherme**

**Monte Carmelo – MG**

**2024**

**Marco Antônio Oliveira Guilherme**

**CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA POR DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X  
DE ARENITOS DA FORMAÇÃO CAPACETE (CRETÁCEO SUPERIOR DA  
BACIA SANFRANCISCANA) EM COROMANDEL, MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso II para  
obtenção do título de Bacharel em Geologia  
pela Universidade Federal de Uberlândia,  
*campus* Monte Carmelo

Orientador: Prof. Dr. Luciano Alessandretti

**Monte Carmelo – MG**

**2024**

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da  
UFU com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

G956  
2024  
Guilherme, Marco Antonio Oliveira, 1997-  
CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA POR DIFRATOMETRIA DE  
RAIOS-X DE ARENITOS DA FORMAÇÃO CAPACETE (CRETÁCEO  
SUPERIOR DA BACIA SANFRANCISCANA) EM COROMANDEL, MINAS  
GERAIS [recurso eletrônico] / Marco Antonio Oliveira  
Guilherme. - 2024.

Orientador: Luciano Alessandretti.  
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em  
Geologia.

Modo de acesso: Internet.  
Inclui bibliografia.

1. Geologia. I. Alessandretti, Luciano, 1986-,  
(Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia.  
Graduação em Geologia. III. Título.

CDU: 551

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto -  
CRB6/2091 Nelson Marcos Ferreira -  
CRB6/3074

**Marco Antônio Oliveira Guilherme**

**CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA POR DIFRATOMETRIA DE RAIOS X  
DE ARENITOS DA FORMAÇÃO CAPACETE (CRETÁCEO SUPERIOR DA  
BACIA SANFRANCISCANA) EM COROMANDEL, MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso II para  
obtenção do título de Bacharel em Geologia  
pela Universidade Federal de Uberlândia,  
*campus* Monte Carmelo

Orientador: Prof. Dr. Luciano Alessandretti

**Banca Examinadora**

---

Prof. Dr. Luciano Alessandretti

Universidade Federal de Uberlândia

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Josiane Branco Plantz

Universidade Federal de Uberlândia

---

Prof. Dr. Félix Nannini

Universidade Federal de Uberlândia

**Monte Carmelo – MG**

**2024**

## Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus por sempre me dar forças e ser minha companhia nos momentos difíceis, sendo sempre meu porto seguro e impedindo que eu desistisse desse objetivo.

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Prof. Dr. Luciano Alessandretti, que não mediu esforços para que este trabalho fosse realizado e ofereceu total assistência nos momentos em que precisei e todas as resenhas durante este trabalho. Agradeço também a todo o corpo docente do Curso de Geologia da Universidade Federal de Uberlândia.

Agradeço ao Leandro Gustavo pelo auxílio na preparação das amostras e ao Laboratório de Preparação de Amostras do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) da Universidade Estadual Paulista (UNESP, *campus* Rio Claro) por ceder os equipamentos para que esta fosse realizada. Ao Rony do Instituto de Química da UFU, que realizou as análises de difratometria de raios X para que esse trabalho fosse concluído.

Agradeço também a todos os meus familiares por sempre me apoiarem em minhas decisões e por me ajudarem no que foi possível, com destaque para meu tio Zé, Tia Nida, Tia Rosy, meu primo Thiago e os demais tios e primos. Não poderia deixar de agradecer à minha amada avó Terezinha dos Santos de Oliveira, que partiu nesta reta final, mas que sempre cuidou de mim e torceu pelas minhas conquistas. Agradeço a Celi, quem locou o apartamento para que eu pudesse morar, e muito me ajudou no tempo em que estive morando em Monte Carmelo.

Agradeço à minha namorada, Daiane, por todo o companheirismo e por sua paciência, conseguindo superar o tempo e a distância.

A todos que partilharam comigo ao longo desta jornada na graduação e aos caros: Marcelo, Luis, João, Vittor, Lucas, Robson, Hernani, João Pedro, e meus amigos Sidney, Matheus, Fernando e Maycon.

E, finalmente, agradeço imensamente aos meus pais, José Raimundo Guilherme e Aparecida Paula Oliveira Guilherme, por serem meu porto seguro e por não medirem esforços para que eu pudesse estar aqui e seguir em frente. Esta conquista é para vocês.

A todos, o meu muito obrigado.

## Resumo

A Formação Capacete, Cretáceo Superior da Bacia Sanfranciscana, é majoritariamente constituída por pelitos, arenitos e conglomerados depositados em sistemas fluviais entrelaçados e meandrantés. O presente trabalho de conclusão de curso objetivou a caracterização mineralógica das rochas sedimentares da Formação Capacete em Coromandel, Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, através de análises de difratometria de raios X (DRX) pelo método do pó. A composição mineralógica identificada é relativamente uniforme para as dez amostras analisadas. Os minerais identificados foram quartzo, muscovita, illita, ortoclásio e caulinita. A compilação de dados de análise de fácies, paleocorrentes e de contagem modal da composição detrítica principal com os dados de DRX obtidos permitiu corroborar e refinar o entendimento da proveniência sedimentar da Formação Capacete. A mineralogia identificada nos arenitos e conglomerados sustenta que as rochas ígneas e metamórficas da Faixa Brasília foram a principal fonte de sedimentos para Formação Capacete durante o Cretáceo Superior. Nesse sentido, os grãos de quartzo e muscovita possuem origem mais provável nos filitos e quartzitos da Formação Rio Verde do Grupo Ibiá e nos xistos e quartzitos do Grupo Araxá. Os grãos de ortoclásio são interpretados como provenientes dos metagranitos e metatonalitos da Suíte Jurubatuba. Os argilominerais identificados são interpretados como o produto de intemperismo químico atuante sobre feldspatos e muscovitas. Os minerais identificados a partir de DRX sugerem áreas-fonte localizadas a N-NW a partir de um cinturão orogênico reciclado.

**Palavras-chave:** Formação Capacete; Bacia Sanfranciscana; Proveniência sedimentar; Difratometria de raios-X

## Abstract

The Capacete Formation, Upper Cretaceous of the Sanfranciscana Basin, consists mainly of pelite, sandstone, and conglomerate deposited in braided and meandering river systems. The aim of this work was the mineralogical characterization of the sedimentary rocks of the Capacete Formation in Coromandel, state of Minas Gerais, Brazil, by X-ray diffraction (XRD) analyzes. The mineralogical composition of the ten samples analyzed is relatively uniform. The minerals identified were quartz, muscovite, illite, orthoclase and kaolinite. The combination of facies analysis, paleocurrent and modal count data with the XRD data obtained here confirms and refines the understanding of the sedimentary provenance of the Capacete Formation. The mineralogy identified in the sandstones and conglomerates suggests that the igneous and metamorphic rocks of the Brasília Belt were the main source of the sediments of the Capacete Formation during the Late Cretaceous. In this sense, the quartz and muscovite grains most likely originate from the phyllites and quartzites of the Rio Verde Formation of the Ibiá Group and the schists and quartzites of the Araxá Group. The orthoclase grains are interpreted as originating from the metagranites and metatonalites of the Jurubatuba Suite. The identified clay minerals are interpreted as the product of chemical weathering of feldspars and muscovite. The minerals identified by XRD suggest source areas in the N-NW from a recycled orogenic belt.

**Keywords:** Capacete Formation, Sanfranciscana basin; Sedimentary provenance; X ray diffraction

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	8
2.	OBJETIVOS .....	10
3.	METODOLOGIAS .....	10
3.1.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	10
3.2.	TRABALHOS DE CAMPO .....	11
3.2.1.	DESCRIÇÃO DAS SEÇÕES COLUNARES E ANÁLISE DE FÁCIES.....	11
3.2.2.	COLETA DE AMOSTRAS.....	11
3.3.	PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISES DE DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X (DRX) .....	12
3.4.	ANÁLISES DE DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X.....	14
4.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	15
5.	CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL .....	17
6.	ESTRATIGRAFIA DA BACIA SANFRANCISCANA .....	18
7.	RESULTADOS .....	21
7.1.	SEÇÕES COLUNARES.....	21
7.1.1.	ANÁLISE DE FÁCIES DA SEÇÃO 3.....	25
7.2.	DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X .....	26
8.	DISCUSSÃO .....	27
9.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

## 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

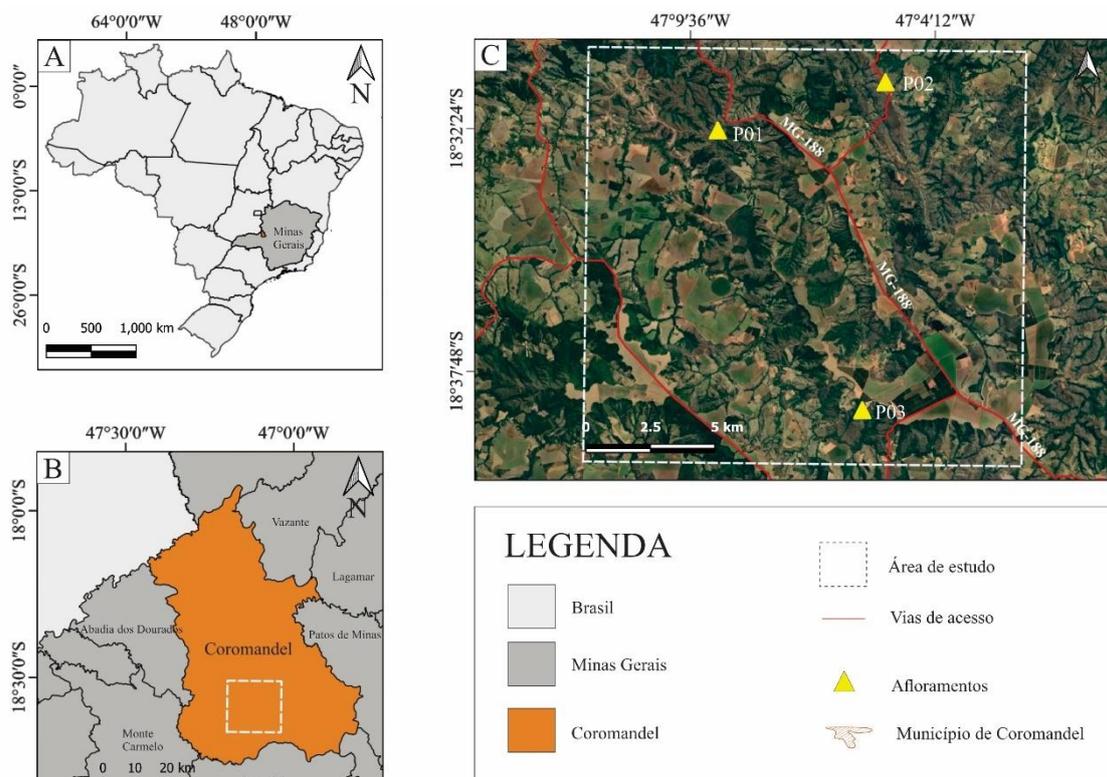
O estudo da proveniência sedimentar pode envolver várias disciplinas da geologia (HAUGHTON; TODD; MORTON, 1991), dentre as quais a mineralogia se faz em destaque no presente trabalho. De acordo com Haughton, Todd e Morton (1991), a proveniência sedimentar inclui a localização das áreas fontes de sedimentos, onde esses dados podem possibilitar a reconstrução paleogeográfica (ROSER; KORSCH, 1988) e até mesmo tectônica como a exposição do embasamento e eventos de reciclagem (COX; LOWE; CULLERS, 1995). Portanto, é necessária coleta de dados de paleocorrentes e até mesmo geocronologia, geoquímica e o levantamento da distribuição detrítica de algumas assembleias minerais, como minerais pesados, opacos ou de composição específica de implicações petrogenéticas, podendo ser realizada também pela análise da composição modal e tamanho dos grãos (BASU; MACKAY; GERKE, 1988).

No sentido de encontrar assembleias mineralógicas específicas para compreender a possível rocha fonte, e conseqüentemente a área fonte, a difratometria de raios-x pode ser utilizada, como em Mendes *et al.* (2020) através de amostras na fração argila e areia média a grossa, em conjunto a análise de minerais pesados. Em estudo semelhante, na Bacia Bauru, Mattos e Batezelli (2019) utilizam em adição ao DRX, a fluorescência de raios-X e elementos predominantes para classificação das rochas fontes, encontrando como áreas fonte o embasamento pré-Cambriano na região do Alto Paranaíba.

Na região a sudeste de Coromandel (Fig. 1), onde afloram os depósitos mais austrais da Bacia Sanfranciscana. A Formação Capacete, é caracterizada por depósitos de arenitos do Cretáceo Superior, os quais são objeto de estudo do presente trabalho. Seer *et al.* (1989), indica que a Formação Capacete foi depositada em condições de leques aluviais, transitando lateralmente para derrames vulcânicos alcalinos da Formação Patos. Campos e Dardenne (1997a; 1997b), em revisão sobre a Bacia Sanfranciscana, afirmam a contribuição de rochas vulcânicas e de areias eólicas para a Formação Capacete. Essa contribuição vulcânica ocorre, de acordo com os autores, em resposta ao soergimento da região do Alto Paranaíba, que limita a bacia a sul, resultante das várias intrusões alcalinas de complexos carbonatíticos e kimberlitos (RICCOMINI; FERNANDEZ; GOMES, 2005). Apesar dos estudos sedimentares e correlações com áreas fonte, são raros os estudos voltados a proveniência sedimentar com base em abordagem multi-

indicadores, para o levantamento da mineralogia, seja através de lâminas petrográficas (e.g., SILVA 2023), ou por difratometria de raios-x, como aqui proposto. Esta última, é uma das possíveis metodologias a serem aplicadas em arenitos e pelitos, uma vez que suas composições mineralógicas podem armazenar importantes fontes de informação sobre intemperismo, transporte e deposição de material sedimentar, por manterem as assinaturas características da área-fonte (GRAVINA *et al.*, 2002). Nessa região também afloram rochas piroclásticas (tufos) que ainda carecem de estudos petrológicos detalhados. Para tal, pretende-se aplicar também a metodologia de difratometria de raios-x nesses litotipos, com o intuito de verificar sua mineralogia e aferir as possíveis contribuições de centros vulcânicos ou de outras rochas presentes no Alto Paranaíba para origem da Formação Capacete da Bacia Sanfranciscana..

**Figura 1:** Mapas de localização - A) Mapa do Brasil com destaque para o Estado de Minas Gerais e a cidade Coromandel. B) Localização do município de Coromandel na Mesorregião do Triângulo Mineiro AltoParanaíba. A quadrícula tracejada delimita a área de estudo ao sul do município. C) Imagem de satélite do Google Earth™ com a localização dos afloramentos em estudo e a principal via de acesso, MG 188.



Fonte: O Autor

## **2. OBJETIVOS**

O presente Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo discutir as possíveis áreas fontes de sedimentos que originaram os depósitos englobados na Formação Capacete, no município de Coromandel, através da assembleia mineralógica constituinte dos arenitos e sedimentos da matriz de conglomerados em três afloramentos, encontrada em Difractometria de Raios-X. Para isso, tem como objetivos específicos:

- Obter a composição mineralógica das rochas sedimentares da Formação Capacete através da interpretação de difratogramas de raios x;
- Delimitar as litologias das áreas-fonte de sedimentos para a Formação Capacete durante o Cretáceo Superior; e
- Identificar a localização geográfica das áreas-fonte.

## **3. METODOLOGIAS**

Os principais métodos utilizados para o desenvolvimento do presente projeto buscaram viabilizar a caracterização mineralógica, bem como a interpretação dos dados produzidos pela difratometria de raios-x em amostras de arenitos e matriz de conglomerado da Formação Capacete. Tendo em vista que descrições de lâminas petrográficas na área de coleta foram realizadas em Silva (2023), optou-se pela metodologia da difratometria de raios-x no presente trabalho para identificar possíveis minerais indicadores de rochas vulcânicas da Formação Capacete como fonte de sedimentos para a Formação Capacete. Desse modo o projeto foi pautado nas metodologias descritas abaixo.

### **3.1. Revisão bibliográfica**

A revisão bibliográfica teve como foco o levantamento e leitura crítica da literatura referente aos temas de interesse. Foi dada ênfase especial aos estudos focados nas análises estratigráficas e sedimentológicas da porção sul da Bacia Sanfranciscana. Também foi dado destaque às leituras referentes à proveniência de rochas sedimentares para correlações com os minerais identificados na Difractometria de Raios-X.

### **3.2. Trabalhos de campo**

A etapa de trabalho de campo ocorreu durante dois dias e contemplou a coleta de dados e amostras de rochas da Formação Capacete, aflorantes a sudeste de Coromandel. Foram coletadas amostras de arenitos e da matriz de conglomerados provenientes de três afloramentos (P01, P02 e P03) (Fig. 1) para análises de difratometria de raios-x.

#### **3.2.1. Descrição das seções colunares e análise de fácies**

Como abordado brevemente, foram coletadas amostras em três afloramentos, onde nos dois primeiros (P01 e P02) foram compiladas descrições de Sedorko *et al.* (2020) e Silva (2023). A seção P03 foi levantada em escala vertical 1:20 e possui correlação estratigráfica com a Seção P02, abordadas com mais detalhe no Capítulo 7 (Resultados). As descrições das fácies dos depósitos fluviais e seus elementos arquitetônicos seguiram de acordo com Miall (1985; 1994; 2006), onde o autor apresenta detalhadamente modelos posicionais, a arquitetura fluvial e as características de cada sistema.

#### **3.2.2. Coleta de amostras**

Durante a coleta das amostras foram selecionadas aquelas onde o afloramento apresentava menor grau de alteração. Cada amostra foi composta por cerca de três quilogramas de material rochoso. A amostragem foi realizada com base nas seções colunares e litofácies apresentadas em Sedorko *et al.* (2020) e Silva (2023). Foi coletado um total de 10 amostras: 5 na Seção P01, 3 na Seção P02 e 2 na Seção P03. A localização estratigráfica das amostras está representada na Figura 8.

Parte das amostras da Seção 1 que foram utilizadas para a realização de análises de difratometria de raios-x (amostras P01-A, P01-E, P01-H) são as mesmas utilizadas por Silva (2023) para estudos de proveniência por meio de análise de paleocorrentes e contagem modal da composição detrítica, em adição às novas coletas das amostras P01-C, P01D e P01-L. O uso de amostras previamente coletadas e novas coletas foram realizadas (P01-C, P01D e P01-L) na base da coluna estratigráfica, na metade da sequência e na parte superior, objetivando caracterizar a transição de sistemas fluviais

entrelaçados para meandantes. As amostras coletadas foram catalogadas e armazenadas no Laboratório de Paleontologia Estratigráfica (LAPE), unidade Boa Vista, *campus* Monte Carmelo da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

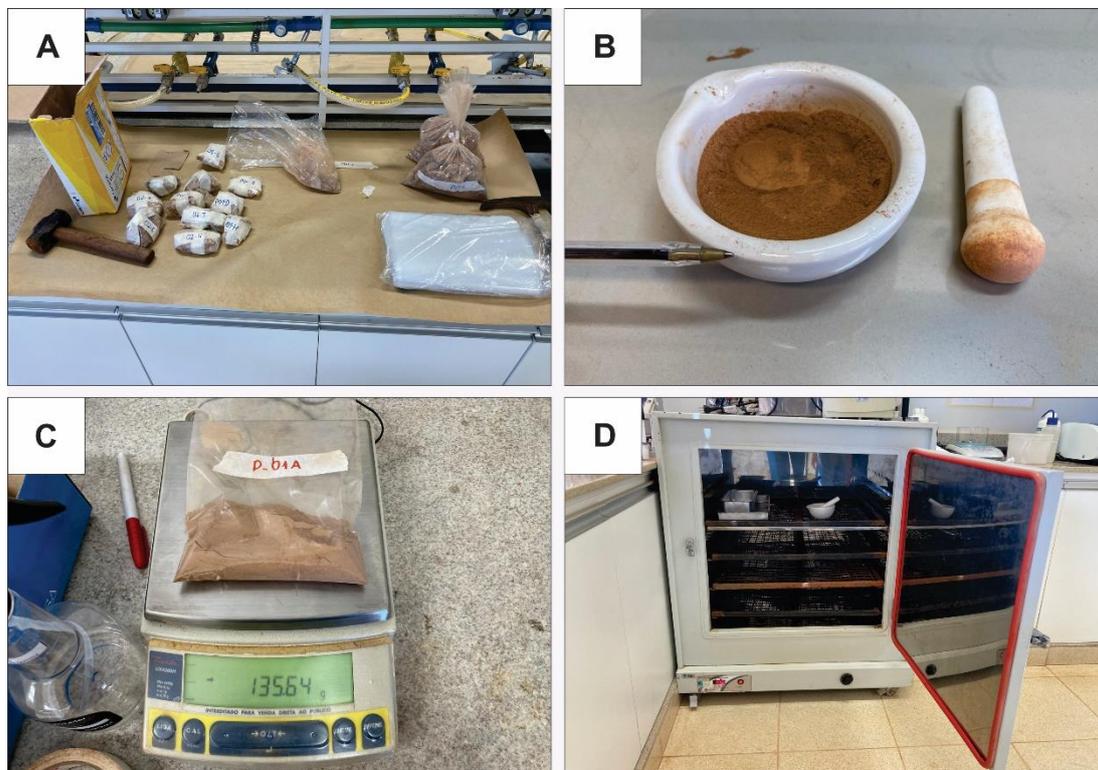
### **3.3. Preparação das amostras para análises de difratometria de raios-x (DRX)**

Para análises de DRX, o material amostrado deve ser tratado para obtenção da fração granulométrica necessária e no caso do presente estudo, obtida granulometria “argila” ( $<2\mu\text{m}$ ), com amostra devidamente homogeneizada. Para a preparação de material para tais análises, tradicionalmente as amostras devem ser britadas, quarteadas e pulverizadas. A etapa da britagem não foi necessária para as amostras da Formação Capacete devido ao baixo grau de litificação e cimentação dos conglomerados, arenitos e pelitos dessa unidade estratigráfica.

Inicialmente, procedeu-se com a retirada manual de quaisquer materiais vegetais que porventura estivessem presentes nas amostras, com intuito de minimizar ruídos na leitura do DRX. O método manual foi suficiente, tendo em vista que as amostras possuem pouco material vegetal. Após retirada da matéria orgânica, as amostras foram armazenadas em estufa por 24 horas a temperatura constante de 50 °C para secagem. Com as amostras secas, procedeu-se com o processo de cominuição.

Essa etapa foi realizada no Laboratório de Química, *campus* Araras (UFU). Para tal, cerca de 300 gramas do material de cada uma das amostras foi despejado em almofariz de cerâmica e manualmente fragmentado com auxílio de pistilo até atingir frações granulométricas aproximadas de silte/argila (Figura 2A e 2B). As amostras foram pesadas (Figura 2C) e posteriormente quarteadas em porções de aproximadamente 75 g pesadas em balança. Após o preparo de cada uma das amostras, procedeu-se com a limpeza dos materiais cerâmicos para evitar contaminações. Para esse fim, utilizou-se primeiramente água corrente e esponja de limpeza de uso comum. Com a retirada total do material, pistilo e almofariz foram higienizados com álcool e papel toalha e armazenados em estufa a 50 °C por 2 horas (Figura 2D) até o início da fragmentação da seguinte amostra.

**Figura 2:** A) Coleção de amostras coletadas em campo para a moagem prévia. B) Almofariz e pistilo de cerâmica utilizados para moagem das amostras. C) Balança semi-analítica utilizada para aferir o peso das amostras. D) Estufa utilizada para secagem do almofariz e do pistilo entre o preparo das amostras.



Fonte: O Autor.

A seguinte etapa do processo de preparo das amostras foi sua fragmentação por meio de moinho de bolas locado no Laboratório de Preparação de Amostras do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista (UNESP) em Rio Claro–SP (Figura 3A). Através desse procedimento, o material representativo de cada amostra foi cominuído até a fração argila (Figura 3B). A duração de moagem do material foi de um minuto a 750 rotações por minuto.

**Figura 3:** A) Moinho de bolas planetário da marca Retsch, modelo PM100, locado no Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP em Rio Claro. (B) Material resultante da fragmentação da amostra P01-A por meio de moinho de bolas.



Fonte: Leandro Gustavo da Silva

### 3.4. Análises de difratometria de raios-x

As análises de difratometria de raios-x (DRX) foram realizadas em dez amostras e objetivaram a identificação de minerais da fração < 200 *mesh* e de argilominerais. As análises foram efetuadas em difratômetro de raios-x da marca Shimadzu, modelo XRD6000, controlado por sistema computadorizado e portador de tubo de radiação  $\text{CuK}\alpha$  (1.541874 Å) a 40 kV e 30 mA. A varredura foi realizada no modo contínuo, com passo de  $0,02^\circ$ . O difratômetro está locado no Laboratório de Caracterização de Materiais da Universidade Federal de Uberlândia, *campus* Santa Mônica. A interpretação dos difratogramas foi feita com auxílio do *software* Match!

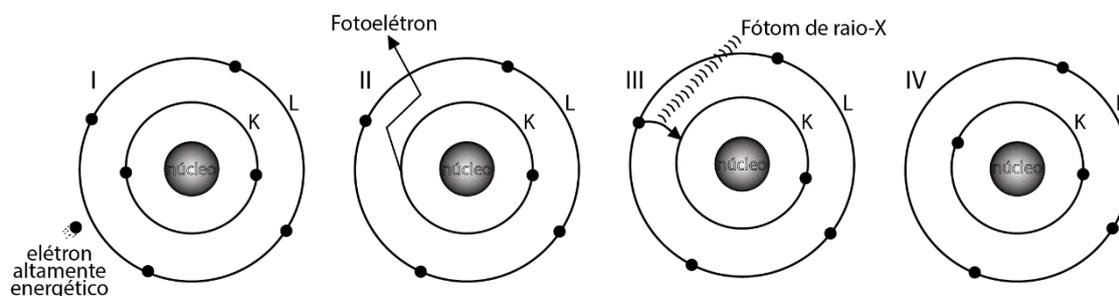
(<https://www.crystalimpact.com/match/>). Utilizou-se adicionalmente uma base de dados espectrais de diferentes minerais, disponibilizadas pelo *RRUFF™ Project* (<https://rruff.info/>).

## 4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 4.1 Difratomia de raios-X

Segundo Bleicher e Sasaki (2000), a colisão entre um alvo metálico (anodo) e um elétron de alta energia é o método mais satisfatório para a produção de raios-x. A Figura 4 exemplifica o que ocorre quando o elétron atinge o alvo (I), um elétron da camada (K) de um átomo do material é liberado na forma de fotoelétron (II), gerando então uma abertura na camada. Para preencher essa abertura cedida por esse elétron, é necessário que um novo elétron saia de uma camada mais externa e agregue a camada interna interpretada como camada (K), sendo assim é liberando uma energia na forma de fóton de raios-x (IV). A energia gerada desse fóton corresponde à diferença de energia entre as duas camadas.

**Figura 4:** Produção de raios X a nível atômico.



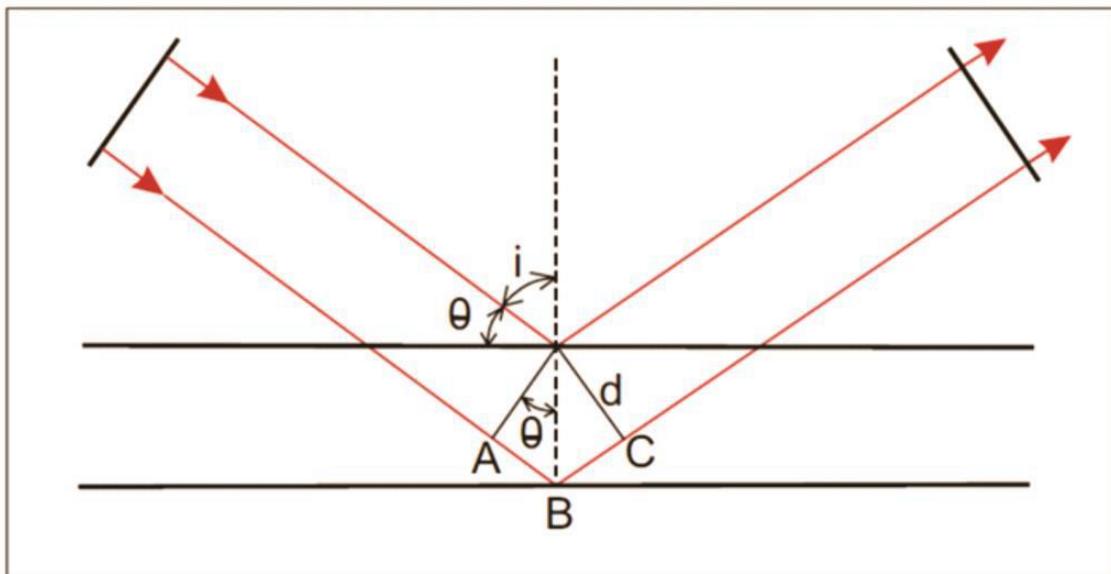
**Fonte:** Retirado de Bleicher e Sasaki (2000).

Os raios-x constituem ondas eletromagnéticas que se manifestam acompanhadas por um campo elétrico em flutuação periódica. Dessa forma, a difração por cristais decorre de um processo no qual os raios-x são dispersos pelos elétrons dos átomos, sem alteração no comprimento de onda. A difração cristalina representa uma propriedade física

intrínseca da substância, desempenhando um papel crucial não apenas na sua identificação, mas também no estudo da sua estrutura (FORMOSO, 1985).

A interação dos raios-x com a matéria é um fenômeno relevante, pois os raios-x podem ser dispersos pelos elétrons dos átomos sem perda significativa de energia. Conforme destacado por (KAPLAN, 1978; JENKINS; SNYDER, 1996), quando os raios-x incidem em um material, eles tendem a mudar de direção, porém o comprimento de onda da radiação incidente é mantido. Quando a difratometria é aplicada a cristais, a disposição ordenada e periódica de átomos é identificada como uma série de planos que formam um conjunto, os quais são compreendidos como planos cristalográficos e são designados através dos índices de Miller (hkl). O ângulo de Bragg é um ângulo bem definido que surge do fenômeno de espalhamento dos raios-x por um conjunto de planos cristalinos (Figura 5), conforme estabelecido na Lei de Bragg (KLUG; ALEXANDER, 1974).

Figura 5: Difração de raios X sobre planos de átomos.



Fonte: Retirado de Formoso (1985).

De acordo com a Figura 5, a diferença de caminho representada por  $\Delta$ , é dada por  $\Delta = AB + BC = 2AB$ , onde  $AB = d \sin \theta$ . Aqui,  $d$  representa a distância interplanar para o conjunto de planos reticulares, e  $\theta$  é o ângulo de Bragg formado entre o feixe incidente e

os planos reticulares. Portanto, a equação obtida é  $\Delta = 2AB = 2d \sin \theta$ . Quando os planos difratam em fase, a diferença de caminho  $\Delta$  deve corresponder a um número inteiro de comprimentos de onda, ou seja,  $n\lambda$ , onde "n" é um número inteiro. Assim, a condição para a difração em fase é expressa como  $n\lambda = 2d \sin \theta$ , conforme estabelecido na Lei de Bragg. Aqui,  $\lambda$  representa o comprimento de onda dos raios-x.

No software utilizado para leitura, tomamos os valores de  $d$  e de  $2\theta$  (ou  $2\theta$ ) para identificação dos minerais, tendo em vista que uma sequência de picos em determinado espaçamento ou distância interplanar ( $d$ ) reflete o valor do ângulo  $2\theta$ , característico de determinado mineral. Como exemplo, o quartzo tem pico característico de maior intensidade no ângulo  $2\theta = 26,6$  e conseqüentemente espaçamento  $d = 3,34$ .

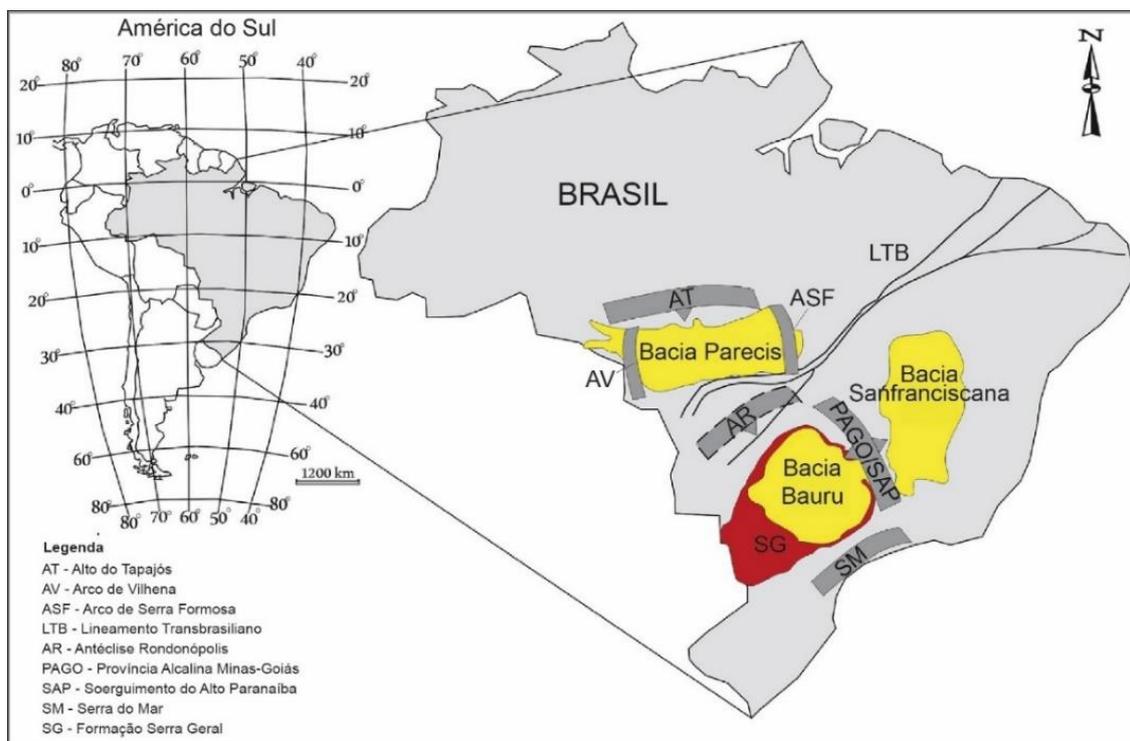
## 5. Contexto geológico regional

A região do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba é dividida em três diferentes unidades geotectônicas: Bacia Bauru (centro oeste), Faixa de Dobramentos Brasília (centro), Bacia Sanfranciscana (centro leste). De acordo com Pimentel (2016), a Faixa Brasília se constitui como um cinturão de dobramentos formado a oeste do Cráton do São Francisco durante o Neoproterozóico, na orogenia brasiliana, por processos de subducção, acreção de terrenos e magmatismo.

Durante o Jurássico até o Cretáceo Inferior, ocorreram reativações de falhas e intrusões alcalinas que deram origem a Província Ígnea do Alto Paranaíba (PIAP) (Hasui *et al.*, 1975;) (Figura 6). O soerguimento desse Arco magmático, levou a separação das bacias coevas e ativas, Bauru e Sanfranciscana (CAMPOS; DARDENNE, 1997b; RICCOMINI; VELÁZQUEZ; GOMES, 2005)

Para Fernandes e Coimbra, (1996) a Bacia Bauru é dividida em dois grupos cronocorrelatos: Caiuá (formações Santo Anastácio, Rio Paraná e Goio Erê) e Bauru (formações Adamantina, Uberaba e Marília). A Bacia Bauru, ou Grupo Bauru, é um agrupamento de unidades depositadas em ambientes fluvial e de leques aluviais. Já Bacia Sanfranciscana, onde se localiza a área de estudo deste trabalho de conclusão de curso, é caracterizada segundo Sgarbi (2000) por associações de rochas sedimentares e vulcânicas, com estratigrafia detalhada no capítulo seguinte.

**Figura 6:** Mapa de Localização da Bacia Sanfranciscana, Bacia Bauru e Bacia Parecis.



Fonte: Retirado de Batezelli e Ladeira (2016).

## 6. ESTRATIGRAFIA DA BACIA SANFRANCISCANA

A Bacia Sanfranciscana é uma bacia do tipo intracratônica que apresenta forma alongada em direção norte-sul (Figuras 6, 7A e 7B). Abrange grande parte da região centro-leste do território brasileiro e sua evolução geológica ocorreu entre o Paleozoico e Mesozoico (CAMPOS; DARNENNE, 1997b; SGARBI, 2000). A Bacia é essencialmente constituída por rochas sedimentares e vulcânicas de natureza continental (ZALÁN; SILVA, 2007) que abrangem uma área de aproximadamente 350.000 km<sup>2</sup> (Figura 7B). As rochas da Bacia Sanfranciscana estão depositadas em discordância sobre o Grupo Bambuí do Cráton do São Francisco (CAMPOS; DARDENNE, 1997b; SGARBI, 2000) e rochas da Formação Rio Verde (Grupo Ibiá) da Faixa Brasília (SEDORKO et al., 2020; SILVA, 2023). As bordas leste e oeste da Bacia Sanfranciscana são delimitadas, respectivamente, pelas faixas de dobramentos do Espinhaço e Brasília (PETRI; FÚLFARO, 1983; CARVALHO; KATTAH 1998). À sul, a Bacia Sanfranciscana é separada da Bacia Bauru pelo Arco do Alto Paranaíba (CARVALHO; KATTAH, 1998). Já na porção mais ao norte a presença do Arco de São Francisco é uma importante feição estrutural que divide as

rochas Paleozoicas da Bacia Sanfranciscana e a Bacia do Parnaíba (CAMPOS; DARDENNE, 1997b).

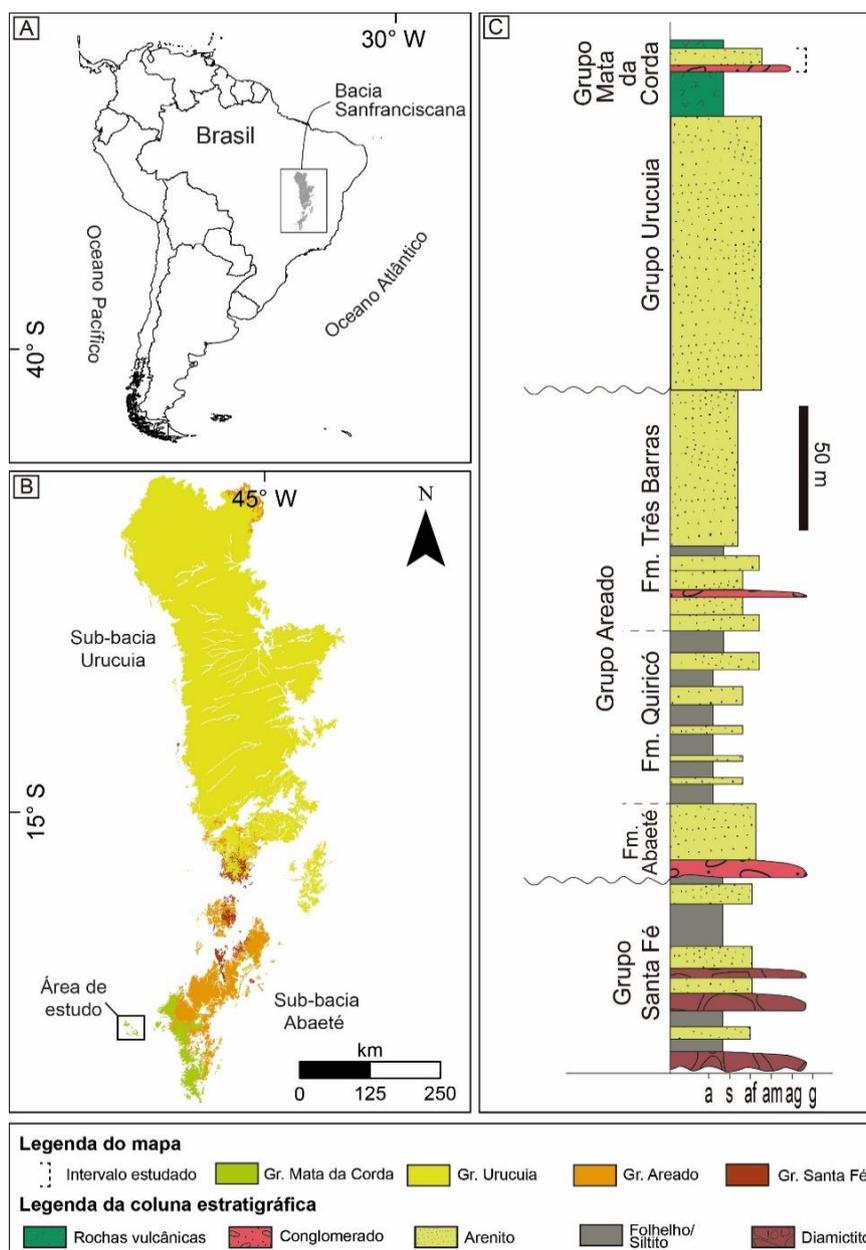
A Bacia Sanfranciscana é subdividida em quatro grupos separados por importantes superfícies erosivas e que, da base ao topo, possuem idades que variam do Carbonífero ao Cretáceo (Figura 7C) (CAMPOS; DARDENNE, 1997a). A unidade mais antiga é o Grupo Santa Fé (Permo-Carbonífero), que é formado por rochas glaciogênicas divididas nas formações Floresta (base) e Tabuleiro (topo). O Grupo Areado (Eocretáceo) é composto pelas formações Abaeté, Quiricó e Três Barras que são compostas por sedimentos fluviais, lacustres, eólicos e deltaicos, (CAMPOS; DARDENNE, 1997a). O Grupo Urucuia (Neocretáceo) é constituído pelas formações Posse e Serra das Araras. A Formação Posse é definida como depósitos eólicos de campos de dunas secas e depósitos fluviais entrelaçados depositados em canais. Já a Formação Serra das Araras é entendida como sistema fluvial entrelaçado sedimentado em lençóis de areia e cascalho (CAMPOS; DARDENNE, 1997a).

O Grupo Mata da Corda é composto por rochas vulcânicas alcalinas efusivas e piroclásticas, plutônicas alcalinas e sedimentares epiclásticas e abrange as formações Patos e Capacete (CAMPOS; DARDENNE, 1997a) (Figura 8). A Formação Patos compreende rochas vulcânicas alcalinas máficas a ultramáficas de natureza efusiva e piroclástica (CAMPOS; DARDENNE, 1997a). A Formação Capacete é composta por arenitos, conglomerados e pelitos epiclásticos frutos de retrabalhamento das rochas vulcânicas da Formação Patos (CAMPOS; DARDENNE, 1997a). Sgarbi (2000) entende que o pacote rochoso da Formação Capacete possui 150 metros de espessura, e constituem a seção superior do Grupo Mata da Corda. Essas rochas epiclásticas variam de tamanho argila até seixos e calhaus, sendo representadas por argilito, arenitos líticos, wackes líticos, ortoconglomerados e paraconglomerados vulcânicos (CAMPOS; DARDENNE, 1997a).

A Formação Capacete foi inicialmente interpretada como tendo sido depositada por um sistema de leques aluviais transicionando para sistemas fluviais entrelaçados, onde os arenitos e conglomerados são do tipo epiclásticos, com importante contribuição das rochas vulcânicas da Formação Patos, além de areias de origem eólica (CAMPOS; DARDENNE, 1997a). Recentemente, Sedorko *et al.* (2020), embasados em dados sedimentológicos e icnológicos, sugeriram que as porções mais distais dessa unidade

também compreendem fácies associadas a um sistema fluvial meandrante. Em comum, os autores supracitados indicam a região influenciada pelo Soerguimento do Alto Paranaíba como área-fonte para os sedimentos.

**Figura 7:** (A) Localização da Bacia Sanfranciscana no Brasil. (B) Bacia Sanfranciscana com destaque para área de estudo situada ao Sul da Bacia. (C) Coluna estratigráfica da Bacia Sanfranciscana.



Fonte: Modificado de Alessandretti *et al.* (2023).

**Figura 8:** Carta lito-cronoestratigráfica do Cretáceo Superior da Bacia Sanfranciscana, destacando o Grupo Urucuia e o Mata da Corda.

		GEOCRONOLOGIA		LITOESTRATIGRAFIA			
	Período	Época	Idade	Unidades		Sul	Centro-Norte
				Grupo	Formação		
-70	Cretáceo Superior		Maastrichtiano	MATA DA CORDA	PATOS e CAPACETE		
			Campaniano				
-80			Santoniano	URUCUIA	SERRA DAS ARARAS e POSSE		
			Coniaciano				
			Turoniano				
-90			Cenomaniano				

Fonte: Modificado de Batezelli e Ladeira (2016).

## 7. RESULTADOS

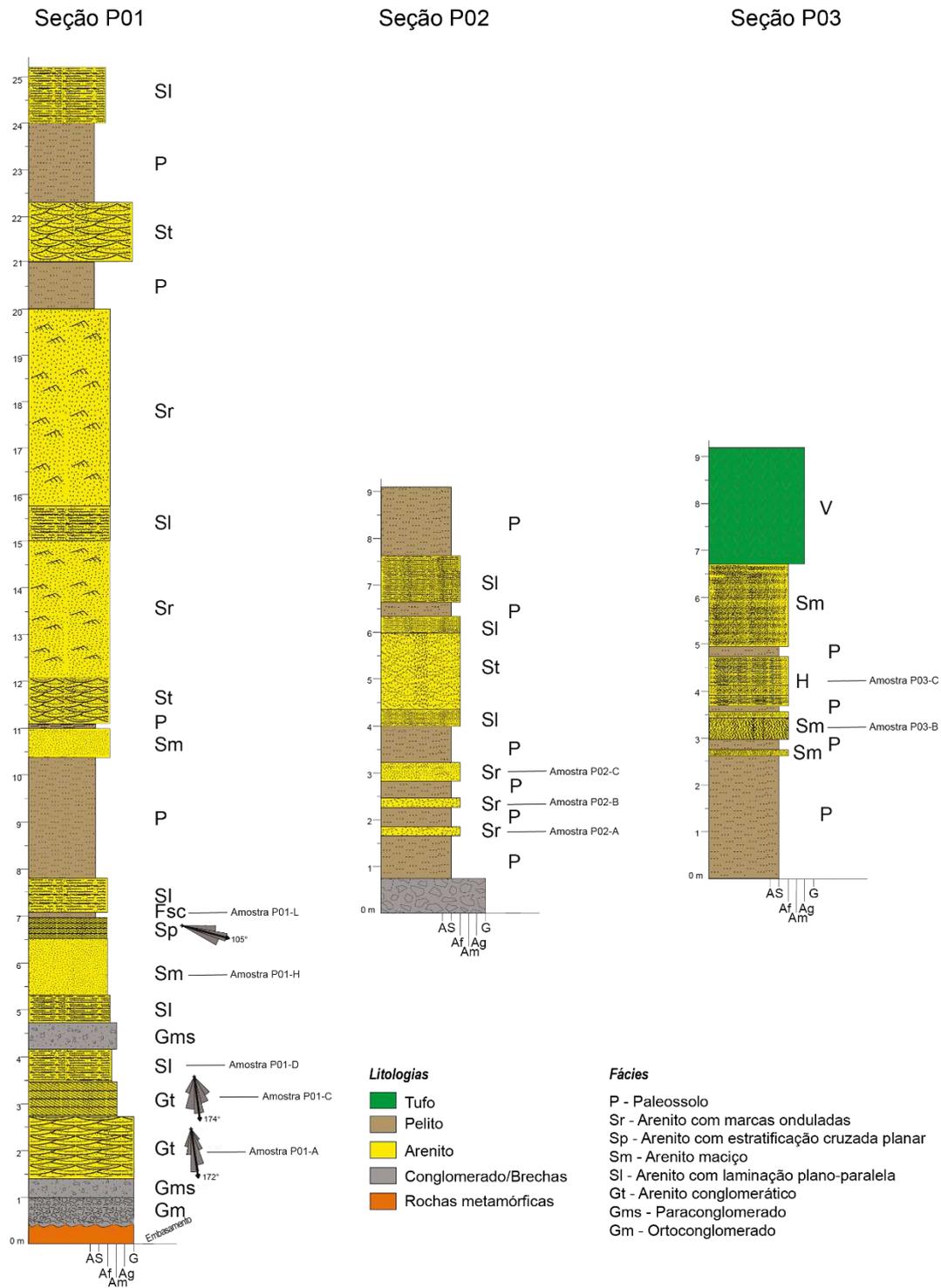
### 7.1. Seções colunares

Dados sedimentológicos, petrográficos e de paleocorrentes de duas seções colunares (Seções P01 e P02) foram compilados de Sedorko *et al.* (2020) e Silva (2023), respectivamente. Uma terceira seção (Seção P03), estratigraficamente correlata à Seção P02, foi levantada em escala vertical 1:20. Essas seções são destacadas na Figura 9 como P01, P02, P03. E representadas em escala de afloramentos respectivamente pelas (Figuras 10, 11 e 12).

A Seção P03 é formada principalmente por uma intercalação de paleossolos, arenitos e rochas com acamamento heterolítico com espessura aproximada de 10 metros. Próximo ao topo, são recobertas por depósito piroclástico do tipo *surge* com espessura de 2,5 metros (Figura 9). Os paleossolos possuem cor cinza clara, espessuras entre 0,15 e 2,5 metros e são lateralmente mapeáveis por mais de 250 metros. Suas principais feições diagnósticas são estruturas dos tipos “colunar” e “em bloco” e nódulos de manganês.

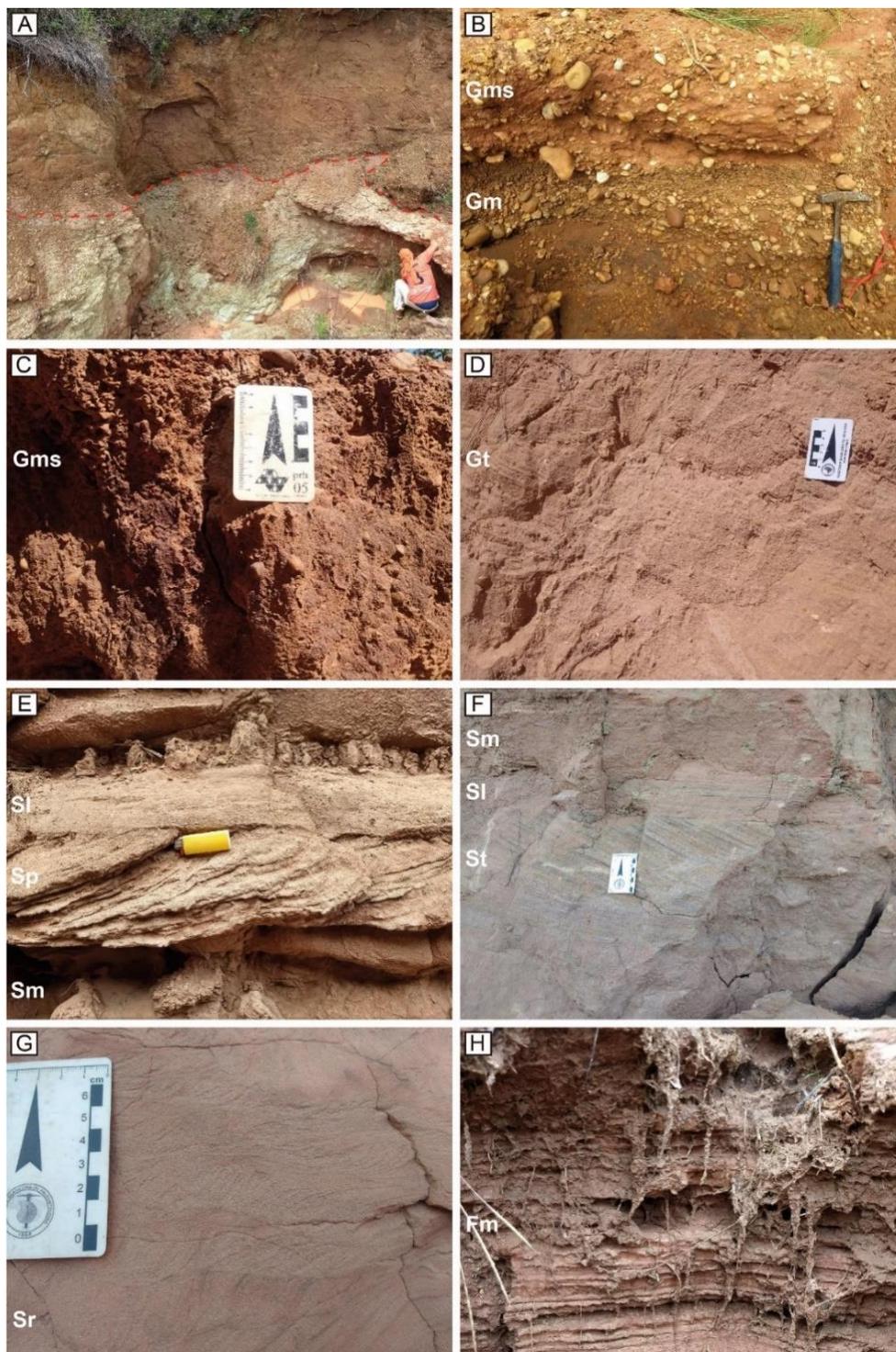
Os arenitos são maciços, apresentam granulometria muito fina, e ocorrem em camadas tabulares desde espessuras decimétricas a métricas. Os heterolitos ocorrem na porção intermediária da seção, possuem geometria tabular e são formados por lâminas de argilitos com espessuras entre 1,5 e 6 mm intercaladas com lâminas de arenito muito fino maciço.

**Figura 9:** Seções colunares P01, P02 e P03 e localização estratigráfica das amostras que foram coletadas. Seção P02 descrita por Sedorko et al. (2020). P - Paleossolo; Sr - Arenito com marcas onduladas; Sp - Arenito com estratificação cruzada planar; Sm - Arenito maciço; Sl - Arenito com laminação plano-paralela; Gt - Arenito conglomerático; Gms - Paraconglomerado; Gm - Ortoconglomerado; Fsc - Siltito laminado; H = Heterolito.



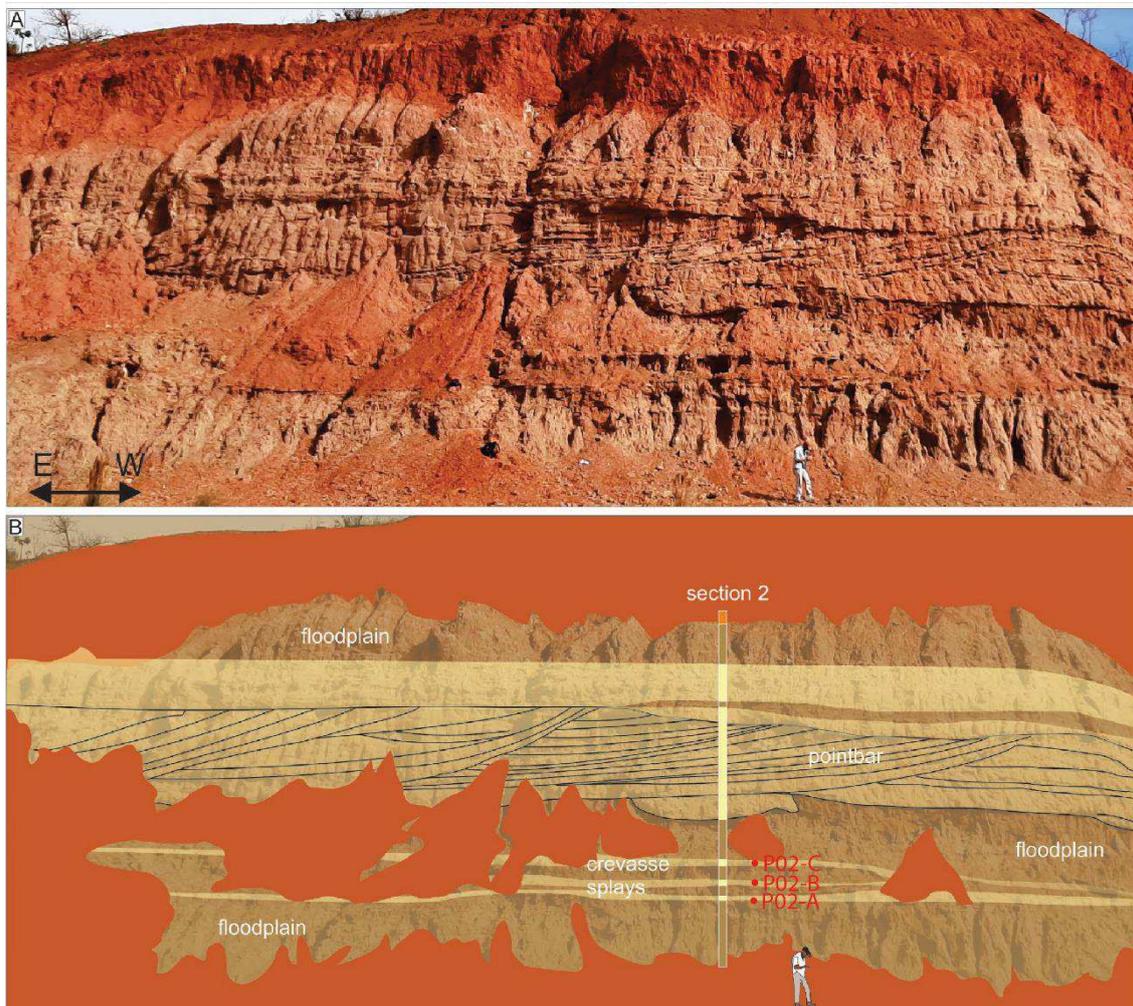
Fonte: O Autor (2024).

**Figura 10:** Litofácies da Formação Capacete na Seção P01. (A) Contato discordante entre arenitos conglomeráticos e filitos do Grupo Ibiá. (B) Camadas decimétricas de orto-(Gm) e paraconglomerados na base da seção. (C) Detalhe da camada de paraconglomerado. (D) Arenito conglomerático com clastos dispostos ao longo do plano de foresets. (E) Arenito com laminação cruzada intercalado com arenito maciço (Sm) (base) e arenito com laminação plano-paralela (Sl) (topo). (F) Da base para o topo, camadas de arenito com estratificação cruzada acanalada (St), arenito com laminação plano-paralela (Sl) e arenito maciço bioturbado (Sm). (G) Arenito com marcas onduladas cavalgantes (Sr). (H) Lâminas e camadas de siltito laminado (Sl).



Fonte: Silva (2023).

**Figura 11:** Litofácies da Formação Capacete na Seção P02 e localização estratigráfica das amostras coletadas.



Fonte: Modificado de Sedorko *et al.* (2020).

**Figura 12:** Litofácies da Formação Capacete na Seção 3 e localização estratigráfica das amostras coletadas.



Fonte: Rodrigo Aquino (2022).

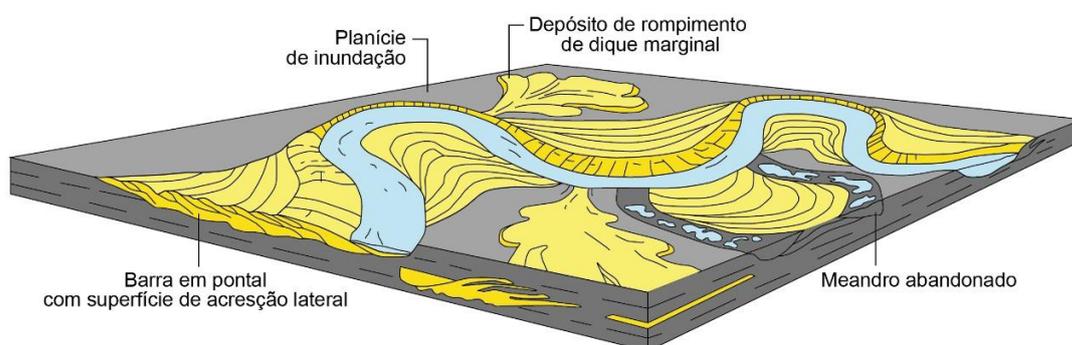
### 7.1.1. Análise de fácies da Seção 3

A Seção Colunar 3 possui aproximadamente 9 metros de espessura (Figura 9). Inicia-se em sua base com uma camada de paleossolo com cerca de 2,6 metros de espessura, com intercalação de arenito maciço em quase seu topo. Na sequência, ocorrem outras intercalações de arenito maciço com paleossolo e heterolitos, que se caracterizam por depósitos laminados de areia e argila. O desenvolvimento de paleossolos associados a fácies de granulometria fina sugere privação de influxo de sedimentos durante períodos secos ou abandono da planície fluvial (NICHOLS; FISCHER, 2007), ou seja, um ambiente de menor aporte de sedimentos, onde estabeleceu-se condições para desenvolvimento de solos. De acordo com Retallack (1988), o tipo de estrutura e a presença de superfícies de manganês encrustadas podem ser indicadoras de horizontes subsuperficiais desenvolvidos, além disso, segundo o autor, o desenvolvimento de agregados em blocos ocorrem em resposta aos processos de expansão e retração em umedecimento e ressecamento. Na Formação Marília da Bacia Bauru, Pereira, Batezelli e Ladeira (2015) também descrevem estrutura em blocos de paleossolos, que segundo os autores, indicam um alto grau de desenvolvimento pedogenético.

Considerando a associação de arenitos maciços a heterolito e paleossolos na Seção 3 e seus elementos arquiteturais, é possível interpretar deposição em ambiente de planície fluviais ciclicamente expostas a inundação, exposição subaérea e abandono de canais

(Fig. 13) (MIALL, 1994). Neste cenário, as lâminas de argilito da fácies heterolito foram depositadas durante períodos de águas calmas, quando a planície foi inundada. Durante as fases iniciais das inundações, a ruptura de diques laterais e a entrada de fluxos livres na área da planície provocaram a deposição das lâminas de arenito muito fino. Em geral, as fácies e elementos arquiteturais presentes na Seção 3 são similares as propostas por Sedorko *et al.* (2020) para a Seção 2.

**Figura 13:** Ambiente deposicional interpretado com base na associação de fácies da Seção 3.



Fonte: O autor (2024)

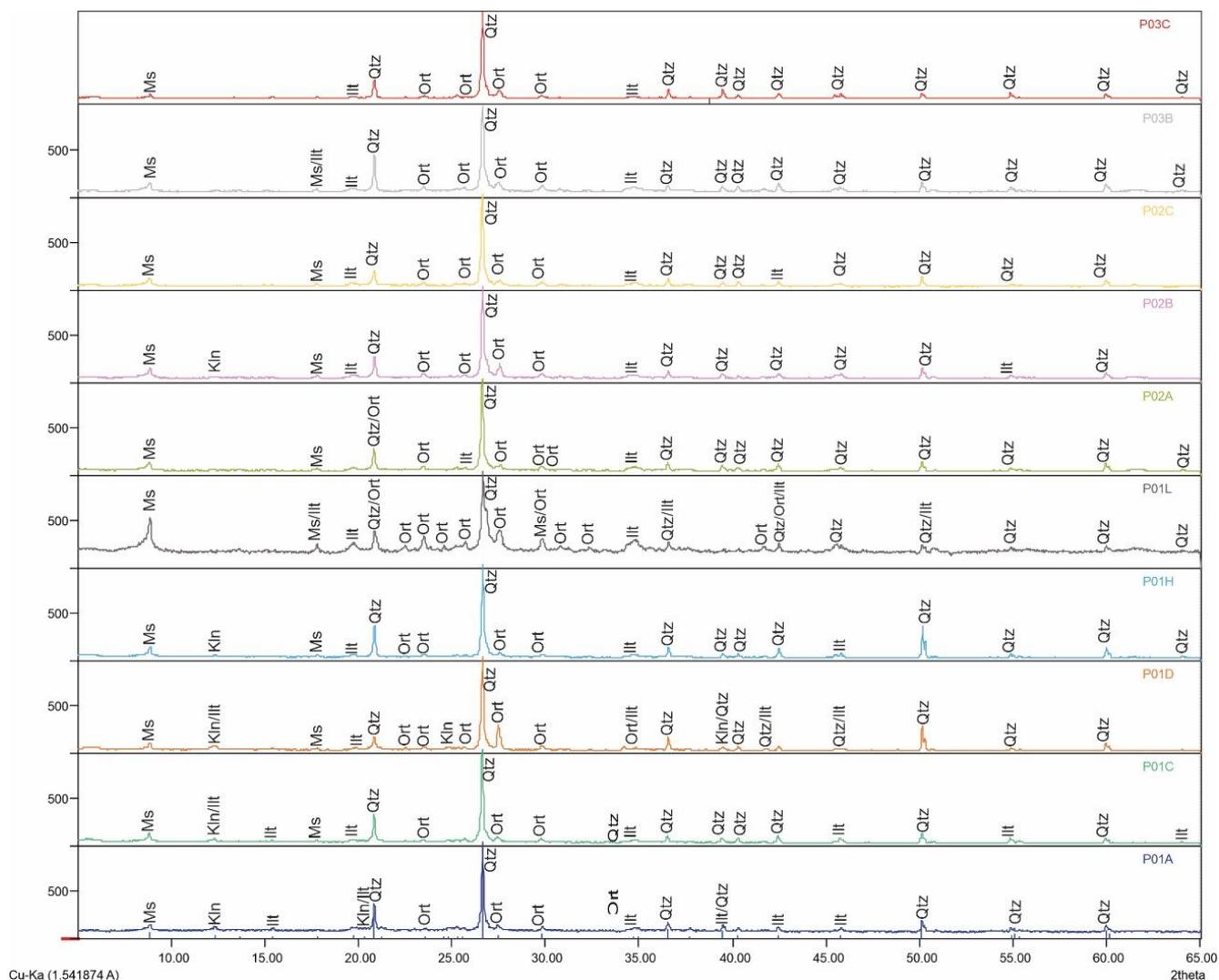
## 7.2. Difratomia de raios-X

As análises de difratometria de raios-x revelaram uma composição mineralógica relativamente uniforme para as rochas sedimentares da Formação Capacete. Os minerais identificados foram: quartzo, muscovita, ilita, ortoclásio e caulinita (Fig. 14). Em todas as amostras analisadas das seções P01, P02 e P03, verificou-se a presença de quartzo, muscovita, ilita e ortoclásio. Na Seção P01, as amostras P01-A, P01-C, P01-D e P01-H possuem, além dos minerais supracitados, picos associados a caulinita. A amostra P01-L destoa das demais, já que não foram identificados os picos atribuídos à caulinita, podendo indicar uma mudança no ambiente.

Na Seção 2, as amostras P02-A e P02-C são caracterizadas mineralogicamente por quartzo, muscovita, ilita e ortoclásio. A amostra P02-B possui, além dos minerais encontrados nas outras duas amostras, caulinita. As amostras da Seção P03 (P03-B e P03-

C) são caracterizadas por quartzo, muscovita, ilita e ortoclásio, de maneira similar às amostras P01-L da Seção P01 e P02-A e P02-C da Seção P01.

Figura 14: Difratoimetria de raios-x apresentando todas as amostras e seus principais picos e minerais. Os minerais encontrados foram muscovita (Ms), ilita (Ilt), quartzo (Qtz) e ortoclásio (Ort).



O Autor: 2024

## 8. DISCUSSÃO

Os dados de difratometria de raios-x obtidos, aliados aos dados de análise de fácies, paleocorrentes e contagem modal da composição detrítica essencial da Formação Capacete (SEDORKO *et al.*, 2020; SILVA, 2023), permitiram compreender as áreas responsáveis pela proveniência sedimentar desta unidade na região de Coromandel,

determinando possíveis áreas-fonte da Formação Capacete. A porção basal dessa unidade ocorre na Seção 1, e é caracterizada por conglomerados, arenitos conglomeráticos e arenitos que atingem espessura aproximada de 8 metros e vetor médio de paleocorrentes para 152° (SE) (SILVA, 2023). Sedorko *et al.* (2020) interpretaram a Seção 1 como representativa de depósitos pertencentes a um sistema fluvial entrelaçado. Porém, devido às espessas camadas de paleossolos, diminuição da granulometria, aparecimento de depósitos de rompimento de dique marginal, finos de planície de inundação e correlação lateral de fácies com as seções 2 e 3 em direção ao topo, interpreta-se aqui que a Seção 1 é transicional de um sistema fluvial entrelaçado para sistema fluvial meandrante, caracterizada na amostra P01-L.

Através das análises dos difratogramas de raios-x foram identificados os picos característicos de quartzo, ortoclásio, muscovita, ilita e caulinita. Abaixo, é apresentada uma síntese da bibliografia acerca das litologias que compõem a Formação Capacete e áreas fonte (Tabela 1), onde é observado que estudos anteriores apontam como áreas fontes da Formação Capacete, a região do Alto Paranaíba, soerguida por rochas vulcânicas cretáceas que contribuíram sedimentos para a origem da Formação em questão. Então, as possíveis áreas-fonte para essa Formação de acordo com a mineralogia supracitada, encontrada no presente trabalho com base em suas gêneses e contexto geológico regional serão discutidas.

O quartzo é um dos minerais mais abundantes na crosta terrestre e ocorre como constituinte essencial de muitas rochas vulcânicas, plutônicas, sedimentares e metamórficas. Também ocorre em veios pneumatolíticos e hidrotermais, frequentemente associado a minérios (DEER; HOWIE; ZUSSMAN, 2013). Portanto, somente com base nas análises de DRX, torna-se árduo apontar uma possível área-fonte para este mineral. Silva (2023) reconheceu quartzo monocristalino com extinção abrupta a ligeiramente ondulante e quartzo policristalino do tipo metamórfico no arcabouço dos arenitos da Formação Capacete. Dessa maneira, pode-se inferir, através da combinação dos dados de difratometria de raios-x e petrografia, que os picos de quartzo identificados são oriundos tanto de rochas ígneas (monocristalino) quanto metamórficas (policristalino). Levando-se em conta as paleocorrentes para SSE e ESE, as possíveis unidades responsáveis por prover grãos de quartzo policristalino para a Formação Capacete são a Formação Rio Verde, constituída por filitos e quartzitos, e o Grupo Araxá A da Faixa Brasília, formado

por clorita xistos, hematita xistos, muscovita-biotita xistos e quartzitos ferruginosos (CPRM, 2004). Com relação aos grãos de quartzo monocristalino, o mais provável é que tenham sua origem a partir de rochas plutônicas, tais como a Suíte Granítica Jurubatuba e os granitos Ipameri, Tambu e Sesmaria (Fig. 15).

O ortoclásio é um mineral que se cristaliza através de processos ígneos e metamórficos de alta temperatura, sendo estável apenas acima de 670 °C. É comum em sienitos hipoabissais e plutônicos e granitos e granodioritos de alta temperatura. Também pode ocorrer em rochas metamórficas de alta temperatura ( fácies anfibolito alto e granulito) e por meio de alteração hidrotermal potássica (KLEIN; DUTROW, 2012; DEER; HOWIE; ZUSSMAN, 2013). Além disso, aparece como mineral autigênico ou detrítico em rochas sedimentares (TUCKER; JONES, 2023), como é o caso dos arenitos da Formação Capacete. Através da combinação dos dados de DRX, paleocorrentes (SILVA, 2023), e contexto geológico regional, interpreta-se aqui que esse mineral é proveniente dos metagranitos e metatonalitos da Suíte Jurubatuba (Figura 15).

A muscovita é um mineral que possui distintas gêneses, incluindo processos pneumatolíticos, hidrotermais e metamórficos (metamorfismo regional e de contato em condições de temperaturas baixas a altas). Em rochas metamórficas formam o componente principal dos xistos micáceos. Também é encontrada em rochas ígneas ácidas, aparecendo especialmente nos granitos a duas micas, aplitos e pegmatitos que passaram por transformações pós-magmáticas (metamorfismo e hidrotermalismo) (KLEIN; DUTROW, 2012; DEER; HOWIE; ZUSSMAN, 2013). Com base nas paleocorrentes da Formação Capacete para sul e sudeste (SILVA, 2023) e no contexto geológico regional da área de estudo, é possível inferir que as áreas-fonte mais prováveis são os filitos da Formação Rio Verde e os muscovita-biotita xistos do Grupo Araxá da Faixa Brasília. Secundariamente, as muscovitas detríticas podem ter sua origem na Suíte Granítica Estrela do Sul (AQUINO, 2023), localizado a oeste da área de estudo.

A illita é um argilomineral comum em folhelhos e argilitos, ocorrendo associada a outras argilas e minerais, como o quartzo. Pode também ocorrer em algumas rochas carbonáticas. Forma-se especialmente durante a diagênese dos sedimentos (recristalização de esmectitas) e durante o intemperismo químico, a partir da alteração de feldspatos, micas e outros argilominerais. Pelo fato de as rochas sedimentares da Formação Capacete apresentarem alto grau intempérico, ocorrerem interestratificadas

com paleossolos e terem sido soterradas somente a baixas profundidades, as illitas presentes nos arenitos analisados são interpretadas como produto de alteração química de micas e feldspatos.

A caulinita é um mineral secundário formado durante intemperismo químico, diagênese ou alteração hidrotermal de silicatos aluminosos, particularmente os feldspatos, feldspatoides e outros silicatos (principalmente alumínio silicatos). É muito comum em rochas pelíticas (KLEIN; DUTROW, 2012; DEER; HOWIE; ZUSSMAN, 2013). Devido ao alto grau de intemperismo apresentado pelas rochas da Formação Capacete, associação lateral e vertical com espessos perfis de paleossolos e baixa profundidade de soterramento, interpreta-se aqui que a origem da caulinita nos arenitos da Formação Capacete está relacionada com alteração química de grãos de ortoclásio (KLEIN; DUTROW, 2012).

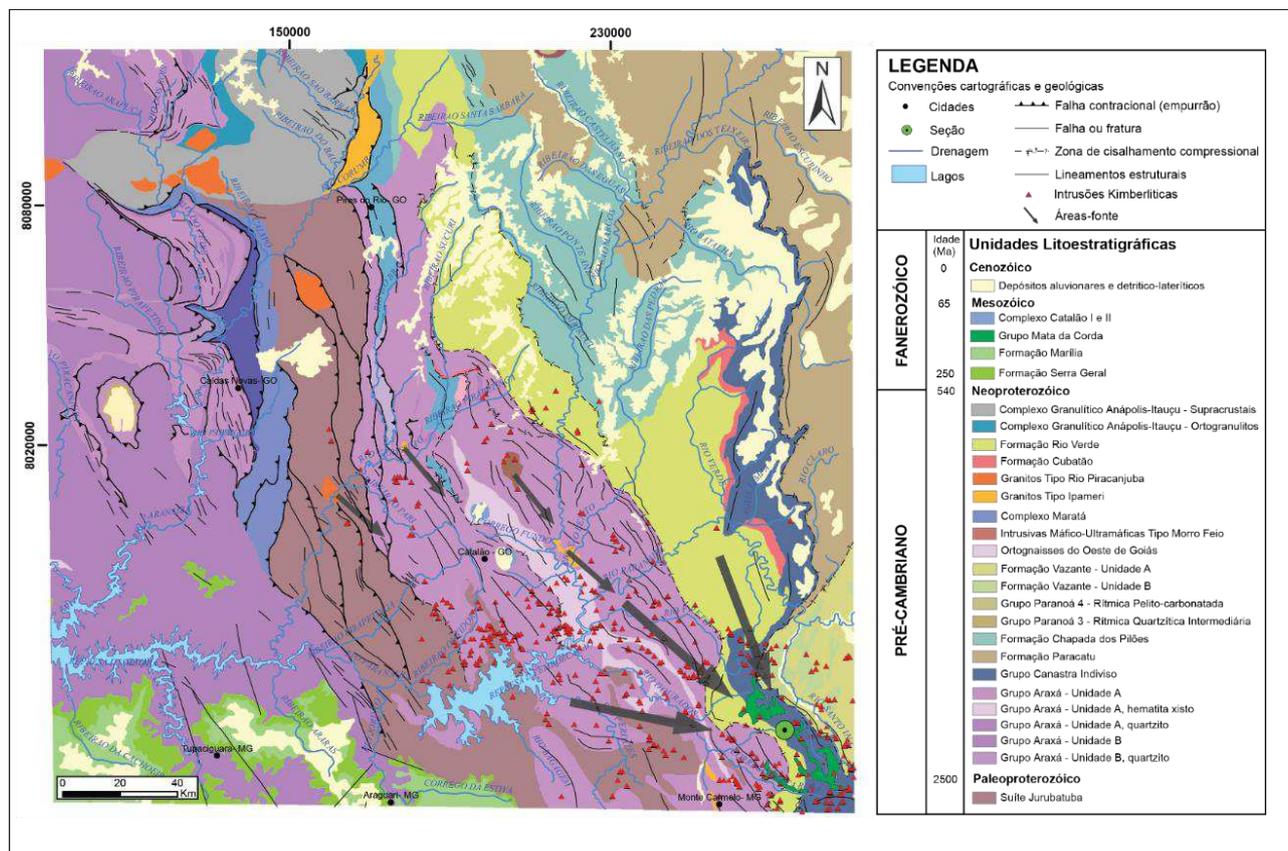
As áreas-fonte para a Formação Capacete foram inicialmente interpretadas como sendo fontes vulcânicas da Formação Patos do Grupo Mata da Corda (CAMPOS; DARDENNE, 1997a). Recentemente, Silva (2023) reinterpreto a proveniência dessa unidade, demonstrando que além das rochas vulcânicas da Formação Patos, rochas metamórficas e plutônicas da Faixa Brasília contribuíram consideravelmente para o aporte sedimentar da Formação Capacete. Nesse sentido, as análises de DRX realizadas nos arenitos dessa unidade, reforçam a interpretação de Silva (2023), uma vez que foram identificados minerais característicos de litotipos presentes na Faixa Brasília. Ademais, não foram identificados nos difratogramas, minerais característicos do vulcanismo máfico-ultramáfico alcalino atribuído à Formação Patos.

Os minerais identificados a partir dos difratogramas de raio-X reforçam então a interpretação de que os sedimentos da Formação Capacete são provenientes de cinturão orogênico reciclado (i.e., Faixa Brasília) (Figura 15). Essa conclusão se baseia na composição das areias geradas de acordo com a proveniência e ambientes geotectônicos, segundo Dickinson et al. (1983) e Dickinson (1985) e compilados por Silva (2023). De acordo com esses autores, reciclagens orogênicas produzem areias quartzo-líticas, ricas em litoclastos metassedimentares e quartzo, e pobres em litoclastos vulcânicos, muito semelhante ao analisado no trabalho.

**Tabela 1:** Compilado de informações acerca das características da Formação Capacete descritas na literatura.

<b>Formação Capacete</b>					
<b>Autores</b>	<b>See et al. (1989)</b>	<b>Campos e Dardenne (1997b)</b>	<b>Sgarbi (2000)</b>	<b>Sedorko et al. (2020)</b>	<b>Silva (2023)</b>
<b>Litologia</b>	Arenitos vulcânicos, com estratificação cruzada, cimentados por carbonatos	Sedimentos epiclásticos	Conglomerados epiclásticos e arenitos	Arenitos conglomeráticos, arenitos maciços, bandados, estratificados e laminados, siltitos e paleossolos	Ortoconglomerado, paraconglomerado lama sustentado, arenito conglomerático, arenitos maciços a laminados e estratificados (arenitos <i>stricto sensu</i> ) e siltitos. Ocorrência de paleossolos
<b>Sistemas deposicionais</b>	Leques aluviais (proximal)	Leques aluviais e sistema fluvial entrelaçado	Leques aluviais a sistemas fluviais	Rios meandrantés com contribuição eólica (distal)	Fluvial entrelaçado arenoso
<b>Áreas/rochas fonte</b>	Edifícios vulcânicos do Alto Paranaíba	Alto Paranaíba / Retrabalramento das rochas vulcânicas da Fm. Patos	Rochas piroclásticas (sul da Bacia)	Alto Paranaíba	Rochas vulcânicas alcalinas, quartzitos, xistos. Suíte Jurubatuba (gnaisses paleoproterozóicos) e granitos
<b>Mineralogia</b>	-	-	-	-	Quartzo monocristalino e policristalino, k-feldspatos e plagioclásios, filossilicatos
<b>Paleoambiente</b>	-	Semiárido a árido	-	Úmido	-

**Figura 15:** Mapa geológico simplificado da área de estudo indicando as principais áreas-fonte (setas pretas) para a Formação Capacete durante o Cretáceo Superior.



Fonte: Folhas SE. 22 (Goiânia), SE.23 (Belo Horizonte), Projeto GIS do Brasil – CPRM (2004)

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise integrada dos dados de DRX com os dados de paleocorrentes e de contagem modal da composição detrítica principal mostrou-se ferramenta eficaz para o entendimento da proveniência sedimentar da Formação Capacete durante o Cretáceo Superior na parte sul da Bacia Sanfranciscana. A caracterização mineralógica dos arenitos através de DRX reforçou interpretações recentes acerca da proveniência dessa unidade, que atestam que as principais áreas-fonte são rochas plutônicas e metamórficas da Faixa Brasília localizadas à NW e W do sítio deposicional. A literatura mais antiga indica que os antigos centros vulcânicos atribuídos à Formação Patos teriam colaborado com o suprimento sedimentar para a Bacia Sanfranciscana, no entanto, isso não foi observado no presente trabalho.

Os estudos sedimentológicos, estratigráficos e paleontológicos na região sul da Bacia Sanfranciscana foram retomados nos últimos anos, após um lapso considerável de pesquisas de detalhe nessa região. De momento, as análises litofaciológicas e icnológicas (SEDORKO *et al.*, 2020) somadas aos dados de paleocorrentes e de contagem modal da composição detrítica (SILVA, 2023) e aos dados de DRX apresentados neste trabalho permitiram refinar o entendimento do contexto paleogeográfico da região central da Plataforma Sul-Americana durante o Cretáceo Superior, estabelecendo as relações existentes entre a Bacia Sanfranciscana e suas respectivas áreas-fonte.

Com o intuito de se aprimorar ainda mais o conhecimento geológico da Formação Capacete, recomenda-se que sejam aplicadas futuramente novas metodologias voltadas à proveniência sedimentar nos mesmos afloramentos e amostras estudados aqui. Nesse sentido, sugere-se que sejam realizadas análises de química de rocha total e de minerais pesados para averiguar a existência de minerais que indicam outras áreas/rochas fontes (vulcânicas da Fm. Patos), datação radiométrica de minerais detríticos e DRX na fração argila, de paleossolos, que poderiam indicar as condições paleoambientais e a presença de argilas 2:1 que influenciaram no desenvolvimento das estruturas observadas nos paleossolos.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALESSANDRETTI, L.; WARREN, L. V.; VAREJÃO, F. G.; RASSI, R.; SANTOS, M. G. M.; SILVA, M. N. M.; HONORATO, F. R.; ESTRADA, M. J. T.; CUNHA, J. V. O. Uplifting Mountains and Shaking Deserts: Volcano-Tectonic Earthquakes Revealed By Soft-Sediment-Deformation Structures In Upper Cretaceous Aeolian Deposits. **Journal of Sedimentary Research**. v. 93. p. 1-19, 2023.

AQUINO, R. G. **Mapeamento Faciológico do Stock Limeira da porção norte da suíte granítica Estrela do Sul na região Alto Paranaíba – MG**. Universidade Federal de Uberlândia, 2023.

BASU, A.; MCKAY, D. S.; GERKE, T. Petrology and Provenance of Apollo 15 Drive Tube 15007/8. **Proceedings of the Eighteenth Lunar and Planetary Science Conference**, Cambridge University Press, p. 283-298, 1988.

BATEZELLI, A.; LADEIRA, F. S. B. Stratigraphic Framework And Evolution Of The Cretaceous Continental Sequences Of The Bauru, Sanfranciscana, And Páez Basins, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**. v, 65. p, 1-24, 2016.

BLEICHER, L.; SASAKI, J.M. **Introdução a difração de raios X em cristais**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2000. 20 p. Apostila de Curso.

CAMPOS, J. G. E.; DARDENNE, M. A.; Estratigrafia e Sedimentação da Bacia Sanfranciscana: Uma Revisão. **Revista Brasileira de Geociências**. v, 27. p. 269-282, 1997a.

CAMPOS, J. G. E.; DARDENNE, M. A.; Origem e Evolução Tectônica da Bacia Sanfranciscana. **Revista Brasileira de Geociências**. v, 27. p, 283-294, 1997b.

CARVALHO, I. S.; KATTAH, S. S. As Pegadas Fósseis do Paleodeserto da Bacia Sanfranciscana (Jurássico Superior-Cretáceo Inferior, Minas Gerais). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v, 70. p, 53-67, 1998.

COX, R.; LOWE, D. R.; CULLERS, R. L. The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 59, n. 14, p. 2919-2940, 1995.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo – Folha Belo Horizonte SE.23**. Escala 1:1.000.000. 2004.

DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J. An introduction to the rock-forming minerals. **Mineralogical Society of Great Britain and Ireland**, 2013. 495p.

DICKINSON, W. R. Interpreting Provenance Relations from Detrital Modes of Sandstones. *In*: ZUFFA, G. G. (Eds). **Provenance of Arenites**. Springer. 1985. p. 333-361.

DICKINSON, W. R.; BEARD, L. G.; BRAKENRIDGE, G. R.; ERJAVEC, J. L.; FERGUNSON, R. C.; INMAN, K. F. KNEPP, R. A.; LINDBERG, F. A.; RYBERG, P. T. Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. **Geological Society of America Bulletin**, v. 94, p. 225-235, 1983.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M.; A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v, 68. p, 195-205, 1996.

FERNANDES, L. A.; **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da bacia Bauru (Ks, Brasil)**, São Paulo. p, 216, 1998.

FORMOSO, M. L. L. Difractometria de raios X. *In*: GOMES, C. B. (Ed.). **Técnicas analíticas instrumentais aplicadas à geologia**. São Paulo: Secretária do Estado da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia; Edgard Blücher, 1985. p. 01-43.

GRAVINA, É.; KAFINO, C.; BROD, J.; BOAVENTURA, G.; SANTOS, R.; GUIMARÃES, E.; JOST, H. Proveniência de arenitos das formações Uberaba e Marília (Grupo Bauru) e do Garimpo do Bandeira: Implicações para a controvérsia sobre a fonte do diamante do Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 32, p. 545-558, 2002.

HASUI, Y; SADOWSKI, G. R.; SUGUIO, K; FUCK, G. F. The Phanerozoic Tectonic Evolution of the Western Minas Gerais State. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v. 47. p. 431-498, 1975.

HAUGHTON, P. D. W.; TODD, S. P.; MORTON, A. C. Sedimentary provenance studies. **Developments in Sedimentary Provenance Studies**. Geological Society Special Publication, v. 57, p. 1-11, 1991.

JENKINS, R.; SNYDER, R. L.; **Introduction to X-ray Powder Diffractometry**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1996. 403p.

KAPLAN, I. **Física Nuclear**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978. 727p.

KLEIN, C; DUTROW, B. **Manual de ciências dos minerais**. Bookman Editora, 2009. 749p.

KLUG, H. P.; ALEXANDER, L. E. **X-Ray Diffraction Procedures: For Polycrystalline and Amorphous Materials**. 2 ed. New York: JohnWiley & Songs, Inc., 1974. 966 p.

MATTOS, N. H. S.; BATEZELLI, A. Source-area, paleoweathering and provenance of the Late Cretaceous sequences of the Bauru Basin (SE Brazil). **Revista Geociências**, v. 38, n. 4, p. 943-960, 2019.

MENDES, A. C.; DANTAS, A. B.; RIBEIRO, A. C. S.; SANTOS, L. O.; MENDES, K. C.; MORAES, D. S.; ALMEIDA, R. M. Provenance of heavy and clay minerals in bottom sediments of Green Lake, an Amazonian fluvial lake in Brazil. **Acta Amazonica**, v. 50, n. 2, p. 159-169, 2020.

MIALL, A. D. Architectural-Element Analysis: A New Method of Facies Analysis Applied to Fluvial Deposits. **Earth-Science Reviews**, v. 2, p. 261-308, 1985.

MIALL, A. D. Reconstructing Fluvial Macroform Architecture From Two-Dimensional Outcrops: Examples From The Castlegate Sandstone, Book Cliffs, Utah. **Journal of Sedimentary Research**. v, 64. p. 146-158, 1994.

MIALL, A. D. **The Geology of Fluvial Deposits**. Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology. Springer, 4<sup>th</sup> ed, 2006. 582p.

NICHOLS, G, J.; FISHER, J, A.; Processes, facies and architecture of fluvial distributary system deposits. **Sedimentary Geology**. v, 195. p, 75-90, 2007.

PEREIRA, C. T.; BATEZELLI, A.; LADEIRA, F. S. B. Paleoprecipitation changes based on paleosols profiles of the Marília Formation (Upper Cretaceous) in the eastern portion of the Bauru Basin in southeastern Brazil. **Geociências**, v. 34, n. 2, p. 238-257, 2015

PETRI, S.; FÚLFARO, V, J. **Geologia do Brasil**. São Paulo: Edusp, 1983. 631p.

PIMENTEL, M. M.; The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil: a geochronological and isotopic approach. **Brazilian Journal of Geology**. v. 46. p. 67-82, 2016.

RETALLACK, G. J. Field recognition of paleosols. **Geological Society of America**, v. 216, p. 1-20, 1988.

RICCOMINI, C.; VELÁZQUEZ, V. F.; GOMES, C. B.; Tectonic controls of the Mesozoic to Cenozoic Alkaline Magmatism in Central- Southeastern Brazilian Platform. *In*: COMIN-CHIARAMONT, P.; GOMES, C. B. (Orgs.). **Mesozoic to Cenozoic Alkaline Magmatism in the Brazilian Platform**. São Paulo: Edusp, 2005. p. 31-55.

ROSER, B. P.; KORSCH, R. J. Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major-element data. **Chemical Geology**, v. 67, n. 1-2, p. 119-139, 1988.

SEDORKO, D.; ALESSANDRETTI, L.; WARREN, L. V.; VERDE, M.; RANGEL, C. C.; RAMOS, K. S.; NETTO, R. G. Trace fossils from the upper Cretaceous Capacete Formation, Sanfranciscana Basin, Central Brazil. **Annales Societatis Geologorum Poloniae**. v. 90, p. 247-260, 2020.

SEER, H.J.; MORAES, L.C.; FOGAÇA, A.C.C. **Roteiro geológico para a região de Lagoa Formosa-Chumbo-Carmo do Paranaíba, MG**. Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, Belo Horizonte, Boletim nº9, 1989. 58p.

SGARBI, G. N. C.; The Cretaceous Sanfranciscan Basin, Eastern Plateau of Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**. v, 30. p, 450-452, 2000.

SILVA, P. H. B. **Análise de fácies e proveniência sedimentar da Formação Capacete (Grupo Mata da Corda) na região sudoeste da Bacia Sanfranciscana, Coromandel, Minas Gerais**. Universidade Federal de Uberlândia, 2023.

TUCKER, M. E.; JONES, S. J. **Sedimentary petrology**. John Wiley & Sons, 2023. 418p.

ZALÁN, P. V.; SILVA, P. C. R. São Francisco Basin. **Boletim de Geociências**, Petrobras, Rio de Janeiro. v, 15. p, 561-571, 2007.

## ANEXOS – Difratoformas de raios X das amostras da Formação Capacete na região de Cormomandel.

