

ANÁLISE DE CAMPO DA DISCIPLINA DE PETROLOGIA METAMÓRFICA NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

**Wilck Guilherme de Campos¹, Rodson de Abreu Marques¹, Claudia dos Santos¹, Tatiany dos Anjos Santos Maximiano¹, Maximiliano de Souza Martins¹.
Orientadora: Gláucia Nascimento Queiroga¹**

¹Universidade Federal de Ouro Preto/Departamento de Geologia/Escola de Minas, Rua Nove, Morro do Cruzeiro – 35402-163 – Ouro Preto - MG, Brasil, wilck.campos@aluno.ufop.edu.br, rodsonabreu@gmail.com, claudia.santos@ufop.edu.br, tatiany.maximiano@aluno.ufop.edu.br, maximiliano.martins@ufop.edu.br, glauciaqueiroga@ufop.edu.br.

Resumo

O trabalho traz um relato de experiência de campo da área de Petrologia Metamórfica na região de Mariana e Itabirito, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. O objetivo foi a caracterização das rochas metamórficas, bem como da dinâmica da aula de campo, na perspectiva discente, com relatos das atividades e da potencialização das técnicas de ensino-aprendizagem. A metodologia baseou-se em análise de afloramentos e do grau de metamorfismo a partir das paragêneses minerais. Os resultados evidenciaram a importância das ações em áreas de importância econômica do Quadrilátero Ferrífero, bem como a variação do grau de metamorfismo ao longo de um percurso didático para aulas de campo. As ações e as correlações demonstraram que exercícios didáticos posteriores ao campo foram fundamentais para a fixação dos conceitos e aprimoramento das correlações com a literatura geológica. Conclui-se que as atividades didáticas de atividades práticas devem ser potencializadas por recursos interativos e dinâmicos, envolvendo debates e reflexões entre discente e docentes para melhorias no ensino superior.

Palavras-chave: Quadrilátero Ferrífero; Geologia; Petrologia Metamórfica; Técnicas de campo; Relato de Experiência.

Área do Conhecimento: Ciências Exatas e da Terra/Geociências.

Introdução

A disciplina Petrologia Metamórfica envolve diversas ferramentas, como a identificação de minerais marcadores petrogenéticos, que podem contribuir para o entendimento da história da rocha e evolução geotectônica. Outro fator preponderante é o estudo da química da rocha, de tal modo que a disponibilidade dos elementos químicos seja um fator determinante para a formação dos minerais e, a partir destes inferir-se o protólito (rocha pretérita ao metamorfismo). Também, a partir da associação das fases mineralógicas geradas sob as mesmas condições de temperatura e pressão, identificam-se a fácies metamórfica e o grau metamórfico que outrora acometeram a rocha e proporcionaram as reações metamórficas. Além disso, a observação detalhada das rochas em escala de afloramento permite analisar textura, estrutura, mineralogia principal, dentre outras feições, todas importantes para a interpretação petrogenética, de determinado(s) litotipo(s).

Na área de estudo, afloram, da base para o topo, as seguintes unidades (Dorr 1969, Alkmim & Marshak 1998, Endo et al. 2020, Machado et al. 1992): i) ortognaisses migmatíticos do Complexo Santa Bárbara, ii) sequência metavulcanossedimentar do tipo greenstone belt do Supergrupo Rio das Velhas (grupos Quebra-Ossos e Nova Lima), iii) sequências metassedimentares do Supergrupo Minas (grupos Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará) e do Grupo Itacolomi.

Deste modo, este trabalho tem como objetivo um relato de experiência, de características de campo em Petrologia Metamórfica, englobando conceitos, técnicas, manuseio de equipamentos, caracterização de textura, estrutura e mineralogia principal, classificação de rocha e posterior correlação com as unidades regionais.

Metodologia

As metodologias utilizadas no trabalho envolveram: a) revisão bibliográfica e cartográfica referente à geologia das áreas-alvo; revisão sobre conceitos referentes às condições metamórficas de baixo a alto grau; e a classificação de metamorfitos.

b) etapa de campo que ocorreu em dois dias (Figura 1): o primeiro em um perfil entre Furquim e Bandeirantes (Mariana, MG) e o segundo na Serra do Gandarela (Itabirito, MG). Foram analisados os afloramentos, de acordo com as estruturas, minerais marcadores petrogenéticos e interpretação das condições do metamorfismo. Para tal, foram utilizados, equipamentos de proteção individual (EPI), martelo de geólogo, marreta, bússola dos tipos *Brunton* e *Clar*, mapas geológicos, equipamentos de GPS (Global Positioning System – Sistema de Posicionamento Global), caderneta de campo, papel milimetrado, binóculos e lupa de bolso (aumento 10x).

c) etapa de discussão e correlação com a literatura geológica e a confecção de relatório de campo. Foram também utilizadas descrições e observações de lâminas delgadas em microscópio petrográfico de luz transmitida (Olympus BX41), para o destaque e análise das paragêneses minerais e das microestruturas.

d) geração e associação de modelos didáticos-pedagógicos para compreensão e elucidação das condições do metamorfismo na região de estudo – Quadrilátero Ferrífero. Para tal, foram utilizadas cartolinas para a representação das faces metamórficas e amostras coletadas durante a etapa de campo.

Figura 1 – Atividade de campo da Disciplina Petrologia Metamórfica.



Fonte: Os Autores (2024).

Resultados

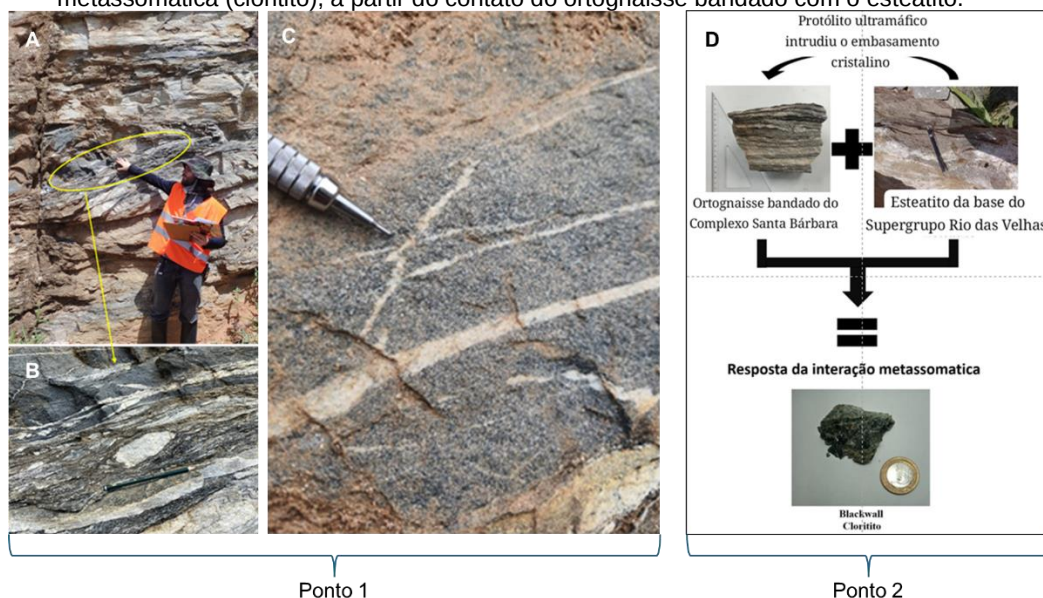
Na etapa de campo, o professor dava uma pequena explanação a respeito da metodologia e do contexto geológico da região. A cada afloramento, a princípio, foram anotadas coordenadas UTM e toponímia. O professor dava uma pequena explicação e os alunos eram encorajados a observar todo o afloramento, descrevendo estrutura, litotipos principais, mineralogia vista com auxílio de lupa de bolso e fazendo croquis ilustrativos e tirando fotos orientadas levando-se em consideração o Norte.

O ponto 1 (Figura 2A) possui UTMX: 686358 e UTMY: 7746312, altitude 633m, e localiza-se na rodovia MG-262, nas proximidades de Furquim, MG. Trata-se de um corte de estrada composto por um ortognaisse com bandas centimétricas a decimétricas, às vezes porfiroclástico (Figura 2B), composto pela associação biotita + feldspatos (potássico e plagioclásio) + quartzo +/- hornblenda. O protólito é quartzo-feldspático e a paragênese principal sugere condições de fácies anfibolito, grau médio. Associado a este litotipo, ocorre uma rocha melanocrática – Anfibolito (Figura 2C), maciça a pouco foliada, composta por hornblenda + plagioclásio. Após discussão com o professor, os discentes perceberam tratar-se de um anfibolito, rocha de protólito máfico (sistema NCMAS-H), gerada sob condições de fácies anfibolito. A associação litológica do afloramento pertence ao Complexo Santa Bárbara, de idade arqueana, que é o embasamento cristalino da área de estudo.

O ponto 2 (Figura 2D) apresenta UTMX: 684059 e UTMY: 7744791, altitude 515 m, ocorrendo na região de Barroca, município de Mariana, Minas Gerais. Trata-se de uma pedreira inativa, que no passado era utilizado como base para o setor de rocha ornamental – o mercado externo. A pedreira é

composta pelos seguintes litotipos: i) ortogneisse acinzentado, bandado, migmatítico e milonitizado; ii) rocha cinza clara a esverdeada, untuosa ao tato, composta por talco + clorita + anfibólio + carbonato, tratando-se de um estatito. Em determinadas partes do afloramento, há xenólitos de gnaiss e/ou metagranitóides do Complexo Santa Bárbara em meio à rocha metaultramáfica, indicando que esta última intrudiu as rochas do embasamento cristalino. Ainda no afloramento, percebe-se que no contato entre os dois litotipos de composição contrastante (quartzo-feldspática e ultramáfica) forma-se uma rocha metassomática com mais de 75% de clorita, que foi denominada cloritito ou blackwall (Brady 1977).

Figura 2 – Em (A): Ortogneisse bandado formado por bandas melanocráticas (biotita +/- hornblenda) e leucocráticas (feldspatos + quartzo). Em (B): observa-se o porfiroclasto de feldspato (em detalhe). Em (C): Lentes de anfibolitos composta por biotita e anfibólio. Em (D): Representação esquemática da formação da rocha metassomática (cloritito), a partir do contato do ortogneisse bandado com o estatito.



Ponto 1

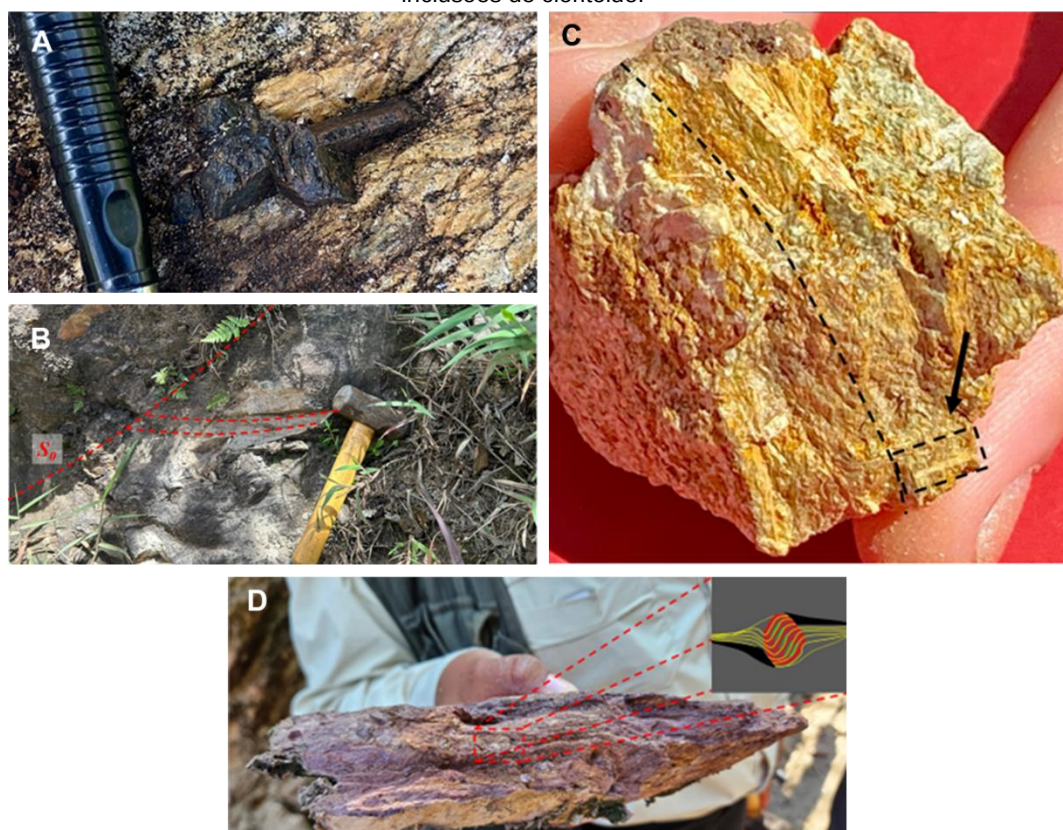
Ponto 2

Fonte: Os autores (2024).

No ponto 3 (Figura 3A) (UTMX: 675364; UTM Y: 7745075; Altitude: 802 m, Rodovia 262, Mariana-MG sentido Acaiaca-MG antes do trevo de Mon Senhor Horta, Mon Senhor Horta, Mariana, MG) foi realizado um perfil na estrada, separando-se e, 4 pontos. (separados em pontos 3A, 3B, 3C e 3D). Do ponto "A" ao "C" ocorrem xistos contendo estauroлита e granada, indicando um protólito pelítico, sistema KFMAS-H e fácies anfibolito. A presença do metarenito com estruturas primárias preservadas no ponto "B" sugere que seja um metamorfismo de mais baixo grau, em um contexto da Fácies Anfibolito inferior. Além disso (Figura 3B), o metarenito é composto essencialmente por quartzo, indicando que seja de um metamorfito silicosos com presença de óxidos. Por fim, no ponto "D" (Figura 3C), o xisto apresentava o mineral antofilita, que sugere que seja de protólito ultramáfico (Sistema MS-H, CMS-H ou MAS-H) e dá fácies anfibolito. No que diz respeito à relação porfiroblasto/clasto, pode-se perceber que tanto a estauroлита (xisto de protólito pelítico) quanto o antofilita (xisto de protólito ultramáfico), se apresentam como porfiroblasto sendo gerado pós deformação.

Encerrando o campo na região de Mariana (MG), no ponto 4, (Figura 3D) (UTMX: 6692217; UTM Y: 7746848; Altitude: 698 m, Linha do trem Bandeirantes-MG sentido Mariana-MG, após a Igreja de Santa Teresa, Bandeirante, Mariana, MG), o xisto com a presença de estauroлита indica protólito pelítico (sistema KFMAS-H) e Fácies anfibolito. Lâminas confeccionadas em atividades anteriores, mostram que a granada apresenta inclusões de cloritóide, sugerindo que esse afloramento se encontra no limite entre a fácies anfibolito inferior e a fácies xisto verde. Quanto aos porfiroblastos/clastos, a partir da análise da cinemática da amostra de mão e lâminas petrográficas, foi possível determinar rotação e inclusão sigmoidal na granada, indicando que o mineral é sin-deformacional. Por outro lado, a estauroлита decussada, sem nenhuma influência da xistosidade, sugere que ela seja pós deformacional.

Figura 3 – Em (A): Estauroлита-quartzo-muscovita-clorita-xisto com blastos de estauroлита maiores. Em (B): Arenito com S₀ preservado. Em (C): Amostra de Antofilita-talco-clorita-xisto. A grande linha tracejada que corta a amostra tenta esboçar a foliação enquanto a seta indica um cristal de antofilita decussado, ou seja, orientado ortogonalmente a foliação da rocha. Em (D): Amostra de Estauroлита, Grandada-quartzo-cloritra-xisto com tentativa de representar os elementos geométrica do porfiroblasto. Na imagem ilustrativa de como está a granada em amarelo tem se a foliação passando pela granada, em preto as sombras de pressão e em verde inclusões de cloritoide.



Fonte: Os autores (2024).

O trabalho de campo na região da Serra do Caraça (Itabirito, MG) foi realizada com intuito da geração de um perfil de campo.

O primeiro ponto (Figura 4A) (UTMX: 640719; UTM Y: 7772444; Altitude: 1412 m, Parque Nacional do Gandarela, Acuruí, Itabirito, MG), contempla o contato entre a Formação Moeda e Super Grupo Rio das Velhas. Devido a presença de estruturas primárias preservadas, sugere-se que ambos sejam da fácies xisto verde e de baixo grau metamórfico. O protólito do metarenito é silicoso, enquanto o filito, vulcanossedimentar do Supergrupo Rio das Velhas, é de protólito máfico. Importante ponto para se analisar as diferenças entre os protólitos.

Nos pontos 6, 7 e 8 (Figura 4B) (UTMX: 641136; UTM Y: 7772094; Altitude: 1343 m, Parque Nacional do Gandarela, Acuruí, Itabirito, MG), afloraram quartzitos de mesmo protólito dos pontos anteriores, mas com atributos texturais. A presença de falhas sugere atuação de dois tensores principais de deformação em momentos distintos conforme mostra a relação de corte. Entretanto, apesar da deformação, é possível observar novamente o baixo grau metamórfico em função da preservação de estruturas primárias relictas.

No ponto 9 (Figura 4C) (UTMX: 642687; UTM Y: 7771368; Altitude: 1335 m, Parque Nacional do Gandarela, Acuruí, Itabirito, MG), foi possível identificar uma falha reversa que em região de baixo grau metamórfico tem papel fundamental na percolação de fluidos mineralizadores de ouro, por exemplo. E, de fato, essa associação se faz-se lógica, uma vez que nas redondezas há uma mina de ouro, que está atrelada a uma família de falhas. Outrossim, ocorre um xisto associado, de coloração amarela, de protólito sedimentar e outro xisto em tons de roxo de protólito máfico.

Figura 4 – Em (A): Contato entre o metarenito da Formação Moeda e o Filito do Super Grupo Rio das Velhas. EM (B): Foto do conjunto de falhas de direção 110 e 190. Em (C): Contato entre quartzo sericítico e filito cinza em uma falha reversa.



Fonte: Os autores (2024)

Após a etapa de campo, foi realizada uma atividade interativa de correlação (Figura 5), no qual as rochas coletadas em cada afloramento foram colocadas em seus respectivos domínios em um diagrama de fácies metamórficas elaborado e construído pelos professores e estudantes.

Figura 5: Diagrama de fácies metamórficas elaborado e construído pelos professores e estudantes.



Fonte: Os autores (2024)

Discussão

Entende-se que a atividade de campo exerce um papel relevante na formação do graduado do curso de engenharia geológica, estabelecendo uma cognição tangível e das complexidades concernentes à disciplina Petrologia Metamórfica.

A importância do estudo na região, se dá pelo contexto econômico, visto que o Quadrilátero Ferrífero, área de atuação da atividade de campo de Petrologia Metamórfica do 6º período da Engenharia Geológica da UFOP, hospeda diversas minas de Au e Fe.

Outro fator que se destaca é de cunho histórico-científico - no século XX, Wilhelm Ludwig Von Eschwege realizou o reconhecimento de importantes potenciais minerais no Brasil, tendo como base com levantamentos de campo. Atualmente, a prática desse tipo de atividade é fundamental para exercitar a base teórica dos estudantes (Fioravanti, 2022; Casoni Moscato & Denipoti, 2023).

A partir da imersão direta nas técnicas que envolvem trabalho de campo, os participantes puderam debater e trocar experiências, aprofundar a concepção teórica. Além disso, a atividade é fundamental para a promoção do desenvolvimento de habilidades práticas, como a interpretação de mapas geológicos, identificação de minerais e classificação de rochas, além da compreensão das relações espaciais entre litologias distintas. Em última análise, as atividades didáticas no pós-campo foram fundamentais para a fixação dos conceitos e técnicas empregadas no campo.

Conclusão

A região do Quadrilátero Ferrífero é constituída de diversos recursos minerais, que foram explorados ao longo da história da formação do Brasil. Além disso, na região há diversos afloramentos de rochas com grande potencial para aplicação no ensino, incluindo o contexto da evolução metamórfica – presença de metarenitos de baixo grau, xistos e gnaisses de grau médio e até rochas de fácies granulitos de mais alto grau metamórfico.

No ponto de vista do estudante de graduação do curso de engenharia geológica, o trabalho de campo da disciplina de petrologia metamórfica transfigura concepções abstratas em investigações concretas, potencializando o progresso educacional e a observância prática do conhecimento do trabalho de campo geológico.

Referências

ALKMIM, F. F., & MARSHAK, S. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. **Precambrian Research**, v.90 n.1-2, p. 29-58, 1998.

BRADY, J. B. Metasomatic zones in metamorphic rocks. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 41, n. 1, p. 113-125, 1977.

CASONI MOSCATO, D.; DENIPOTI, C. Ler é preciso: um estudo sobre uma comunidade de viajantes-leitores no século XIX: Mawe, Eschwege, Wied-Neuvied, Spix e Martius e Saint-Hilaire. **História Unisinos**, v. 27, n. 1, p. 149-162, 2023.

DORR, J. V. N. Physiographic, stratigraphic, and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. p. 1-110, 1969.

ENDO, I., CASTRO, P. T. A., GANDINI, A. L. Quadrilátero Ferrífero: Avanços do conhecimento nos últimos 50 anos. Belo Horizonte: 3i editora, Universidade Federal de Ouro Preto, 2020. 420 p.

FIORAVANTI, C. Riquezas subterrâneas do Brasil imperial. **Revista Pesquisa FAPESP**, v. 317, p. 92-94, 2022.

MACHADO, N.; CARNEIRO, M. A. U-Pb evidence of late Archean tectono-thermal activity in the southern São Francisco shield, Brazil. **Canadian Journal of Earth Sciences**, v. 29, p. 2341-2346, 1992.

Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Federal de Ouro Preto, ao Departamento de Geologia e aos motoristas responsáveis pelo transporte da turma de Petrologia Metamórfica ao campo.