

## A RELAÇÃO ENTRE MICROSCOPIA E MACROSCOPIA NAS ATIVIDADES CURRICULARES DA DISCIPLINA DE ÓPTICA CRISTALINA

**Autores: Samuel Ramos Silva, Renato Lopes Bifano de Assis, Ludmila Gabriely dos Reis Silva, José Guilherme Conde de Souza. Orientadores: Rodson de Abreu Marques, Claudia dos Santos.**

Universidade Federal de Ouro Preto/Departamento de Geologia/Escola de Minas, Rua Nove, Morro do Cruzeiro - 35402-163 - Ouro Preto-MG, Brasil, samuel.rs@aluno.ufop.edu.br, renato.assis@aluno.ufop.edu.br, ludmila.gabriely@aluno.ufop.edu.br, jose.conde@aluno.ufop.edu.br, rodson.marques@ufop.edu.br, claudia.santos@ufop.edu.br.

### Resumo

Este artigo descreve as atividades realizadas em trabalhos de disciplina de graduação e monitoria durante semestre letivo da disciplina de óptica cristalina, estabelecendo uma relação entre a petrografia macroscópica e a petrografia microscópica, além da reflexão pedagógica. O trabalho objetiva estabelecer a relevância de tal disciplina e expor conceitos e reflexões. Foram conduzidas diferentes metodologias de ensino apresentados pelos alunos e professores, além de confecção de materiais didáticos e identificação e descrição de lâminas. As análises e produções permitiram a mudança de perspectiva dos estudantes da disciplina, promovendo um aumento de maturidade acadêmica e oportunidade de exercitar habilidades importantes para a vida profissional de cada aluno.

**Palavras-chave:** Microscopia. Geologia. Óptica Cristalina. Extensão. Ensino.

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

### Introdução

O desenvolvimento de ferramentas para a óptica cristalina dentro dos preceitos geológicos, inclui técnicas de microscopia para a caracterização de minerais em distintos sistemas de luz. O estudo envolve características cristalográficas, associadas à luz, para a geração de propriedades diagnósticas e fundamentais, como pleocroísmo, relevo, cor de interferência, birrefringência, extinção, sinal de alongação, geminações e figuras de interferência. Na microscopia também são estudadas propriedades algumas das propriedades físicas dos minerais, como a clivagem e o hábito.

Todas as características são geradas pela interação da luz com as substâncias cristalinas, dos sete sistemas cristalográficos fundamentais - cúbico, tetragonal, hexagonal, trigonal, ortorrômbico, monoclinico e triclínico - como descrito por autores historicamente consagrados na área: Bloss (1971) e Deer et al. (1992). Dessa forma, os distintos grupos cristalográficos são subdivididos em grupos isotrópicos, anisotrópicos uniaxiais e anisotrópicos biaxiais. Tais subdivisões são fundamentais para o entendimento maior dos minerais em microscópio, visto que cada grupo possui comportamentos distintos conforme a luz atravessa, assim sendo imprescindível para a determinação entre as diferentes fases minerais existentes.

A disciplina "Óptica Cristalina" tem demasiada relevância na formação dos estudantes de geologia e Engenharia geológica assim como na curricularização profissional dos mesmo, já que além de possibilitar a caracterização e identificação de rochas metamórficas, sedimentares e magmáticas, é fundamental para o estudo e a elucidação de contextos tectônicos ou sedimentares, sendo esse em relação à evolução e origem da vida, no entendimento de processos geológicos como vulcanismo, em atividades de prospecção como mineração, no entendimento das rochas depósitos como na indústria de petróleo e aquíferos, etc..

O objetivo principal do presente trabalho é um relato de experiência dos trabalhos e atividades de ensino desenvolvidas na disciplina de óptica cristalina de um curso de graduação em engenharia geológica. Ademais, como objetivos específicos há o envolvimento, o debate e as reflexões acerca da abordagem metodológica de ensino e a promoção de conceitos pedagógicos que impulsionam o estudo

ativo. Assim, a utilização de uma apostila, tal como atividades relacionadas ao acervo de amostras do laboratório de microscopia óptica do Departamento de Geologia/Escola de Minas/Universidade Federal de Ouro Preto.

## Metodologia

A metodologia envolveu a confecção de uma apostila didática para a disciplina denominada “Óptica Cristalina”, seguindo-se uma sequência estruturada: funcionamento do microscópio petrográfico, propriedades ópticas em Luz plano-polarizada, em luz polarizada e luz convergente, minerais isotrópicos, minerais incolores de relevo baixo, minerais incolores de relevo alto, grupo do epidoto, piroxênio, anfibólios, filossilicatos, minerais tipicamente metamórficos e minerais acessórios.

O processo de criação contemplou o planejamento, organização e seleção criteriosa de lâminas delgadas da coleção. Inicialmente, foi realizado um estudo prévio do acervo de aproximadamente 5 exemplares, a fim de identificar aquelas mais adequadas para fins pedagógicos e que contemplassem a diversidade mineralógica relevante ao estudo. A partir dessa seleção, procedeu-se à etapa de confecção da apostila, que envolveu tanto a estruturação do conteúdo quanto a utilização de uma plataforma de design digital e gratuita Canva, para a geração de materiais didáticos atrativos e de fácil compreensão. A aplicação se deu durante o decorrer da disciplina, onde foram produzidos exercícios práticos.

Complementarmente, os trabalhos desenvolvidos no âmbito da disciplina integraram-se ao processo metodológico, incluindo análise bibliografias voltadas aos minerais observados em microscopia óptica, principalmente atribuída ao Livro “An Introduction to the Rock Forming Minerals”, dos autores DEER et al. (1992). Esse conjunto de etapas permitiu a produção de ferramentas importantes, de linguagem acessível e alinhado às necessidades específicas da disciplina em microscopia.

## Resultados

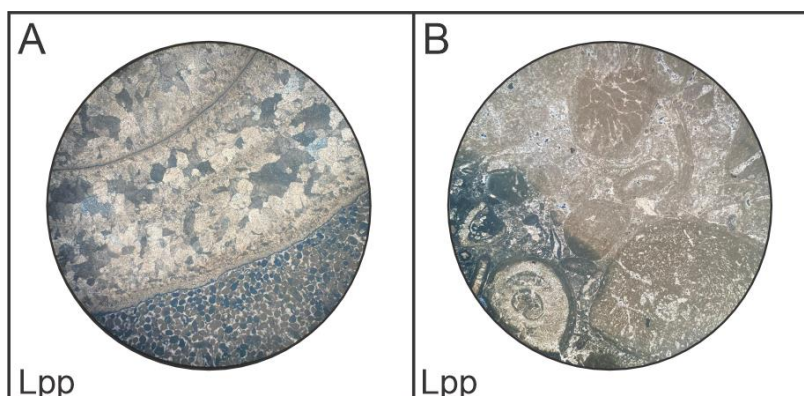
O entendimento dos aspectos microscópicos são relevantes para o ensino de inúmeros eventos geológicos de maior proporções, dado que estes se conduzem de forma fractal, algo que ocorre em grandezas regionais que são também observadas em equivalência microscópica. Assim, tem-se estes representados nas três diferentes rochas: sedimentares, metamórficas e magmáticas.

Em relação às rochas sedimentares (Figura 1), foram utilizadas as amostras SED-34 e PET-29, em que ambas registram estruturas biossedimentares relevantes para o entendimento da dinâmica evolutiva, coletadas no distrito de Cachoeira do Campo (Ouro Preto), Minas Gerais. As litologias contêm estruturas conhecidas por apresentarem um dos primeiros registros de seres vivos no planeta - estromatólitos - oriundas de um tempo geologicamente longínquo, o Arqueano (3,87 bilhões de anos). Além do entendimento da evolução da vida na Terra, o estudo caracteriza o comportamento da atmosfera terrestre e oceanos, caracterizando como importantes indicadores batimétricos.

Quanto às rochas ígneas, primeiramente, observa-se um granito (Figura 2), representado pela lâmina 6E-25, cuja composição mineralógica é dada por quartzo, biotita, microclina e ortoclásio, e de granulação média a grossa, com os grãos com formato subédrico a euédrico e com minerais dispostos de forma aleatória. Em sequência as rochas ígneas, o riolito (Figura 3), dado pela lâmina 5B-33, de composição mineralógica é idêntica à do granito 6E-25. Todavia, em contraste ao visto anteriormente, a textura presente é dada por uma granulação fina a muito fina, com esporádica ocorrência de grãos de tamanho médio (fenocristais). Uma vez que compara-se tais rochas, fica evidente tal contraste textural entre ambas, que ocorre devido a gênese de cada uma, com o granito tendo sua formação dada em maiores profundidades na crosta, assim possuindo uma maior temperatura e tempo para cristalização de seus minerais, uma rocha intrusiva. Já o riolito se cristaliza mais próximo à superfície, tendo uma menor temperatura, e os cristais são dados em menor tamanho. Assim, observa-se que as feições texturais de uma rocha, a partir da análise minuciosa em microscopia, torna possível um entendimento de complexos processos magmáticos registrados na crosta terrestre.

Figura 1: Lâminas dos estromatólitos de morfologia domica em (A) - SED-34) representa uma formação ocorrendo em maiores níveis batimétricos, enquanto em (B PET-29) os estromatólitos ocorrem como oncolitos cujo posição batimétrica já ocorre mais próximo à superfície.

## A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO



Fonte: Os autores

Figura 2: Granito, 6E-25, de granulação média a grossa com seus contatos amebóides (B).

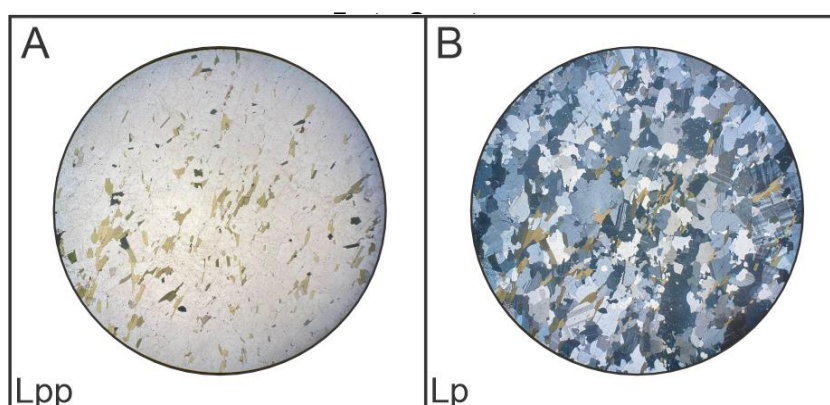
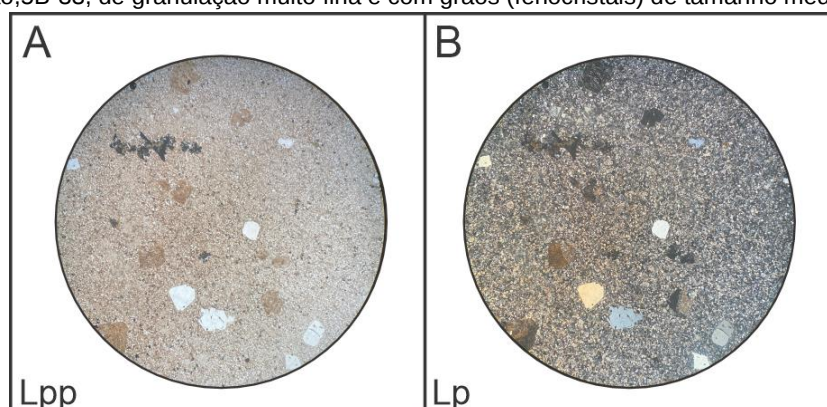


Figura 3: Riólito, 5B-33, de granulação muito fina e com grãos (fenocristais) de tamanho médio dispersos.



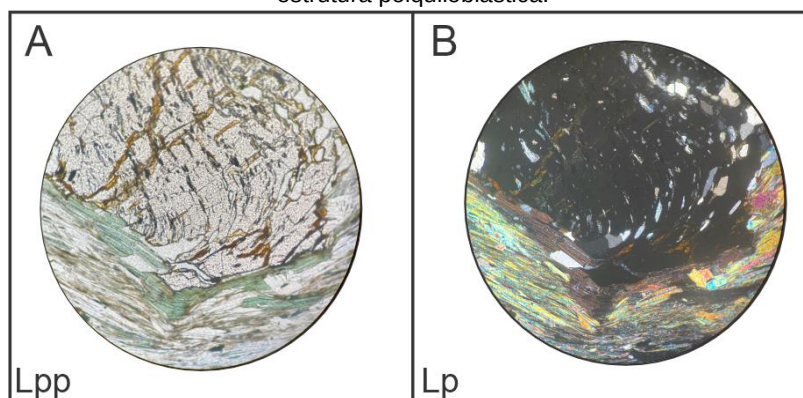
Fonte: Os autores

Em relação às rochas metamórficas, foi selecionado um granada - xisto dado (lâmina 1F-023) (Figura 4), com composição dada por quartzo, granada, plagioclásio, estauroлита e biotita. A microestrutura de maior destaque ocorre na granada, não somente pelo fato de ser poiquiloblástica, mas registrando um evidente processo deformacional a partir da rotação. Tal registro indica como a representação dos processos deformacionais ocorridos em maior escala, presentes em uma rocha, podem exemplificar como importantes indicadores cinemáticos de grandes movimentos de massa.

## A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Portanto, feições microtectônicas são evidentes casos de como análises microscópicas são fundamentais para o entendimento de processos regionais.

Figura 4: Granada - Xisto (1F-023) rocha oriunda da cidade de Mariana- MG, com a presença de granada com morfologia sigmoidal em que na figura (B), se observa a inclusão de minerais como quartzo, biotita e cloritoide, estrutura poiquiloblástica.

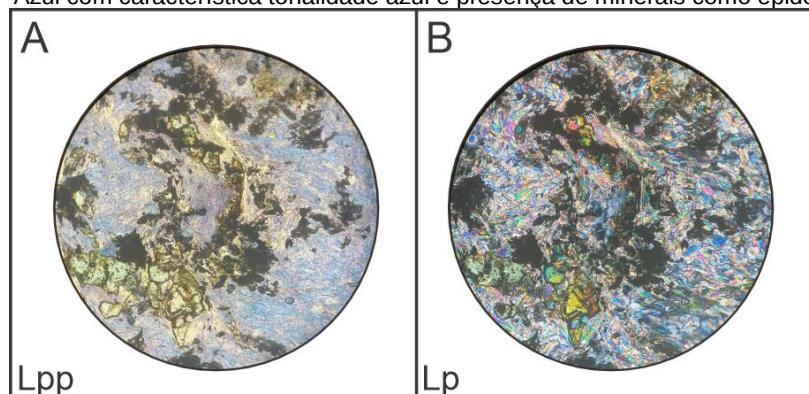


Fonte: Os autores

Em continuidade as rochas metamórficas, foi selecionado o xisto - azul (Figura 5), representado pela lâmina 3G-100, cuja mineralogia é dada por epidoto, granada, jadeíta, clorita e glaucofana, como o próprio nome já indica, tal rocha é caracterizada por sua coloração em tons de azul, fortemente pelocroica, em que tal aspecto é dado em principal pela presença do mineral tipicamente metamórfico, a glaucofana.

O xisto - azul é uma rocha de imenso valor geológico, dado que estas são somente formadas em ambientes de subducção de placas tectônicas - característicos de geração de orógenos, cadeias de montanhas. A rocha selecionada é oriunda da Califórnia, onde no presente momento há uma placa tectonicamente ativa. Logo, a presença de tal rocha representa uma mudança no regime tectônico presente no local. Assim, há a caracterização de um xisto azul para os estudantes, fundamental para elucidação da evolução de orógenos e processos tectônicos colisionais.

Figura 5: Xisto - Azul com característica tonalidade azul e presença de minerais como epidoto e granada.



Fonte: Os autores

### Discussão

A conexão entre o ensino de microscopia óptica em disciplinas de graduação e a produção de materiais didáticos revela-se essencial para a formação de geólogos e engenheiros geólogos, e ao

## A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

mesmo complexo, para a aprendizagem em disciplinas que abordam temas, pouco existentes no cotidiano e escassos no ensino básico dos educandos. A caracterização de minerais transparentes em lâminas delgadas, por exemplo, necessita não apenas domínio técnico e do manuseio adequado do microscópio polarizado de luz transmitida, mas também a habilidade de interpretar propriedades ópticas, texturas e conceitos da relação da luz com as estruturas cristalinas que não são familiares a população em geral. Nessa perspectiva, a elaboração de apostilas e materiais de apoio (como exercícios ilustrativos e didáticos) (Figura 6), com linguagem acessível e recursos visuais bem sistematizados, atua como um intermediário entre o conteúdo científico e a compreensão do graduando, mitigando a distância entre teoria complexa e a prática. Como destaca Freire (1996), o processo educativo deve ser dialógico e beneficiar a relação crítica do educando com o objeto de estudo: “Ensinar é uma especificidade humana” e “Ensinar exige querer bem aos educandos”. Nessa percepção, as ferramentas didáticas e lúdicas se traduzem como instrumentos de mediação que incentivam e encorajam a reflexão e a adequação ativa do conhecimento.

Figura 6: representação esquemática de atividade da disciplina óptica cristalina, desenvolvida por estudantes da disciplina.



Fonte: Os autores.

Ademais, a microscopia óptica se estabelece em uma disciplina técnica primordial na formação profissional do(a) geólogo(a) e do(a) engenheiro(a) geólogo(a), pois possibilita a elucidação da geração das propriedades ópticas geradas da interação da luz polarizada com os minerais, a partir dos distintos sistemas cristalográficos (cúbico, tetragonal, hexagonal, trigonal, ortorrômbico, monoclinico e triclínico) e das substâncias amorfas naturais. Além disso, estabelece uma integração com as petrologias ígnea, metamórfica e sedimentar, pelo estudo textural e microtectônico das rochas, bem como aspectos para a interpretação de processos geológicos e petrogênese.

Da perspectiva pedagógica, esse conjunto de possibilidades didáticas auxilia para o impulsionamento do pensamento crítico e da aptidão de estudos/investigações e saberes que, segundo Piaget (1973), são desenvolvidas quando o educando se interliga com “situações-problema” e remodela cognitivamente seus alicerces de conhecimento. Além disso, ao vincular conceitos teóricos e atividades práticas, o ensino de microscopia óptica integra-se da formação da aprendizagem significativa proposta por Ausubel (2003), na qual conteúdos ditos como inéditos atingem um significado com propósito ao serem englobados com conhecimentos antecedentes. Dessa forma, a aplicação e reflexões de um ensino mediado por materiais didáticos e interativos expandem a compreensão técnica sobre a microscopia e potencializa a autonomia intelectual e a capacidade investigativa dos futuros profissionais em geociências.

Por fim, o destaca-se que o estudo de conceitos microscópicos de minerais e rochas, suportada por materiais didáticos interativos, aponta como o estudo do “micro” pode gerar impactos significativos na elucidação do “macro”, possibilitando a interpretação de processos geológicos, como neste projeto, especificamente aos eventos tectônicos, escala regional e global. Essa conexão entre análises em lâminas petrográficas delgadas e a compreensão da geologia corrobora a importância da microscopia

## A Ciência do **NANO** e seu impacto transformador no **MACRO**

óptica na formação em geociências, pois vincula detalhes que não são perceptíveis a olho nu a grandes eventos.

### Conclusão

A reflexão sobre a função da microscopia óptica na formação acadêmica e profissional de estudantes de engenharia geológica e geologia destaca a relevância como mecanismo necessário ao entendimento de aspectos da interação da luz com substâncias cristalinas e da petrologia, possibilitando interpretações mais amplas dos processos geológicos e como a percepção da escala micro impacta na escala macro (eventos tectônicos, magmáticos e de origem da vida). Sob o ponto de vista pedagógico, a microscopia óptica, agregada à confecção de materiais didáticos e interativos, coopera para a promoção “do pensamento crítico e da autonomia intelectual”, em conformidade com idealizações pedagógicas aplicadas ao ensino.

Tais atividades buscaram compreender os diferentes conhecimentos a serem adquiridos com as presentes lâminas do acervo dentro do espectro das rochas sedimentares, ígneas e metamórficas.

### Referências

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.

BLOSS, F. D. **Crystallography and crystal chemistry - an introduction**. Mineralogical Society of America. United States of America: Rinehart and Winston, Inc. 545p. 1971.

DEER, W.A.; HOWIE, R.A. & ZUSSMAN, J. **An Introduction to the Rock Forming Minerals**. London, Prentice Hall, 2a ed., 676p. 1992.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/54579/2/freire-pedagogia-da-autonomia.pdf>. Acesso em: 05 set. 2025.

PIAGET, J. **A formação do símbolo na criança**. Rio de Janeiro: Zahar, 1973.

### Agradecimentos

Agradecemos ao Laboratório de Microscopia Óptica do Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto.