

UMA NOVA ABORDAGEM PARA O ENSINO SOBRE
MATERIAIS DE ORIGEM DO SOLO

Yuri Lopes Zinn¹

Alba Lucia Araujo Skorupa²

O Ano Internacional dos Solos proporciona o momento ideal para uma série de reflexões que se faziam necessárias há anos, ou décadas, sobre o assunto *solo*. Não somente porque esta é a ocasião propícia para introduzir, ou melhorar, o conhecimento sobre solos ao público leigo, mas também para que o próprio leitor ou profissional especializado em solos possa reavaliar suas formas tradicionais de abordagem, atuação e ensino. Uma das maiores dificuldades, em relação à divulgação da Ciência do Solo ao público geral, é sua inerente complexidade em relação a outras disciplinas ambientais de impacto mais imediato. Por exemplo, é fácil observar que o público em geral possui um conhecimento mínimo sobre questões ambientais relativamente complexas, como o aquecimento global, a poluição por defensivos agrícolas ou escassez hídrica. Porém, esse mesmo público teria dificuldades em associar a relevância dos solos na causa ou atenuação desses problemas, mesmo sabendo que o solo é um dos principais fatores envolvidos na produção de alimentos.

Parte da dificuldade do público geral, mas também do público especializado, em apreciar a ampla importância dos solos se deve também à forte interação entre a Ciência do Solo e uma série de outras ciências ou carreiras profissionais. Isso resulta em uma ampla transdisciplinaridade, que pode ser ilustrada na Figura 1. É bem conhecido que a Ciência do Solo fornece

¹ Engenheiro florestal, Ph.D. em Ciência do Solo, professor do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (Ufla/PPGCS), Lavras, MG. ylzinn@dcs.ufla.br

² Engenheira florestal, doutora em Ciência do Solo, bolsista pós-doutoranda PACCSS Capes-Fapemig no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (Ufla/PPGCS), Lavras, MG. albaskorupa@hotmail.com

conhecimentos subsidiários a carreiras e ciências voltadas à agropecuária, hidrologia e meio ambiente, e que estas retroalimentam a Ciência do Solo com novos subsídios, o que está esquematizado como setas de ida e volta na Figura 1. Embora tal *feedback* seja importante para o progresso científico mútuo de todas as disciplinas correlatas, esse processo é muito menos evidente em outros casos. Por exemplo, a grande importância do estudo dos solos para a Arqueologia (HUISMAN et al., 2009) é muito pouco conhecida mesmo para pós-graduados em Ciência do Solo, embora seja de aplicação óbvia a arqueólogos dedicados à escavação de sítios. Em consequência de todas as inter-relações apresentadas na Figura 1, que é apenas uma simplificação, uma ampla percepção das aplicações e potenciais da Ciência do Solo facilmente foge ao alcance do público, seja este geral, seja especializado.

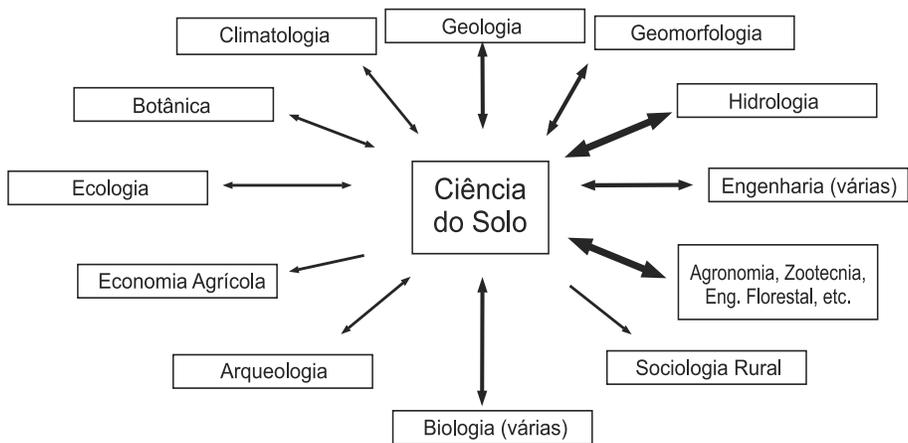


Figura 1. Diagrama de inter-relação entre a Ciência do Solo e outras disciplinas científicas e carreiras profissionais, proposto pelos autores. As setas bidirecionais apontam a ocorrência de *feedbacks* positivos entre Ciência do Solo e as diferentes áreas, e a importância dessa relação é proporcional à espessura das setas.

Este trabalho visa a uma nova abordagem para a interação – neste caso, pedagógica – entre a Ciência do Solo e a Geologia/Geomorfologia, conforme ilustrada na parte superior da Figura 1. Tal relação é óbvia porque o solo deriva da alteração ou intemperismo dos materiais de origem do solo, cujo estudo tradicional é o domínio da Geologia. Como *material de origem do solo*, referiu-se, neste trabalho, às rochas, depósitos sedimentares ou

saprolitos/regolitos, que são agregados consolidados ou não de minerais, de cujo intemperismo físico e químico resultam os solos. Em outras palavras, é o assunto compreendido nas disciplinas clássicas de Mineralogia, Petrologia, Sedimentologia e Geomorfologia, integrantes da formação de ensino superior nos cursos de Ciências da Terra ou Geologia, nos quais ocupam vários semestres. A Ciência do Solo, por sua vez, retroalimenta, com resultados de suas pesquisas, algumas subáreas da Geologia, como a Sedimentologia, Geoquímica e Geomorfologia.

Na maioria dos cursos de graduação tradicionais de Ciências Agrárias (Agronomia, Zootecnia, Engenharias Florestal e Agrícola, etc.), ou para carreiras mais recentes, como Engenharia Ambiental, o ensino de Ciência do Solo é ministrado na forma de duas a cinco disciplinas separadas. Tradicionalmente, são privilegiados os conteúdos básicos de Pedologia (incluindo Mineralogia do Solo), Física e Química do Solo (incluindo Fertilidade e noções de Microbiologia Agrícola), e Manejo e Conservação do Solo e da Água. O elo mais fraco do ensino de Ciência do Solo, mesmo nos melhores cursos de graduação e inclusive de pós-graduação, refere-se precisamente ao tratamento do material de origem do solo, que é geralmente sintetizado em um único semestre ou algumas semanas.

A dificuldade em lecionar sobre materiais de origem ao público de Ciência do Solo não é devida somente a essa intensa condensação de conteúdo. Mesmo em universidades onde são oferecidos cursos de graduação em Geologia, cujos docentes ministram disciplinas de introdução às Ciências da Terra para alunos de Ciências Agrárias ou Ambientais, o enfoque é frequentemente inadequado, pois a grande maioria dos geólogos tem pouco ou nenhum interesse em solos ou regolitos. Por outro lado, em universidades sem curso de graduação em Geologia, aí incluindo algumas com os cursos de Agronomia mais tradicionais do Brasil, o ensino sobre o assunto é em geral ministrado por docentes formados em Ciências Agrárias, que, por sua vez, têm comumente pouco interesse ou conhecimento sobre Mineralogia e Petrologia. Dessa forma, torna-se fácil entender por que o material de origem do solo é o tópico menos compreendido por estudantes de graduação e pós-graduação, e profissionais envolvidos diretamente no ensino de Ciência do Solo. Mesmo para pedólogos experientes e interessados em minerais e rochas, a terminologia própria da Geologia oferece dificuldade considerável ao estudo de sua literatura. É importante notar que essa deficiência de conhecimento e

enfoque é universal: por exemplo, dois artigos recentes sobre o ensino de Ciência do Solo, publicados em um dos jornais internacionais mais influentes da área, são absolutamente omissos em relação ao estudo e ensino sobre os materiais de origem do solo (FIELD et al., 2011; HARTEMINK et al., 2014). Assim, embora muitos autores ressaltem o caráter transdisciplinar da Ciência do Solo, e apesar de os solos serem a interface comum entre a atmosfera, a biosfera e a litosfera, ironicamente esta última é tradicionalmente subestimada na formação acadêmica dos cientistas do solo.

Um conhecimento básico insuficiente sobre materiais de origem do solo pode resultar em uma série de limitações ao estudante, profissional ou docente de Ciência do Solo, que vão além da compreensão incompleta de textos e artigos científicos. Jenny (1941) reconhecia essa dificuldade ao afirmar a impossibilidade de atribuir valores numéricos simples para a avaliação quantitativa do papel de diferentes materiais de origem no processo de formação de solo. Como consequência mais óbvia da dificuldade de entender os materiais de origem do solo, pode-se citar ainda a percepção não acurada ou insuficiente de sua influência sobre: 1) o encadeamento dos diferentes solos ao longo de litossequências; 2) a profundidade e grau de intemperismo do solo ou catena estudados; 3) a composição granulométrica e mineralógica do solo; 4) composição química de elementos-traço ou principais do solo; 5) a geomorfologia local, incluindo diferenças de relevo e drenagem; e, finalmente, 6) a presença e importância de discontinuidades e materiais alóctones em um solo. Este trabalho tem por objetivo apresentar uma proposta de ensino, seja em nível de graduação, seja pós-graduação, sobre minerais e rochas como materiais de origem do solo, bem como relatar uma avaliação das possibilidades e dificuldades encontradas na prática desse ensino.

UMA PROPOSTA DE CONTEÚDO E METODOLOGIA AO ENSINO DE MATERIAIS DE ORIGEM DO SOLO

Esta proposta é embasada no ensino tradicional sobre materiais de origem do solo para alunos dos cursos de graduação de Agronomia e Ciências Agrárias da Escola Superior de Agricultura de Lavras (Esal), tornada Universidade Federal de Lavras (Ufla) em 1994. O conteúdo era parte de uma disciplina inicialmente oferecida por John D. Wheelock, por vezes creditado

como a primeira pessoa a investigar solos em Minas Gerais. Tal conhecimento era ministrado em conjunto com Pedologia, em uma disciplina oferecida desde a década de 1930, com o nome de Solos I. Mais tarde, foi criada uma disciplina específica de “Geologia e Mineralogia”, que atualmente existe com o nome de “Introdução à Ciência do Solo”. Essa disciplina é oferecida para os alunos de Agronomia, Zootecnia, Química e Engenharias Florestal, Agrícola e Ambiental, geralmente no primeiro período cursado. A Tabela 1 sintetiza a proposta deste trabalho de conteúdo teórico e prático semanal, em sua ordem cronológica didaticamente estabelecida, para o ensino de materiais de origem do solo em um curso de graduação em Ciências Agrárias e Ambientais.

Para o caso de alunos iniciantes em Ciência do Solo, as aulas teóricas se iniciariam com uma breve definição de solo, suas características e funções ecológicas básicas, e com a listagem das subáreas de estudo (e.g., Física do Solo, Pedologia) e dos nutrientes vegetais, para oferecer um vislumbre sobre a importância do solo e sobre por que se deve conhecer seu material de origem. Após esta introdução, os tópicos sobre minerais e rochas devem estar encadeados na construção de um conhecimento (MUGGLER et al., 2006) que proporcione a percepção da continuidade e crescente complexidade dos níveis básicos de organização da matéria na crosta terrestre, até o objetivo final do estudo profissionalizante, que é o solo. Tal encadeamento pode ser sumarizado como “a matéria se organiza na forma de *elementos químicos*, que se unem na forma de *minerais*, que se agregam para formar *rochas*, que sofrem intemperismo e assim formarão os *solos*”. Tal abordagem hierárquica é útil para corrigir, durante o curso, conceitos equivocados, como “o ferro (em vez da hematita) proporciona a cor vermelha do solo”, ou “o traço do basalto é preto”, ou ainda “os feldspatos são o principal grupo mineral no solo (em vez de na crosta terrestre)”.

Em que pese a importância do módulo teórico, a disciplina deve idealmente ter forte ênfase nas aulas práticas, ao focalizar a atividade de identificação macroscópica dos principais minerais e rochas, exercitada no manuseio semanal de amostras. As aulas práticas podem concentrar dois terços da carga horária e, por sua natureza, uma parte significativa de conteúdo “teórico” é ministrada simultaneamente às aulas práticas. Inicialmente, são despendidas as duas primeiras semanas do módulo prático no estudo das propriedades diagnósticas dos minerais, utilizando

em cada aula cerca de 15 amostras de minerais, dispostas em caixas numeradas distribuídas para grupos de até quatro alunos, que ilustrem, por exemplo, a escala de dureza de Mohs, e os tipos principais de clivagem (em 1, 2 e 3 planos) e fraturas (conchoidal, fibrosa, etc.). Balanças são utilizadas para a determinação expedita da densidade de minerais díspares, como quartzo e galena, pelo princípio de Arquimedes; e o traço diferente de minerais de mesma cor, como a magnetita e hematita, ou de minerais de cor variável, como a calcita, é testado em porcelana. Idealmente, utiliza-se a mesma amostra, ou diferentes amostras do mesmo mineral, para ilustrar propriedades diferentes: assim, o quartzo é, por exemplo, utilizado para demonstrar a dureza 7, densidade $2,65 \text{ g cm}^{-3}$, fratura conchoidal, alochromia, transparência, etc. É ressaltada a noção de que, embora a identificação correta de um mineral exija formalmente a verificação de todas as propriedades tabeladas, os principais minerais formadores de rochas e solos podem ser facilmente identificados por poucas e específicas propriedades-chave; por exemplo, os feldspatos possuem clivagem em dois planos, cores claras, e hábito tabular ou laminar.

O módulo prático prossegue pela mineralogia descritiva ao longo de mais quatro semanas, iniciando pelos principais silicatos formadores de rochas ígneas e seus metamórficos, seguidos pelos principais minerais formadores de sedimentos químicos e clásticos (Tabela 1). Ênfase é dada à identificação de diferentes variedades de micas e quartzo (e.g., leitoso, hialino), ao conceito de solução sólida de feldspatos e olivinas, e aos principais minerais acessórios de rochas, como granadas, turmalinas e alguns óxidos primários. Em relação aos minerais de sedimentos químicos, é essencial ressaltar gênese e ambiente de ocorrência, bem como sua importância como fonte de corretivos, fertilizantes e insumos industriais. No caso específico dos carbonatos, demonstrações práticas da formação de ácido carbônico pela queda no pH após a injeção de CO_2 em água são úteis, e o teste de efervescência com ácido é imprescindível. Uma prática simples de evaporação rápida e lenta (a $65 \text{ }^\circ\text{C}$ e à temperatura ambiente, respectivamente) de uma solução salina não só é útil para lecionar sobre a salinização de solos, mas também sobre o efeito do tempo de formação no tamanho dos cristais (COSTA; ANDRADE, 2014).

Tabela 1. Proposta de conteúdo de uma disciplina sobre materiais de origem do solo para alunos de Ciências Agrárias e Ambientais.

Semana	Aulas e provas teóricas	Aulas e provas práticas
1	Apresentação geral e regras do curso	Definição básica de mineral e propriedades diagnósticas dos minerais I: dureza, clivagem, fratura e peso específico
2	Introdução ao solo e sua Ciência: definição, importância, subáreas de estudo, nutrientes minerais	Propriedades dos minerais II: cor, traço, brilho, transparência, hábito, magnetismo e sistema cristalográfico
3	O Universo, elementos químicos, crosta terrestre e sua composição química	Minerais principais da crosta terrestre I: feldspatos e grupo da sílica
4	Introdução aos minerais: definição formal de minerais e estruturas cristalinas, classificação quanto à gênese e composição química	Minerais principais da crosta terrestre II: olivinas, piroxênios e anfíbios, micas, granadas, turmalinas, óxidos, sulfetos, etc.
5	Introdução aos minerais: gênese e estrutura dos silicatos	Minerais de sedimentos químicos: gênese e propriedades de carbonatos, sulfatos, cloretos e fosforitas
6	Introdução à Petrologia: definição de rochas e classificação quanto à gênese. Rochas ígneas – magmas e resfriamento, importância e ocorrência	Minerais de sedimentos clásticos e solos: gênese e propriedades de filossilicatos e óxidos secundários
7	Prova I: conteúdo de Mineralogia	Prova I: identificação manual de minerais
8	Rochas sedimentares – definição e gênese de sedimentos e rochas sedimentares, importância e ocorrência	Rochas ígneas – textura, minerais essenciais e acessórios, classificação, identificação
9	Rochas metamórficas – definição e importância. Tipos de metamorfismo e ocorrência. O ciclo das rochas	Rochas sedimentares – textura, minerais essenciais e acessórios, classificação, identificação
10	Introdução a movimentos da crosta terrestre: isostasia, tectonismo, falhas, epirogenia, orogenia, dobramentos	Rochas metamórficas – textura, estrutura, minerais essenciais e acessórios, classificação, identificação
11	Introdução ao tempo geológico relativo e absoluto. Éons, eras e períodos	Intemperismo físico e químico – processos e reações. Estudo de amostras intemperizadas
12	Introdução à paisagem. Forças modeladoras, ciclo da água, relevo, lençol freático, erosão	Vídeos didáticos sobre rochas em seu ambiente de ocorrência e processos geológicos
13	Introdução à Geologia do Brasil e do Estado. Principais formações cristalinas e sedimentares, sua influência no solo	Excursão ao campo – rochas ácidas e básicas e sua influência nos solos derivados, estudo da paisagem do topo ao leito do rio
14	Prova II: Petrologia	Prova II: identificação de rochas

O conteúdo prático sobre minerais deve ser encerrado com os principais minerais primários em sedimentos clásticos e solos, incluindo amostras de frações de areia e silte, mas especialmente sobre a gênese, ocorrência, estrutura e importância dos óxidos e flossilicatos secundários predominantes nos solos. Além das amostras de mão de micas, caulim, vermiculitas e esmectitas (estas, por exemplo, na forma de granulado higiênico para felinos), deve ser adotado o uso de modelos tri e bidimensionais de tetraedros, octaedros e dos arranjos 2:1 e 1:1. Em relação às fórmulas químicas, é recomendável a memorização daquelas relativamente simples de minerais críticos (e.g., quartzo, calcita, hematita), mencionando-se algumas um pouco mais difíceis de minerais importantes (e.g., caulinita, feldspatos), e relevando as efetivamente complexas (e.g., de micas, esmectitas). Ao fim do conteúdo sobre minerais, deve tomar lugar a primeira avaliação prática e teórica do curso. Em seguida, é iniciado o módulo sobre rochas.

O ensino sobre Petrologia se inicia com aula teórica, com definição de rocha e sua classificação segundo a gênese, seguida por apresentação das rochas ígneas, o processo de resfriamento de magma e a série de Bowen. A aula prática deve apresentar amostras de materiais amorfos (pomes, obsidianas), granitos, basalto, gabro e diabásio, que consubstanciem as classificações baseadas em textura, índice de cor M e acidez das rochas ígneas. Ênfase é dada à identificação dos minerais obrigatórios, utilizando-se rochas faneríticas: por exemplo, os alunos devem ser capazes de identificar quartzo, feldspatos e biotita em granitos. As rochas sedimentares são em seguida apresentadas conceitualmente em aula teórica, e amostras de origem química, clástica e orgânica são mostradas em prática, enfatizando-se novamente os mecanismos de formação (inclusive de transporte de sedimentos) e ambientes de ocorrência. É ressaltada novamente a importância dessas rochas como fonte de corretivos e fertilizantes, e das rochas clásticas como aquíferos, demonstrando-se a absorção de água por amostras de arenitos, por exemplo. Rochas sedimentares biogênicas são apresentadas em função de sua relação com a paisagem atual, como ao relacionar a turfa com sua formação em ambientes encharcados, sem esquecer aquelas cuja importância se deve ao seu uso como combustível (e.g., carvão mineral) ou registro fóssil (madeira petrificada, âmbar, etc.). As rochas metamórficas são então apresentadas teoricamente como resultado da ação da temperatura e pressão sobre as ígneas e sedimentares, ressaltando-se os processos principais (e.g., de contato,

regional, hidrotermal), e os intervalos aproximados de temperatura e pressão envolvidos. A aula prática deve buscar que o aluno compare amostras de rochas metamórficas com seus respectivos protólitos ígneos e sedimentares, não só aprendendo como identificá-las, mas também compreendendo como o metamorfismo altera os grãos minerais. Por exemplo, amostras de granito e ortogneisse são pareadas para visualizar as alterações de forma e disposição de grãos, e amostras de minerais de gênese exclusivamente metamórfica, como cianita e grafita, são exibidas.

Uma aula prática específica para apresentar os diferentes processos de intemperismo físico é então apresentada, com amostras de minerais e rochas mais conhecidos em estádios mais ou menos avançados de decomposição, pareados a amostras não intemperizadas.

São feitas projeções de micrografias de seções delgadas das principais rochas de material de origem de solo (ARAÚJO et al., 2014), para ressaltar como os diferentes grãos minerais se encaixam e se desprenderiam com o intemperismo físico, e também para mostrar, por exemplo, a ausência de porosidade no quartzito e metacalcário como efeito da recristalização no metamorfismo. Após o aluno ser familiarizado com materiais de origem *per se*, aulas teóricas sobre tectônica de placas, movimentos da crosta e tempo geológico são necessárias para demonstrar o dinamismo do planeta e como as rochas se reciclam. Ainda, uma introdução ao estudo da paisagem e movimentos de água, solutos e sedimentos é requerida antes da aula prática de campo, que visa apresentar aos alunos as rochas em seu ambiente natural, o efeito do intemperismo sobre elas e como elas afetam a cor do solo, por exemplo. Finalmente, o curso se encerra pela descrição sucinta da geologia estadual e do Brasil em aula teórica, por meio da projeção e distribuição de mapas geológicos simplificados em tamanho A4.

As avaliações devem privilegiar o aspecto prático da disciplina, visando a uma melhor conexão entre teoria e práxis. Dessa forma, incluem-se duas provas práticas: a primeira sobre identificação dos minerais mais importantes, e a segunda sobre rochas. Listas de exercícios em grupo podem ser utilizadas no esforço de preparação para as provas, não somente na fixação de conhecimentos ministrados em aula, mas também como busca de informações adicionais úteis, como enumerar os dez principais elementos químicos da crosta terrestre e sua valência. Uma parte importante

da avaliação é a entrega de coleções de minerais e rochas, a exemplo do que é geralmente feito em disciplinas de introdução à Entomologia ou Botânica. Tais coleções, a serem feitas em grupos, possuem diversas vantagens didáticas, como: a) induzir os alunos a coletar amostras no campo, i.e., em seu contexto natural, com efeito do intemperismo e como material de origem do solo; b) permitir um tempo mais longo para estudo e identificação das próprias amostras, idealmente coletadas no município de residência permanente de cada aluno; e c) dotar o departamento educacional de amostras de minerais e rochas que se prestem para uso em aula prática, assim melhorando e aumentando a coleção didática, que pode idealmente incluir uma exposição permanente nas paredes da sala de aula ou em corredores próximos.

Material didático e bibliográfico

O material didático e bibliográfico é um item crítico ao ensino adequado de minerais e rochas para os alunos de Ciência dos Solos. Isso porque não existem, pelo que se sabe, textos específicos para esse público, de modo que os professores devem utilizar as fontes tradicionais para alunos de Geologia, ou preparar seu próprio material didático. Costa (1965, p. 13) notou que o ensino de Geologia pode ser consideravelmente diferente de acordo com a finalidade do curso do aluno, e que naquela época não havia textos “para quem a Geologia é uma ciência auxiliar, e não um fim em si mesmo”. Textos didáticos escritos para alunos de Ciências Agrárias geralmente encontram-se esgotados (BAHIA, 1990), ou então não privilegiam a identificação de minerais e rochas (PINTO, 1985). O livro *Decifrando a Terra* (TEIXEIRA et al., 2000) é uma boa sugestão para a proposta aqui apresentada, e foi merecidamente agraciado com um Prêmio Jabuti pelo texto didático e riqueza de ilustrações, embora a sua parte sobre Mineralogia seja restrita. Igualmente, há capítulos úteis no livro *19 lições de Pedologia* (LEPSCH, 2011), que empregam ilustrações de Teixeira et al. (2000). Por outro lado, textos de Geologia Geral tradicionalmente usados no Brasil (LEINZ; AMARAL, 1987; POPP, 1995) são relativamente pobres em ilustrações, embora o texto de Popp apresente uma parte adequada sobre Mineralogia, incluindo uma chave de identificação. Ainda, não se pode esquecer que os três textos foram idealizados para alunos de Geologia, de modo que se pode sugerir que a carência de textos especializados sobre materiais de origem

do solo para alunos de Ciências Agrárias e Ambientais parece continuar. A adoção de textos mais recentes para o público interessado em Ciência do Solo deverá auxiliar a preencher essa lacuna, tal como é o caso do capítulo sobre Mineralogia Geral (ZANARDO; MARQUES JÚNIOR, 2009), embora a necessidade de um texto didático específico de nível de graduação continue premente. Afinal, a distinção entre um *sill* e um *neck* vulcânicos, assunto geralmente dissecado em livros de Geologia, por exemplo, apresenta efetivamente pouca relevância ao público específico de Ciência do Solo.

A OPINIÃO DOS ALUNOS SOBRE O ENSINO DE MATERIAIS DE ORIGEM DO SOLO

Em 2013, um questionário de múltipla escolha que avaliava a aplicação da proposta detalhada acima foi aplicado a cerca de 150 alunos de graduação da Ufla, logo após o exame final. Os questionários foram anônimos, mas a informação sobre o curso do aluno foi registrada, para que as respostas fossem agrupadas como pertinentes a estudantes interessados em Ciências Agrárias (cursos de Zootecnia, Agronomia, Engenharia Florestal e Engenharia Agrícola) ou em Ciências Ambientais (Química e Engenharia Ambiental). De um total de 136 questionários retornados, 67 referem-se a alunos de Ciências Agrárias, em especial de Zootecnia (50), enquanto os de Ciências Ambientais compreenderam 69 alunos, entre os quais 46 eram de Engenharia Ambiental.

A Figura 2 mostra o tópico relativo a solos que ocupa o interesse principal dos alunos de Ciências Agrárias e Ambientais. Essa questão se torna mais relevante ao considerar-se que a Ciência do Solo vem cada vez mais sendo ensinada a alunos de carreiras não agrícolas (Hartemink et al., 2014), e permite uma melhor perspectiva das respostas às próximas questões. Conforme esperado, os alunos interessados em Ciências Ambientais apresentam pouco interesse em aprender futuramente sobre manejo e conservação de solo, e especialmente baixo interesse em fertilidade do solo e adubação. Entre os alunos de Ciências Agrárias, a maioria (51%) se declara mais interessada em manejo e conservação do solo, em comparação com fertilidade e adubação (30%), mas é interessante apontar o alto interesse em meio ambiente (19%).

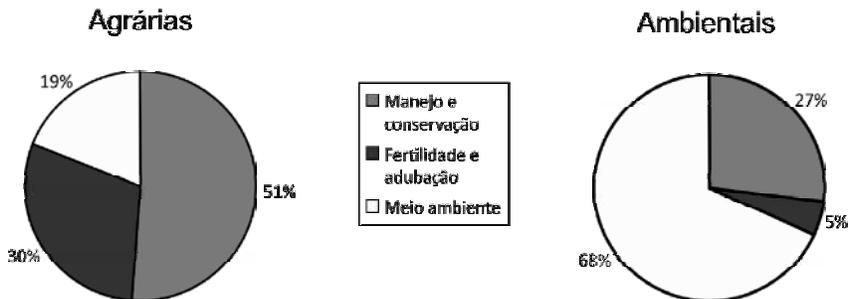


Figura 2. Principal área de interesse em relação à Ciência do Solo, por parte dos alunos de Ciências Agrárias e Ambientais.

Com base nessa caracterização inicial da amostra, o questionário buscou identificar quais seriam as partes do conteúdo didático que apresentaram maior dificuldade de aprendizado. A Figura 3 mostra que os alunos de ambas as áreas encontraram maior dificuldade no estudo das rochas, seguido por minerais, crosta terrestre/tectonismo, e intemperismo/paisagem, em porcentagens muito semelhantes.

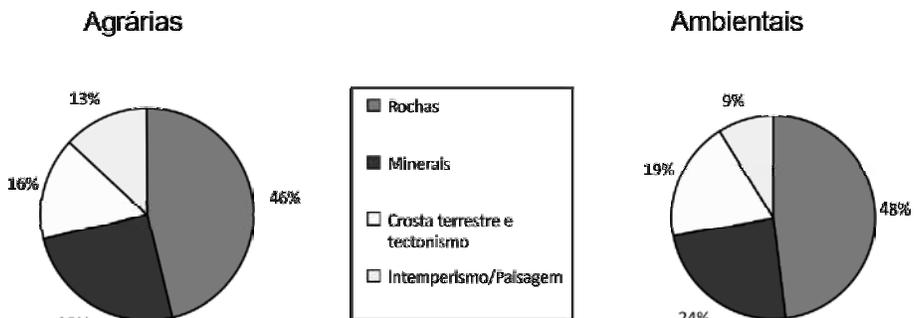


Figura 3. Assunto que apresentou a maior dificuldade na disciplina, segundo os alunos de Ciências Agrárias e Ambientais.

Uma melhor perspectiva sobre essas dificuldades foi o objetivo das próximas questões. A questão seguinte foi: “Qual foi o tópico sobre minerais (e rochas) mais difícil?”. Segundo a Figura 4, mais da metade dos alunos de Ciências Ambientais e 37% dos alunos de Ciências Agrárias encontraram

maior dificuldade no estudo das propriedades diagnósticas dos minerais e sua identificação. Igualmente, a identificação de rochas foi considerada pelos alunos de ambas as áreas como a parte mais difícil da Petrologia (Figura 5). Ora, para identificar as rochas com propriedade, é necessário identificar os minerais nelas existentes, de modo que as Figuras 4 e 5 podem ser interpretadas como indicadoras da causa de o item “Petrologia” ser mais difícil do que a Mineralogia geral na Figura 3.

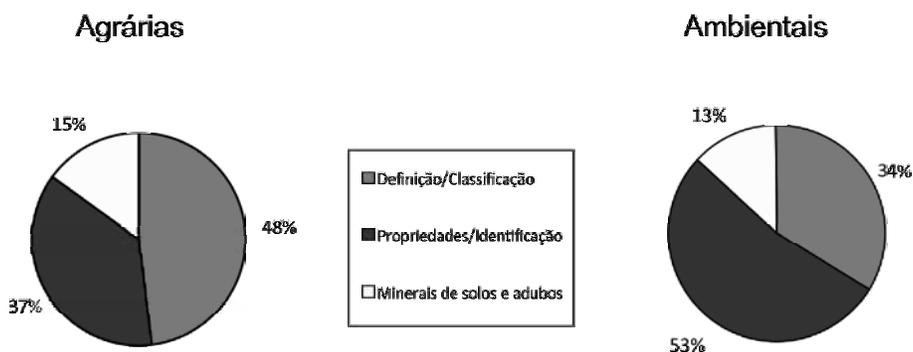


Figura 4. Assunto de Mineralogia que apresentou a maior dificuldade que apresentou a maior dificuldade, segundo os alunos de Ciências Agrárias e Ambientais.

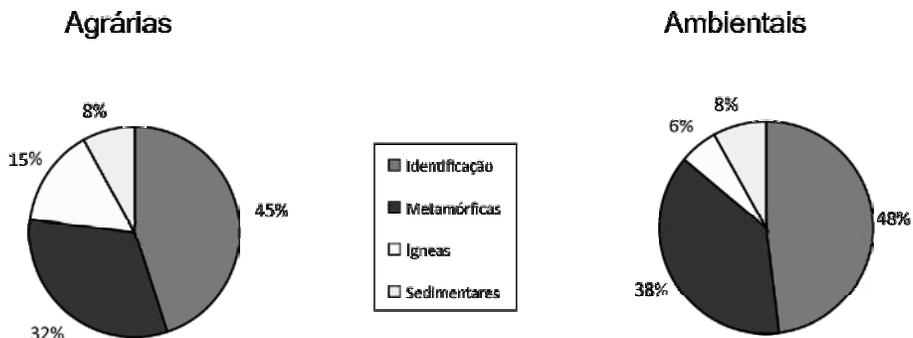


Figura 5. Assunto de Petrologia que apresentou a maior dificuldade, segundo os alunos de Ciências Agrárias e Ambientais.

É interessante ainda notar a dificuldade atribuída ao estudo das rochas metamórficas (Figura 5), o que em parte pode ser explicado pela mesma dificuldade em identificar calcita em mármore, ou quartzo em quartzito ou ortogneisse, uma vez que é evitada a discussão aprofundada sobre processos, graus e fácies metamórficas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transdisciplinaridade inerente à Ciência do Solo, ilustrada neste manuscrito, é discutida com ênfase em seus aspectos relacionados às disciplinas ligadas à Geologia. As principais deficiências do ensino sobre materiais de origem do solo (i.e., minerais e rochas) e suas causas foram discutidas, destacando-se a abordagem inespecífica e material didático insuficiente para alunos de Ciências Agrárias e Ambientais. Essas deficiências são derivadas também da falta de treinamento ou foco dos docentes alocados. Para sanar tais deficiências, foi, em seguida, apresentada uma proposta de conteúdo e metodologia para uma disciplina de graduação sobre o assunto, que enfatiza o aspecto prático da identificação manual dos principais minerais formadores de rochas e das principais rochas de origem do solo, abordando ainda aspectos correlatos das Ciências da Terra. Segundo a pesquisa de opinião realizada entre os alunos da disciplina proposta, graduandos em Ciências Agrárias e Ambientais, os assuntos que apresentaram maior dificuldade de aprendizado foram, em ordem decrescente: rochas; minerais; crosta terrestre/tectonismo; e intemperismo/paisagem. Em relação aos assuntos Mineralogia e Petrologia, os alunos de ambas as áreas ressaltaram sua maior dificuldade na identificação dos principais minerais e rochas. Isso pode ser atribuído à grande demanda de conhecimento sobre propriedades minerais, para esta que deve ser a atividade-chave de uma disciplina sobre materiais de origem do solo.

AGRADECIMENTOS

À Fapemig, pelo apoio financeiro para pesquisas sobre materiais de origem e seu efeito no solo (projeto CAG-APQ 720-12); aos professores Vicente Gualberto e Marco A. V. Ribeiro, do Departamento de Ciência do

Solo da Universidade Federal de Lavras, pelos ensinamentos e apoio na disciplina aludida; ao professor Alfredo S. Lopes, pela perspectiva histórica; e ao professor João José Marques, pelo material didático adicional à disciplina.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. A.; PEDROSO, A. V.; AMARAL, D. C.; ZINN, Y. L. Paragênese mineral de solos desenvolvidos de diferentes litologias na região sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 11-25, 2014.
- BAHIA, V. G. **Mineralogia e petrologia**. Lavras: Coopesal, 1990. 121 p.
- COSTA, I. S.; ANDRADE, F. R. D. Experimentos didáticos de cristalização. **Terra e didática**, v. 10, p. 91-104, 2014.
- COSTA, J. B. da. **Estudo e classificação das rochas por exame macroscópico**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1965. 196 p.
- FIELD, D. J.; KOPPI, A. J.; JARRETT, L. E.; ABBOTT, L. K.; CATTLE, S. R.; GRANT, C. D.; MCBRATNEY, A. B.; MENZIES, N. W.; WEATHERLEY, A. J. Soil science teaching principles. **Geoderma**, v. 167-168, p. 9-14, 2011.
- HARTEMINK, A. E.; BALKS, M. R.; CHEN, Z. S.; DROHAN, P.; FIELD, D. J.; KRASILNIKOV, P.; LOWE, D. J.; RABENHORST, M.; REES, K. van; SCHAD, P.; SCHIPPER, L. A.; SONNEVELD, M.; WALTER, C. The joy of teaching soil science. **Geoderma**, v. 217-218, p. 1-9, 2014.
- HUISMAN, D. J.; JONGMANS, A. G.; RAEMAEEKERS D. C. M. Investigating Neolithic land use in Swifterbant (NL) using micromorphological techniques. **Catena**, v. 78, p. 185-197, 2009.
- JENNY, H. **Factors of soil formation: a system of quantitative pedology**. New York: McGraw Hill, 1941. 279 p.
- LEINZ, V.; AMARAL, S. E. **Geologia geral**. 10 ed. São Paulo: Cia Editora Nacional, 1987. 397 p.
- LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 456 p.
- MUGGLER, C. C.; PINTO SOBRINHO, F. A.; MACHADO, V. A. Educação em solos: princípios, teoria e métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p.-733-740, 2006.
- PINTO, O. C. B. **Noções de geologia geral**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1985. 134 p.
- POPP, J. H. **Geologia geral**. 5. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1995. 376 p.
- TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Org.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Cia. Editora Nacional, 2000. 559 p.

Y. L. Zinn e A. L. A. Skorupa

ZANARDO, A.; MARQUES JÚNIOR, J. Conceitos básicos em mineralogia. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Ed.). **Química e mineralogia do solo**: parte 1. Viçosa: SBCS, 2009. p. 74-150.

Trabalho recebido em 20 de maio de 2015 e aceito em 19 de agosto de 2015