

Universidade Federal de Minas Gerais
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia - Instituto de Ciências Biológicas

**ENSINO DE ECOLOGIA POR INVESTIGAÇÃO:
A Paisagem Cárstica E Suas Cavernas Para Aprender O Ciclo Hidrológico**

Alexandra Esteves Oliveira Campos

Belo Horizonte

2019

Alexandra Esteves Oliveira Campos

**ENSINO DE ECOLOGIA POR INVESTIGAÇÃO:
A Paisagem Cárstica E Suas Cavernas Para Aprender O Ciclo Hidrológico**

Trabalho de Conclusão de Mestrado - TCM apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional- PROFBIO, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de concentração: Ensino de Biologia

Orientador: Dr. José Eugênio Côrtes Figueira

Coorientador: Dr. Célio da Silveira Júnior

Belo Horizonte

2019

043 Campos, Alexandra Esteves Oliveira.
Ensino de ecologia por investigação: a paisagem cárstica e suas cavernas para aprender o ciclo hidrológico [manuscrito] / Alexandra Esteves Oliveira Campos. - 2019.

111 f. : il. ; 29,5 cm.

Orientador: Dr. José Eugênio Côrtes Figueira. Coorientador: Dr. Célio da Silveira Júnior

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas. PROFBIO - Mestrado Profissional em Ensino de Biologia.

1. Ensino - Biologia. 2. Pesquisa. 3. Didática. 4. Pensamento crítico - estudo ensino. 5. Ecologia. 6. Ciclo hidrológico. I. Figueira, José Eugênio Côrtes. II. Silveira Júnior, Célio da. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. IV. Título.

CDU: 372.857.01

ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE MESTRADO DE ALEXANDRA ESTEVES OLIVEIRA CAMPOS	Defesa No. 33 Entrada 2º/2017
---	--

No dia 20 de agosto de 2019, às 14:00 reuniram-se, no Auditório 3 - Cerrado (eventos e pós-graduação) ICB/UFMG, os componentes da Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão de Mestrado, indicados pelo Colegiado do PROFBIO/UFMG para julgar, em exame final, o trabalho intitulado: “**Ensino de Ecologia por Investigação: A Paisagem Cárstica e suas Cavernas para Aprender o Ciclo Hidrológico**” como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Biologia, área de concentração: Ensino de Biologia. Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Prof. Dr. José Eugênio Côrtes Figueira, após dar conhecimento aos presentes sobre as Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra à candidata **Alexandra Esteves Oliveira Campos**, para apresentação oral de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa da candidata. Logo após, a Banca se reuniu, sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do resultado final. Foram atribuídas as seguintes indicações:

Professor examinador	Instituição	Indicação (Aprovado/Reprovado)
Dr/a. <i>Rafaelle Cardoso Ribeiro</i>	<i>IEMG</i>	<i>Aprovada</i>
Dr/a. <i>Fernando Rêgo Silva</i>	<i>UFMG</i>	<i>Aprovada</i>
Dr/a. <i>J. Garcia</i>	<i>UFMG</i>	<i>Aprovada</i>

Pelas indicações, a candidata foi considerada: *Aprovada*

O resultado final foi comunicado publicamente à candidata pelo Presidente da Comissão. Comunicou-se ainda à candidata que o texto final do TCM, com as alterações sugeridas pela banca, se for o caso, deverá ser entregue à Coordenação Nacional do PROFBIO, no prazo máximo de 60 dias, a contar da presente data, para que se proceda à homologação.

Nada mais havendo a tratar, o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Banca Examinadora.

Belo Horizonte, 20 de agosto de 2019.

Rapelle Cardoso Ribeiro

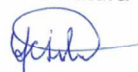
Nome



Assinatura

Fernando César Silva

Nome



Assinatura


José Eugênio Costa Figueira

Nome



Assinatura

Obs.: Este documento não terá validade sem a assinatura e carimbo do Coordenador do Colegiado local do PROFBIO.



Tânia Mara Segatelli
Coordenadora PROFBIO
ICB-UFMG



Agradeço à CAPES pelo apoio ao Programa de Mestrado Em Ensino de Biologia (ProfBio) e ao ProfBio pela realização do curso.



Relato do Mestrando

Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Mestranda: ALEXANDRA ESTEVES OLIVEIRA CAMPOS
Título do TCM: ENSINO DE ECOLOGIA POR INVESTIGAÇÃO: A Paisagem Cárstica E Suas Cavernas Para Aprender O Ciclo Hidrológico
Data da defesa: 20/08/2019
<p>Relato realizado no capítulo VII do presente TCM.</p> <p>Um olhar sobre o percurso realizado é uma oportunidade de metacognição, de tomada de consciência sobre os construtos realizados e a realizar, ao mesmo tempo, um espaço para o compartilhamento de experiências práticas. São essas as razões que sustentam o relato que faço a seguir que somente é possível com a realização do presente trabalho, com as vivências na academia e na prática docente.</p> <p>Mas o que é o EnCI? Talvez essa seja a pergunta de muitos colegas que ensinam ciências na escola básica. Foi também a minha angústia desde que tomei consciência da existência desse termo, vamos chamá-lo assim por enquanto.</p> <p>Ao longo de minha busca ingênua obtive respostas diversas na academia, o que denota que o EnCI é ainda desconhecido e pior, distorcido por muitos. Algumas pessoas, ao tentarem me responder acerca do assunto, diziam se tratar do método científico a ser ensinado na escola básica. Uma outra, ao perguntar o que era o tal termo, respondeu-me algo parecido com: o EnCI é um princípio, não é uma abordagem. Lembro, nessa oportunidade, espantar-me com a resposta e perguntar que princípio seria esse. Infelizmente fiquei sem resposta, a aula não era reservada para esse assunto.</p> <p>Passados meses, já em outro diálogo sobre a aplicação de uma sequência didática investigativa que eu realizara, e que relatarei adiante, o avaliador do meu trabalho fez alusão ao EnCI como</p>

meio para atrair alunos para fazer ciência na academia. Neste trabalho discutimos o que pode ser e o que não é EnCI e seus objetivos.

Da busca ingênua segui para a busca epistemológica. Busquei livros, artigos científicos, mantive os diálogos e, por fim, para minha sorte, consegui me matricular em uma disciplina na FaE/UFMG intitulada Atividade Investigativa em Ensino de Ciências.

Simultaneamente, estavam em curso as aplicações de atividades de cunho investigativo nas escolas que lecionei. A primeira sequência didática “investigativa” que implementei - envolveu o conteúdo sobre o sistema digestório - de maneira gozada, digo que só salvou a pizza saboreada ao final da atividade com meus alunos da EJA noturno. Claro que não foi bem assim, mas não foi muito distante disso. Na segunda atividade que busquei implementar, já pairava um sentimento maior de autoconfiança, afinal, eu lera o método científico e conhecia as linhas gerais da pesquisa científica: um problema, uma pergunta, uma hipótese e as previsões, um experimento para testá-las, testes estatísticos para validar a minha afirmação sobre um dado fenômeno. Ledo engano! A natureza científica não se reduz a esses elementos nem mesmo o EnCI. Minha avaliação, no entanto, sobre esta experiência é mais positiva que aquela primeira.

Apesar dos equívocos, percebi outra dinâmica na sala de aula. De algum modo os estudantes, embora não todos, estavam mais ativos, em grupo, buscavam as respostas, planejavam a forma de apresentar seus “achados” com desenhos, modelos, cartazes, etc. A proposta levou alguns a ler o livro Dom Casmurro de Machado de Assis, por curiosidade iniciada na aula a partir da pergunta investigativa: “Capitu traiu ou não seu marido Bentinho?” Atividade investigativa que relacionava com a genética molecular e o teste de paternidade e que adaptei de dois artigos encontrados na internet. De minha parte como professora, uma atuação mais mediadora começava a ganhar contornos.

Na terceira tentativa, já fazendo a disciplina que citei e com maior estudo sobre o tema, elaborei outra sequência didática de cunho investigativo. Dessa vez será impecável, novamente pensei. Desfeitas aquelas velhas distorções, com um entendimento melhor sobre os objetivos do EnCI e seus fundamentos, o que poderia dar errado? Só um elemento não estava sob meu “controle”: os alunos que eu desconhecia completamente. Seria o primeiro e único contato e minha leve preocupação situava em torno da possível indisciplina que poderia inviabilizar a situação de

aprendizagem. Mas tudo bem, em alguma medida sabemos lidar com essas realidades em sala de aula.

O resultado não foi como esperado. Pensei em quase tudo. As atividades de cada fase da sequência didática estavam bem articuladas. Havia uma pergunta clara de orientação científica: Como se pode determinar que a árvore é um organismo vivo com a ajuda do estetoscópio? Os materiais para a aula foram cuidadosamente planejados e providenciados. As instruções para o desenvolvimento da atividade também. As questões para a discussão e reflexão igualmente pensadas e discutidas previamente com meus professores (orientador e coorientador).

Tudo parecia estar bem planejado, mas faltaram outros elementos centrais na execução de uma proposta investigativa. Os conhecimentos prévios dos estudantes não foram considerados. O que sabiam sobre o tema? Que experiências traziam? Quais os conteúdos conceituais foram desenvolvidos com eles? Qual maturidade possuíam para responder e argumentar mediante evidências? Faltou, também, tempo e espaço adequado para a discussão sobre o percurso realizado e as respostas elaboradas. Sem falar que desconsidereei a elaboração textual como atividade na proposta.

Não tomar consciência sobre o que traziam para a sala de aula sobre a seiva do xilema e do floema na planta resultou em uma proposta de atividade muito complexa para eles. Esse desconhecimento redundou em episódio de irritabilidade por dois alunos por não conseguirem acompanhar os pensamentos que estavam “no ar”. Percebi ainda um comportamento de impaciência por parte de outro devido a tanta pergunta e sem direcionar para uma desfecho, um fechamento das ideias. Eles estão pouco afeiçoados com perguntas e mais com respostas prontas. Ao mesmo tempo, as perguntas, em determinados momentos da atividade, devem ser bem direcionadas pelo professor e cabe a ele fazer um fechamento por meio da sistematização e organização das ideias suscitadas. Isto não ocorreu. Não havia tempo e percepção da importância desses elementos.

Por outro lado, mais uma vez foi marcante o engajamento deles na tarefa, principalmente porque a atividade se dava ao ar livre, que significa dizer no espaço arborizado da escola. Simples assim. Sem grandes deslocamentos. Logo ali, nas árvores da escola. Percebi o quanto são desejosos de outros ambientes além da sala de aula e de outras dinâmicas diferentes daquelas

em que permanecem sentados, enfileirados, imóveis, copiando e ouvindo. O distanciamento, o desinteresse dos estudantes por assuntos científicos, ao que parece, se dissolvem quando a proposta os instiga.

Mesmo na discussão rápida em sala de aula, angustiante para alguns deles, a maioria estava atenta e participativa. E sobre o aprendizado dos conteúdos conceituais, procedimentais, atitudinais? Não sei responder com segurança. Fiz anotações de alguns indicadores de alfabetização científica no decorrer da discussão. Mas será que todos aprenderam ou somente aqueles mais participativos e comunicativos? A ausência do texto escrito pelos alunos dificulta não somente a avaliação das aquisições pelo professor como, inclusive, a reflexão deles próprios sobre seus saberes e não saberes.

Atualmente, sempre que possível, busco adaptar atividades aos fundamentos do EnCI na minha prática docente. Ainda que não seja uma atividade de caráter investigativa em sua totalidade, as bases podem ser utilizadas no cotidiano escolar. Por exemplo, a contextualização da proposta para fazer sentido, motivar e instigar os estudantes, a abertura para a exposição das experiências que trazem sobre o tema, a mediação mais marcada em lugar da professora que sempre “saca” uma resposta para toda e qualquer pergunta que “pipoca”, a sistematização das construções realizadas, o trabalho coletivo, entre outros.

Uma última e mais atual experiência que gostaria de compartilhar rapidamente para não cansar o leitor, e na qual insisto porque julgo importante, é o entendimento de que o EnCI deve ser ampliado no cotidiano escolar, no entanto, com cautela e evitando distorções.

Recentemente me reuni com a direção da instituição de educação que leciono. Estavam em pauta minhas “aulas práticas”. Na conversa, uma das minhas interlocutoras disse algo assim: entendo que seja importante os experimentos que vocês das ciências fazem, mas uma aula para introdução, outra para experimentos e outra para discussão e conclusão não dá. O cronograma da escola é apertado, são muitos os conteúdos previstos. Nessa fala ficam evidentes o engano relativo à constituição de uma aula prática e a negativa quanto à implementação da minha sequência didática investigativa.

Não sei concretamente de onde saiu essa seriação de uma aula prática, nem o “molde”, mas imagino que seja pela ideia equivocada que há sobre a prática das ciências nas escolas e a prática

da ciência na academia. Essa fala remete a um protocolo rígido da atividade científica onde há uma abordagem introdutória, seguida de um experimento para comprovar a teoria, discussão e conclusão. Sobre isso cabe dizer que nem toda aula prática segue a seriação descrita, é providencial esclarecer ainda que nem toda atividade investigativa deve ser exclusivamente prática ou de laboratório e que nem toda aula prática, mesmo de laboratório, necessariamente é investigativa. Por fim, as situações de aprendizagens científicas podem distanciar desse modelo em que se inicia por uma aula teórica, seguida de uma aula prática de modo a confirmar a teoria.

O discurso relatado apresenta outro ponto importante, a preocupação com o cronograma escolar e que merece ser destacada, especialmente quando o tema é o EnCI. A atividade investigativa requer sim maior tempo para desenvolvê-la, muitas vezes, o que demanda organização estratégica do professor e o entendimento da impossibilidade de ensinar todo o conteúdo curricular por meio dessa abordagem. A direção da escola estava correta, tempo importa e importa igualmente a adequação das abordagens didáticas à instituição, aos alunos e ao conteúdo científico a ser trabalhado. Por isso, pensar em múltiplas abordagens é sempre um caminho acertado.

Parece longe de estar claro o entendimento sobre a natureza da ciência e a ciência na escola, bem como o ensino investigativo na educação básica. O EnCI é complexo, como é complexa a natureza da educação, mas totalmente necessário e possível. Uma pitada de curiosidade, outra de coragem e tempo de estudo são bons “temperos” para enfrentar esse desconhecido. É cômodo permanecer com as mesmas práticas, mas ninguém cresce fazendo sempre as mesmas coisas e do mesmo jeito. Assim, o EnCI, posso dizer, oportuniza o aprendizado significativo dos alunos, mas, sobretudo, tem ensinado muito a mim mesma.

Ao final deste relato acerca do caminho percorrido (repleto de tropeços e reflexões) para construir o entendimento sobre EnCI (ainda em curso) e com maior fundamento teórico-metodológico que apresentamos neste trabalho, esperamos, sinceramente, que o meu colega do ensino das ciências se sinta mais familiarizado e encorajado a iniciar as experiências investigativas com seus alunos.

Finalmente, e em linhas gerais, para não deixar o colega sem uma ideia inicial, se for esse o caso, podemos, então, dizer que o EnCI é uma abordagem didática, apoiada nos princípios sociointeracionistas porque privilegia a autonomia, os conhecimentos prévios e as interações

sociais como meio para se construir conhecimento pelo próprio estudante. Tem como objetivo a alfabetização científica gradativa o que requer um problema e uma questão de orientação científica, bem como os processos centrais do fazer científico como condição para responder à questão. No mundo repleto de saberes da ciência, ser alfabetizado cientificamente significa interagir com essa cultura ativamente facultando ao estudante o exercício pleno da cidadania.

AGRADECIMENTOS

Ao meu querido orientador, Prof. Dr. José Eugênio Côrtes Figueira, pela generosidade em acolher, pela paciência em ensinar seu imenso universo de saberes que ultrapassa os limites da sua fascinante ecologia. Minha gratidão, também, à sua esposa, Malu, pela acolhida e aconselhamentos preciosos.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Célio da Silveira Júnior, pela coorientação competente, precisa e célere.

Aos meus colegas de laboratórios, especialmente à Laís Barbalioli, pelas sugestões e prosas boas que reanimavam a alma quando cansada.

Aos Professores Doutores Francisco Ângelo, Leonor Guerra, Eugênia Kelly L. Batista, Paulina Maria Maia Barbosa, Carmen Maria De Caro Martins, Ana Julia Pedreira, pelos direcionamentos e contribuições.

Aos meus companheiros de vida e leais peludos que, mesmo quando as noites de escrita eram frias e infundáveis, lá estavam, sob a mesa, sobre a mesa, no sofá, no colo.

À vida que nos molda feito água ácida em rocha calcária: sem pedir licença, abre caminhos, dissolve nós, desfaz obstáculos e segue alargando, ampliando a alma para caber mais mundo.

“[...] Mais uma vez os homens, desafiados pela dramaticidade da hora atual, se propõem, a si mesmos, como um problema. Descobrem que pouco sabem de si, de seu posto no ‘cosmos’, e se inquietam por saber mais. Estará, aliás, no reconhecimento do seu pouco saber de si uma das razões desta procura. Ao instalar-se na quase, senão trágica descoberta do seu pouco saber de si, se fazem problema a eles mesmos. Indagam. Respondem, e suas respostas os levam a novas perguntas.” (FREIRE, 2011. P. 39).

RESUMO

Este estudo versa sobre o ensino por investigação como abordagem didática para a alfabetização científica dos estudantes do ensino básico a fim de subsidiá-los para uma atuação reflexiva e ativa nos processos de tomada de decisão na vida cotidiana. Os estudos sobre Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) demonstram sólidas evidências que tal abordagem colabora fortemente para o alcance dos objetivos do ensino de ciências nas escolas, uma vez que sua centralidade reside principalmente na autonomia dos estudantes na resolução de problemas de orientação científica. Por esse motivo, elaboramos uma Sequência Didática Investigativa (SDI) apoiada nos fundamentos do EnCI para propiciar situações de aprendizagens conceituais, procedimentais e atitudinais sendo o ciclo da água em interface com a rocha calcária na paisagem cárstica o contexto selecionado. Com este trabalho esperamos contribuir para a superação da carência de materiais didáticos com abordagem investigativa e subsidiar o professor na sua implementação nas aulas de ecologia e, por conseguinte, aproximar a cultura científica do cotidiano escolar.

Palavras-chaves: Ensino por investigação. Ensino de ciências. Alfabetização científica. Sequência didática. Ecologia. Ciclo hidrológico. Rocha calcária. Caverna. Espeleotema. Carste. Paisagem.

ABSTRACT

This study focuses on teaching by research as a didactic approach to the scientific literacy of primary school students in order to support them for a reflective and active role in decision-making processes in everyday life. Studies on Science Teaching by Research (STR) show strong evidence that such an approach strongly contributes to the achievement of science teaching objectives in schools, since its centrality lies mainly in the autonomy of students in solving problems of scientific orientation. For this reason, we have developed an Investigative Didactic Sequence (IDS) based on the foundations of the STR to provide conceptual, procedural and attitudinal learning situations with the water cycle interfacing with limestone in the karst landscape being the selected context to be developed. With this work we hope to contribute to overcome the lack of didactic materials with an investigative approach and to subsidize the teacher in their implementation in ecology classes and, therefore, bring the scientific culture closer to school daily life.

Keywords: Teaching by research. Inquiry. Science teaching. Scientific literacy. Didactic sequence. Ecology. Hydrologic cycle. Limestone Rock. Cave. Speleothem. Karst. Landscape.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
2 METODOLOGIA.....	20
PARTE 1 FUNDAMENTAÇÕES TEÓRICAS.....	22
Capítulo I Alfabetização Científica E O Ensino De Ciências Por Investigação.....	22
Capítulo II Aspectos Ecológicos: A Paisagem Cárstica E O Ciclo Da Água Em Interface Com A Rocha.....	44
Capítulo III Objetivo, Conteúdo E Estrutura Da Sequência Didática Investigativa	63
3 RESULTADOS	73
PARTE 2 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	73
Capítulo IV Sequência Didática Investigativa: Formação De Cavernas E Espeleotemas Na Paisagem Cárstica	73
4 DISCUSSÃO.....	85
PARTE 3 INTENÇÕES EPISTEMOLÓGICAS E ORIENTAÇÕES PEDAGÓGICAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA	85
Capítulo V O Que É Esperado Com A Implementação Da Sequência Didática	85
5 CONCLUSÃO.....	109
Capítulo VI Pertinência E Potencialidades Da Sequência Didática Investigativa: Formação De Cavernas E Espeleotemas Na Paisagem Cárstica.....	109
Capítulo VII Meu Relato: Um Olhar Sobre O Caminho Percorrido Na Construção Do Entendimento Sobre EnCI.....	111
REFERÊNCIAS	116

1 INTRODUÇÃO

Os propósitos deste trabalho emergem do desejo de contribuir para a alfabetização científica dos estudantes com vistas à formação cidadã, a fim de subsidiá-los para uma atuação reflexiva e ativa nos processos de tomada de decisão no cotidiano. Esse aprendizado para a cidadania nos parece urgente diante do cenário ambiental atual caracterizado por alterações brutais das paisagens, da devastação de matas, abate de árvores nas ruas e quintais, conversão dos mananciais, dos espaços públicos e privados em depósitos de lixo, caça e maus tratos aos animais.

São realidades que ameaçam a vida e se fundamentam, pelo menos em parte, na anestesia de uma parcela da sociedade que presencia passivamente todas essas agressões sem ter condições de criticá-las e desnaturalizá-las, dada a frágil efetividade na interação epistêmica do sujeito com os fenômenos naturais que o cercam. Nesse sentido, o conjunto de processos que conduz à enculturação científica se mostra como um caminho possível para ressignificar o olhar dos estudantes sobre os fenômenos naturais e, desse modo, estreitar a relação homem-natureza, compreender sua importância e reflexos sobre as vidas no planeta.

Diante do exposto, o presente trabalho buscou desenvolver uma Sequência Didática Investigativa (SDI) para subsidiar o professor nas aulas de ecologia do terceiro ano do ensino médio no contexto da paisagem cárstica de Lagoa Santa-MG. Pretendemos contribuir para a diversificação da prática docente de modo a colaborar para a formação de estudantes mais hábeis em refletir, explicar e relacionar-se melhor com o mundo natural, especialmente com essa tão valorosa paisagem brasileira, reconhecida internacionalmente.

Para amparar a elaboração das atividades da sequência didática escolhemos a abordagem investigativa porque entendemos que ela tem potencial para possibilitar que o estudante interaja com o objeto de estudo, com os colegas e o professor de maneira ativa, reflexiva, desafiadora e mobilizadora da sua curiosidade epistêmica e da sua afetividade (perspectiva interacionista da aprendizagem). Ao mesmo tempo pode oportunizar ao estudante alfabetizar-se cientificamente, isto é, aprender ciências, aprender como se faz ciências e aprender sobre ciências (HODSON, 1988; SCARPA e CAMPOS, 2018).

Com vistas a demonstrar como o trabalho buscou alcançar os propósitos estabelecidos, organizamos o escopo desta dissertação em três áreas que se subdividem. A primeira, *Fundamentações Teóricas*, engloba três capítulos. O capítulo I aborda a *Alfabetização Científica* e o *Ensino de Ciências Por Investigação* que sustenta a elaboração da SDI. Em seguida, no capítulo II, apresentamos os *Aspectos Ecológicos* no contexto da paisagem cárstica, das cavernas e espeleotemas que são moldados pela ação da água. Finalizamos, no capítulo III, com a apresentação dos *Objetivos, Conteúdo e Estrutura da SDI*. A segunda parte da dissertação é constituída pelo capítulo IV intitulado *A Sequência Didática Investigativa: Formação de Cavernas e Espeleotemas na Paisagem Cárstica* contendo as propostas de atividades que integram a SDI com o objetivo de trabalhar os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais associados ao componente curricular de biologia. A parte terceira da dissertação consiste nas *Intenções Epistemológicas E Orientações Pedagógicas Para Implementação Da Sequência Didática Investigativa*, composta pelo capítulo V intitulado *O Que É Esperado Com A Implementação Da Sequência Didática*. Nele discutimos as bases teóricas do ensino por investigação que subsidiaram a elaboração da SDI e as orientações para sua implementação. Finalmente, na conclusão, tecemos considerações sobre a pertinência e potencialidades da proposta didática no capítulo VI e, no capítulo VII, apresentamos um relato pessoal da autora acerca do caminho percorrido na construção do entendimento sobre EnCI.

Justificativa

A abordagem investigativa no ensino básico se contrapõe às práticas pedagógicas de tendência tradicional arraigada, geralmente, em regras e receitas, classificações taxonômicas, memorização por meio de repetição sistemática de definições e conceitos, uso indiscriminado e acrítico de fórmulas e contas, tabelas e gráficos desarticulados ou pouco contextualizados, experiências de cunho “confirmatório” da teoria, operacionalização e ênfase em exercícios (DELIZOICOV et al, 2007), assumindo caráter abstrato e distanciado do contexto de produção do conhecimento (MUNFORD, 2007). São práticas que pouco colaboram para a alfabetização científica do estudante, permanecendo, em boa medida, o distanciamento entre o estudante e o fenômeno natural estudado.

Nesse contexto, a produção de material didático de cunho investigativo se justifica por pretender cumprir, pelo menos, as seguintes funções que julgamos importantes: subsidiar a

implementação da abordagem investigativa nas aulas de biologia e ciências e, por conseguinte, colaborar para o objetivo do ensino das ciências, qual seja, a alfabetização do estudante cientificamente para que possa atuar com criticidade nas situações do seu cotidiano.

Na SDI do presente trabalho, concentramos para que as experiências de aprendizagem sobre o conteúdo programático de ecologia – especialmente o ciclo da água em interface com a rocha - assumam uma abordagem mais contextualizada, investigativa, reflexiva e argumentativa de modo a abrir caminho para o protagonismo dos estudantes no seu processo de aprendizagem mediado pelo professor em todo o percurso. Esperamos, assim, que este trabalho contribua para que o ensino-aprendizagem das Ciências Naturais e suas Tecnologias seja ampliado nas práticas docentes de modo a aproximar a cultura científica do cotidiano escolar.

Objetivo geral

Elaborar uma proposta de Sequência Didática Investigativa com vistas a: 1. contribuir para a superação da carência de materiais didáticos com abordagem investigativa; 2. subsidiar as aulas de ecologia no ensino do ciclo da água em interface com a rocha; 3. apoiar o professor na implementação da SDI.

Objetivos específicos

Para elaborar a proposta da SDI, foram necessários: 1. fazer revisão bibliográfica sobre referencial teórico envolvendo o ensino por investigação e alfabetização científica; 2. pesquisar sobre sequência didática; 3. fazer revisão bibliográfica sobre a paisagem cárstica e ciclo hidrológico.

2 METODOLOGIA

As bases metodológicas para a elaboração e discussão da SDI, apresentam-se na parte 1 do presente trabalho - *Fundamentações Teóricas*, enquanto a escolha do contexto cárstico de Lagoa Santa e região é justificada por sua relevância ecológica, paisagística e espeleológica, que passamos a tecer brevemente aqui, pois uma abordagem mais detalhada é encontrada no capítulo II.

Graças ao seu relevo peculiar, à presença de rochas carbonáticas solúveis - daí o termo “carste” - e o clima quente com alta pluviosidade, a paisagem cárstica de Lagoa Santa é de fundamental importância para o abastecimento de água para região metropolitana de Belo Horizonte e para a manutenção da diversidade biológica, especialmente aquela associada às áreas úmidas como a avifauna aquática migratória. São essas condições naturais que também fazem da região destaque em outros domínios como arqueológico, paleontológico, espeleológico. Sendo que a área assume *status* de verdadeiro parque espeleológico, apresentando a maior densidade de cavernas do Brasil (IBAMA, 1999c).

Curiosamente é comum verificar que são poucos os estudantes (das escolas que lecionei em Belo Horizonte e região metropolitana) que conhecem e desfrutam recreativamente dos benefícios naturais que a APA Carste de Lagoa Santa oferece (inferência meramente perceptiva). Isso pode ser um indicativo de que a degradação ambiental acelerada na região ocorre, pelo menos em parte, em função do pouco reconhecimento da população adjacente quanto à existência desse ambiente como patrimônio da humanidade. Entendemos, portanto, a necessidade de que a população reconheça esse patrimônio para engajar na sua preservação.

Isso posto, parece-nos inequívoca a importância da produção de recursos didáticos que dê visibilidade à região, que promova sua popularização associada a esforços reflexivos para uma consciência cidadã dos estudantes das escolas adjacentes à região de Lagoa Santa-MG. Ademais, o tema aqui discutido transcende os limites da paisagem cárstica de Lagoa Santa, pois a água, dadivosa que é, transforma todas as paisagens, cársticas ou não, bem como sustenta todas as formas de vida que conhecemos.

Uma vez que não houve implementação da SDI na íntegra, desejamos que aqueles professores que se interessem em implementá-la façam contato conosco pelo email: alexandra.campos@yahoo.com.br para dirimir possíveis dúvidas, fazer sugestões e compartilhar as experiências com foco na melhoria do presente trabalho. É importante destacar que tal construção social do conhecimento se configura como um dos pilares da atividade científica.

PARTE 1 FUNDAMENTAÇÕES TEÓRICAS

Capítulo I Alfabetização Científica E O Ensino De Ciências Por Investigação

Embora pareça óbvio afirmar que a sociedade contemporânea se encontra fortemente sustentada no desenvolvimento Científico e Tecnológico, as implicações da relação entre essas instâncias e a sociedade, muitas vezes, não são tão óbvias assim para a população, o que justifica a inclusão do ensino de ciências de qualidade no currículo escolar.

A defesa do espaço da ciência no cotidiano escolar, bem como da aproximação entre a produção científica nas universidades e a escola básica estão manifestas no conjunto de leis educacionais vigentes, como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação de 1996, o Plano Nacional de Educação de 2014, entre outras. As principais razões dessas defesas legais podem ser enumeradas de acordo com Millar (2003): gerar riqueza e soberania nacional por meio de desenvolvimento científico e tecnológico, o que requer atrair e formar especialistas em ciências; fundamentar as decisões na vida cotidiana e permitir compreender os fenômenos naturais e os artefatos tecnológicos para fazer melhor uso destes; favorecer o engajamento em discussões e decisões de natureza científica de alcance social; reconhecer e valorizar a ciência como cultura, entendida por muitos como a maior manifestação do poder criativo humano; simpatizar e apoiar desenvolvimento da ciência e tecnologia.

No tocante à qualidade educacional, democratizá-la, no Brasil, ainda se configura grande desafio para a sociedade que vem amargando fracassos históricos. Especialmente no Ensino das Ciências, objeto deste texto, o desempenho tem sido baixo, marcado, entre outras coisas, pela acentuada desmotivação e incompreensão dos estudantes sobre essa área tão importante do conhecimento (MUNFORD e LIMA, 2007).

Em parte, a raiz dessa realidade se encontra na formação inicial e continuada do profissional docente que, segundo Delizoicov et al (2002), “*está mais próxima dos anos 1970 do que de hoje*”. Essa defasagem, seguramente, ressoa sobre concepções e práticas do professor na forma de uma abordagem tradicional em sala de aula, caracterizada por:

[...] “regrinhas e receituários; classificações taxonômicas; valorização excessiva pela repetição sistemática de definições, junções e atribuições de sistemas vivos ou não

vivos; questões pobres para prontas respostas igualmente empobrecidas; uso indiscriminado e acrítico de fórmulas e contas em exercícios reiterados; tabelas e gráficos desarticulados ou pouco contextualizados relativamente aos fenômenos contemplados; experiências cujo único objetivo é a “verificação” da teoria... Enfim, atividades de ensino que só reforçam o distanciamento do uso dos modelos e teorias para a compreensão dos fenômenos naturais e daqueles oriundos das transformações humanas, além de caracterizar a ciência como um produto acabado e inquestionável: um trabalho didático-pedagógico que favorece a indesejável ciência morta.” (DELIZOICOV et al, 2002, p. 32).

São situações de ensino-aprendizagem reducionistas que dão sinais de claro esgotamento porque pouco colaboram para o aprendizado das ciências, permanecendo, em boa medida, a desmotivação e o distanciamento entre o estudante e o fenômeno natural estudado, sem mencionar o desprezo pela cultura científica.

Da crítica a esse modelo pedagógico tradicional, e da “guerra” científica e tecnológica no contexto geopolítico, surge a Alfabetização Científica (AC) cujas preocupações giravam em torno da compreensão da natureza da ciência, da importância de alfabetizar cientificamente a população e da proposta curricular necessária para a cidadania plena (KRASILCHICK, 1992).

Desde então, os princípios e objetivos do ensinar ciências na escola vêm sendo intensamente discutidos na academia. Hoje, ainda que de forma inexpressiva na prática, as escolas brasileiras assumem a responsabilidade de ensinar ciência no enfoque de oportunizar a apropriação crítica do conhecimento científico e tecnológico de maneira a constituir-se como cultura (DELIZOICOV et al, 2002) cujo propósito está na formação cidadã dos alunos (SASSERON e CARVALHO, 2011).

Tendo em mente os desafios para a educação, brevemente apresentada, e os objetivos para o ensino das ciências na atualidade, o presente capítulo pretende, primeiramente, discutir os conceitos, objetivos e indicadores da AC que poderão sustentar o ensino das ciências em uma perspectiva de estreitamento entre as ciências da escola e as ciências da academia. Em seguida, deter-nos-emos na discussão da abordagem do Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) com vistas a compreender essa abordagem didática, suas fases e contribuições para a enculturação científica dos estudantes.

Alfabetização Científica

Primeiramente, importa dizer que, graças aos muitos estudos no campo da educação e aos bons resultados, principalmente em outros países, a AC está garantida pelo Estado brasileiro. Pelo menos nos documentos oficiais. Na BNCC (Base Nacional Comum Curricular), por exemplo, o MEC expressa seu compromisso com o letramento científico da população, embora não explicita as ações e condições necessárias para a implementação efetiva do citado letramento.

“[...] área de Ciências da Natureza tem um compromisso com o desenvolvimento do letramento científico, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências.

Em outras palavras, apreender ciência não é a finalidade última do letramento, mas, sim, o desenvolvimento da capacidade de atuação no e sobre o mundo, importante ao exercício pleno da cidadania.” (BRASIL, 2018, p. 321).

A partir “dessas garantias” e da imprecisão do Ministério da Educação, é fundamental compreendermos os conceitos, os objetivos e as habilidades envolvidas na enculturação do estudante com vistas a efetivar essa linha nas escolas. Para tanto, apoiar-nos-emos na revisão intitulada *Alfabetização Científica: Uma Revisão Bibliográfica* de Sasseron e Carvalho (2011).

Nesse artigo, as variadas terminologias - Alfabetização Científica, Letramento Científico e Enculturação Científica - são consideradas sinônimas. Isso porque, embora haja divergências semânticas entre os termos adotados pelos pesquisadores, todos são concordantes quanto ao objetivo, a saber, a formação de cidadãos para atuar criticamente em sociedade. Por isso, as autoras propõem a integração dos termos como sinônimo de AC para pensar a concepção e o planejamento do ensino de ciências que pretendem defender (SASSERON e CARVALHO, 2011).

Outro ponto importante a destacar no trabalho citado refere-se ao conjunto de habilidades cunhadas de indicadoras da AC. Como o próprio nome anuncia, elas indicam os fundamentos do processo da enculturação científica que devem ser considerados, planejados e desenvolvidos gradativamente nas aulas visando chegar ao objetivo “maior”.

Esses princípios foram sistematizados pelas autoras em três Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica e se encontram organizados na forma de quadro (Quadro 1) cujas colunas nomeamos por Habilidades integradoras e Habilidades específicas, conforme segue.

Quadro 1 - Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica

Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica	
Habilidades integradoras	Habilidades específicas
1º Eixo: Compreensão de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais	Construção de conhecimentos científicos para aplicar apropriadamente em situações diversas. Compreensão de conceitos-chave como forma de entender e explicar situações do cotidiano.
2º Eixo: Compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que influenciam sua prática	Compreensão da ciência como um corpo de conhecimentos em constante transformações por meio de processos inerentes à atividade científica como: aquisição e análise de dados, síntese e decodificação de resultados que originam os saberes. Reconhecimento do caráter humano e social inerentes às investigações científicas. Compreensão de que o enfrentamento de novas informações e circunstâncias exige considerar o contexto, refletir e analisar antes da tomada de decisão.
3º Eixo: Entendimento das relações existentes entre as esferas da ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente (CTSA)	Reconhecimento da interdependência existente entre essas esferas de modo a considerar os desdobramentos possíveis ao interferir em uma das esferas. Compreensão das aplicações dos saberes construídos pelas ciências considerando seus desdobramentos pela utilização dos mesmos.

Fonte: Sasseron e Carvalho (2011).

A partir do exposto no quadro, pode-se compreender com maior clareza os fins da AC. São objetivos que não só evocam o ensino-aprendizado de conteúdos conceituais (saber ciência), mas também os procedimentais (saber como fazer ciência) e atitudinais (saber sobre ciências) (POZO e CRESPO, 2009). Por conseguinte, a apropriação de tais habilidades podem facultar ao aluno discernir melhor sobre a natureza da ciência, como o conhecimento científico é produzido no processo de investigação pelos cientistas, compreender, ao mesmo tempo, a lógica e a construção das explicações científicas e como a ciência influencia e é influenciada pela cultura e pela sociedade (POZO e CRESPO, 2009; SCARPA e CAMPOS, 2018; SASSERON e CARVALHO, 2011).

Mas quais instrumentais didáticos o professor pode valer-se para desenvolver em sala de aula as habilidades apresentadas nos eixos de modo a alfabetizar cientificamente os estudantes? Discutiremos essa questão no tópico *Ensino de Ciências por Investigação*, seus objetivos e princípios, enquanto o ciclo investigativo e os conteúdos do ensino da ciência serão abordados na parte três deste trabalho intitulado *Intenções Epistemológicas E Orientações Pedagógicas Para Implementação Da Sequência Didática Investigativa*.

O Ensino De Ciências Por Investigação

História

A investigação no ensino das ciências passou por processo histórico de transformação. Iniciamos essa história em 1938, com John Dewey, filósofo, educador norte americano, e um estudioso inconformado com as desigualdades silentes provocadas pelo capitalismo de sua época. O alvo de suas críticas eram as várias instâncias da sociedade, notadamente, a educação. Para ele, a ausência das instituições sociais, frente às transformações radicais que ocorriam, colaborava para a acentuação das injustiças sociais, da crise ética e moral de sua época (ANDRADE, 2011).

Nesse contexto, entre outros feitos, Dewey apropria-sse da concepção do método científico como um conjunto de etapas que caracteriza a investigação científica entendendo que esse modelo seria eficaz para os estudantes desenvolverem a criticidade visando uma sociedade mais democrática e justa (ANDRADE, 2011). Tal método de Dewey propunha a observância destes elementos centrais: definição de um problema, sugestão de solução, desenvolvimento e aplicação do teste experimental e formulação de conclusão.

Surge, a partir daí, o *inquiry*, ou a investigação na escola, cujo objetivo fundante consistia em desenvolver habilidades necessárias para resolver problemas de relevância social, ao invés de restringir os alunos às habilidades apenas de raciocínio. Dessa nova narrativa começa a emergir os primeiros contornos do que compreendemos hoje por investigação na escola (ZOMPERO e LABURU, 2011).

As ideias de Dewey, no entanto, perdem vigor por duas razões que se entrelaçam. A sociedade americana alegava que suas proposições se centravam em demasia no aluno e nas questões sociais, não contribuindo para o desenvolvimento intelectual dos estudantes. Essas suposições somadas ao memorável evento do *Sputnik* que “lançava” os russos adiante dos americanos na conquista do espaço e na corrida científica e tecnológica são decisivas (ZOMPERO e LABURU, 2011; ANDRADE, 2011) para culminar em uma nova reforma do currículo educacional com subsídio financeiro.

Isso significa que áreas consideradas estratégicas para a ciência e tecnologia receberam volumosos aportes financeiros a fim de desenvolvê-la. Entre outros objetivos, os repasses para a pasta da Educação Científica e Tecnológica buscaram fomentar ações que garantissem a formação de futuros cientistas valendo-se de um suposto método científico hermético, rígido e enfático de habilidades individuais (observar, classificar, inferir e controlar variáveis) (ZOMPERO e LABURU, 2011; ANDRADE, 2011). Decerto que a nova proposição curricular - de visão estreita e exclusivista em relação ao ensino, sem falar da distorção do fazer científico - não produziu resultados animadores.

Na década de 70, ganham destaque as discussões sobre os trabalhos de epistemólogos e psicólogos, Piaget e Vygotsky eram os principais, que buscavam demonstrar como os conhecimentos eram construídos tanto individualmente quanto no nível social. Seus achados, desde então, influenciam fortemente o cotidiano das salas de aula (ZOMPERO E LABURU, 2011; SCARPA e CAMPOS, 2018). Em linhas gerais, eles demonstraram a importância de se valorizar as concepções prévias, as interações sujeito-objeto e sujeito-sujeito e a autonomia de pensamento para que se construa o conhecimento.

Assim, nessa concepção sociointeracionista, os conhecimentos prévios dos alunos devem ser conhecidos pelo professor, não para confronto cognitivo, mas como ponto de partida para o desenvolvimento de novas ideias científicas. Esse processo perpassa pela manipulação de objetos facilitada pela interação entre os sujeitos, pela propiciação do espaço de fala e escuta que possibilitam ao indivíduo organizar, elaborar e estruturar seus pensamentos. Dessa dinâmica interativa, iniciada a partir das questões do cotidiano do aluno, é que as estruturas cognitivas e as representações sobre o mundo são elaboradas, permitindo ao indivíduo responder ao meio em que está inserido (SCARPA e CAMPOS, 2018).

Em paralelo aos estudos acadêmicos da psicologia do desenvolvimento, ainda em um contexto global, emergem movimentos sociais pró-meio ambiente, feministas, contra a ditadura e, novamente, o ensino das ciências passa a se preocupar com os aspectos sociais que envolvem o desenvolvimento científico e tecnológicos, bem como seus impactos sobre a vida humana e de outras espécies (ZOMPERO e LABURU, 2011, ANDRADE, 2011).

A partir desse cenário social, problemas como mudanças climáticas, poluição, transgênicos, explosão demográfica passam a ocupar espaço nas aulas das ciências em uma dinâmica voltada para as problematizações do cotidiano. As atividades investigativas, portanto, voltam ao palco para contribuir na alfabetização científica da população para o exercício da cidadania plena (ZOMPERO e LABURU, 2011). Desde então, o ensino por atividade investigativa vem ganhando protagonismo nos currículos escolares do mundo inteiro (ABD-EL-ALKHALICK et al 2004), inclusive no Brasil.

Ao longo das transformações da história nacional, a investigação no ensino também se fez presente, ainda que de maneira muito pouco significativa e com proposições inadequadas já na sua origem. Por exemplo, no contexto do pós 2ª Guerra, o Brasil voltava-se para a necessidade de industrialização e soberania e, assim, a ciência e tecnologia é impulsionada a mudar de patamar de modo a atender esta nova ordem. Consequentemente, a par e passo, as diretrizes curriculares no ensino de Ciências sofreram mudanças para atender a demanda por pesquisadores que impulsionariam o desenvolvimento do país (ZOMPERO e LABURU, 2011; ANDRADE, 2011).

Com isso, observa-se uma reformulação curricular com o propósito de aproximar a investigação científica ao ensino das ciências tendo como base a importação e tradução de projetos e materiais didáticos americanos e ingleses. Para agravar o quadro, a reforma mostrava-se elitista e estreita porque privilegiava melhorias na formação científica daqueles alunos que ingressariam nas universidades. Era, assim, a ciência para formar cientistas, (ANDRADE, 2011).

Tão perigoso quanto a ciência exclusivista era o caráter distorcido e inadequado da ciência apresentada nos livros didáticos da época. Das análises desses materiais, pesquisadores apontam inadequações sobre a natureza e a epistemologia do trabalho científico. Logo, as atividades experimentais eram voltadas majoritariamente para os conteúdos conceituais (aprender ciência no sentido estrito) a título de corroborar os conceitos apresentados na aula expositiva ou para motivar os estudantes (SCARPA e CAMPOS, 2017).

Na atualidade, porém, alfabetização científica, os princípios sociointeracionistas e o ensino por investigação (fortemente influenciado por Anysio Teixeira no Brasil) intencionam a se

anelarem a fim de que o estudante seja formado para o pleno exercício da cidadania. Para isso, cabe desenvolver a autonomia na construção do próprio conhecimento da ciência (conceitos, teorias, modelos), conhecimento do fazer científico (os processos envolvidos na produção do conhecimento científico) e conhecimento da natureza científica (atividade humana, histórica e social) (SCARPA e SILVA, 2018).

É verdade que essas proposições ainda se mostram pouco efetivas no cotidiano escolar (ZOMPERO e LABURU, 2011; MUNFORD e LIMA, 2007), mas, nas últimas décadas, elas vêm se ampliando nos espaços escolares e em documentos oficiais brasileiros - mais recentemente na BNCC de 2018. Um grande desafio a enfrentar.

Vimos, portanto, que o ensino por investigação na escola básica passa por reformas à medida que o contexto político, econômico e social se transforma. Na trajetória histórica apresentada brevemente aqui, partimos de um ensino comprometido em formar cidadãos para resolver problemas sociais (concepção de Dewey), depois uma nova conformação ocorre e o ensino retrocede, sendo direcionado para formar uma elite para ser cientista. Atualmente, testemunhamos a proposição de ensinar por investigação para a formação integral do estudante. Uma formação que permita ao indivíduo opinar e agir com criticidade em um mundo altamente dependente da ciência e tecnologia e com desdobramentos que têm preocupado a sociedade (SCARPA e CAMPOS, 2018).

Disso, também podemos perceber que a educação no Brasil (e no mundo) nunca é posta à margem pelos poderes Estatais e econômicos, como fazem a população acreditar. Na verdade, as oligarquias no Brasil sabem muito bem que a manutenção da estrutura de poder e domínio depende de um povo desenculturado que, por sua vez, depende da educação (ineficaz).

O Modelo Tradicional De Ensino - Desestímulo E Distorções

O modelo tradicional de ensino-aprendizagem em funcionamento nas escolas brasileiras tem sido alvo de críticas há décadas. Modelo esse fundamentalmente oposto ao grande acervo acadêmico que tipifica suas fragilidades e aponta para direções mais eficazes.

Munford e Lima (2007), Pozo e Crespo (2009), Scarpa e Campos (2018) dirigem suas críticas às aulas expositivas, ou bancárias, conforme nomeou Paulo Freire. Nelas, as experiências são centradas no professor que, por sua vez, transfere para os estudantes todo o seu acúmulo informacional a ser recepcionado como verdades absolutas. Essa prática corrente faz escoar a construção crítica dos saberes porque míngua as possibilidades de problematização do fenômeno, desloca o fenômeno natural da sua origem histórica e social, inviabiliza a interação dialógica entre sujeito-objeto e sujeito-sujeito.

São situações de aprendizagem, portanto, contrárias a proposições sociointeracionistas, quer dizer, desconsidera as concepções prévias dos estudantes, as interações entre os sujeitos e estes com os objetos do saber para construir conhecimentos sobre o mundo concreto e atuar criticamente sobre ele.

Capecchi (2017) na mesma linha, reprova o ensino calcado no acúmulo de informações e no desenvolvimento de aprendizagens puramente operacional. Juntamente com Pozo e Crespo (2009), apresentam fortes críticas ao ensino que contribui para as distorções da cultura científica a exemplo da caricaturização do papel do cientista como autoridade descobridora das verdades absolutas e incontestes do mundo natural e dos reducionismos sobre os processos envolvidos na produção do conhecimento científico.

Nesse cenário descrito, os autores apontam para resultados decepcionantes. Os estudantes não aprendem conteúdo das ciências e constroem representações inadequadas sobre a ciência. Em vez de estimular o envolvimento com os temas científicos, esse ensino acaba por romper com a curiosidade do estudante, cria abismos entre este e o objeto do conhecimento, levando-o à desmotivação e ao desinteresse.

O Ensino De Ciência Por Investigação Como Proposta Para Superar A Abordagem Tradicional

Diante da realidade apresentada, são diversas as propostas que podem ser adotadas de modo a superar esse modelo de abordagem no ensino com vistas à cidadania plena conforme prevê o ensino de ciências atual e ampliado na perspectiva da alfabetização científica.

Nesse sentido, é fundamental que os estudantes tenham vivência e fluência nas habilidades associadas ao trabalho científico (SASSERON e CARVALHO, 2008), sendo que as atividades de investigação na escola podem dar significativas contribuições para o alcance de tais objetivos (ABD-EL-KHALICK et al., 2004; ZOMPERO e LABURU, 2011; ANDRADE, 2011; PEDASTE et al. 2015; MUNFORD e LIMA, 2007; SASSERON et al. 2015; SCARPA e CAMPOS, 2018).

No que se refere à investigação na escola, as produções acadêmicas constatarem considerável variedade conceitual e de terminologia. O termo investigar, que tem origem na língua inglesa (*inquiry*), pode aparecer relacionado com o ensino por descoberta, aprendizagem por projetos, questionamentos, resolução de problemas, aprendizagem baseada em problemas, etc. (ZOMPERO e LABURU, 2011; PEDASTE et al. 2015). Toda essa diversidade de termos converge para um ponto concreto, mobilizador e integrador dos trabalhos acadêmicos sobre o EnCI: o distanciamento dos alunos em relação à ciência (PEDASTE et al., 2015; CAPECCHI, 2017; MUNFORD e LIMA, 2007).

Com efeito, diante da catequese da ciência apresentada na escola, o estudante demonstra pouco interesse em se aproximar da “árvore do conhecimento” e se deleitar dos seus frutos, pois aparentam destituídos de sabor atrativo, conforme Pozo e Crespo (2009). Por trás desses sintomas está o modelo didático-pedagógico citado que pouco contribui para a superação das dificuldades que os estudantes apresentam nos conteúdos conceituais e procedimentais resultando em inadequações atitudinais.

No que se refere aos conteúdos conceituais, Pozo e Crespo (2009) destacam, além da dificuldade de compreensão dos conceitos, a persistência dos fenômenos científicos equivocados por todo o percurso formativo do estudante. Segundo os autores, as distorções conceituais praticamente não se modificam, ao contrário, acompanha o estudante desde a educação básica das ciências, chegando a ocorrer na graduação e persistindo nos professores de ciências. Na Figura 1, Pozo e Crespo elencam algumas dificuldades do estudante em conceitos da Área de Ciências da Natureza.

QUADRO 1.1
Algumas dificuldades que os alunos encontram na compreensão de conceitos da Área de Ciências da Natureza

Geologia

- Considerar que a formação de uma rocha e um fóssil que aparece em sua superfície não são processos sincronizados. Para muitos alunos, a rocha existia antes do fóssil (Pedrinaci, 1996).
- O relevo terrestre e as montanhas são vistos como estruturas muito estáveis, que mudam pouco ou muito pouco, exceto pela erosão (Pedrinaci, 1996).

Biologia

- Para muitos alunos, a adaptação biológica é baseada na ideia de os organismos efetuarem conscientemente mudanças físicas como resposta a mudanças ambientais, de tal maneira que o mecanismo evolutivo seria baseado em uma mistura de necessidade, uso e falta de uso (De Manuel e Grau, 1996).
- Alguns alunos pensam que o tamanho dos organismos é determinado pelo tamanho de suas células (De Manuel e Grau, 1996).

Física

- O movimento implica uma causa e, quando necessário, esta causa está localizada dentro do corpo como força interna que vai se consumindo até que o objeto pare (Varela, 1996).
- O termo energia é interpretado como sinônimo de combustível, como algo "quase" material, que está armazenado e pode ser consumido e desaparecer (Hierrezuelo e Montero, 1991).

Química

- O modelo corpuscular da matéria é muito pouco utilizado para explicar suas propriedades e, quando se utiliza, são atribuídas às partículas, propriedades do mundo macroscópico (Gómez Crespo, 1996).
- Em muitas ocasiões não se diferencia mudança física de mudança química e podem aparecer interpretações do processo de dissolução em termos de reações, e estas podem ser interpretadas como se fossem uma dissolução ou uma mudança de estado (Gómez Crespo, 1996).

Pozo e Gómez Crespo, 1997b.

Figura 1 – Dificuldades encontradas por alunos na compreensão de conteúdos conceituais. Fonte: Pozo e Crespo (2009). p. 16.

Já na Figura 2, os autores apresentam os embaraços relacionados aos conteúdos procedimentais. Essas dificuldades são postas em relevo principalmente em situações de resolução de problemas onde são requisitados os raciocínios lógicos inerentes da ciência para a resolução. Em vez de encará-los por meio de reflexão para posterior tomada de decisão, os estudantes tendem a manter o mesmo *modus operandi* usado em resolução de exercícios rotineiros.

QUADRO 1.2**Algumas dificuldades na aprendizagem de procedimentos no caso dos problemas quantitativos**

1. **Fraca generalização dos procedimentos adquiridos para outros contextos novos.** Assim que o formato ou o conteúdo conceitual do problema muda, os alunos sentem-se incapazes de aplicar a essa nova situação os algoritmos aprendidos. O verdadeiro problema dos alunos é saber do que trata o problema (da regra de três, do equilíbrio químico, etc.).
2. **O fraco significado do resultado obtido para os alunos.** De modo geral, aparecem sobrepostos dois problemas, o de ciências e o de matemática, de maneira que muitas vezes este mascara aquele. Os alunos limitam-se a encontrar a “fórmula” matemática e chegar a um resultado numérico, esquecendo o problema de ciências. Aplicam cegamente um algoritmo ou um modelo de “problema”, sem compreender o que estão fazendo.
3. **Fraca controle metacognitivo alcançado pelos alunos sobre seus próprios processos de solução.** O trabalho fica reduzido à identificação do tipo de exercício e a seguir de forma algorítmica os passos que já foram seguidos em outros exercícios similares na busca da solução “correta” (normalmente única). O aluno olha somente para o processo algorítmico, está interessado apenas no resultado (que é o que geralmente é avaliado). Assim, a *técnica* impõe-se sobre a *estratégia* e o problema passa a ser um simples exercício rotineiro.
4. **O fraco interesse que esses problemas despertam nos alunos,** quando são utilizados de forma massiva e descontextualizada, diminuindo a motivação dos alunos para o aprendizado da ciência.

Pozo e Gómez Crespo, 1996.

Figura 2 - Dificuldades encontradas por alunos na aprendizagem de conteúdos procedimentais. Fonte: Pozo e Crespo (2009), p.17.

A falta de sentido e de “sabor” nas aulas tradicionais parece, portanto, atrair a apatia e o desinteresse pela ciência e cria no imaginário do estudante o mito da “ciência para gênios”, ou as feições de uma “ciência morta”. Na Figura 3 estão apresentadas algumas atitudes e crenças inadequadas mantidas pelos estudantes sobre a natureza da ciência e sua aprendizagem.

QUADRO 1.3**Algumas atitudes e crenças inadequadas mantidas pelos alunos com respeito à natureza da ciência e sua aprendizagem**

- Aprender ciência consiste em repetir da melhor maneira possível aquilo que o professor explica durante a aula.
- Para aprender ciência é melhor não tentar encontrar suas próprias respostas, mas aceitar o que o professor e o livro didático dizem, porque isso está baseado no conhecimento científico.
- O conhecimento científico é muito útil para trabalhar no laboratório, para pesquisar e para inventar coisas novas, mas não serve praticamente para nada na vida cotidiana.
- A ciência proporciona um conhecimento verdadeiro e aceito por todos.
- Quando sobre o mesmo fato há duas teorias, é porque uma delas é falsa: a ciência vai acabar demonstrando qual delas é a verdadeira.
- O conhecimento científico é sempre neutro e objetivo.
- Os cientistas são pessoas muito inteligentes, mas um pouco estranhas, e vivem trancados em seus laboratórios.
- O conhecimento científico está na origem de todos os descobrimentos tecnológicos e vai acabar substituindo todas as outras formas do saber.
- O conhecimento científico sempre traz consigo uma melhora na forma de vida das pessoas.

Figura 3 – Algumas atitudes e crenças inadequadas mantidas pelos estudantes sobre a natureza da ciência e sua aprendizagem. Fonte: Pozo e Crespo (2009), p.18.

Como resultado, “em vez de estimular o envolvimento dos estudantes com temas científicos, esse ensino acaba por romper com suas curiosidades, tornando-os cada vez mais distantes e desmotivados” (CAPECCHI, 2017). Cenário esse que nos adverte a buscar alternativas de

modo a ampliar o repertório de abordagens didáticas que sejam largamente estudadas e evidenciadas suas eficácias no ensino das ciências, a exemplo do EnCI.

Porque Ensinar Ciências Por Investigação

Podemos dizer que o ensino por investigação tem como objetivo a alfabetização científica gradativa dos alunos o que requer um problema e uma questão de orientação científica, bem como os processos centrais do fazer científico como condição para responder à questão-problema. O alcance desses objetivos depende fortemente do entendimento sobre o modo pelo qual os estudantes constroem o próprio conhecimento, ideias sociointeracionistas que têm origem nos estudos psicogenéticos e que preconizam a construção do saber através do exercício da autonomia intelectual do estudante, a exposição das representações que os estudantes fazem sobre o mundo e que são necessárias para elaborar novos conhecimentos, a necessidade da interação com o outro e com os objetos do conhecimento para que as estruturas cognitivas sejam estabelecidas (SASSERON, 2015).

As potencialidades do EnCI consistem, portanto, no fato de oferecer ao estudante oportunidades que vão além da construção do pensamento sobre os fenômenos do mundo natural, faculta ao estudante apropriar-se de um conjunto de elementos e processos do fazer investigativo, qual seja, parte de um problema inicial que desencadeia ações de observação e experimentação, formulação de explicações oriundas de evidências compartilhadas e reformulação reflexiva e coletiva das ideias (SASSERON et al. 2015; SCARPA e SILVA, 2018).

São vivências imprescindíveis para uma adequada concepção sobre a natureza da ciência e as suas intrincadas relações com as outras esferas da sociedade, mas vai além, o percurso investigativo colabora para a estruturação cognitiva do estudante, pois envolve os processos mentais de perceber, classificar, reconhecer, recordar e compreender a partir de situações-problemas (NUNES e SILVEIRA, 2015).

Vale dizer, no entanto, que quando mal entendido, os resultados podem se distanciar dos almejados, por isso identificar e dirimir as concepções equivocadas colaboram para que o EnCI seja adequadamente compreendido e implementado nas aulas das ciências. Nesse sentido, cumpre destacar alguns exemplos de distorções/adequações mais observadas nessa abordagem:

a) crença de que os alunos devam construir novos conhecimentos científicos em sala de aula ou ainda que sigam carreira científica *versus* realidade de desenvolver habilidades para construção da consciência crítica para tomada de decisões no mundo altamente científico e tecnológico (BRICCIA, 2017); b) a crença na obrigatoriedade de atividades práticas ou experimentais *versus* realidade de que nem toda atividade experimental é investigativa e que atividades não práticas podem ser investigativas; c) crença que as atividades devam ser “abertas” com autonomia total do aluno para determinar procedimentos *versus* realidade de múltiplos formatos que a investigação pode assumir com variados graus de autonomia do aluno; crença no ensino de todo conteúdo por investigação *versus* realidade que há conteúdos mais adequados e outros menos para a investigação (MUNFORD e LIMA, 2007).

À vista disso, passamos a compreender melhor o EnCI no ambiente escolar. Para isso, valemos da definição de Scarpa e Campos (2018) pela ênfase dada aos elementos investigativos no processo de construção do conhecimento pelo estudante:

“ [...] o ensino de ciências por investigação é aquele que possibilita ao aluno, no que diz respeito ao processo de produção do conhecimento, identificar padrões e a partir de dados, propor explicações com base em evidências, construir modelos, realizar previsões e rever explicações com base em evidências; em relação ao processo de validação do conhecimento, selecionar evidências para justificar uma explicação, construir argumento para relacionar dados e conclusões e empregar dados para tomar decisões; e, no que se refere ao processo de comunicação, discutir, escrever e comunicar aos colegas o conhecimento.” (SCARPA e SILVA, 2018, p.132).

Sobre as atividades envolvendo o EnCI, Carvalho (2018) propõe o uso de múltiplas tipologias para o professor trabalhar: laboratório aberto, demonstração investigativa, textos históricos, problemas e questões abertas, recursos tecnológicos. Sejam quais forem, os pontos centrais que caracterizam uma situação investigativa permanecem: a liberdade intelectual que as atividades devem propiciar ao aluno e a elaboração de um problema como ponto de partida para a construção do conhecimento. Fundamentos que apontam para a superação do modelo tradicional anteriormente discutido neste trabalho.

As Ciências Das Escolas E As Ciências Das Academias – Dissenso E Consenso

Alguns autores nos ajudam a compreender essas “duas ciências”. Começamos com os esclarecimentos de Sasseron e colaboradores (2015) sobre a natureza e os objetivos da ciência acadêmica. Para eles, a investigação científica é caracterizada por processos nos quais novos

conhecimentos são construídos através de resultados teóricos, dados empíricos, análise e confronto de ideia e interesses (SASSERON et al., 2015).

Seu gatilho se dá a partir de um problema mobilizador que, por sua vez, desencadeia o próximo passo: a elaboração de um plano criativo, estratégico e previamente pensado para que a coleta de dados e as evidências sejam produzidas. Para a elaboração do plano, dois elementos devem coexistir, a saber, o rigor metodológico e a atitude criativa. Prontamente, a ideia de fixidez de um roteiro único perde o sentido de existir pois a investigação depende da característica própria do problema e do aporte teórico para definir as “linhas que marcam o contorno do desenho” investigativo a ser realizado (SASSERON et al., 2015).

Se na ciência acadêmica o objetivo central é a produção de novos conhecimentos, não se pode dizer o mesmo da ciência da escola. Não é finalidade do ensino básico produzir conhecimentos pelos alunos ou formar “pequenos cientistas”. Seu propósito primeiro está no desenvolvimento cognitivo e na apropriação científico-cultural do alunado, que se sustenta tanto no ensino dos conceitos científicos (modelos, teorias, conceitos), quanto, no mesmo patamar de importância, da natureza da ciência. Pressupõe, para isso, aplicar diversas habilidades de resolução de problemas que constituem o processo investigativo científico, isto é, levantamento de hipóteses, análise de dados, discussão de resultados, argumentação e comunicação que favorecem o desenvolvimento das habilidades cognitivas (SASSERON et al. 2015; MUNFORD e LIMA 2007).

Dois aspectos são relevantes nessas exposições envolvendo a ciência da academia e a ciência da escola: os objetivos que as distinguem e o processo investigativo que as conectam (respeitando as devidas adequações). Logo, a atitude investigativa, central para pesquisa científica, assume centralidade também no ensino-aprendizagem para desenvolver habilidades imprescindíveis para a formação do estudante (SCARPA e CAMPOS, 2018).

Em síntese, Briccia (2017) apresenta um quadro intitulado: “*O trabalho implícito com aspectos do conhecimento científico em sala*” que destacam elementos do processo investigativo em “cada ciência”.

Quadro 2 - O trabalho implícito com aspectos do conhecimento científico em sala.

Na ciência	Na escola
Situação problemática aberta, que pode ter sua origem em outras investigações, necessidades pessoais, tecnológicas, etc.	Proposição de uma situação-problema para ser investigada, geralmente, já elaborada pelo professor.
Construção de hipóteses para serem contrastadas. Elaboração de estratégias de contrastação, incluindo, se necessário, planejamento e realização de experimentos.	Construção de hipóteses, teste dessas hipóteses. Reformulação de hipóteses, observação de variáveis.
Interpretação dos resultados, a partir das hipóteses formuladas, dos conhecimentos teóricos e dos resultados de outras investigações.	Interpretação dos resultados, discussão do que foi observado, o que pode demandar relações com outros resultados e/ou novas análises e hipóteses.
Lado humano e vivo da Ciência, relacionado a aspectos sociais e políticos e à sociedade e tecnologia.	Estabelecimento de relações entre disciplinas e conhecimentos.
Comunicação do trabalho realizado: encontros, intercâmbios, artigos, congressos	Comunicação do trabalho em relatórios, discussão entre estudantes e professores. Com uso de argumentação, escrita com destaque para o lado social da construção do conhecimento.

Fonte: Briccia (2017). P. 117.

Portanto, a aproximação entre as duas ciências é possível, desejável e necessária, porém, devemos ter em mente seus consensos e dissensos de modo a não promover distorções e reducionismos sobre a cultura científica, o que resultaria no quadro de ensino-aprendizagem das ciências que temos o intuito de superar.

O Ensino De Ciências Por Investigação E O Ciclo Investigativo

O EnCI é definido por Sasseron e colaboradores (2015) como uma abordagem didática porque “configura-se como formas de agir e interagir que o professor utiliza em sala de aula” com o intuito de promover a apropriação da cultura científica por meio da construção de conceitos, procedimentos e atitudes relacionados ao fazer científico, elementos esses que assumem mesmo patamar hierárquico.

Conforme já discutimos anteriormente, a abordagem baseada em EnCI busca engajar os estudantes em suas próprias aprendizagens tendo em vista o desenvolvimento de habilidades relacionadas à identificação e elaboração de problemas da vida cotidiana sendo a investigação requisito fundamental para solucioná-los, valendo-se de evidências provenientes dos processos

de coleta e análise de dados. Tais evidências, por sua vez, devem ser refletidas e discutidas entre os alunos e o professor a fim de elaborar conclusões que permitam responder à questão-problema (MELVILLE et al., 2008 apud SCARPA e CAMPOS, 2018).

Com isso, espera-se preparar o estudante para enfrentar as situações do cotidiano com criticidade sobre temas envolvendo a ciência e suas produções entendendo seus conceitos, suas formas de representar o mundo, seu caráter de não acabada, não neutra, ao mesmo tempo, social e historicamente construída (MUNFORD e LIMA, 2007).

Como Implementar O Ensino De Ciências Por Investigação - O Ciclo Investigativo E Suas Fases

Pedaste e colaboradores (2015), após criteriosa revisão da literatura sobre o EnCI, propõem mecanismos para sua operacionalização em sala de aula. Buscaremos sustentação nesse trabalho (principalmente) para discutir o ciclo investigativo e suas potencialidades no ensino das ciências.

Nas publicações revisadas, e em fina sintonia com os apontamentos outrora discutidos no presente trabalho, os autores identificaram como ponto central, em todos os trabalhos, a preocupação com o distanciamento entre os estudantes e a cultura científica. A partir disso, buscou-se definir as interlocuções entre todas as propostas e extrair os fundamentos para sistematizar e estruturar o ciclo investigativo.

Como resultado desse esforço, o ciclo elaborado constitui-se de elementos e fases logicamente conectados e denominados de orientação, conceitualização, investigação (propriamente dita), conclusão e discussão que permeia todo o percurso. Cada fase pode conter subfases, conforme Figura 4.

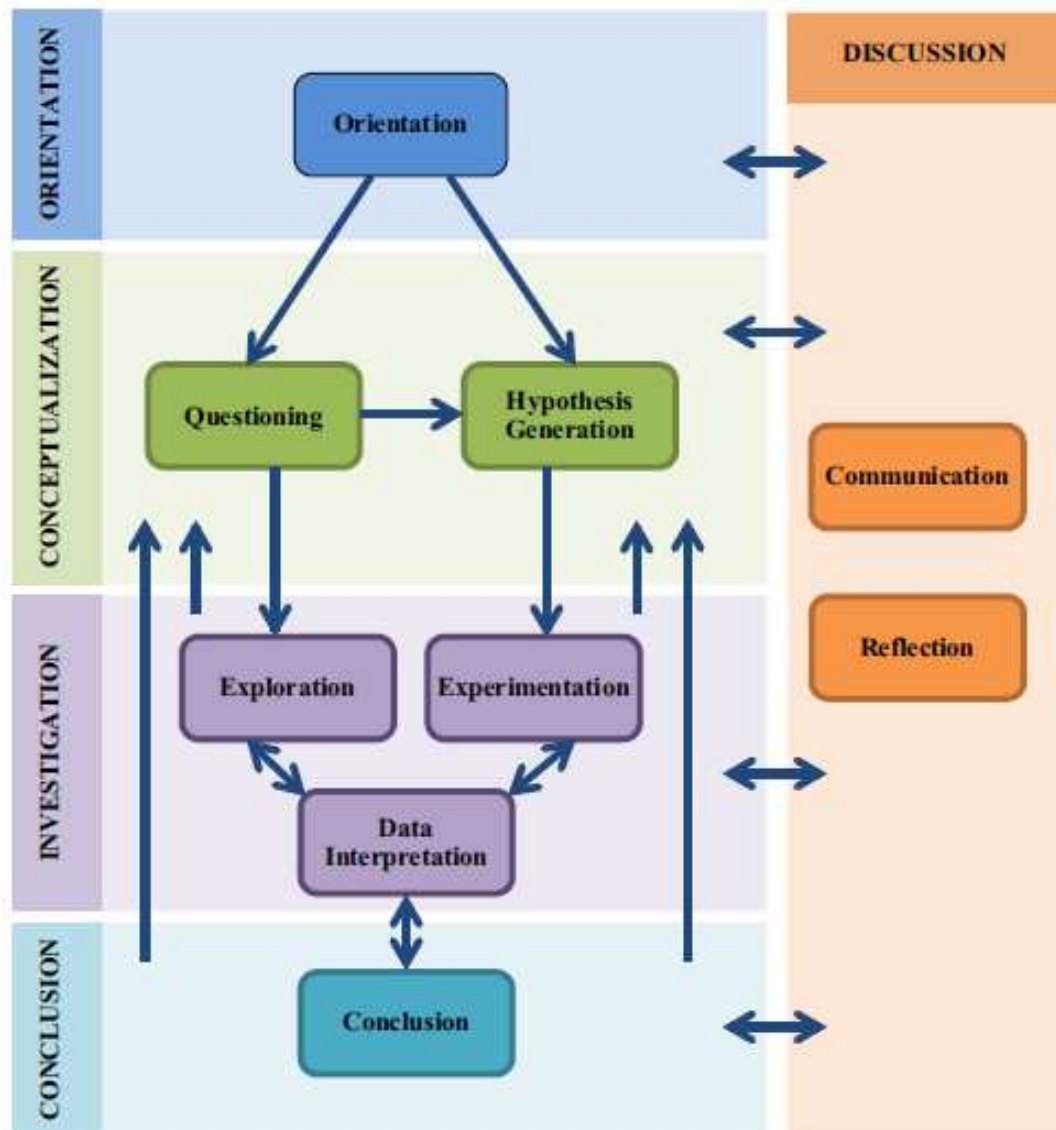


Figura 4 - Diagrama do ciclo investigativo com fases, subfases e suas relações. Fonte: Pedaste et al. (2015). P. 56.

Os autores salientam que o ciclo investigativo não é um processo prescritivo, linear e uniforme, sendo possível variar as conexões (representadas pelas flechas), a depender do contexto e dos objetivos (PEDASTE et al.; 2015).

As Fases Do Ciclo Investigativo

Retomemos os elementos centrais do EnCI para justificar a proposta do ciclo investigativo de Pedaste e colaboradores (2015), são eles: fazer uso de múltiplas estratégias didáticas para envolver ativamente os alunos em sua aprendizagem; gerar questões-problemas como ponto de partida para investigá-las; coletar, analisar e interpretar dados e gerar evidências para responder

à questão de investigação; formular e comunicar conclusões baseadas em evidências e reflexões sobre o processo realizado (MELVILLE et al., 2008, apud SCARPA E CAMPOS, 2018).

Esses elementos e o ciclo investigativo de Pedaste e colaboradores foram referências para propor a sequência didática investigativa que integra o presente trabalho, apresentada no capítulo 4 *Sequência Didática Investigativa: Formação De Cavernas E Espeleotemas Na Paisagem Cárstica*.

Fase De Orientação

Nessa fase é preciso ter em mente a importância de estimular a curiosidade dos estudantes e desafiá-los a identificar problemas e engajar no processo investigativo. Isso pode ser feito a partir da contextualização do tema, fazendo aproximação entre o tema e o cotidiano do estudante. Essa estratégia confere sentido, importância, propicia a exposição das concepções do estudante, pois não são tábulas rasas, e o engajamento na investigação para buscar soluções para o problema identificado (SCARPA e SILVA, 2018; PEDASTE et al.; 2015). Na orientação, o resultado é uma declaração de um problema (PEDASTE et al.; 2015).

Fase De Conceitualização

Essa fase consiste em evocar as ideias, conceitos e teorias científicas dos estudantes para elaborar questões de investigação e está compreendida em duas subfases: questionamento e geração de hipóteses.

Na subfase de questionamento, dois tipos de questões são possíveis identificar: questões exploratórias - ou indutiva, isto é, empírica / baseada em dados - e questões investigativas - dedutiva, quer dizer, teoria / hipótese (PEDASTE et al., 2015).

Na revisão de Pedaste et al. (2015), há autores que sugerem começar por um tipo de questão, há autores que sugerem começar por outro, e há ainda, aqueles que entendem que as duas tipologias de questões podem coexistir em um ciclo investigativo.

Nas questões do tipo exploratórias, em geral, os alunos fazem descobertas relacionadas às perguntas sem claras hipóteses em mente. Já a do tipo investigativa corresponde à subfase em que os estudantes constroem evidências a partir da elaboração da hipótese (PEDASTE et al., 2015).

A questão do tipo investigativa deve explicitar as decisões que o estudante deve tomar, isto é, os dados e informações que precisam ser coletados, as variáveis que precisam ser controladas, os procedimentos que precisam ser estabelecidos, as informações que o aluno deve selecionar nas fontes consultadas e, por fim, as ferramentas ou instrumentos necessários que colaboram para a busca da resposta ao problema levantado (SCARPA e SILVA, 2018).

Assim, para as autoras, nas questões investigativas estão “guardadas” as decisões sobre grande parte do processo de investigação, enquanto as hipóteses, para Trivelato e Tonidantel (2015), são respostas possíveis à questão-problema que podem ser testadas através de experimentos. Entende-se por experimentos as formas controladas de testar e manipular objetos de interesse, enquanto outras variáveis são mantidas constantes. São conhecidos também como teste de hipóteses.

Fase De Investigação

Fase de investigação é constituída das subfases de exploração e/ou experimentação e interpretação de dados. Para Pedaste et al (2015), é a fase em que a curiosidade do estudante é transformada em ações mediante o planejamento de explorações e/ou experimentações para responder às questões de pesquisa declaradas, valendo-se de inúmeras estratégias.

A exploração, geralmente, é uma forma sistemática de realizar uma investigação com a intenção de encontrar uma relação entre as variáveis envolvidas, não havendo, nesse caso, necessidade de formular uma hipótese (PEDASTE et al., 2015). Nela, os alunos podem fazer uso de diversos mecanismos como observação de seres vivos, de reações químicas, imagens, textos, tabelas, gráficos, esquemas, jogos e simulações (SCARPA e CAMPOS, 2018).

Já a experimentação é uma subfase em que os estudantes coletam evidências sobre uma hipótese elaborada, logo, a hipótese e a realização de experimentos apresentam-se como elementos intimamente interrelacionados (PEDASTE et al., 2015).

Não há, portanto, distinção de objetivos entre a exploração e a experimentação. Em ambas, a finalidade está em buscar, selecionar e organizar dados e informações para serem interpretados permitindo retornar à pergunta ou hipótese original da pesquisa e fazer conclusões sobre o que foi perguntado ou declarado como hipótese (PEDASTE et al., 2015).

A subfase da interpretação de dados concentra-se em extrair sentido dos dados coletados sendo necessária a mobilização e articulação dos conceitos para explicá-los (PEDASTE et al., 2015). Essa subfase envolve ações de registro, organização, sistematização de conceitos. Para que o aluno realize tais mobilizações é necessário o aprendizado de diversas linguagens como da matemática e da ciência para organização de tabelas, elaboração de gráficos visando identificar possíveis padrões (SCARPA e CAMPOS, 2018).

Por fim, podemos dizer que a investigação envolve a busca ativa do estudante para elaborar procedimentos (que exigem habilidade de raciocínio lógico e espírito criativo, tal como ocorre no fazer científico) e executá-los. Os “produtos” dessa fase são o plano para exploração ou experimentação (resultado intermediário) e a interpretação dos dados (resultado final) que permitirá concluir sobre o que foi perguntado (PEDASTE et al., 2015).

Fase De Conclusão

Essa fase consiste na elaboração de conclusões extraídas dos dados em que os alunos fazem comparações com as hipóteses formuladas na fase de conceitualização e apresentam aos colegas e ao professor (PEDASTE et al., 2015; SCARPA e CAMPOS, 2018).

A despeito de o exercício da argumentação ocorrer em todo o processo investigativo, é na fase de conclusão que a argumentação ocorre mais marcadamente, isso porque os dados e as evidências, que sustentam a explicação, já devem estar identificadas pelos estudantes. São, portanto, as evidências que dão sustentação para o estudante elaborar a argumentação sobre a resposta proferida (PEDASTE et al., 2015; SCARPA e CAMPOS, 2018).

O resultado dessa fase é uma conclusão final sobre as construções realizadas em todo o percurso para responder às questões de pesquisa ou hipóteses (PEDASTE et al., 2015; SCARPA e CAMPOS, 2018).

A Fase De Discussão

É o processo de apresentação dos resultados obtidos em uma das fases ou em todo o ciclo investigativo, sendo formada pelas subfases de comunicação e reflexão (PEDASTE et al., 2015).

A comunicação pode ser entendida como um processo no qual os alunos apresentam e comunicam suas descobertas e conclusões aos colegas e ao professor, recebem *feedback*, ouvem e respeitam os posicionamentos dos outros participantes. Ao fazer isso, articulam e podem reelaborar novas posições (PEDASTE et al., 2015; SCARPA e CAMPOS, 2018).

Já a subfase de reflexão envolve tanto a reflexão sobre o percurso realizado no processo investigativo quanto a reflexão sobre o conhecimento que foi construído através de questões como “o que eu fiz? Por que eu fiz isso? Fiz bem? Quais são as outras opções em uma situação semelhante?” (PEDASTE et al., 2015).

Nesse processo de reflexão e metacognição o aluno toma consciência do conhecimento construído, do percurso realizado para sua construção, identifica os pontos possíveis de correção aprendendo e aperfeiçoando o processo (SCARPA e CAMPOS, 2018).

Assim, como resultado, é esperado que os estudantes construam explicações, posicionem-se e respondam à questão proposta no início do ciclo. Cabe também estabelecer comparação com as hipóteses formuladas na fase de conceitualização. Dos resultados e conclusões do processo investigativo podem emergir novas questões e, por conseguinte, novos ciclos investigativos (SCARPA e CAMPOS, 2018).

Ao percorrer o ciclo investigativo e seus conceitos fundantes podemos ter melhor alcance de como o EnCI pode contribuir no aprendizado dos três eixos da alfabetização científica, uma vez que contempla as aprendizagens que envolvem o conteúdo programático, os procedimentos

nas rochas e permitem o estabelecimento de plantas nos maciços calcários, as formação de cavernas, depressões cársticas (dolinas) e cânions, de modo geral, são manifestações abióticas e bióticas que transformam essa paisagem natural ao longo do tempo e do espaço.

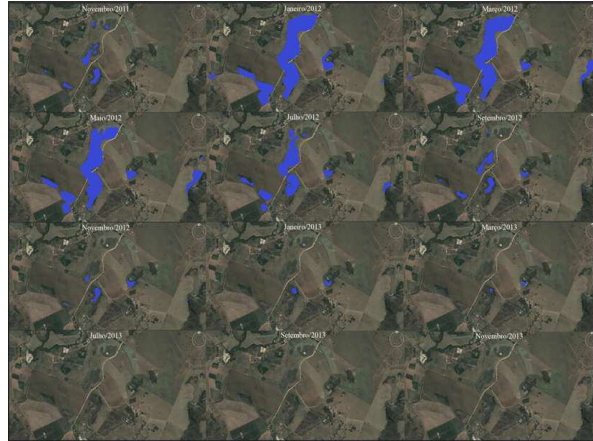


Figura 6 - Ciclos de cheias e secas de algumas lagoas da região de Mocambeiro situada na APA Carste de Lagoa Santa-MG. Registros realizados entre novembro de 2011 e novembro de 2013 por Nobrega. Fonte: Nobrega (2019). P.62.

A dinâmica hídrica das depressões cársticas na época seca, por exemplo, resulta em faixas de vegetação herbácea terrestre que avançam sobre o solo coberto por plantas aquáticas que definham (Figura 7A). Por outro lado, matas semidecíduas e decíduas ocorrem sobre depressões cársticas não inundáveis (Figura 7C) e sobre maciços calcários (Figura 7B e 7D).



Figura 7 – Vegetação da paisagem cárstica da região de Lagoa Santa. A. herbáceas em plena sucessão ecológica avançando sobre o leito recentemente exposto da lagoa do Sumidouro; B. paisagem ruíniforme da região de Mocambeiro (são testemunhos que restaram da dissolução de um maciço calcário); C. depressão no terreno coberta por matas e circundada por pastagens; D. vegetação de mata seca sobre o maciço calcário de Cerca Grande em Matozinhos. Fonte: Fotografia de José Eugênio Côrtes Figueira.

No caso das depressões cársticas alagáveis, em parte, a riqueza e a composição das espécies de aves aquáticas estão associadas às cheias e secas. Em períodos de cheia ou vazante, as lagoas se tornam abundantes em alimento atraindo grande número de espécies de aves que se alimentam de algas, insetos, moluscos, peixes e anfíbios (Figura 8). Por outro lado, em períodos de seca, esses alimentos escasseiam ou desaparecem completamente e a grande capacidade de voo permite que as aves abandonem a área em busca de outras lagoas e cursos d'água (FIGUEIRA et al., 2019).



Figura 8 - Avifauna registrada em diferentes lagoas e fases do ciclo de cheias e secas na paisagem cárstica da região de Lagoa Santa. Fonte: Fotos de José Eugênio Côrtes Figueira.

Graças aos trabalhos de ecólogos da UFMG e colaboradores, parte da paisagem úmida da Área de Proteção Ambiental Carste de Lagoa Santa (APACLS) recebeu recentemente o *status* de Zona Úmida de Importância Internacional e foi denominada de Sítio Ramsar Lund Warming (RAMSAR, 2017). Este selo internacional traz consigo a necessidade de uso sustentável dos recursos naturais e de medidas que mitiguem os impactos nesse ambiente causados pela exploração econômica descontrolada.

As Feições Cársticas

O sistema morfoclimático confere outra notoriedade à Lagoa Santa e adjacência. A combinação entre o relevo - marcado por rocha carbonática do tipo calcária (ou calcita = CaCO_3) - e a alta concentração de chuvas resultou na formação de um denso conjunto de feições na paisagem

chamado de feições cársticas, ou “relevo cárstico”, ou ainda “karst” que quer dizer “campo de pedras calcárias” (LINO e ALLIEVI, 1980; PILÓ, 2000).

As formas do relevo cárstico são controladas e direcionadas pelo equilíbrio químico do sistema $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O-CaCO}_3$. Assim, a quantidade de água é o fator climático principal que age fortemente sobre a porosidade secundária da rocha calcária (juntas, planos de acamamento, fraturas, falhas e outras estruturas provocando sua dissolução) modelando-a e formando as dolinas, vales cegos, paredões, lapiás, as cavernas e seus espeleotemas (PILÓ, 2000), conforme a Figura 9.



Figura 9 – Feições cársticas da APA Carste de Lagoa Santa. A) e B) grandes fraturas no pacote rochoso ampliadas por erosão química; C) possivelmente uma cavidade erodida pela enérgica circulação de água com sedimentos num antigo sumidouro; D. maciço Vargem da Pedra em Matozinhos e sua dolina; E. “ranhuras” de dissolução (lapiás) e o predomínio de bromélias do gênero *Encholirium* na superfície da rocha calcária. Fonte: Fotografias de José Eugênio Côrtes Figueira.

Essa interação relevo-clima confere ao carste de Lagoa Santa-MG o título de maior parque espeleológico do Brasil no quesito densidade de cavernas por área. Insígnia que confere aptidão para “guardar” e “contar” a história da humanidade e da fauna que passou por aqui (PILÓ, 2000; IBAMA, 1998c) como uma verdadeira janela que se abre para o passado permitindo espia-lo.

Através dos fósseis tomamos conhecimento da fascinante fauna extinta do Pleistoceno com seus tigres-dente-sabre, ursos, cavalos, macrauquênias, preguiças-gigantes, mastodontes, entre outros. Por meio dos grafismos rupestres e outros registros preservados nas cavernas tivemos

notícia das primeiras populações pré-históricas que ocuparam a América do Sul há 12 mil anos, bem como indícios de seus hábitos e costumes (Figuras 10 e 11). O crânio de Luzia, por exemplo, de feições ainda controversas para a ciência, nos dá indícios da estreita relação entre o homem pré-histórico e as cavernas por ele ocupadas (IBAMA, 1998c).



Figura 10 – A. Paredão de Cerca Grande em Matozinhos e algumas de suas pinturas rupestres em B, C e D que apresentam a fauna existente na região registrada pelas populações ameríndias antigas. Fonte: IPHAN

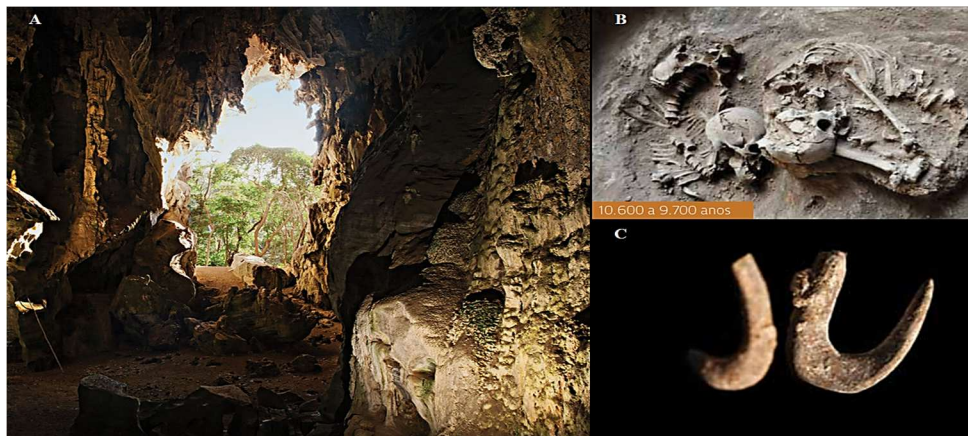


Figura 11 – A. Lapa do Santo em Matozinhos – caverna importante por revelar culturas dos paleoamericanos a partir de ossos humanos mostrados em B e artefato do tipo anzol feitos de ossos em C com idade de 10 mil anos aproximadamente. Fonte: Neves et al. (2016). P. 17 – 21.

Tal relação é mesmo muito antiga. Possivelmente, essa seja uma razão, mas não única, pela qual o ambiente cavernícola nos desperta tanto interesse e encantamento. A outra,

possivelmente, seja o encontro entre dois mundos igualmente instigantes: o da caverna e o da ciência - a partir do século XIX propiciada por Peter Wilhelm Lund aqui no Brasil, mais especificamente, em Lagoa Santa-MG (IBAMA, 1998c). Assim, para tratar da relação desses mundos, buscamos auxílio em Lino e Allievi (1980). Escolhemos essa obra por apresentar uma perspectiva que integra o olhar científico e o estético (sentido filosófico do termo) sobre as cavernas, os espeleotemas e seu processo de formação envolvido.

A Formação Das Cavernas E Espeleotemas

O trecho que apresentamos a seguir tem por objetivo ilustrar a experiência do “reencontro” do homem estético com a caverna e, ao mesmo tempo, o encontro da ciência com esse ecossistema repleto de potencialidades para a pesquisa científica. No excerto, o encanto por esse “velho mundo novo” é marcante. E para não ferir de morte a beleza poética contida nele, pedimos licença aos autores para transcrevê-lo na íntegra:

“Às vezes, um simples orifício na montanha; outras, um enorme e majestoso pórtico; outras ainda, uma estreita passagem cavada entre blocos desmoronados.

A entrada de uma caverna nunca se repete na forma, mas é sempre igual no sentido que desperta quando a encaramos pela primeira vez: temor, desejo, respeito e ansiedade.

São entradas para uma nova dimensão, de um mundo envolto em mistério e onde a escuridão e o silêncio andam de mãos dadas. Encerra-se aqui o mundo da luz, do verde vegetal, do calendário, das estações e do próprio homem, que aqui não passa de intruso, um visitante ocasional.

À luz de suas lanternas, vai descobrindo espaços, galerias e salões. Um rio, uma cachoeira e um lago profundo são obstáculos a vencer. Enormes blocos de pedras desviam o caminho. Uma aranha foge assustada. Um morcego voa rasante. Um peixe mergulha mais fundo. Aqui tudo é novo e infinito. Até o tempo adquire uma nova dimensão. Aos nossos sentidos tudo é magia e eternidade. Só o coração bate mais forte.

O rio, alheio a tudo isso, segue seu trabalho milenar, alargando fendas e corroendo a rocha. O teto, por vezes, desce até o chão impedindo o avanço. Busca-se então uma passagem em nível. São galerias e salões superiores já há muito abandonados pela corrente d’água. Aqui cresce, em todos os sentidos e em maior profusão, uma bizarra ornamentação. Estalactites descem do teto até encontrarem-se com estalagmites, formando monumentais colunas; lâminas onduladas, coloridas e translúcidas – formato de cortina – se penduram no teto inclinado; flores de pedra, cristais contorcidos, pérolas, represas escalonadas e uma centena de outras formações – genericamente chamadas de “espeleotemas” – recobrem o interior da gruta. Tudo isto confecciona uma única e impecável fantasia[...]

[...] A caverna é um mundo novo, onde todas as ciências se sentem carentes de dados e onde o estudo cria aos poucos seus próprios especialistas.

A Geologia esbarra em formações minerais que suas leis tradicionais ainda não explicam. A Biologia se depara frente a frente com animais cegos e albinos e cadeias alimentares não baseadas na vegetação clorofilada[...] A Paleontologia e a

Arqueologia encontram depósitos de fósseis milenares em perfeito estado de conservação. A Ecologia descobre ecossistemas intactos. Assim, cada ciência descobrindo um novo campo e novas hipóteses de estudo, e não raro novas leis.

[...] O patrimônio espeleológico brasileiro é de valor incalculável, e cabe então a nós, reconhecendo estes valores, protegê-lo, não deixando que interesses meramente lucrativos acabem por exterminá-lo por completo.” (LINO e ALLIEVI, 1980, p.9).

Nesse trecho, além da descrição e definição do que a ciência entende por cavernas, esse “olhar” dos pesquisadores sobre o ambiente cavernícola nos parece um convite tentador a experienciá-lo de um modo estético que significa dizer: corpo, intelecto e caverna constituindo-se um todo totalmente integrado. Dessa experiência resulta a valoração e o conseqüente desejo de conhecer mais, divulgar e proteger esse ambiente tão peculiar e fascinante, a exemplo da Figura 12.

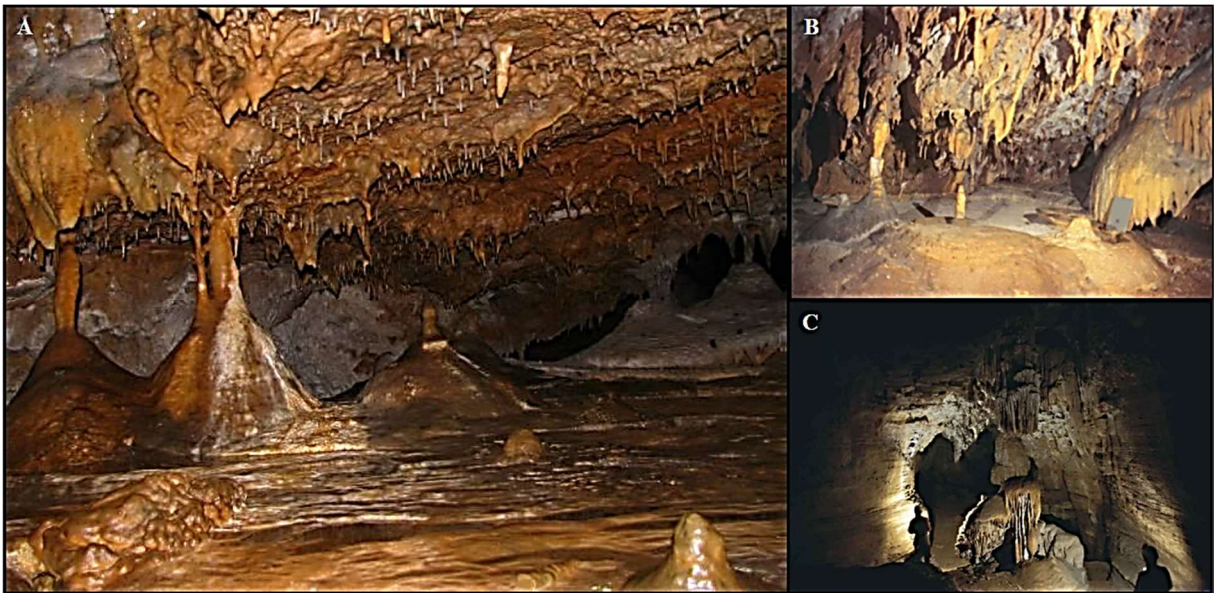


Figura 12 – A e B. Gruta das Helictites apresentando ambiente revestido por vários tipos de espeleotemas; C. galeria ornamentada em Gruta dos Túneis.

Fontes: Foto A de Pereira (2007). p. 14. Foto B e C de IBAMA (1998c). P. 37 e 51, respectivamente.

Os saberes, inclusive os científicos, sobre as paisagens cársticas, sua importância social, ecológica, histórica e estética são imprescindíveis para pensar na proteção das cavernas e de seus espeleotemas e de todas as comunidades biológicas associadas. Nesse sentido, no aspecto físico-químico, já dispomos de um denso conhecimento que envolve condicionantes geológicas, geomorfológicas e climáticas que agem de forma conjunta e articulada no processo de desenvolvimento das feições cársticas.

Uma dessas feições bem conhecidas é denominada espeleotema. O termo, do grego, quer dizer *spelaiion* (caverna) e *thema* (depósito), sendo as estalactites e estalagmites as formas mais conhecidas (Figura 13). Esses espetaculares depósitos rochosos ganham forma a partir de processos químicos de dissolução do calcário e posterior precipitação, conforme a descrição simplificada apresentada a seguir (LINO e ALLIEVI,1980).

Em primeiro lugar, a água ácida penetra as camadas superiores e segue um “destino” descendente em direção ao nível subterrâneo e penetra as fendas calcárias (CaCO_3) obtendo o bicarbonato de cálcio [$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$] como produto. Em seguida, à medida que avança, ela arrasta consigo os solutos e segue alargando os vazios e condutos que se expandem ainda mais no pacote rochoso e originam aberturas de grandes dimensões. Tem-se, assim, a formação de condutos, cavernas, galerias, salões e abismos que juntos compõem uma complexa e importante rede de armazenamento e drenagem, os reservatórios de águas subterrâneas, também chamados de aquíferos (LINO e ALLIEVI,1980; PILÓ, 2000).

Em segundo lugar, tendo a solução de bicarbonato de cálcio aflorada numa gota no teto da caverna (Figura 13A), esta se mantém pendurada até atingir densidade suficiente para vencer a tensão superficial da água e cair no outro extremo da caverna. Porém, enquanto aderida, a gota perde gás carbônico para o ambiente cavernícola e fica supersaturada, sem demora, precipita parte do carbonato dissolvido e forma os cristais de calcita no teto da caverna. A par e passo, quer dizer, gota a gota, os cristais são depositados formando as belas estalactites (Figura 13A) (LINO e ALLIEVI,1980). Essas gotas saturadas ainda podem seguir caminho, desprender-se do teto ou da estalactite e alcançar o “chão” da caverna, pelo mesmo passo descrito, precipitar e formar as estalagmites (Figura 13B), tão belas quanto aquelas (LINO e ALLIEVI,1980).

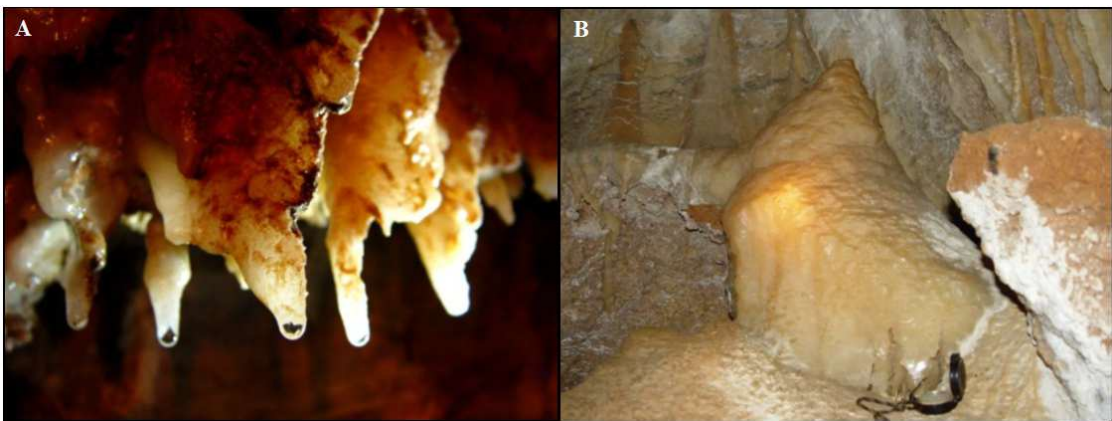
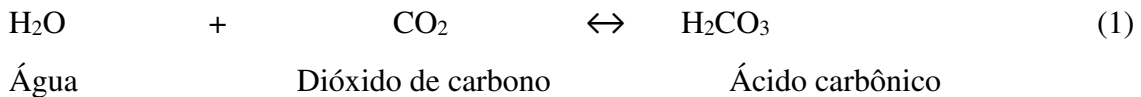


Figura 13 – Espeleotemas. A) estalactites em Lapa Vermelha, notar as gotas; B) estalagmite maciça de aspecto translúcido em Gruta das Helictites. Fonte: Pereira (2007). P. 13 e 16.

As reações químicas envolvidas na formação de cavernas (dissolução) e aquelas envolvidas na formação de espeleotemas (precipitação) são descritas por Lino e Allievi (1980) nas equações a seguir, ou mais detalhadamente na próxima Figura 14. Notar que a precipitação envolve o processo inverso à reação química de dissolução.

A acidulação da água (formação do ácido carbônico):



A dissolução da rocha pelo ácido carbônico:

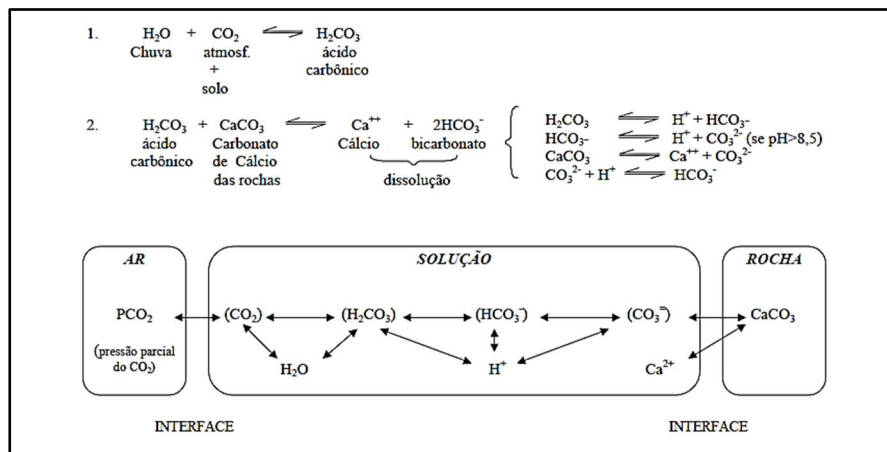
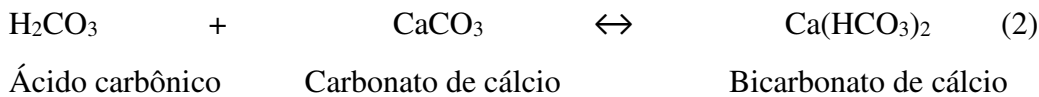


Figura 14 – Equações das reações químicas que dão origem às cavernas calcárias e às feições associadas. Fonte: IBAMA (1998c). P.18.

Com efeito, podemos afirmar que a paisagem cárstica e suas fascinantes feições são esculturas que nascem do esforço “artístico” da água sobre a rocha bruta. Ela esculpe com paciência o maciço calcário e retira dele tudo o que não é necessário, parafraseando Michelangelo. Desse trabalho das águas formam-se os grandes paredões - adornados por fora com uma variada vegetação que se distribui desde a sua base até o seu topo, e por dentro com as enigmáticas cavernas que guardam beleza e conhecimentos valiosos para a humanidade – e as muitas e diversas lagoas que se recombina em beleza e vida.

A Água

Vimos o protagonismo da água na espeleogênese e sabemos que seu valor ultrapassa os limites cársticos, pois trata-se de um elemento que sustenta a vida no planeta graças às suas características e suas interações com múltiplos sistemas. Por essa razão, dedicaremos mais alguns parágrafos a esse vital elemento, partindo da perspectiva molecular para compreender suas propriedades, interações e efeitos em diferentes escalas.

Características Moleculares Da Água

As propriedades que caracterizam a água resultam da composição e estrutura da sua molécula tornando-a peculiar e central sob o ponto de vista dos sistemas geológicos e ambientais. A água é composta por duas partes de hidrogênio e uma de oxigênio o que confere uma diferença de eletronegatividade entre os átomos incidindo sobre a distribuição das cargas elétricas, o que significa dizer, que as positivas predominam em um lado da molécula, enquanto as negativas em outro (BOUROTTE, 2014). Dessa dipolaridade parcial resulta a geometria angular da molécula, conforme Figura 15.

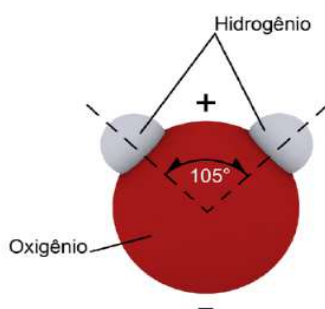


Figura 15 – Estrutura molecular da água que determina a distribuição das cargas elétricas formando um dipolo elétrico. Fonte: Bourotte (2014). P.121.

Essa estrutura angular, portanto, favorece interações intermoleculares do tipo ligação de hidrogênio que são mais fracas quando comparadas com aquelas covalentes que ocorrem dentro da molécula, mas com uma força atrativa tal que torna possível o agregamento e organização da molécula, a depender da energia do sistema.

Em outras palavras, significa dizer que a organização molecular da água será tanto maior quanto menor for a energia no sistema, daí a água apresentar-se nos diferentes estados físico, sólido (menor energia no sistema e maior organização), líquido (energia e organização intermediária) e gasoso (maior energia e menor nível de organização entre as moléculas) (BOUROTTE, 2014), representados na Figura 16.

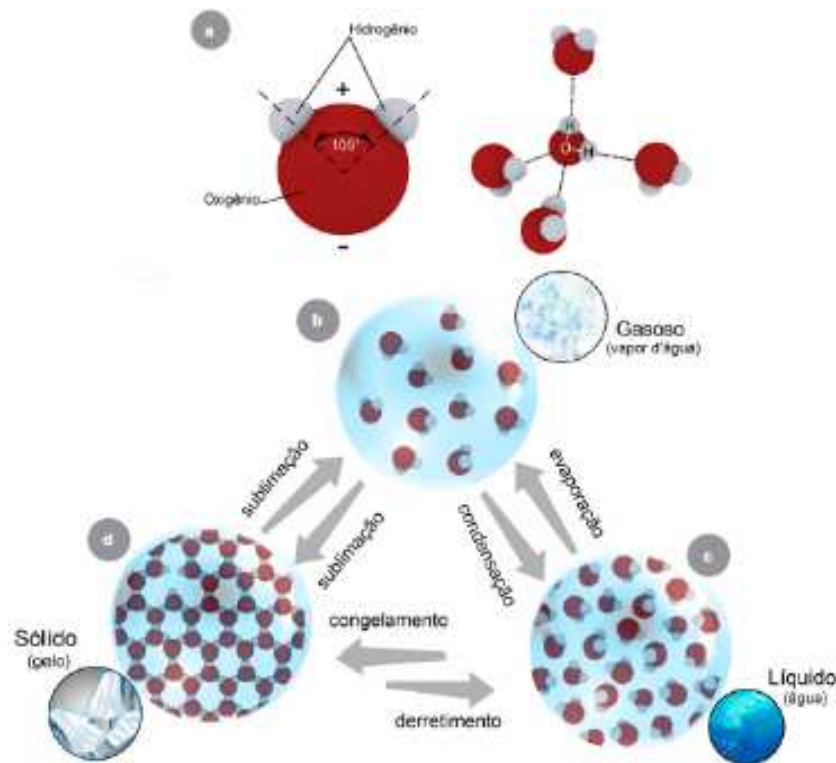


Figura 16 – Estrutura da molécula de água e interação intermolecular nos três estados físicos. A. Ligações de hidrogênio unindo moléculas de água. B. Organização das moléculas nos diferentes estados físicos. Fonte: Bourotte (2014). P.123.

Essas características químicas da molécula de água imprimem forte influência sobre as suas propriedades que, por sua vez, afetam dimensões cada vez maiores, como os padrões climáticos e as sazonalidades, a modelagem do relevo e a evolução biológica.

Propriedades Da Água E Suas Influências

A molécula de água apresenta propriedades que a tornam singular. No que se refere à densidade, a água, quando no estado líquido, tem suas moléculas mais afastadas entre si (energia intermediária, conforme vimos), por outro lado, quando congelada (pela baixa energia e força de atração) suas moléculas tendem a se aproximar mais adquirindo uma típica organização hexagonal apresentando espaços vazios que respondem pela expansão das moléculas e consequente diminuição da densidade (já que a massa não se altera) (BOUROTTE, 2014).

A água congelada exerce efeito importante sobre os ambientes e as vidas adaptadas a eles. Por exemplo, como isolante térmico nos corpos hídricos - a água sólida é menos densa que no estado líquido o que favorece a formação de uma cobertura que reduz a perda de calor para a atmosfera,

favorecendo as formas de vidas ocorrentes em ambientes de baixas temperaturas - como agente de intemperismo mecânico - quando em fissuras de rochas, a expansão da água congelada promove a sua ampliação, isto é, a mudança de estado líquido para sólido da água contribui para a desagregação da rocha (RICKLEFS, 2010; BOUROTTE, 2014).

A capacidade térmica da água é outra propriedade que merece destaque. A quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura da água em 1°C é muito elevada. Essa característica faz com que a água, por um lado, absorva muita energia durante a radiação solar e, por outro, transfira esse calor para atmosfera muito lentamente através dos oceanos e outros grandes corpos hídricos. Isso faz da água um grande regulador do clima global. Vale dizer ainda que o clima é também influenciado pela liberação ou absorção de calor que ocorrem nas constantes mudanças dos estados físicos da água em seu ciclo hidrológico (BOUROTTE, 2014, RICKLEFS, 2010). Essas mudanças e o balanço energético correspondente estão presentes na Figura 17.

Mudança de estado físico	Nome do processo	Consequência energética
Gasoso para líquido	Condensação	Liberação de calor
Líquido para sólido	Solidificação (cristalização)	Liberação de calor
Gasoso para sólido	Solidificação	Liberação de calor
Líquido para gasoso	Evaporação	Absorção de calor
Sólido para líquido	Fusão	Absorção de calor
Sólido para gasoso	Sublimação	Absorção de calor

Figura 17 – Processos de mudanças de estado físico da água e suas consequências no balanço de energia do sistema. Fonte: Bourotte (2014). P.122

Por fim, a água apresenta uma distintiva capacidade de dissolver uma gama significativa de (mas não universal como designam alguns livros didáticos) de substâncias conhecidas. Essa característica também decorre de sua dipolaridade tornando-a capaz de reagir com quase todas as moléculas, bem como de transportar substâncias nutritivas nos sistemas biológicos, enquanto nos geológicos facilita o intemperismo químico de rochas e o ciclo erosivo (BOUROTTE, 2014, RICKLEFS, 2010).

Nessa exposição podemos perceber que a água, por meio de suas propriedades, realiza grande trabalho de transformação nos sistemas geológicos e ambientais com significativo efeito sobre os seres vivos, como consequência.

Hidrosfera

Não é exagero dizer que a Terra é um planeta único no sistema solar. Isso se deve à sua posição em relação ao sol, o que torna habitável por seres vivos e possível de encontrar água em diferentes estados físicos e em diversos reservatórios pelo globo terrestre (Figura 18). A este conjunto de diferentes reservatórios em que a água é encontrada denomina-se hidrosfera (BOUROTTE, 2014).

Reservatórios	Volume de água	
	(10 ⁶ km ³)	(%)
Oceanos	1.340	97,1
Gelo	24	1,7
Águas subterrâneas	16	1,2
Águas superficiais	0,176	0,01
Atmosfera	0,013	0,001
Seres vivos	0,00112	0,0001
TOTAL hidrosfera (*)	1.380	

(*): desconsiderada a quantidade de água presente nos diversos minerais que a contém em sua estrutura, e que constituem as rochas, solos e sedimentos.

Figura 18 – Reservatórios de água na Terra. Fonte: Caron et al (2003) apud Bourotte (2014). P.124.

Contudo, podemos perceber que a distribuição da água pelos compartimentos da hidrosfera não é equitativa, sendo que a maior fração dela é salgada, encontrada nos mares e oceanos, ou está na forma sólida, restrita às geleiras, topo de montanhas e calotas polares, restando uma menor parcela de água doce.

Em parte, essa disparidade entre os reservatórios e entre os continentes tem origem na radiação solar e nas propriedades da água. Combinados, estes elementos influenciam na chamada circulação hídrica, ou ciclo da água ou ainda no balanço entre a quantidade de precipitação e evaporação somada com a transpiração, cuja diferença é representada pelo escoamento e a infiltração (BOUROTTE, 2014, KARMANN, 2000).

Em virtude disso, mas não somente, é que o balanço hídrico é negativo em regiões acima e abaixo dos trópicos onde se encontram os grandes desertos secos e quentes, em razão da elevada evaporação e escassez de chuva. Já nas regiões temperadas e entre os trópicos, o balanço hídrico é favorável, a exemplo do Brasil (BOUROTTE, 2014).

Com quase a totalidade do seu território entre os trópicos, nosso país ocupa posição privilegiada sob o ponto de vista da disponibilidade hídrica, o que significa dizer que 40% das águas doces do mundo estão nos limites brasileiros na forma de bacias hidrográficas e seus cobijados aquíferos (como o Guarani) (BOUROTTE, 2014). Como recurso fundamental à vida e estratégico à nação, cabe ao Estado brasileiro torná-lo mais reconhecido a fim de ser valorizado e protegido por todos, em um esforço conjunto entre Estado e população.

O Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico é entendido como a circulação contínua da água através dos compartimentos da hidrosfera, atmosfera, biosfera e geosfera, podendo ser dividido em dois subciclos: o primeiro opera a curto prazo e envolve a dinâmica externa da Terra (impulsionado pela energia solar e gravitacional); o segundo subciclo, de longo prazo, é caracterizado pela dinâmica interna (tectônica de placas) onde a água participa do ciclo das rochas na formação de rochas sedimentares e metamórficas (BOUROTTE, 2014; KARMANN, 2000).

Graças à radiação solar, a água líquida pode receber energia suficiente e mudar para o estado gasoso. Quando esse processo ocorre nos oceanos e nas águas livres dos continentes, é chamado de evaporação, já a liberação de água gasosa nos sistemas biológicos é chamada de transpiração. À medida que evapora continuamente, a água deixa para trás os íons nela dissolvidos, funcionando como um grande sistema de destilação natural. O produto da evaporação e da transpiração se acumula na atmosfera, tornando-se visível ao condensar e assumir a forma de nuvens. Quando adquirir massa suficiente essa água pode retornar para a superfície do planeta na forma líquida (chuva) ou sólida (neve ou granizo) (BOUROTTE, 2014; KARMANN, 2000).

Ao atingir a superfície dos continentes, a água pode evaporar novamente ou ser interceptada pelos seres vivos, absorvida e transpirada outra vez. Como o balanço hídrico nos continentes é positivo, isto é, o volume de precipitação é maior que o de evapotranspiração, o excedente pode escoar pela superfície, ganhar os rios e retornar aos oceanos. Outra parte desse excedente pode infiltrar-se nos solos e rochas recarregando as águas subterrâneas, conforme a Figura 19 (BOUROTTE, 2014; KARMANN, 2000).

Embora o ciclo hidrológico possa variar de uma região para outra em virtude de condicionantes locais como clima, relevo, litologia e cobertura vegetal, é possível estabelecer um balanço dessa dinâmica hidrológica em escala global, conforme mostrado na Figura 19.

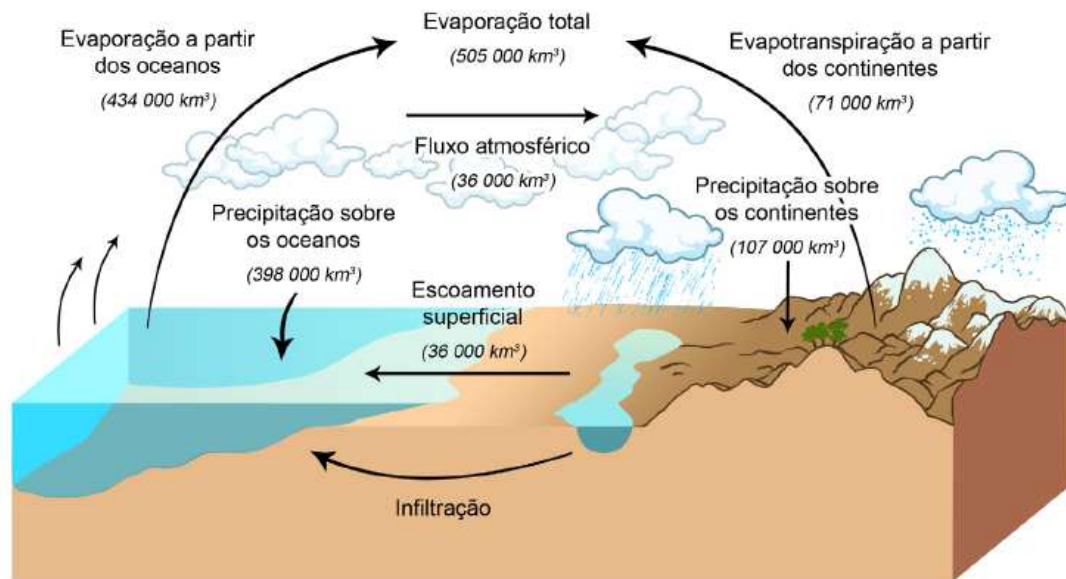


Figura 19 – O ciclo hidrológico com fluxo de transferência da água, por ano, entre os reservatórios. Fonte: Bourotte (2014). P.126.

Na figura, pela evapotranspiração, a fração transferida dos continentes e oceanos para a atmosfera representa 0,04% de toda a água da hidrosfera. Embora pareça pouco, esse volume é imprescindível para a manutenção da dinâmica hídrica, pois após deslocar-se na forma de nuvens, retorna à superfície pela precipitação na forma de chuva ou neve (BOUROTTE, 2014).

Águas Continentais

As águas doces continentais são de grande importância tanto na perspectiva biológica quanto para as atividades humanas, podendo ser classificadas em águas superficiais e águas subterrâneas (KARMANN, 2000; BOUROTTE, 2014), sendo que estas muitas vezes são “invisíveis” aos olhos de muitos.

As águas superficiais são representadas pelos rios e lagos, cujos reservatórios são valiosos tanto para a realização das atividades econômicas quanto para a manutenção e sobrevivência dos seres vivos. Sua origem está no escoamento superficial da água das chuvas nos continentes que drenam grandes áreas de captação da água formando as bacias hidrográficas. O rio Amazonas

é um bom exemplo, ele drena uma área de 7.049.980 km² que incluem 46,47/km³ de íons e substâncias dissolvidas e 79 toneladas por km³ de solutos em suspensão que alcança o oceano Atlântico (BOUROTTE, 2014).

A quantidade de água que segue o caminho do escoamento, ao invés de infiltrar no solo, depende de vários fatores, a saber, duração e intensidade da precipitação; o tipo de material superficial e suas características de permeabilidade; a quantidade de água retida no solo (capacidade de campo); a topografia da área; e o tipo, extensão e densidade da cobertura vegetal (BOUROTTE, 2014).

No escoamento, os vários filetes de água se encontram para formar os riachos que, por sua vez, formam os rios. Nas áreas urbanas, o escoamento predomina sobre a infiltração devido à impermeabilidade da superfície, a exemplo das ruas pavimentadas, alta densidade de construção, encaixotamento dos rios em concreto, poucas áreas naturais (os parques, as praças, os quintais, etc) (BOUROTTE, 2014). Como resultado do mau planejamento dos espaços urbanos, amargamos quase todos os anos as perdas materiais e de vidas causadas por inundações e enchentes em muitas cidades. Sem gestão hídrica, tampouco a conscientização da população, tais situações tendem a piorar (TUNDISI, 2008).

Existe grande quantidade de água armazenada no “andar térreo” formando as chamadas águas subterrâneas. Embora muitas vezes invisíveis para a população em geral, elas estão lá, escondidas nas fissuras, fraturas e poros das rochas, solos e sedimentos formando um dos maiores recursos de água potável em todo o mundo, sendo que alguns países e regiões dependem quase exclusivamente desses reservatórios subterrâneos para a sobrevivência da sua população (BOUROTTE, 2014).

A origem dessa água é a parcela que precipita e infiltra no solo, sendo que sua infiltração é determinada pelas características dos materiais terrestres podendo citar o tipo, a textura e a estrutura que qualificam a porosidade e permeabilidade desses materiais, controlando assim, sua circulação e armazenamento nos reservatórios (KARMANN, 200; BOUROTTE, 2014).

A porosidade pode ser definida como a porcentagem de espaços vazios por unidade de volume em uma dada rocha, solo ou sedimento em função das características e disposição dos minerais

constituintes. Já a permeabilidade corresponde à capacidade do sedimento, da rocha ou do solo transmitir os fluidos que ocupam os poros, isto é, de permitir o fluxo de água entre os poros (KARMANN, 2000; BOUROTTE, 2014).

Portanto, para ser permeável, não basta apresentar poros entre os grãos minerais, estes devem estar conectados entre si permitindo uma boa infiltração, armazenamento e circulação da água. Quando os materiais terrestres apresentam tais características são chamados de aquíferos, a exemplo de materiais terrestres constituídos por areias e arenitos porosos. Também enquadram nessa categoria as rochas fraturadas desde que seus vazios no pacote rochoso sejam conectados entre si formando uma rede de condutos (KARMANN, 2000; BOUROTTE, 2014).

Está no imaginário das pessoas, muito em razão dos livros didáticos, a associação das águas subterrâneas a verdadeiros rios e lagos, quando na verdade essa ideia somente se aplica em regiões onde há ocorrência de rochas calcárias, como vimos no tópico sobre a paisagem cárstica, pois são facilmente dissolvidas na presença da água (fracamente ácida) alargando seus condutos e formando galerias, grutas, dolinas (depressões formadas por abatimentos subterrâneos, eventualmente com lagos) (BOUROTTE, 2014).

Destaca-se que a movimentação da água nos reservatórios subterrâneos é muito lenta, em média desloca 1m/ano. Essa demorada renovação aponta para a fragilidade do equilíbrio entre a recarga do aquífero (entrada de água) e a descarga (saída), o que significa dizer que a exploração de maneira descontrolada e irresponsável pode facilmente colapsar esse recurso e colocar a sobrevivência de muitos seres vivos sob ameaça (BOUROTTE, 2014).

O Ciclo Da Água E O Ciclo Das Rochas

O ciclo hidrológico tem papel importante no ciclo das rochas provocando significativas transformações no relevo com resultados importantes na formação das paisagens naturais e nos ecossistemas, conforme já expusemos anteriormente. Portanto, vale dizer que, não fosse a dinâmica interna da Terra que “insiste” em formar as cadeias de montanhas, o relevo terrestre seria sobremaneira aplainado em razão da ação transformante da água. É também devido a interação água/rocha (mas não somente) que a diversidade biológica no planeta “de água líquida” se mostra, até o momento, única (BOUROTTE, 2014).

A água líquida e sólida são os principais agentes de intemperismo das rochas e de erosão dos produtos intemperizados, contribuindo dessa forma para a reciclagem de numerosas substâncias químicas. Pela ação da gravidade e da água que escoar na superfície ou infiltra, o material oriundo da fragmentação da rocha é constantemente transportado e novamente depositado. Passado longo tempo, esses depósitos de sedimentos tornam-se rochas sedimentares, conforme Figura 20 (KARMANN, 2000; BOUROTTE, 2014).

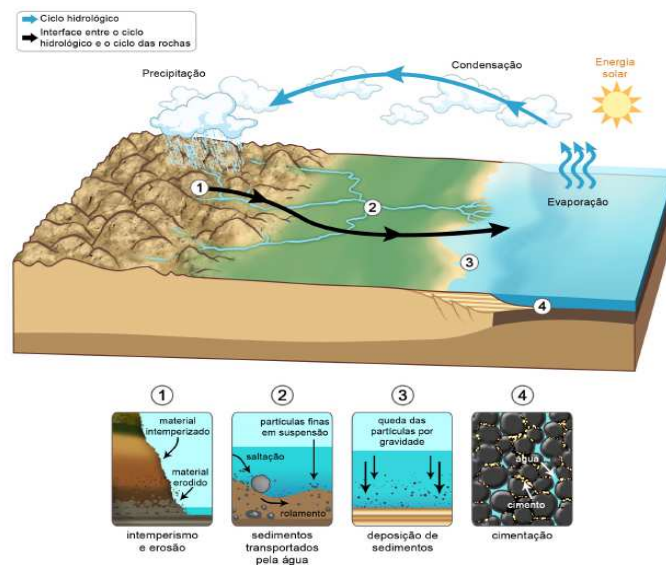


Figura 20 – Interação entre o ciclo da água e o ciclo das rochas. Fonte: Bourotte (2014). P.132.

Assim, tais transformações ocorridas nas rochas e nos materiais delas provenientes não existiriam sem o movimento da água, isto é, sem o ciclo hidrológico. Parece evidente, portanto, que esses e outros ciclos (como do carbono, do cálcio, do fósforo, etc) estão interconectados pela dependência dos seus componentes (RICKLEFS, 2010; BOUROTTE, 2014), o que significa dizer que uma perturbação “aqui” afeta um processo “acolá”.

Se por um lado esses ciclos são altamente conectados, por outro, as atividades humanas vêm alterando radicalmente as paisagens naturais e interferindo no equilíbrio dinâmico desses processos. Que previsão a mente mais otimista pode fazer sobre os recursos naturais vitais para a sobrevivência das espécies se caso a interação homem x natureza não for repensada, resignificada?

As Interferências Humanas No Ciclo Hidrológico

A compreensão sobre a água e seu funcionamento sistematizado e integrado é fundamental dado que, distintamente de outros organismos vivos, a espécie humana faz uso de quase todos os elementos disponíveis na natureza, não somente para o seu metabolismo, mas para atender a sua cultura. A título de exemplo, podemos mencionar as atividades econômicas de produção de alimentos na indústria, a imensa captação de água para a irrigação na agricultura, o enorme uso de água na pecuária e na mineração, sem mencionar outras atividades humanas como produção de energia. Tais demandas da sociedade atual afetam direta ou indiretamente a qualidade e a disponibilidade da água, uma vez que ocorrem precedidas de drásticas alterações no ambiente natural (RIBEIRO 2007; TUNDISI, 2008; CRUZ, 2015).

Infelizmente, desde a colonização do Brasil, biomas têm sido destruídos, alguns quase em sua totalidade. Da mata atlântica resta uma ínfima porção preservada. O desmatamento das florestas ainda são frequentes para expansão das fronteiras do agronegócio, para áreas de pastagem, indústria madeireira e para o avanço das áreas urbanas, interferências estas que tornam o solo mais compactado e de difícil infiltração da água, além de aumentar a erosão e o acúmulo de sedimentos nos corpos d'água e provocar mudança no regime de chuvas e estiagem (CRUZ, 2015).

A poluição dos corpos hídricos, através da descarga de rejeitos domésticos e, principalmente, da indústria, é outro sério problema, pois compromete as características físicas, químicas e biológicas da água, alterando sua potabilidade e seu uso para a dessedentação humana e animal (RIBEIRO 2007; CRUZ, 2015; TUNDISI, 2008).

Podemos citar como efeito dessas brutalidades ao ambiente natural os registros de secas preocupantes e enchentes terríveis que devastam as vidas no campo e nas áreas urbanas; a perda da diversidade biológica e seus serviços ecossistêmicos necessários à espécie humana; a ruptura com princípios éticos e morais que acena para uma possível degeneração do caráter de ser humano ao não observarmos que toda espécie tem o direito de existir, por exemplo (PRIMACK e RODRIGUES, 2001).

Vale ainda mencionar a degradação da paisagem cárstica. Como mencionamos, o carste é um ecossistema fascinante, moldado pela interação entre os ciclos da água e do carbono, mas passa totalmente despercebido pela grande maioria dos habitantes que vivem em seus domínios na APA Carste de Lagoa Santa. O mesmo não se pode dizer sobre aqueles que visam tão somente

os lucros ilimitados. Poderosas cimenteiras que atuam na região da APA vislumbram apenas sua vocação para a produção do cimento advindo da dinamitação, pulverização e queima dos grandes maciços calcários. Do mesmo modo, as demandas crescentes de imobiliárias e grandes construtoras são cada vez maiores e elas não se importam com os irremediáveis danos e custos impagáveis resultantes da perda de serviços ecossistêmicos essenciais à vida.

Cada maciço destruído deixa uma grande cratera e um enorme vazio onde antes existiam imponentes florestas, labirintos de condutos que captavam água de chuva e a conduziam para depósitos subterrâneos, salões adornados por espeleotemas milenares, vestígios da nossa fantástica pré-história, desafios para escaladores, paisagens para encher os olhos e acalmar o espírito.

Como entender e ensinar seu valor se desde criança nos habituamos num mundo de casas espremidas umas contra as outras e de suntuosos edifícios de sólido cimento e aço que enrijecem a alma e desafiam o céu? Como entender e ensinar seu valor se o carste é ainda desconhecido por muitos populares, mas cobiçado pela ganância de alguns poucos poderosos? Como entender e ensinar o valor das águas se sua abordagem nas aulas de ciências e biologia se dá de maneira fragmentada e sem sentido social, humanístico, ecológico, poético? Quem sabe se levando um pouco da mágica do carste e de suas águas para dentro do espaço escolar, nas aulas de biologia e de outros componentes curriculares de forma integrada?

Capítulo III Objetivo, Conteúdo E Estrutura Da Sequência Didática Investigativa

A presente Sequência Didática Investigativa (SDI) foi elaborada tendo como orientação principal subsidiar o professor nas aulas de ecologia no ensino-aprendizagem do conteúdo programático ciclo da água em interface com a rocha calcária. A proposta está sustentada nas premissas do EnCI, amplamente discutidas ao longo deste trabalho, podendo resumi-las em dois fundamentos: a liberdade intelectual que deve ser dada ao estudante no desenvolvimento das situações de aprendizagem e o problema que desencadeia o ciclo investigativo.

Pretendemos, com essa sequência didática, contribuir para o alcance dos objetivos da AC, isto é, permitir que o estudante, gradativamente, seja capaz de analisar situações cotidianas, compreender problemas relacionados com a ciência e suas interações e tomar decisões de

maneira crítica visando o bem-estar do indivíduo, da coletividade e do planeta. São objetivos que evocam a apropriação dos processos envolvidos na produção do conhecimento pela ciência, abordados com maior detalhamento nos capítulos anteriores, como identificar um problema, elaborar perguntas de investigação, desenhar um plano de investigação, testar hipóteses, usar evidências e justificativas para fazer conclusões, comunicar e validar os conhecimentos construídos (TRIVELATO e TONIDANTEL, 2015).

Quanto ao tema e à abordagem relacionados ao estudo de ecologia no ensino médio, geralmente, tem sido apresentado aos estudantes do 3º ano por meio de práticas, como já discutimos, que colaboram para o desinteresse e o distanciamento do estudante, mesmo se tratando da ecologia, área de grande importância e repleta de belezas.

No que diz respeito às características da ecologia, é importante ressaltar que ela é uma área do saber integradora por excelência, atuando no estudo das interações entre os seres vivos e estes com o ambiente físico, sendo um campo altamente fértil para promover o aprendizado contextualizado e integrado com a química, geografia, artes, enfim, ultrapassa as artificiais fronteiras dos saberes (AZEVEDO et al., 2018). Assim, pretendemos que o aprendizado sobre o ciclo da água em interface com a rocha calcária ocorra no contexto da paisagem cárstica, notadamente, na APA Carste de Lagoa Santa-MG, de modo que o estudante possa aprender ciências e se encantar com as cavernas e seus fascinantes espeleotemas.

Ressalta-se ainda que, embora a Sequência Didática Investigativa (SDI) apresentada a seguir tenha sido pensada para os estudantes do 3º ano e para o componente curricular de biologia, ela pode ser adaptada para outros componentes como a geografia e a química, a depender dos objetivos de ensino-aprendizagem. Ademais, embora nosso enfoque seja o ciclo da água/rocha, não pretendemos esgotar o assunto, de modo que essa mesma SDI pode ser adaptada para desenvolver outros conteúdos, a exemplo do ciclo dos minerais, como o cálcio, o carbono, entre outros.

Para o planejamento do ensino e da estrutura da SDI apoiamos-nos tanto na concepção quanto nas reflexões de Aguiar Junior (2005). Para ele, o trabalho de planejamento deve ser pautado na seleção dos conteúdos e das estratégias de ensino que sustentam o desenvolvimento do aprendizado, estas, por sua vez, podem partir de indagações como sugerido a seguir:

“[...] o que farei para romper a passividade dos meus alunos em sala de aula? quais situações irei apresentar como problema inicial a motivar o estudo do tema? como recuperar o que os alunos já sabem a respeito do tema ou outros conhecimentos a ele relacionados? que recursos irei utilizar para tornar a aula mais interessante e motivadora? que situações irei utilizar para introduzir as explicações ou narrativas da disciplina acerca do tema? como irei favorecer o trabalho dos alunos com essas ideias?” (AGUIAR JUNIOR, 2005, p.2).

Além desses fundamentos, vale ainda destacar que a SDI está organizada nas quatro fases propostas pelo mesmo autor com o propósito de delimitar os diferentes momentos da aprendizagem.

Primeira Fase: A Problematização Inicial

Na problematização inicial, o objetivo reside em apresentar um bom contexto, suscitar boas perguntas, em vez de dar respostas a elas e ouvir as ideias e soluções dos alunos em lugar de dizer qual é a resposta certa. Outro ponto que deve ser considerado é a forma da organização da classe que pode variar de acordo com os objetivos. Nessa fase, propomos, em um primeiro momento, a formação de grupos pequenos para discutir o contexto do trabalho a ser desenvolvido. Em seguida, os grupos devem ser desfeitos para um debate em que todos terão a oportunidade de expor seus pensamentos acerca do problema. Ao longo da SDI essa dinâmica de organização da classe deve ser considerada e alterada, a depender da atividade.

Na primeira aula, dois momentos se destacam: Orientação e Conceitualização. Antes de entrar na orientação propriamente dita, a ação do professor deve ser de anunciar o trabalho a ser desenvolvido, seus objetivos juntamente com os critérios que pretende adotar para a avaliação que devem ser claros, válidos e diversos (CARVALHO, 2017).

Na orientação, o objetivo é estimular a curiosidade, o entusiasmo e o interesse do estudante com a intensidade que o mobilize a iniciar e continuar o percurso de “descoberta”. Com esse intuito de provocar o engajamento do estudante, buscamos sublinhar, no contexto das cavernas e espeleotemas, alguns traços da experiência estética: a “beleza” e o sentimento que ela suscita nas pessoas (MOREIRA, 2013) e a experiência integradora, conforme define John Dewey:

“[...] Em vez de significar um encerrar-se em sentimentos e sensações privados, significa uma troca ativa e alerta com o mundo; em seu auge, significa uma interpenetração completa entre o eu e o mundo dos objetos e acontecimentos.” (DEWEY, 2019, p.83).

Apesar de não pretendermos adentrar na filosofia estética, fizemos uso de alguns elementos estéticos na atividade. Eles podem ser notados por meio das imagens das cavernas e dos espeleotemas na Gruta da Lapinha; na definição poética de espeleotemas dada por Guimarães Rosa; no uso da obra de Michelangelo, no desafio intelectual de uma pergunta instigante, entre outros. Essa fase é findada com a identificação do problema, ou seja, o desconhecimento científico sobre a origem das cavernas e seus espeleotemas representado pela Figura 23 (*Espeleogênese*).

A vivência desse “ambiente” que propicia a experiência de sentido e importância ao tema culmina na conceitualização. É tida como o momento em que o problema envolvido evoca a questão de investigação: Como as cavernas e os espeleotemas são formados na natureza? Gatilho para pensar em possíveis respostas e iniciar sua busca.

As respostas devem ser discutidas em grupo, registradas em uma folha de papel a ser entregue ao professor para posterior reflexão e tomada de consciência sobre as ideias iniciais e aquelas após o percurso investigativo.

Feito isso, cabe desfazer os grupos pequenos, e formar um grande círculo para que todos os estudantes possam expor as concepções que trazem sobre a formação de cavernas e espeleotemas. Nessas discussões emergem as representações que os estudantes trazem sobre a origem das feições da paisagem cárstica e que são necessárias para elaborar novos conhecimentos.

Segunda Fase: Desenvolvimento Da Narrativa Do Ensino

Esse é o momento no qual o professor irá apresentar aos estudantes a explicação cientificamente aceita para a questão/temas discutidos na 1ª fase. Isso pode ser feito de várias formas.

Uma forma pouco eficaz e frequente nas aulas das ciências versa sobre a abordagem expositiva dos conceitos e teorias: o professor anota no quadro os conceitos envolvidos valendo-se de uma

linha lógica de explicação (do simples para o mais complexo). Os estudantes, por sua vez, “participam” copiando, ouvindo e replicando.

Outra maneira, que julgamos mais efetiva, consiste na máxima participação dos estudantes por meio da interatividade aluno-aluno-internet, mediada pelo professor, para construir os conceitos e processos sobre a transformação da rocha calcária em face do ciclo da água

Nessa dinâmica proativa, o arcabouço teórico-científico é elaborado pelos estudantes no laboratório de informática, mas sem desalinhar da base conceitual da ciência envolvida. Para isso, dois fundamentos relacionados à mediação do professor merecem destaque nessa fase: presença atenta do professor para realizar as devidas correções ao surgirem concepções e termos inadequados; e o caráter das perguntas proferidas pelo professor que devem ser, agora, fechadas, diretivas, objetivas, trazendo novas ideias e retomando outras, sempre que necessário. Logo, são os alunos que constroem o conhecimento, todavia, a orientação atenta do professor é condicionante para esses novos construtos.

Tendo em mente tais preceitos, na aula dois, a atividade está relacionada com leitura de textos em sítios na internet, bem como pesquisa e seleção de vídeo. A leitura de textos científicos cumpre pelo menos dois propósitos. Um deles é a tomada de consciência do estudante sobre o fazer científico e que discutiremos em outro momento. O outro envolve a necessidade de aprender a lidar com textos científicos e suas múltiplas linguagens para que o conhecimento sobre os processos envolvidos na transformação da rocha calcária seja construído pelo estudante. Esses dois fundamentos estão sustentados por Silveira Júnior et al. (2015) que ainda afirmam: “O aprendizado não se faz sem que os estudantes sejam introduzidos nas singularidades desse discurso”.

Assim, nessa atividade é oportunizado ao estudante aprender conceitos que envolvem: ciclo da água, suas fases e a circulação realizada dos oceanos para os continentes, através da atmosfera; participação dos seres vivos no ciclo hidrológico; propriedades da água; movimentação de águas superficiais; identificação de águas subterrâneas, tomadas como corpos contínuos em continuidade com corpos superficiais (lagos, represas, rios, etc.); terminologia e linguagem científica relativa às águas subterrâneas (porosidade, permeabilidade, capilaridade, intemperismo); os reservatórios da água na hidrosfera (oceano, geleira, aquífero, águas

superficiais, água na atmosfera, água na biosfera); reações químicas envolvidas no ciclo da água (dissoluções e precipitações operadas na interface hidrosfera e litosfera).

Diante da indisponibilidade de computadores para os estudantes realizarem a leitura dos textos nos sítios indicados, como alternativa, o professor pode oferecê-los já impressos. Quanto aos vídeos, os mesmos podem ser realizados como atividade extraclasse.

Na aula três, estão previstos compartilhar e discutir as construções elaboradas na atividade anterior. A questão problema deve ser novamente retomada com o propósito de “refinar” a hipótese inicial e permitir que os estudantes elaborem um plano de investigação para testar a hipótese levantada. Assim, o contexto, o problema proposto, os conhecimentos prévios e a etapa de exploração devem dar subsídios para que os estudantes possam construir as hipóteses e testá-las a fim de resolver o problema.

Caso eles encontrem dificuldade em desenhar um plano de experimentação sozinhos, disponibilizamos uma sugestão de atividade para testar a hipótese: Fazendo espeleotemas na aula de biologia.

É preciso ter em mente que a autonomia intelectual dos alunos é construída gradativamente, pois a abordagem investigativa não é fácil, tanto por, frequentemente, não ser familiar aos estudantes, quanto por ser pensada e organizada justamente para alcançar as visões epistemológicas e sociais da construção do conhecimento científico (CARVALHO, 2018).

Para melhor compreensão sobre os graus de autonomia dos estudantes em atividade experimental, Carvalho (2018) apresenta um quadro (Figura 21) com a finalidade de tipificar as abordagens propostas em sala de aula mostrando o grau de liberdade oferecido aos alunos pelo professor em atividades experimentais.

	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P/A	P/A	A	A
Plano de trabalho	P	P/A	A/P	A	A
Obtenção de dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe

Figura 21. Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) em atividades experimentais
Fonte: Carvalho, Ricardo, Sasseron, Abib, & Pietrocola, 2010, p. 55 apud Carvalho, 2018. P.768.

Em nossa SDI, o professor pode optar pelo grau dois, três ou quatro, a depender da combinação entre a maturidade dos estudantes no ciclo investigativo e a autonomia correspondente. Dito de outra forma, cabe ao professor refletir: que maturidade tem meus alunos para desenvolver sozinhos cada processo investigativo? Sou um professor protagonista ou sou um professor que estimula o protagonismo dos alunos? Essas questões podem nortear a autonomia que os estudantes devem assumir no processo de construção do conhecimento, ou seja, quanto maior a maturidade, maior a autonomia dos estudantes, podendo alcançar até o grau quatro.

Terceira Fase: Aplicando O Conhecimento

Nessa fase, para que os estudantes se apropriem das novas ideias e conceitos trabalhados na exploração, o professor deve criar e mediar situações que favoreçam o uso deles em diferentes contextos e níveis de abstração. Assim, as atividades devem oferecer múltiplas oportunidades para que os estudantes possam falar, manipular objetos e variáveis, observar, errar e expor seus pensamentos (AGUIAR JUNIOR, 2005).

Na aula quatro, tendo os estudantes elaborado o plano de investigação (ou adotado a nossa sugestão), eles deverão implementá-lo com o objetivo de levantar, organizar e analisar dados e informações para encontrar padrões e evidências que respondam ao problema ou à hipótese. Nessa etapa, a mobilização de raciocínios científico aparecem como: “se”/”então”, relacionando duas variáveis e eliminando aquelas que foram levantadas como hipótese, mas que não interfere no fenômeno investigado (LOCATELLI e CARVALHO, 2007; apud CARVALHO, 2017).

A atividade experimental sugerida, Procedimento 1, prevê desenvolver conceitos sobre a constituição e a transformação da rocha calcária pela ação da água da chuva acidulada – dissolução e precipitação mineral. Já o Procedimento 2 foi proposto com o objetivo de corroborar a prática envolvendo a dissolução da rocha calcária em face do ácido fraco (vinagre). Assim os estudantes podem fazer correspondência entre a dissolução do calcário e a dissolução da casca do ovo pela experiência tátil, ao apalpar o ovo.

Caso os estudantes não tenham sido iniciados nos conteúdos químicos envolvidos, é possível desenvolver a atividade em conjunto com o professor de química. Importante ressaltar que a atividade experimental proposta, bem como toda a SDI, está voltada, primariamente, para o componente curricular de biologia, não exigindo do professor desse conteúdo aprofundar-se no conteúdo da química, mas aproximar-se dele o suficiente para a compreensão do fenômeno pelos estudantes.

Quarta Fase: Refletindo Sobre O Que Foi Aprendido

De maneira geral, essa fase consiste em concluir o trabalho por meio de reflexão, sistematização e formalização dos conhecimentos desenvolvidos de modo a refletir com liberdade intelectual sobre eles.

A quinta aula, portanto, conta com dois momentos. No primeiro, os estudantes têm a oportunidade de refletir sobre o percurso realizado em busca da resposta para o problema proposto e sobre a própria aprendizagem.

Esse processo reflexivo sobre o que foi apreendido permite tomar consciência de como aprender, identificar e pensar sobre os acertos e os erros experienciados, compreender os processos do fazer científico e conectar um tópico de estudos a outros no currículo, garantindo uma continuidade da narrativa do ensino para além da SDI.

No segundo momento da aula, a sistematização, de maneira geral, ocorre sob a ação expositiva dialogada do professor que deve recuperar o trabalho realizado e sistematizar o conhecimento construído, retomando os conceitos sobre o ciclo da água e os processos envolvidos na transformação da rocha calcária dando origem às cavernas e aos espeleotemas. Sugerimos, como forma de organizar e representar o conhecimento construído, a elaboração de um mapa conceitual (CORREIA et al., 2013), cujo propósito é construir em conjunto a sistematização dos construtos trabalhados na SDI.

Ao final, o professor deve solicitar aos estudantes a produção textual e artística sobre o tema desenvolvido, agora, individualmente. Tal proposta oportuniza ao estudante elaborar suas produções sistematizando seu aprendizado na aula, imprescindível como instrumento de aprendizagem que enfatiza a construção pessoal do conhecimento (CARVALHO, 2017).

Na sexta aula, o diagrama apresentado na atividade pretende que os estudantes percebam a relação estreita e necessária entre o ciclo da água/rocha, podendo, na próxima atividade fazer deduções acerca da relação abiótica e biótica na Lagoa do Sumidouro em Lagoa Santa-MG.

Para encadear esse conhecimento apreendido com o cotidiano do estudante, o professor pode valer-se de um recurso narrativo instigante para anunciar a continuidade dos trabalhos na próxima aula (aula 7). Uma sugestão pode ser indicar que essa “história” vai continuar e o que vimos até agora nos ajudará a encarar e construir os próximos capítulos dela.

Tal estratégia é diametralmente oposta ao modo usual de aulas – calcado apenas na justaposição de conhecimentos de forma fragmentada, descontextualizada e carente de sentidos para os estudantes. Ao mesmo tempo, propõe explorar o elemento “expectativa” como gerador de interesse, curiosidade e desejo nos estudantes.

Na sétima aula, contextualização social do conhecimento, os estudantes terão oportunidade de experienciar situações de aprendizagem que apontam para uma “ciência viva”. Ao serem confrontados com a questão proposta, os estudantes precisarão mobilizar os conhecimentos já estruturados ao longo do percurso de investigação para interpretar os dados contidos no gráfico, propor uma resposta e argumentá-la com base em evidências. Ao fazerem isso, tomam consciência do potencial explicativo e transformador da “ciência viva”.

Por exemplo, até aqui eles já conhecem a estreita relação entre o ciclo da água e a rocha. Agora poderão perceber sua influência sobre a diversidade biológica podendo elaborar previsões relacionadas aos possíveis impactos sobre as aves aquáticas e, conseqüentemente, sobre as outras vidas dependentes dessas áreas úmidas, inclusive a vida humana.

Avaliação

Uma vez que os objetivos de aprendizagem em uma SDI estão intimamente relacionados com a AC, a avaliação dos estudantes deve estar em sintonia com esses objetivos e com a abordagem de ensino adotada. Desse modo, a avaliação somativa não encontra adequação nesse contexto, mas sim, uma avaliação formativa, instrumento mais adequado para que os estudantes e professores identifiquem se o aprendizado está ou não ocorrendo.

Uma vez planejada e previamente apresentada aos estudantes, a avaliação pode ser feita em cada momento do percurso investigativo ou ao seu final visando verificar se o aprendizado de conceitos, termos e noções científicas, bem como de ações e valores intrínsecos da enculturação científica estão satisfatórios (CARVALHO, 2017).

Avaliar os conteúdos conceituais não é dificuldade para o professor, mas em relação àqueles de caráter procedimental e atitudinal não se pode dizer o mesmo. Contudo, esses três eixos são de grande valor para uma SDI e para a alfabetização científica dos estudantes. Pensando nisso, reunimos no Quadro 3 as proposições de Carvalho (2017) para o professor avaliar a cultura científica dos estudantes em diversos momentos da SDI. O enfoque é dado às aprendizagens procedimentais (P) e atitudinais (A).

Quadro 3: Indicadores da cultura científica dos estudantes

Momentos do ciclo investigativo	Ações dos estudantes que indicam aprendizagem conceitual (C), procedimental (P) ou atitudinal (A)
Resolução de problemas em pequenos grupos	Colaborar entre si (A) Discutir ideias para a elaboração de hipóteses (P)
Discussão aberta professor/classe	Aguardar a vez de falar (A) Prestar atenção na fala do colega (A) Descrever ações observadas (P) Relacionar causa e efeito (P) Explicar o fenômeno observado (P)
Trabalho escrito	Escrever os verbos de ação no plural indicando reconhecimento do trabalho realizado em conjunto (A) Relatar por texto e/ou desenho a sequência das ações realizadas e as relações existentes entre as ações e o fenômeno investigado (P)
Leitura de textos	Selecionar informações relevantes do texto (P) (C) Relacionar a leitura aos momentos das atividades experienciadas anteriormente (P)
Outras atividades	Trabalhar figuras, construir painel, observar vídeos da internet (A) (P)

Fonte. Carvalho (2017).

Esse quadro não esgota os indicadores de avaliação para uma aprendizagem baseada em uma SDI. Pretende apenas ser útil para despertar sobre a importância de incluir outras aprendizagens, tendo em vista que, frequentemente, estão circunscritas à conceitual e que não basta para propiciar a alfabetização científica dos estudantes.

Ao final desse ciclo investigativo sobre os processos de formação das cavernas e dos espeleotemas no contexto da APA Carste de Lagoa Santa, esperamos não apenas que a aprendizagem conceitual seja apropriada pelos estudantes, mas também que o fazer científico e a paisagem cárstica, gradativamente, estejam presentes nas aulas de ecologia e na vida cotidiana dos alunos.

3 RESULTADOS

PARTE 2 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Capítulo IV Sequência Didática Investigativa: Formação De Cavernas E Espeleotemas Na Paisagem Cárstica

1. Nível de Ensino: 3º ano do Ensino Médio
2. Conceito unificador: Transformação
 - 2.1. Conteúdo Básico: ciclo da água em interface com a rocha calcária
3. Objetivo geral
 - 3.1. Colaborar para a alfabetização científica dos estudantes utilizando como abordagem didática os princípios do ensino investigativo
 - 3.2. Elaborar explicações e justificá-las com base em evidências sobre a formação das cavernas e espeleotemas e sua relação com o ciclo da água
 - 3.3. Interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esse ciclo, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida, conforme preconiza o BNCC (BRASIL, 2018).
4. Contexto: Formação de cavernas e espeleotemas na APA Carste de Lagoa Santa-MG
5. Recursos didáticos: vídeos, textos, gráfico, imagens, experimentação
6. Interface com química, geografia, artes
7. Número de aula estimado: 7 aulas

1ª Fase: A Problematização Inicial

Aula 1. Orientação E Conceitualização

1. Objetivos

- 1.1. Apresentar a proposta da sequência didática
- 1.2. Contextualizar a questão-problema
- 1.3. Refletir e discutir as imagens e textos
- 1.4. Gerar hipótese

2. Materiais Necessários

- 2.1. Imagens e texto sobre cavernas e espeleotemas em formato A4.

3. Contextualização Da Questão-Problema

Na paisagem cárstica de Lagoa Santa - MG é comum encontrar exuberantes cavernas que são ornamentadas com espeleotemas que podem ser definidos por depósitos rochosos sedimentares que se desenvolvem no interior das cavernas, a exemplo de estalactites, estalagmites, colunas, cortinas - como ocorrem na Gruta da Lapinha, localizada no Parque Estadual do Sumidouro em Lagoa Santa, apresentada na Figura 22.

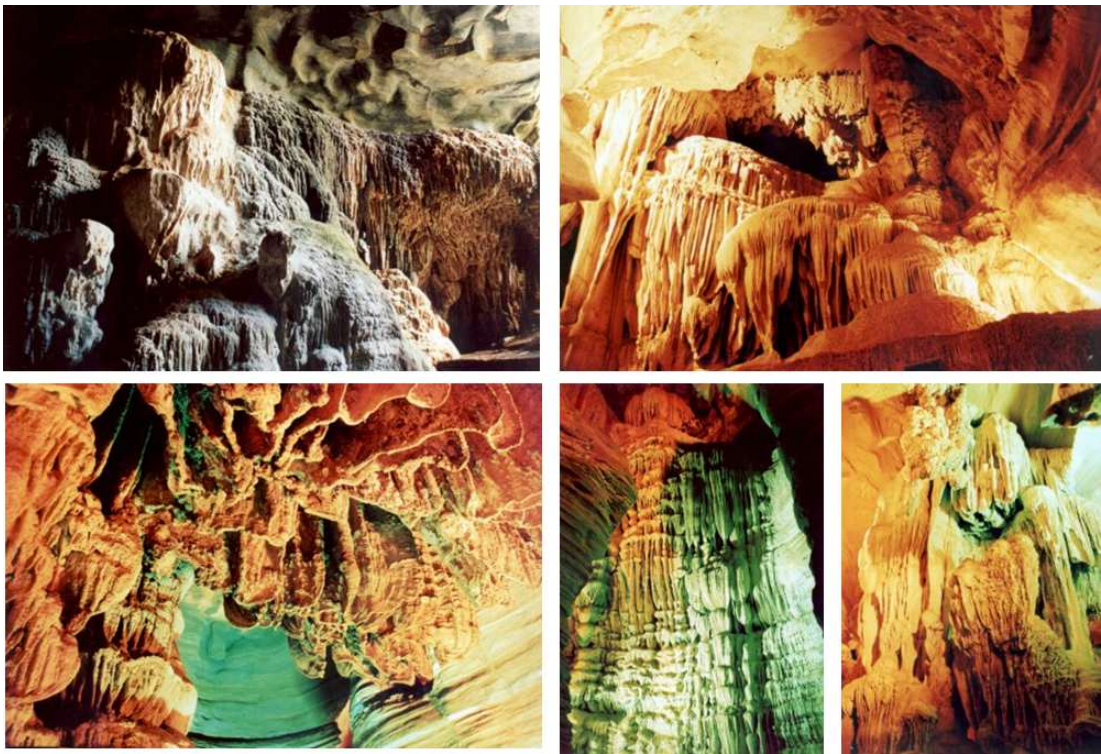


Figura 22. Espeleotemas da Gruta da Lapinha – Lagoa Santa - MG. Fonte: Prefeitura Municipal de Lagoa Santa

Outra definição para o termo espeleotema é dada pelo notável escritor João Guimarães Rosa. Poeticamente, para ele os espeleotemas são [...] “Flores de pedra, cachoeiras de pedra, cabeleiras de pedra, moitas e sarças de pedra, e sonhos d’água, congelados em calcário” (ROSA, 1997).

Para pensarmos sobre a origem da formação das encantadoras cavernas e seus espeleotemas, representamos na Figura 23, “Espeleogênese”, uma releitura humorada do afresco original de Michelangelo chamado “A Criação de Adão” pintado no teto da Capela Sistina. A obra original encena Deus e Adão com dedos estendidos representando o criador e sua criação, conforme a narrativa descrita no texto de gênese.



Figura 23 - “Espeleogênese”. Fonte: Giovanni Badino apud Derek Ford. Adaptada da obra “A Criação de Adão” de Michelangelo.

Essa figura marca o ponto de partida para o desenvolvimento da presente proposta de atividade que tem início no desconhecimento científico sobre a origem das cavernas e seus espeleotemas.

É a partir desse desconhecimento que emerge a questão-problema a ser investigada: Como as cavernas e os espeleotemas são formados na natureza? Tal pergunta nos guiará na busca pela resposta científica que exige um percurso investigativo com as seguintes etapas: elaborar possível resposta para a questão-problema (geração de hipótese), verificar a hipótese através da elaboração de um modelo experimental (experimentação), coletar e organizar informações e

dados (interpretação de dados), analisar, discutir e justificar (discussão) a resposta elaborada (conclusão).

Ao encontrar a resposta científica, a Figura 23 poderá ser novamente adaptada pelos estudantes. Se julgarem pertinente, poderão substituir a imagem divina (criadora da caverna na figura adaptada) pela imagem científica (fenômeno originador da caverna e seus processos).

4. Geração De Hipóteses

1. Diante do exposto, em grupo, levantar hipótese para responder à questão-problema.
2. Fazer os registros da(s) hipótese(s) em uma folha de papel com nome, data, turma e entregar à professora que deverá ser devolvida até o início da aula 4.
3. Desfazer os grupos menores e organizar a classe em um grande círculo para apresentar, individualmente, as ideias sobre a formação das cavernas e seus espeleotemas.

2ª Fase: Desenvolvimento Da Narrativa Do Ensino

Aula 2. Exploração – Pesquisar O Tema

1. Objetivo

- 1.1. Buscar informações sobre o tema através de texto e vídeo-animação na internet.
- 1.2. Responder às questões ao final de cada procedimento
- 1.3. Compartilhar e discutir a coleta de dados da pesquisa

2. Materiais Necessários

- 2.1. Um computador com internet para cada grupo
- 2.2. Caderno e caneta para registro

3. Vídeo-Animação E Leitura Dos Textos

- 3.1. Acessar os sítios para leitura de textos e/ou vídeos de animação
- 3.2. Seguir as instruções descritas no tópico 4 (Procedimento)

4. Procedimento

Parte 1 – O Ciclo Da Água

1. Selecionar um vídeo na plataforma youtube sobre o ciclo da água e justificar sua escolha
2. Questão: O que o vídeo selecionado contém que ajuda a entender o conteúdo abordado?

Parte 2– O Movimento Da Água Na Rocha

1. Acessar a página *British Geological Survey* com o seguinte título: *The movement of water through limestone* (O movimento da água através do calcário - tradução livre). Disponível em: <https://www.bgs.ac.uk/discoveringGeology/geologyOfBritain/limestoneLandscapes/whatIsLimestone/waterMovement.html>
2. Realizar a leitura do texto
3. Se julgar necessário traduzir o texto para o português, basta clicar com botão direito do mouse em qualquer espaço “vazio” da página, em seguida clicar em traduzir para o português.
4. Após a leitura, na mesma página, assistir à animação:
 - 4.1. *Permeability: water moving past grains* (Permeabilidade: água movendo-se através dos grãos - tradução livre)
 - 4.2. *Permeability: Water flowing over and into a limestone pavement* (Permeabilidade: A água fluindo sobre e dentro do calcário – tradução livre)
5. Questão: Quais propriedades são necessárias para que ocorra o deslocamento da água na rocha?
6. Discutir e registrar as respostas no caderno.

Parte 3 – Intemperismo

1. Acessar a página *British Geological Survey* com o seguinte título: *Weathering* (Intemperismo - tradução livre). Disponível em: <https://www.bgs.ac.uk/discoveringGeology/geologyOfBritain/limestoneLandscapes/whatIsLimestone/weathering.html>
2. Realizar a leitura do texto
3. Se julgar necessário traduzir o texto para o português (proceder conforme item 1.3)

4. Após a leitura, na mesma página, assistir à animação: *Rain water* (Água da chuva - tradução livre)
5. Questão: Descreva os processos envolvidos na transformação da rocha calcária
6. Discutir e registrar a resposta no caderno

Parte 4 – Processos Subterrâneos

1. Acessar a página *British Geological Survey* com o seguinte título: *Processes in underground karst regions* (Processos subterrâneos em regiões cársticas - tradução livre). Disponível em: <https://www.bgs.ac.uk/discoveringGeology/geologyOfBritain/limestoneLandscapes/undergroundFeatures/processes.html>
2. Realizar a leitura do texto
3. Se julgar necessário traduzir o texto para o português (proceder conforme item 1.3)
4. Questão: Descreva os principais processos envolvidos na formação das cavernas e dos espeleotemas.
5. Discutir e registrar a resposta no caderno

Aula 3. Discussão Sobre O Tema Pesquisado E Elaboração Do Modelo Experimental

1. Objetivos

- 1.1. Compartilhar e discutir a coleta de dados na pesquisa realizada, em um grande círculo na sala de aula
- 1.2. Compartilhar e discutir as questões de cada procedimento na pesquisa realizada:
 - A. Quais respostas foram dadas às questões propostas?
 - B. Como é possível verificar se as cavernas e os espeleotemas são formados pelos processos pesquisados?
- 1.3. Elaborar um plano de investigação para verificar a hipótese gerada com base nos dados coletados

3ª Fase: Aplicando Os Conhecimentos

Aula 4. Sugestão De Modelo Experimental: Fazendo Espeleotemas Na Aula De Biologia

1. Objetivos

1. Implementar o plano de investigação para verificar a hipótese gerada com base nos dados coletados
2. Perceber o processo de dissolução e precipitação mineral em presença de um ácido fraco e correlacionar com a água, a rocha calcária, as cavernas e os espeleotemas

2. Materiais

1. Rocha calcária (pequenas “pedras” encontradas em quintais, casa de material de construção)
2. Ácido acético (vinagre caseiro branco)
3. Ovo cru, inteiro e com casca
4. Dois béqueres (ou outros vidros caseiros como maionese, copo liso)
5. Máquina fotográfica (ou aparelho celular)

3. Procedimento

Parte 1

1. Colocar as pedras calcárias no béquer (ou outro vidro doméstico)
2. Colocar o ácido acético (ou vinagre) até cobrir as “pedras”
3. Observar o que ocorre e fotografar
5. Aguardar por 3 semanas aproximadamente
6. Observar, fotografar e registrar no caderno
7. Comparar as fotos antes e depois
8. O que foi observado? Explique

Nota ao professor: Tendo em vista que o professor, geralmente, dispõe de cronograma “apertado”, que o experimento tem custo baixo e que demanda em média 3 semanas para que os resultados possam ser observados, sugerimos, como alternativa ao tempo escasso, que o professor antecipe essa parte do procedimento (em média 4 semanas) e, após os estudantes montarem e fizerem as observações iniciais, o professor disponibilize seus resultados prévios.

Parte 2

1. Colocar o ovo com casca no béquer (ou outro recipiente de vidro transparente)
2. Colocar o ácido acético (ou vinagre) até cobrir o ovo
3. Observar e registrar
4. Após 24, retirar o ovo do líquido
5. O que foi observado? Explique

Nota ao professor: sugerimos que esta etapa seja realizada em casa, se por ventura o intervalo de tempo entre a montagem do experimento e a próxima aula ultrapassar 48h.

4. Instruções

1. Em grupo, analisar e interpretar os resultados obtidos no experimento
2. Elaborar um relatório contendo o resultado, discussão e conclusão buscando responder à questão-problema da aula 1.

4ª Fase: Refletindo Sobre O Que Foi Aprendido

Aula 5. Discussão E Sistematização

1. Objetivos

- 1.1. Discutir, refletir e comunicar os resultados observados
- 1.2. Sistematizar o conhecimento construído

2. Questões Para Discussão E Socialização

- 2.1. Formar um grande círculo para realizar a discussão
- 2.2. Que resposta deram à questão-problema elaborada na aula 1 (hipótese gerada)?
- 2.3. Que resposta deram à questão-problema elaborada no relatório? São coincidentes? Explique.
- 2.4. Quais elementos sustentam sua resposta?
- 2.5. Como fizeram para alcançar a resposta? por que fizeram dessa maneira?
- 2.6. Como o tema se relaciona com o nosso dia a dia?

3. Sistematização

1. Objetivo

1.1. Sistematizar o conhecimento construído, estabelecer as leis, os modelos e os princípios a partir do trabalho realizado através do ciclo da água em interface com a rocha.

2. Atividade

A. Voltar à Figura 23 e elaborar um texto narrativo descrevendo cientificamente a formação das cavernas e dos espeleotemas, destacando o papel do ciclo da água/rocha no processo. Se desejar, cada estudante pode reelaborar a imagem inicial (Espeleogênese) substituindo a imagem divina por outra que represente o fenômeno natural formador das cavernas e espeleotemas.

B. Descrever a experiência vivenciada na investigação sobre o tema, relatar o que mais gostou e o que menos gostou e o que mudaria em relação ao processo realizado na SDI

Aula 6. Atividade Ciclo Da Água Em Interface Com A Rocha

1 Objetivos

1. Aplicar os conhecimentos construídos
2. Responder à questão: Como o ciclo da água transforma a rocha calcária?

2 Instruções

1. O ciclo hidrológico atua como um agente modelador da paisagem, conforme representado no esquema abaixo (Figura 24). As caixas em cor de rosa correspondem às etapas envolvidas na dinâmica dos ciclos da água/rocha. Individualmente, os estudantes deverão numerar cada uma delas de acordo com a legenda e explicar os processos de forma sistematizada
2. Discutir a atividade entre os colegas com o auxílio do professor
3. Responder à questão proposta

Legenda

1. H₂O
2. CO₂
3. Ca(HCO₃)₂
4. ESTALACTITE (CaCO₃)
5. EVAPORAÇÃO
6. ESTALAGMITE (CaCO₃)
7. TRANSPIRAÇÃO
8. CONDENSAÇÃO
9. CAVERNAS

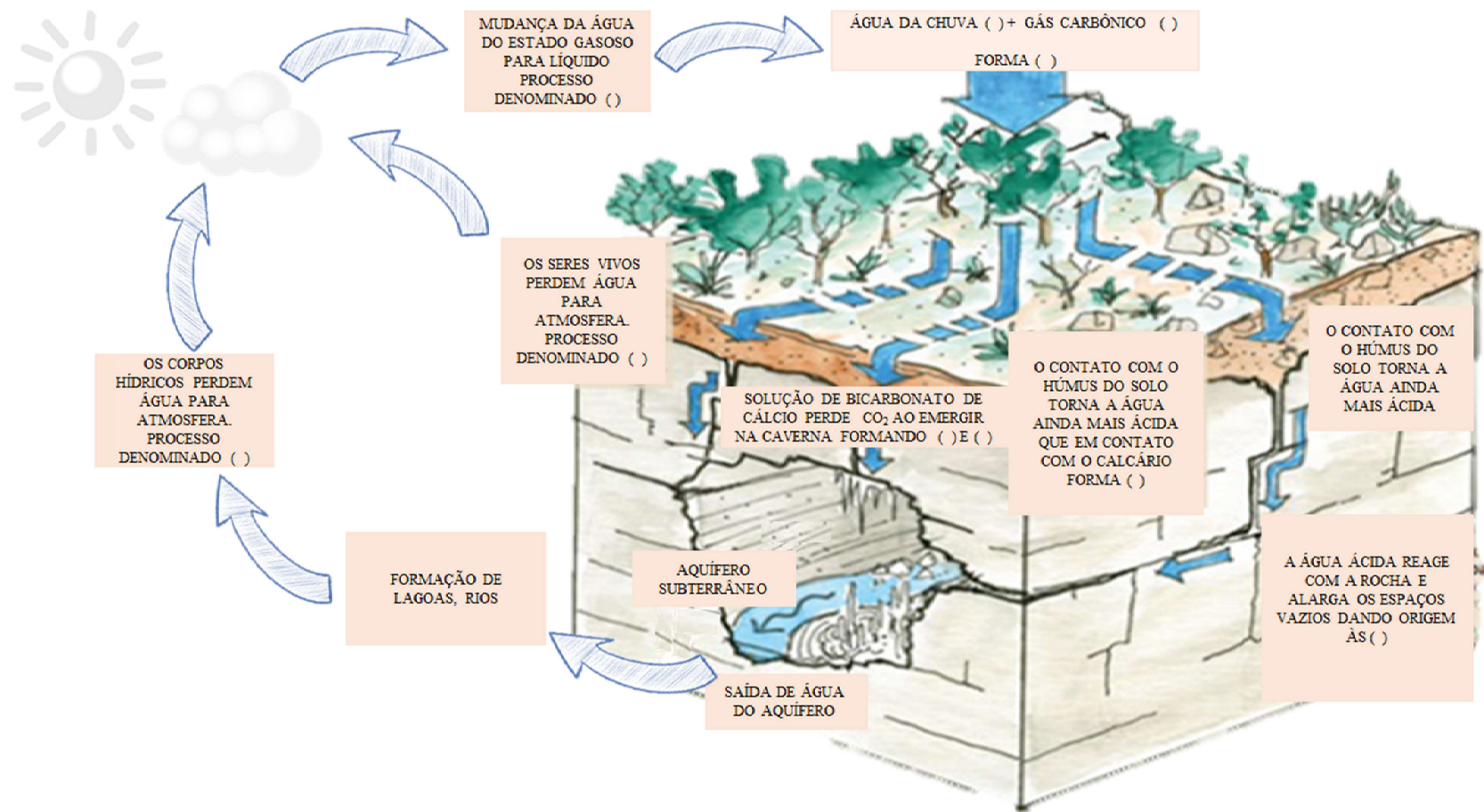


Figura 24: Representação esquemática do ciclo hidrológico em interface com a rocha calcária. Imagem sem escala. Cores fantasia. Fonte: Adaptada de Auler et al. (2015). p.48

Aula 7. Contextualização Social Do Conhecimento

1. Objetivo

Aplicar o conhecimento construído em um contexto da paisagem cárstica, a exemplo da APA Carste de Lagoa Santa-MG, onde ocorrem, além das cavernas, lagoas temporárias associadas a uma rica avifauna aquática.

2. Instruções

Em grupo, analisar o gráfico que representa a abundância de aves por guilda trófica em função da área da lagoa. Os dados foram coletados na Lagoa do Sumidouro inserida na paisagem cárstica de Lagoa Santa – MG no período de junho de 2003 a setembro de 2004.

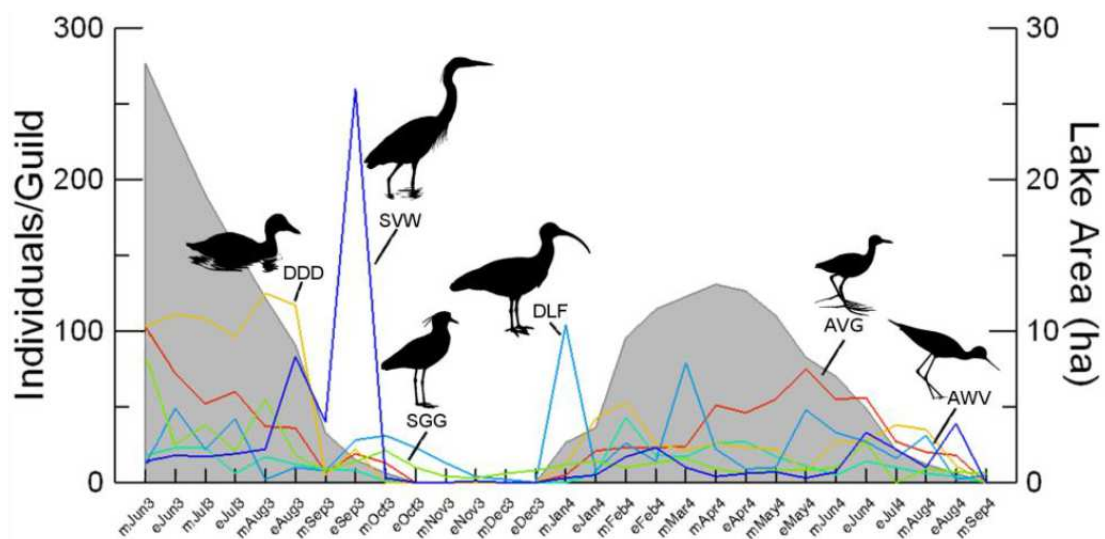


Figura 25 - Gráfico de variação da área da lagoa (polígono cinza) e abundâncias das aves aquáticas pertencentes a diferentes guildas alimentares. Fonte: Figueira et al (2019).

Legenda: DDD = piscívoro mergulhador, AVG = onívoro que caça sobre macrófitas, SGG = granívoros de vegetação terrestre, DLF = Onívoro de água rasa, AVW = insetívoro de água rasa, SVW = carnívoro de água rasa.

4. Questão

Como o ciclo da água em interface com a rocha calcária interfere na diversidade de aves aquáticas na Lagoa do Sumidouro?

Avaliação Do Processo Ensino-Aprendizagem

Sugerimos que a avaliação seja do tipo formativa (fundamentada nas situações de aprendizagem), processual (ao longo do processo de ensino-aprendizado) por meio das tarefas realizadas pelos estudantes e das observações coletadas ao longo da sequência didática.

4 DISCUSSÃO

PARTE 3 INTENÇÕES EPISTEMOLÓGICAS E ORIENTAÇÕES PEDAGÓGICAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA

Capítulo V O Que É Esperado Com A Implementação Da Sequência Didática

Conforme discutimos no capítulo 1, diante da enorme mudança cultural e tecnológica na sociedade moderna marcada por grande volume de informação é imprescindível a superação do modelo de ensino tradicional para que o ensino-aprendizagem seja concretizado. Neste sentido, os alunos necessitam reconhecer mais que fatos, conceitos e princípios que caracterizam a ciência, requer o desenvolvimento de habilidades cognitivas e de raciocínio científico para que possam construir uma imagem adequada sobre a ciência e a forma em que seu discurso se estrutura sobre a realidade e para a adoção de atitudes e valores oriundos da apropriação gradativa da cultura científica que resulta em autonomia do indivíduo (POZO e CRESPO, 2009).

Pensando nesses fins que o ensino de ciências deve assumir, o tecido da SDI está estruturado no tema focal ciclo da água, em cujo entorno orbitam as feições cársticas, o armazenamento da água na rocha calcária formando os aquíferos e sua importância na diversidade biológica da paisagem, notadamente a avifauna aquática.

Nessa estrutura, os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais (Figura 26) ocupam um mesmo patamar de valor constituindo a base para desenvolver a capacidade de analisar, discutir e propor soluções para os problemas, não somente os da SDI, mas ampliando para as diversas esferas da vida cotidiana.

Tipos de conteúdos no currículo. Os mais específicos devem ser instrumentais para acessar os conteúdos mais gerais, que devem constituir a verdadeira meta do currículo de ciências

Tipos de conteúdos	Mais específicos	↔	Mais gerais
Conceituais	Fatos/dados	Conceitos	Princípios
Procedimentais	Técnicas		Estratégias
Atitudinais	Atitudes	Normas	Valores

Figura 26: Conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais para a educação científica. Fonte: Pozo e Crespo (2009). P.28.

Conteúdos Conceituais – Saber Ciências

Os conteúdos conceituais, predominantes nas aulas de ciências conforme mencionamos em outras oportunidades, diz respeito ao que o estudante deve saber em ciências, sendo diferenciados três tipos principais: os dados, os conceitos e os princípios.

Um dado ou um fato refere-se a uma informação (dados, situações, acontecimentos, entre outros) que afirma ou declara algo sobre o mundo, sendo necessário sua memorização e sua ausência inviabiliza a aprendizagem científica do estudante, pois facilita a compreensão de conceitos e outros aprendizados mais significativos (POZO e CRESPO, 2009). Na nossa SDI, por exemplo, o fato pode ser a declaração de que a rocha calcária é formada por carbonato de cálcio ou que a molécula de água é constituída por dois átomos de hidrogênio e um átomo de oxigênio.

Os conceitos se referem ao conjunto de fatos, objetos ou símbolos que têm características comuns a exemplo de densidade, mamíferos, célula (ZABALLA, 1998). Já os princípios estão relacionados com conceitos mais gerais, possuindo caráter transversal porque estruturam todos os conteúdos de uma dada disciplina e geralmente descrevem relação de causa-efeito ou de correlação, devendo ser assimilado por meio dos conteúdos conceituais mais específicos (POZO e CRESPO, 2009).

Os fatos e os conceitos são apresentados na Figura 27, sendo que a principal diferença entre os dois reside em que os fatos são memorizados, uma reprodução exata, enquanto os conceitos são aprendidos estabelecendo relações com os conhecimentos prévios que os estudantes trazem para a sala de aula.

Diferença entre fatos e conceitos como conteúdos da aprendizagem

	Fato	Conceito
Consiste em	Cópia literal	Relação com conhecimentos anteriores
É aprendido	Por revisão (repetição)	Por compreensão (significado)
É adquirido	De uma vez	Gradualmente
É esquecido	Rapidamente sem revisão	Lenta e gradualmente

Figura 27: Conceitos e fatos como conteúdos conceituais. Fonte: Pozo e Crespo (2009). P.83

Conteúdo Procedimental – Saber Como Fazer Ciência

A perspectiva procedimental se justifica no currículo de ciências por algumas razões. Destacamos, entre elas, o fato de a ciência ser constituída por um processo histórico e social e de vivermos em uma sociedade estruturada e, por isso mesmo, marcada por grande produção de conhecimento (o que torna impossível saber tudo sobre tudo) (CARVALHO, 2017). Nesse contexto, o ensino deve favorecer que o estudante compreenda a ciência como processo construtivo e reconheça os mecanismos de amplificação dos processos cognitivos de modo a torná-lo mais hábil em desenvolver estratégias de aprendizagem e raciocínio que nem de longe se relacionam com a recepção passiva de conceitos, leis, procedimentos (POZO e CRESPO, 2009).

Isso somente é possível se o estudante aprender a ciência de modo também construtivo, o que implica em ter domínio sobre os conhecimentos conceituais e as técnicas para selecionar e planejar os procedimentos; sobre os componentes cognitivos para controlar, executar e refletir acerca do êxito ou fracasso obtido com a estratégia adotada, entre outros (POZO e CRESPO, 2009).

Na Figura 28 os conteúdos procedimentais são classificados nos tipos *Aquisição da informação*, consistindo em procedimentos para adquirir nova informação; *Interpretação da informação*, consistindo em procedimento para elaborar ou interpretar dados coletados; *Análise da informação e realização de inferência*, consistindo em analisar e fazer inferências; *Compreensão e organização conceitual da informação*, consistindo em compreender e organizar as informações e, por fim, *Comunicação da informação*, consistindo em comunicar os conhecimentos. Estas aprendizagens, portanto, dizem respeito ao que o estudante deve saber fazer com seus conhecimentos científicos processuais.

Classificação dos conteúdos procedimentais

- | | |
|---|--|
| 1. Aquisição da informação | a) Observação
b) Seleção de informação
c) Busca e captação da informação
d) Revisão e memorização da informação |
| 2. Interpretação da informação | a) Decodificação ou tradução da informação
b) Uso de modelos para interpretar situações |
| 3. Análise da informação e realização de inferências | a) Análise e comparação da informação
b) Estratégias de raciocínio
c) Atividades de investigação ou solução de problemas |
| 4. Compreensão e organização conceitual da informação | a) Compreensão do discurso (escrito/oral)
b) Estabelecimento de relações conceituais
c) Organização conceitual |
| 5. Comunicação da informação | a) Expressão oral
b) Expressão escrita
c) Outros tipos de expressão |

Figura 28: Conteúdos procedimentais. Fonte: Pozo e Crespo (2009). P. 59.

Conteúdo Atitudinal – Saber Sobre Ciências

A formação em virtudes tem por meta desenvolver nos estudantes valores, normas e atitudes relacionados com a natureza científica e suas implicações na sociedade, mas vai além. Preocupa-se com o comportamento do aluno na sala de aula, suas interações com os colegas e com o professor, bem como fora dos limites da escola, alcançando a dimensão social e os problemas que a vida cotidiana impõe, conforme Figura 29.

Ressalta-se que a aquisição dessas atitudes não depende da persuasão, nem mesmo do discurso ético e moral do professor, conforme nos esclarecem Pozo e Crespo. Pelo contrário, os elementos comportamentais (modelagem), cognitivos (aprender a ciência de modo construtivo) e afetivos (estéticos) devem ser exercitados de maneira continuada e a longo prazo para que sejam duradouros e compartilhados (POZO e CRESPO, 2009).

Três tipos de atitudes que devem ser promovidas entre os alunos com o ensino da ciência

Atitudes com respeito à ciência

Interesse por aprendê-la	Motivação intrínseca Motivação extrínseca
Atitudes específicas (conteúdos)	Gosto pelo rigor e precisão no trabalho Respeito pelo meio ambiente Sensibilidade pela ordem e limpeza do material de trabalho Atitude crítica frente aos problemas apresentados pelo desenvolvimento da ciência

Atitudes com respeito à aprendizagem da ciência

Relacionada com o aprendizado	Enfoque superficial (repetitivo) Enfoque profundo (busca de significados)
Relacionadas com o autoconceito	Conduta Intelectual Social
Relacionadas com os colegas	Cooperativa em oposição à competitiva Solidariedade em oposição ao individualismo
Relacionadas com o professor	Modelo de atitudes

Atitudes com respeito às implicações sociais da ciência

Na sala de aula e fora dela	Valorização crítica dos usos e abusos da ciência Desenvolvimento de hábitos de conduta e consumo Reconhecimento da relação entre o desenvolvimento da ciência e a mudança social Reconhecimento e aceitação de diferentes pautas de conduta nos seres humanos
-----------------------------	--

Figura 29 - Conteúdos atitudinais. Fonte: Pozo e Crespo (2009). P.38.

Conteúdos De Aprendizagem Na BNCC

As competências, habilidades e conteúdos ecológicos envolvendo a temática Ciclo da Água para o Ensino Médio foram dispostos nos Quadros 4, 5 e 6 com base nos dispositivos da BNCC para o Ensino Médio, na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, que propõe um aprofundamento nas temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo abordadas no ensino fundamental (BRASIL, 2018).

Quadro 4 - Competências, habilidades e conteúdos ecológicos

Competência específica 1	Habilidades	Conteúdos Ecológicos
Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.	(EM13CNT105) Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.	Ciclo da água Poluição Ciclos biogeoquímicos Desmatamento Efeito estufa Outros

Fonte: Brasil (2018)

Com essa competência 1, a BNCC espera que os estudantes estejam aptos para avaliar potencialidades, limites e riscos do uso de diferentes materiais e/ou tecnologias para tomar decisões responsáveis e consistentes diante dos diversos desafios contemporâneos.

Quadro 5 – Competências, habilidades e conteúdos ecológicos

Competência específica 2	Habilidades	Conteúdos Ecológicos
Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.	(EM13CNT202) Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas. (EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores. (EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre experimentos, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza,	Biodiversidade Populações Ecossistemas Teias alimentares Outros

	reconhecendo os limites explicativos das ciências.	
--	--	--

Fonte: Brasil (2018).

Com a Competência Específica 2, a BNCC espera, entre outras coisas, possibilitar ao estudante reconhecer que os processos de transformação e evolução permeiam a natureza, refletir sobre a relação entre a humanidade e o planeta Terra, inteirar-se da evolução histórica dos conceitos e das diferentes interpretações e controvérsias envolvidas nessa construção. Do mesmo modo, entender a vida em sua diversidade de formas e níveis de organização permitindo ao estudante atribuir importância à natureza e a seus recursos, considerando as consequências da ação antrópica e os limites das explicações e do próprio conhecimento científico. Por fim, avaliar os limites da ciência e seus potenciais.

A Competência Específica 3 está totalmente centrada no ensino investigativo para a Área das Ciências da Natureza e Suas Tecnologias para o Ensino Médio.

Quadro 6 - Competências, habilidades e conteúdos ecológicos

Competência Específica 3	Habilidades
Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).	(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica. (EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados e em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental. (EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações, entre outros.

Fonte: Brasil (2018)

Com a base teórica apresentada que fundamenta a SDI, espera-se que os estudantes se familiarizem com o tema proposto, ampliem o vocabulário científico compreendendo e correlacionando os conceitos, possam re(construir) seus próprios saberes relativos à temática da água em interação com a paisagem cárstica, bem como reconheça a natureza da ciência, suas potencialidades e limitações.

Primeira Aula. Orientação E Conceitualização

Na primeira aula, tendo o professor organizado a sala e anunciado os objetivos e a estrutura da aula, pode-se iniciar a proposta perguntando quem já visitou uma caverna. Os alunos podem responder que nunca visitaram esses ambientes, também não é raro encontrar salas de aulas em que os estudantes desconhecem o destaque de Lagoa Santa referente a arqueologia, espeleologia e paleontologia, em geral, nos casos de cavernas de outras localidades. Por outro lado, alguns estudantes podem fazer menção ao famoso crânio de Luzia e outros fósseis da extinta fauna.

Seja como for, é comum apresentar dificuldades em conceber que esses animais do Pleistoceno “caminharam” em território brasileiro como em Lagoa Santa, Contagem, Belo Horizonte e demais localidades. Isso pode ser um “gancho” para o professor perguntar por que não são encontrados fósseis em Belo Horizonte, já que a citada fauna também transitou por aqui. Tal pergunta pode levá-los a trazer à memória a importância da rocha sedimentar no processo de fossilização e associar essas rochas com as cavernas. São conteúdos conceituais que já foram introduzidos nos anos finais do ensino fundamental, bem como no componente curricular de geografia.

Tendo criado a atmosfera de curiosidade sobre as cavernas, o professor pode apresentar o texto e as imagens da Figura 22 impressos em papel formato A4. Com as imagens e a descrição poética de Guimarães Rosa sobre as cavernas e seus espeleotemas, espera-se que os estudantes despertem o interesse pelo tema das cavernas e espeleotemas a partir da interação com o contexto, com o ambiente de fala e de escuta em que são expostas as concepções sobre o tema que dão sentido, significado e motivação para o desenvolvimento da proposta.

A Figura 23, de igual modo, busca chamar a atenção deles explorando uma pintura artística (adaptada) de Michelangelo. Este artista tem projeção mundial dado o seu brilhantismo na

pintura e escultura, até em poemas ele se aventurou e com maestria. A arte, portanto, pode ser outro aspecto a ser explorado pelo professor. Ao perguntar quem conhece a pintura e qual o seu nome, ou quem pintou o teto da Capela Sistina ou ainda quem foi Michelangelo, é certo que os estudantes façam alguma relação com obras desse artista, como a escultura de Davi, Pietá, entre outras tantas maravilhas. O professor pode discutir o contraste entre destruição e criação: Michelangelo desgastava a rocha e criava arte – o cérebro guiava as marteladas na talhadeira. O ácido carbônico desgasta a rocha que desaparece e pode literalmente brotar como arte nos espeleotemas cujas formas são determinadas pelo modo como a água carregada sais de cálcio aflora na superfície da rocha calcária (teto, chão, paredes, frestas, escorrendo, gotejando, evaporando dos poros, etc), enquanto em microescala são guiadas por leis da cristalização.

Todos esses elementos factuais são férteis para despertar interesses não somente pela ciência, mas por outras áreas que também são importantes na vida social, bem como na produção de conhecimento em outros campos do saber, ultrapassando as fronteiras científicas. Esses tipos de situações de aprendizagem tornam a aula mais leve, descontraída e prazerosa, ao mesmo tempo que estão aprendendo sem, muitas vezes, perceberem.

Simultaneamente, na oralidade dos estudantes, o professor toma consciência dos conhecimentos prévios que eles têm sobre o contexto em que vão trabalhar. Essa tomada de consciência é central para dar a partida no desenvolvimento dos trabalhos e como forma de estabelecer conexões do tema com os interesses e preferências expostos nas falas. É desse modo que o aprendizado construtivo se constitui, isto é, quando o tema ganha significado e sentido, motivando-os a mudar as prioridades e atitudes perante a aprendizagem (POZO e CRESPO, 2009).

Ao final da leitura do texto, confrontados com a questão-problema, é esperado que os estudantes elaborem a hipótese (que chamamos nessa fase de hipótese inicial) que responda à pergunta. Talvez seja importante que o professor esclareça o termo para os estudantes. Na SDI, consideramos como hipótese a tentativa de elaborar resposta, solução à questão-problema que dá direção à investigação (TRIVELATO e TONIDANTEL, 2015).

Ao elaborarem suas respostas, os estudantes estarão explicitando seus conhecimentos e modelos explicativos sobre as cavernas e seus espeleotemas, favorecendo ao professor a tomada de consciência sobre eles, pois são importantes para planejar a abordagem ou fazer as

reestruturações necessárias para adaptar a SDI ao universo escolar em que estão inseridos os estudantes (TRIVELATO e TONIDANTEL, 2015).

É também a partir da hipótese que, quando testada experimentalmente dá certo, que os estudantes têm a oportunidade de construir o conhecimento. Por outro lado, se a hipótese testada não se mostra verdadeira, ela, igualmente, fornece oportunidades valiosas de aprendizagem, pois é também a partir dos erros que os estudantes identificam o que é certo e eliminam as variáveis que não influenciam na resolução do problema (CARVALHO, 2017). Vale dizer que o percurso investigativo favorece outras tantas oportunidades de aprendizagem igualmente importantes como o momento em que observam como outros grupos chegaram à solução, o instante em que socializam e discutem os resultados, entre outras.

Segunda Aula. Pesquisando Sobre O Tema

A aula segunda está relacionada com os critérios de classificação propostos por Pozo e Crespo (2009) na Figura 28, mais especificamente o item 1. *Aquisição da informação*, onde é esperado que os estudantes desenvolvam habilidades de observação, seleção de informação, busca e captação da informação, enquanto os conceitos são mobilizados e articulados para a construção dos novos conhecimentos. Simultaneamente é necessário o desenvolvimento das habilidades presentes, na mesma figura, no critério 2. *Interpretação da informação* da classificação dos conteúdos procedimentais de Pozo e Crespo (2009), em que se esperam habilidades de elaborar e interpretar os dados coletados traduzindo-os para uma linguagem familiar.

No primeiro procedimento, sobre o ciclo da água, a busca, seleção de vídeos e a explicação do porquê da escolha podem conduzi-los a tomar ações responsáveis, evitando que escolham vídeos por critérios meramente cômodos, além de poder propiciar que tomem consciência dos elementos que auxiliam o entendimento do conteúdo. Por outro lado, a experiência oportuniza o aprendizado sobre a importância da diversificação das fontes e de discernir sobre a confiabilidade delas. Ao mesmo tempo, os conteúdos conceituais como a compreensão do ciclo da água e os principais processos envolvidos são delineados.

Os três procedimentos seguintes têm os mesmos fins e podem, ademais, colaborar para superar as dificuldades dos estudantes na compreensão da geologia apontada por Pozo e Crespo (2009),

são eles: desconsiderar que as formações da rocha e do fóssil sejam processos sincronizados, pois para muitos alunos a rocha existe antes do fóssil; entender o relevo terrestre como estrutura muito estável ou de pouca transformação, exceto, pela ação erosiva (PEDRINACI, 1996 apud POZO e CRESPO).

Assim, no segundo e terceiro procedimento, almeja-se que percebam a interação da água com a rocha e que retomem alguns conceitos importantes relacionados às propriedades da água, geralmente trabalhados no primeiro ano do ensino médio: a forte polaridade da molécula fazendo com que se atraiam mutuamente e formem as ligação de hidrogênio (a base para a tensão superficial) e as ligações com as superfícies das partículas do solo (uma tendência conhecida como atração capilar); a imensa capacidade de dissolver uma gama considerável de compostos, sendo um excelente meio para os processos químicos dos sistemas vivos e não vivos; a densidade da água e assim por diante (RICKLEFS, 2010).

Igualmente, é possível trabalhar os conceitos envolvendo a constituição da rocha calcária e seu processo de formação, suas propriedades como porosidade, permeabilidade, baixa resistência ao intemperismo físico e químico que promovem a sua desagregação e posterior transporte, podendo conter fósseis. A água tem ação fundamental nesse processo principalmente em rochas carbonáticas do tipo calcário. O capítulo 2 do presente trabalho apresenta maior detalhamento sobre esses e outros conceitos e processos.

Já no quarto procedimento, o texto permite que os estudantes compreendam as reações químicas que ocorrem na interação água/rocha e a consequente transformação que origina a típica feição cárstica. Essa proposta pode colaborar para superar algumas limitações dos estudantes sobre o entendimento dos processos de reações químicas, como, por exemplo, diferenciar mudança física de mudança química (GÓMEZ CRESPO, 1996 apud POZO e CRESPO, 2009).

Terceira Aula. Discussão Sobre O Tema Pesquisado E Elaboração Do Modelo Experimental

Discussão E Compartilhamento Das Respostas Elaboradas

Tendo os estudantes pesquisado, selecionado, interpretado as informações e registrado no caderno, nessa fase da aula eles devem apresentar suas pesquisas e construtos relacionados aos conteúdos já mencionados na fase anterior.

Essas novas aquisições poderão ser expostas e avaliadas pelo professor através da apresentação da resolução das atividades ao final dos procedimentos 1 (*O que o vídeo selecionado contém que ajuda a entender o conteúdo abordado?*), 2 (*Quais propriedades são necessárias para que ocorra o deslocamento da água na rocha?*), 3 (*Descreva os processos envolvidos na transformação da rocha calcária*), 4 (*Descreva os principais processos envolvidos na formação das cavernas e dos espeleotemas*).

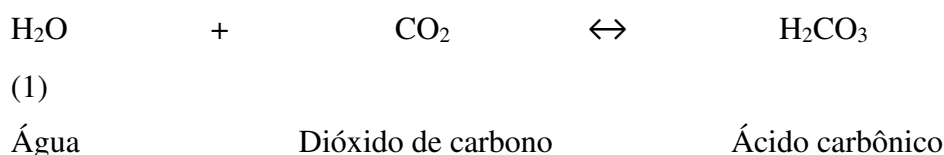
Sobre as aprendizagens conceituais ecológicas pode ser importante que, tendo os estudantes apresentado suas aquisições, quer seja pela oralidade, quer seja pelos registros, o professor os ajude a sistematizar as ideias pesquisadas em cada procedimento para que eles alcancem uma visão mais integrada sobre o ciclo da água, seus estados físicos e principais processos envolvidos na circulação da mesma em todos os seus reservatórios da hidrosfera. No capítulo 2, apresentamos um diagrama que sistematiza e integra os principais processos envolvidos no ciclo da água, bem como uma tabela apresentando as mudanças de estados físicos da água, os nomes adotados em cada processo e o balanço energético. Sobre os reservatórios subterrâneos, as aulas 6 e 7 poderão colaborar para uma maior consolidação dessa fase e sua importância para os seres vivos, inclusive o humano, complementando a compreensão sobre o tema.

Por fim, essa primeira parte da aula termina na questão *Como é possível verificar se as cavernas e os espeleotemas são formados pelos processos pesquisados?* Espera-se que eles sejam capazes de elaborar uma hipótese (podemos chamar de procedimental, pois visa uma experimentação para testá-la, já que a primeira centrava mais na identificação das concepções prévias dos estudantes) tendo por base as aquisições realizadas. Se correta, a hipótese pode levar à compreensão das causas (variáveis) e os processos (como?) que promovem a formação das cavernas e dos espeleotemas.

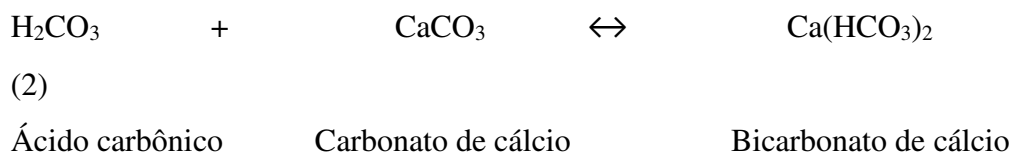
Elaboração Do Teste De Hipótese

Essa segunda parte da aula pode ser relacionada com o *Uso de modelos para interpretar situações*, critério 2 do quadro taxonômico dos conteúdos procedimentais (Figura 28). Com a ajuda do professor, espera-se que os estudantes obtenham a compreensão, ainda que inicial, de que o planejamento do desenho amostral visa a produção de dados tornando-os evidências que indicam as causas (ácido carbônico em contato com o carbonato de cálcio) e os processos envolvidos (reações químicas entre o ácido fraco e o carbonato de cálcio presente na rocha calcária), conforme equações 1 e 2. Equações químicas com maior detalhamento é disponibilizado no capítulo 2, no tópico *A Formação das Cavernas e Seus Espeleotemas*. Assim, as causas e os processos evidenciados legitimam as conclusões sobre a questão e a hipótese levantadas. No planejamento estão, portanto, as decisões sobre grande parte do processo de investigação.

A acidulação da água (formação do ácido carbônico):



A dissolução da rocha pelo ácido carbônico:



É importante discutir com os estudantes que o modelo pode ou não fortalecer uma hipótese, mas não diz respeito ao saber absoluto sobre a realidade na formação das cavernas no ambiente natural, ou qualquer outro fenômeno. No melhor dos casos, o que se pode afirmar é que o experimento adotado oferece explicações que melhor se ajustam aos fatos, dado que a ciência, geralmente, trabalha com a manipulação de pequeno número de variáveis independentemente de outras, em um microssistema que tenta replicar as características essenciais na natureza para “revelar” seus efeitos específicos (RICKLEFS, 2010).

Pozo e Crespo (2009) sustentam essas ideias ao defender a superação da concepção positivista da ciência, isto é, a ciência como coleção de fatos objetivos governados por leis que podem ser extraídas diretamente bastando observar os fenômenos naturais com uma metodologia

adequada. O conhecimento científico nunca tem origem na realidade, continuam os autores, mas vem da mente dos cientistas (cujo olhar é influenciado pela cultura do cientista e da ciência) que elaboram os modelos e teorias na tentativa de dar sentido a essa realidade.

Tendo elaborado a hipótese (ação da água acidulada sobre a rocha origina a caverna e os espeleotemas), o próximo passo esperado é o planejamento para testá-la permitindo aos estudantes coletarem informações para que construam explicações e conceitos de maneira articulada. Na estruturação do plano de investigação, os estudantes devem apresentar o desenvolvimento, mesmo que de forma incipiente e com a ajuda do professor, de indícios de raciocínios estratégicos, podendo, para isso, partir de alguns questionamentos: como buscar os dados ou informações? Que procedimentos precisam ser estabelecidos para coletar, selecionar e organizar os dados? Quais instrumentos são necessários para a coleta de dados? Como serão feitas as coletas de dados e os registros (tabela, gráfico, imagens, textos, esquemas)? Como interpretar, analisar e avaliar os dados para responder à questão-problema?

Seja pela pouca familiaridade, seja pela complexidade intrínseca, a maioria dos estudantes apresenta pouca destreza na elaboração de um desenho experimental para testar suas hipóteses, por isso a presente SDI apresenta um modelo experimental como sugestão. No entanto, é fundamental que o professor não o ofereça prontamente e sim, de maneira dirigida, o modelo experimental sugerido deve ser construído conjuntamente para que os estudantes, gradativamente, se apropriem dos raciocínios necessários para sua elaboração adquirindo autonomia.

Pozo e Crespo (2009) ressaltam que não se pode correr o risco de transformar essa situação de aprendizagem em mera apresentação de um modelo experimental. Se assim o fizer, a atividade perde o problema como sustentação e assume o caráter de mero exercício, onde a oportunidade de aprender a fazer dá lugar para aprender a repetir.

Sobre a execução do modelo sugerido, ele é pertinente, principalmente, para escolas que não disponham de laboratório, pois não exige o uso de equipamentos sofisticados, nem de reagentes de difícil aquisição, ao contrário, são todos materiais prontamente disponíveis em casa como as vidrarias, o vinagre e o ovo. A pedra calcária pode ser encontrada em quintal de casa ou mesmo

em casas de materiais para construção (frisamos a necessidade de ser pedra calcária, outras rochas não devem ser usadas).

Outro ponto para o qual chamamos a atenção é sobre o experimento da desmineralização do ovo no ácido fraco. Essa proposta foi inserida por dois motivos: a velocidade da reação ser maior da que ocorre com o calcário (dado que, entre outras coisas, a casa do ovo é mais fina) e a percepção da dissolução do carbonato de cálcio ser favorecida pela mudança radical da textura do ovo. Tal observação é dificultada com reações envolvendo a rocha calcária, pois são processos mais lentos e pouco visíveis exigindo maior poder de abstração dos estudantes. Esse experimento buscou superar essas dificuldades que são relatadas por Pozo e Crespo (2009) sobre a visão estática que os estudantes têm sobre o relevo.

Quarta Aula. Fazendo Espeleotemas Em Sala De Aula.

Essa aula faz associação com o critério 3. *Análise da informação e realização de inferências* e, mais especificamente, com a *Atividades de investigação ou solução de problema*, da taxonomia de Pozo e Crespo (2009) (Figura 28).

Independente do modelo experimental definido em conjunto com os estudantes, nessa situação de aprendizagem o papel do professor deve ser de mediação entre a zona de desenvolvimento real (definida pela capacidade do estudante resolver o problema sozinho) e a zona de desenvolvimento potencial (capacidade do estudante resolver o problema com ajuda do professor ou dos colegas), conceitos da psicogenética originalmente propostos por Vygotsky (CARVALHO, 2017).

Nesse processo é esperado que os alunos, auxiliados pelo professor, exerçam raciocínios que os direcionem a encontrar evidências em seus dados, justificativas para suas respostas, sistematizando as ideias. Por exemplo, “se” a hipótese está correta “então” observaremos mudança na casca do ovo (no microssistema ovo + vinagre) e a formação de depósitos de carbonato de cálcio (no microssistema pedras calcárias + vinagre), “portanto”, podemos afirmar, por extensão, a partir dessas circunstâncias experimentais, que as cavernas e os espeleotemas dependem do ácido carbônico em contato com a rocha (constituída por carbonato de cálcio) para serem formados.

Na mesma linha, Pozo e Crespo (2009) sugerem ao professor estimular os alunos a fazerem predições; buscarem novas ideias e outros modelos interpretativos; estimular a discussão, troca de ideias e o trabalho em grupo; fomentar a diversidade de níveis de resposta; ajudar o aluno de maneira gradual na resolução (delimitando o problema por meio de novas perguntas, sugerindo analogias, proporcionando informação complementar que permita avaliar as hipóteses que vão surgindo, entre outros); estimular atitudes de cooperação entre os alunos na realização das tarefas.

É esperado que os estudantes registrem suas observações, discutam com os colegas os fenômenos observados, fotografem e elaborem o relatório da atividade prática para ser apresentado aos colegas e ao professor.

No relatório é almejado que eles apresentem nos resultados a presença de bolhas logo após a imersão do ovo na solução contendo vinagre (Figura 30), bem como que relatem a dissolução mineral da casca do ovo percebida pela mudança na sua textura (Figura 30B) e expliquem as transformações com base nos conceitos trabalhados, isto é, na reação do carbonato de cálcio presente na casca do ovo com o vinagre (uma solução aquosa de um ácido fraco), há a liberação do gás CO_2 como produto e formando uma solução de bicarbonato de cálcio. Pode surgir relato sobre a mudança da densidade do ovo, e, nesse momento, cabe ao professor perguntar se essa observação juntamente com as bolhas são indicadores indiretos da liberação de gases na reação e se interferem nos resultados, devendo ser consideradas ou não como evidências que sustentarão a resposta. Dessa maneira eles vão tomando maior consciência das variáveis que incidem sobre o fenômeno que se deseja observar.

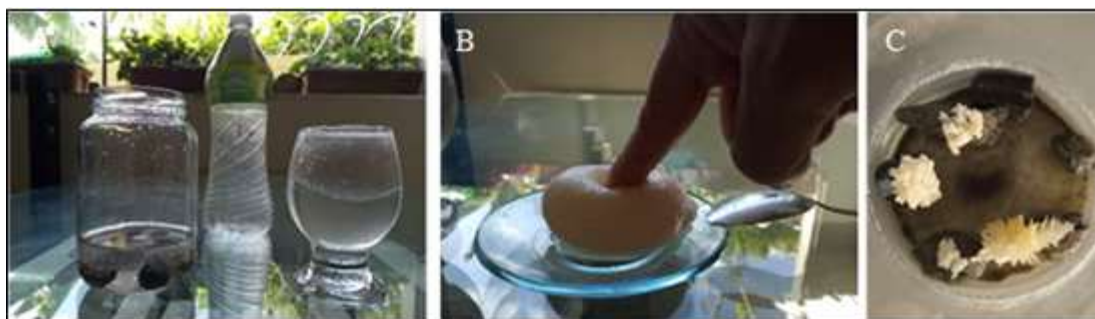


Figura 30: A. Montagem do experimento; B. resultado do experimento com o ovo após 24h, apresentando a desmineralização da sua casca; C. resultado do experimento com o calcário após 4 semanas, apresentando a cristalização dos minerais. Fonte: Fotografia dos autores. Notar a formação de bolhas em ambos os recipientes: vinagre + calcário, vinagre + ovo, respectivamente.

Já no procedimento com o calcário, espera-se que eles registrem a liberação também do gás CO₂, podendo inferir, por analogia ao experimento com o ovo, que a rocha calcária também sofreu processo de dissolução, embora não seja perceptível diretamente. O registro da cristalização mineral é esperado no relatório na parte de resultados, devendo-se apresentar, de igual modo, as explicações que justificam tal fenômeno. Assim, deve conter argumentos sobre a perda de CO₂ e supersaturação da solução de bicarbonato de cálcio levando ao inverso da reação, ou seja, a precipitação do carbonato de cálcio, podendo ser evidenciado pelos belos cristais formados sobre as pedras calcárias (Figura 30C).

Como conclusão, é esperado observar, no relatório elaborado e na discussão posterior, registros de associações entre a dissolução e precipitação mineral em presença de ácido fraco (o vinagre assume o papel da água acidulada na natureza) e a formação das cavernas e os espeleotemas.

O que se espera, ao final do desenho amostral e de sua implementação, é que gradativamente os estudantes ganhem confiança na resolução dos problemas e dependam cada vez menos do professor. Essa confiança incidirá sobre sua autoestima e conseqüente motivação intrínseca em aprender. O resultado, a longo prazo, é a autonomia dos estudantes frente aos problemas escolares e da vida como futuros adultos atuantes no seu meio. Somente quando dominamos bem a técnica estamos aptos a criar soluções próprias para os problemas encontrados ou para aqueles que criamos (POZO e CRESPO, 2009).

Quinta Aula. Discussão E Sistematização

Essa aula pode ser correlacionada com o item 4. *Compreensão e organização conceitual da informação* e o item 5. *Comunicação da informação* da taxonomia dos conteúdos procedimentais de Pozo e Crespo (2009) (Figura 28). Ao ouvir o outro, ao elaborar a fala, o estudante não somente relembra o que fez, como também colabora na construção do conhecimento que está se estruturando. Em razão disso, Carvalho (2017) sublinha a necessidade de se garantir espaço e tempo adequados para o desenvolvimento dessa fase de sistematização do conhecimento.

É nessa oportunidade que os estudantes são estimulados pelo professor a estruturar e refinar as explicações que justifiquem os resultados registrados na confecção do relatório experimental.

Ressalta-se, porém, que a relevância não está na resposta correta, mas na construção da argumentação para justificar a resposta (SCARPA e SILVA, 2017). Simultaneamente, os conteúdos atitudinais podem aparecer (ou seu desenvolvimento ser estimulado pelo professor) associados, na medida em que são destacadas as posturas investigativas, o respeito à discussão, a comunicação de ideias, a valorização e reflexão das explicações, o julgamento sobre a validade ou não dessas explicações.

É importante destacar que a aprendizagem atitudinal não se limita à essa fase do trabalho investigativo, ao contrário, por todo o desenvolvimento da SDI poder-se-ão observar pelo professor outras atitudes igualmente relevantes como a motivação, o gosto pelo rigor e precisão do trabalho, respeito pelo meio ambiente (tão necessário frente ao ecocídio em curso e às mudanças climáticas), atenção à ordem e limpeza da estação de trabalho, atitude crítica frente aos problemas (em contraposição à aceitação passiva de massa que vige na sociedade atual), cooperação (como alternativa à competição excessivamente estimulada) entre os colegas e com o professor (POZO e CRESPO, 2009).

Esclarecemos que não pretendemos esgotar as questões aqui propostas para discussão, podendo o professor adaptá-las ao contexto dos estudantes e da comunidade escolar, sejam quais forem. A centralidade está na tomada de consciência do processo realizado, dos resultados da investigação, valendo-se do uso de raciocínio lógico para tecer as explicações concernentes ao fenômeno observado.

Nas questões 2.2. *Que resposta deram à questão-problema elaborada na aula 1 (hipótese gerada)?* 2.3. *Que resposta deram à questão-problema elaborada no relatório? São coincidentes? Explique,* espera-se que o estudante reflita sobre suas concepções antes e após o desenvolvimento da atividade investigativa a título de estabelecer análise relevante sobre como e porque tais concepções mudaram ou não.

Na questão 2.4. *Como fizeram para alcançar a resposta? Por que fizeram dessa maneira?* espera-se que o estudante se sinta estimulado a participar, tomando consciência da ação realizada em todo o percurso. É a etapa da passagem da ação manipulativa para a ação intelectual, ou seja, é a tomada de consciência de como o problema foi resolvido e porque deu

certo (PIAGET, 1978 citado por CARVALHO, 2017). Assim, continua a autora, por meio de relatos, os estudantes constroem o conhecimento e as atitudes científicas.

Na pergunta *Por que fizeram dessa maneira?* é almejado que os estudantes argumentem justificando as observações registradas, ou seja, a formação de bolhas iniciais, a mudança na textura do ovo, a formação dos cristais sobre as pedras calcárias.

A argumentação, segundo Oliveira (2017), pode ser entendida como todo e qualquer discurso do aluno na tentativa de expor sua opinião sobre o tema em questão, com suas descrições, ideias, hipóteses, evidências, suas justificativas e explicações sobre o percurso realizado em busca da resposta. As explicações levam à busca por palavras, conceitos que expliquem o fenômeno, por exemplo, intemperismo físico e químico, as reações químicas e importância das propriedades da água na transformação da rocha são trazidos para justificar as conclusões embasadas em evidências. Etapa, portanto, em que há ampliação do vocabulário dos estudantes, em que se aprende a falar e compreender a linguagem científica (LEMKE, 1997, apud CARVALHO, 2017).

Tendo percebido que todos expuseram suas ideias, na próxima questão 2.5. *Como o tema se relaciona com o nosso dia a dia?* é esperado que os estudantes exponham seus pensamentos, que retratem a relação entre os conhecimentos adquiridos e seu cotidiano. Por exemplo, acrescentar o vinagre no cozimento do ovo, medida comum em casa, para que sua casca seja mais facilmente retirada, é uma prática que agora o estudante consegue justificar com base nas reações químicas aprendidas.

Nessa etapa, ainda é possível que o professor pergunte também aos estudantes o que eles esperam que aconteça com os cristais formados, caso o recipiente contendo o calcário seja tampado. Após responderem com a ajuda do professor, pode ser perguntado em que outras situações na natureza esse fenômeno de dissolução do carbonato de cálcio ocorre? Tais questões podem levar os estudantes a compreenderem o que ocorre com os recifes de corais onde o excesso de CO₂ atmosférico, causado pela atividade humana, tem levado à acidificação dos oceanos com consequente dissolução dos esqueletos calcários dos animais que compõem os recifes de corais. Uma situação atual dramática de perda desses ecossistemas marinhos graças à emissão excessiva de gases de efeito estufa na atmosfera (WMO, 2010).

Tais situações, portanto, têm por finalidade levar o estudante a pensar em seu cotidiano, ir além do conteúdo, perceber a relação entre o conhecimento construído e a vida cotidiana (CARVALHO, 2017) para que possa perceber que a vida está permeada de fenômenos e que a ciência pode ajudar a compreendê-los.

Na segunda parte da aula 5, a sistematização do conhecimento dialogada e dirigida pelo professor pode ocorrer por meio da elaboração de um mapa conceitual permitindo retomar os conceitos desenvolvidos na SDI. Por exemplo, o ciclo da água pode ser desenhado no quadro com a ajuda dos estudantes, fazendo isso eles resgatam e consolidam os conhecimentos associados com a relação entre a energia solar, a perda ou absorção de calor e a mudança dos estados físicos da água. Os conceitos envolvendo cada fase do ciclo podem ser lembrados como evapotranspiração, condensação, precipitação, entre outros.

Nesse mesmo mapa pode ser discutido o balanço hídrico, a disponibilidade de água em cada reservatório da hidrosfera e sua importância. Igualmente, é esperado que nessa dinâmica os estudantes apontem os caminhos da água ao chegar nos continentes na forma líquida, seus requisitos e destinos, integrando, assim, o ciclo da água com o ciclo da rocha calcária.

Um outro desenho de mapa pode abarcar as características químicas da água, suas propriedades e “comportamento” molecular e apontar os efeitos que imprimem sobre os seres vivos, conforme discutimos no tópico *Propriedades da Água e Suas Influências*, no capítulo 2 deste trabalho.

No entanto, é preciso ter cautela no momento de elaboração dessas representações gráficas de modo a evitar excesso de conceitos, conforme orienta Correia et al. (2013). Nesse sentido cabe ao professor avaliar e pensar estrategicamente os conceitos que são importantes e que devem integrar o mapa, já que não existe “o mapa”, mas muitos possíveis.

O Mapa Conceitual¹ (MC) é um instrumento de organização e representação do conhecimento podendo apresentar pontos fortes, se bem usado, como favorecer a dinâmica da sala de aula, pois estimula a aprendizagem significativa (Ausubel, 2000 citado por Correia et al., 2013)

¹Para o leitor que desejar aprofundar no assunto, apresentamos ao final do presente trabalho alguns vídeos e artigos sobre mapas conceituais que incluem uma indicação de aplicativo que facilita a sua elaboração e o tutorial para a implementação.

através da construção de significados entre os conhecimentos prévios e as novas informações. Pode ser potente também quando os conceitos são mais abstratos, como as reações químicas, e/ou quando parte dos fenômenos estudados são “invisíveis”, a exemplo do deslocamento da água acidulada pela rocha calcária (CORREIA et al., 2013).

Segundo Correia et al (2013), a construção de um bom mapa conceitual prevê dois elementos fundamentais (e que distinguem o mapa conceitual do mapa mental):

1. As proposições (PS), que são unidades semânticas dos MCs que carregam uma mensagem. As PS são constituídas por 2 conceitos, 1 termo de ligação (TL) e uma seta que indica o sentido de leitura do mapa. Os conceitos são combinados para dar sentido através do TL (composto por verbo que permite verificar se as relações estabelecidas são válidas e significativas) e pelas setas.
2. Pergunta focal (PF), que serve para selecionar conceitos e TL mais relevantes para a elaboração da PS, limitando, assim, o contexto e o tamanho do MC de modo a evitar mapas muito gerais ou com elevado número de conceitos. Um exemplo de pergunta focal no contexto da SDI seria: como o ciclo da água transforma a rocha calcária?

Por fim, para o término dessa aula, fundamentados por Carvalho (2017), propomos que o professor solicite aos estudantes a produção textual e artística sobre o tema desenvolvido, agora, individualmente. Isso porque, mesmo com a pluralidade de estratégias didáticas utilizadas para a aquisição do conhecimento científico do tema, é possível que o professor ainda se pergunte “Será que todos os alunos entenderam, ou somente os que falaram durante a aula?”

A elaboração do texto escrito é central no contexto da aprendizagem e apresentamos três razões que justificam seu uso para além das aulas de português e redação. Em primeiro lugar, é na escrita que o estudante tem oportunidade de expressar o conhecimento adquirido tornando possível a avaliação do professor e do próprio aluno. Em segundo, há uma dialética, podemos dizer, entre o processo de construção textual e o de construção cognitivo. Assim, nessa dinâmica, tanto o texto quanto a cognição são concretizados (SILVEIRA JÚNIOR et al., 2016; CARVALHO, 2017). Por fim, para Oliveira (2017) os estudantes devem ser iniciados em todas as diferentes linguagens utilizadas pela ciência para que haja uma enculturação científica progressiva, pois o fazer científico não se restringe a fazer medições e observações, levantar hipóteses e testá-las, interpretar dados, mas vai além. A construção dos conhecimentos

científicos perpassa pela defesa das ideias através de artigos científicos, sendo imprescindível, portanto, que o estudante saiba argumentar e pôr no papel seus pensamentos e argumentos.

Na atividade A. *Voltar à Figura 23 e elaborar um texto narrativo descrevendo cientificamente a formação das cavernas e dos espeleotemas, destacando o papel do ciclo da água/rocha no processo*, os seguintes elementos citados por Oliveira (2017) são esperados: uso da primeira pessoa do discurso; uso de verbos de ação; a cronologia dos processos realizados (início, meio e fim); uso de advérbio de tempo; a estrutura do pensamento; e os indicadores da alfabetização científica conforme discutimos no capítulo 1. Também é sugerido que os estudantes reelaborem a imagem inicial (*Espeleogênese*) substituindo a imagem divina por outra que represente o fenômeno natural formador das cavernas e espeleotemas, uma proposta que pretende realçar habilidades de sistematização, síntese e criatividade.

Na atividade B. *Descrever a experiência vivenciada na investigação sobre o tema, relatar o que mais gostou e o que menos gostou e o que mudaria em relação ao processo realizado na SDI*, deseja-se fomentar a prática de auto-observação, julgamento e autorreflexão na realização das tarefas. Nesse movimento o estudante identifica seu próprio comportamento, as circunstâncias da atividade e o valor atribuído a ela, toma consciência das dificuldades, dos erros e êxitos, elabora mentalmente novos caminhos possíveis. Estas ações propiciam ao aluno o desenvolvimento de habilidades cognitivas conferindo-lhe maior autonomia e responsabilidade no seu processo aprendizagem (POLYDORO e AZZI, 2009), ao mesmo tempo que favorece o raciocínio científico levando-o a reconhecer os limites e generalizações possíveis e as verdades relativas com a metodologia adotada (POZO e CRESPO, 2009), elementos que demonstram íntima relação com o fazer científico e denota a enculturação do estudante.

Sexta Aula. Atividade Ciclo Da Água Em Interface Com A Rocha

Nessa aula supomos que os conhecimentos construídos ao longo da SDI e revisitados, em parte, na última aula sejam aplicados. Na questão *Como o ciclo da água transforma a rocha calcária?* É almejado que, ao retomar os conceitos e processos adquiridos, os estudantes demonstrem certa compreensão sobre a dinâmica e interdependência existente entre o ciclo da água e a rocha

calcária. Dessa interação resulta a paisagem cárstica, mas não somente ela, todo o relevo no planeta advém da ação da água através do intemperismo físico e químico.

Além disso, a compreensão sobre a fase do ciclo da água nos aquíferos subterrâneos deve ser demonstrado pelo estudante juntamente com a percepção de sua importância para os seres vivos, pois, conforme discutimos no capítulo 2, a maior reserva de água doce do planeta se encontra nos invisíveis reservatórios subterrâneos e deles dependemos, ainda que sem a consciência necessária. Assim, a visão sistêmica sobre o ciclo da água/rocha, bem como seus subprocessos, como o armazenamento da água nas rochas formando os aquíferos são esperados para que o aprendizado seja consolidado.

Sétima Aula. Contextualização Social Do Conhecimento

Os resultados e conclusões da investigação realizada, ou seja, a transformação da rocha calcária pela água ácida, podem dar origem a novas questões ampliando a aplicação dos conhecimentos obtidos e permitindo trabalhá-los em novas situações.

Assim, na atividade pretende-se aplicar o conhecimento construído em um contexto da paisagem cárstica, a exemplo da APA Carste de Lagoa Santa-MG, onde ocorrem, além das cavernas, lagoas temporárias que se formam em depressões no solo associadas à erosão e/ou ao abatimento da rocha calcária sob o solo. Essas lagoas atraem valorosa avifauna aquática com sua riqueza, composição de espécies e guildas alimentares² mudando ao longo do ciclo hidrológico graças às chuvas e ao relevo peculiar que favorecem a recarga do aquífero cárstico (FIGUEIRA et al, 2019).

As diferentes fases do ciclo do lago (enchendo, completamente cheia, secando e totalmente seca) (Figura 25), que são intimamente dependentes das precipitações, criam condições ambientais específicas que levam a um processo de sucessão vegetal cíclico e recursos alimentares diferenciados no espaço e no tempo. Por conseguinte, atraem diferentes espécies de aves aquáticas e terrestres que encontram abrigo, alimento e locais de nidificação, ou

² ou grêmios alimentares, que são grupos de espécies que se alimentam de recursos semelhantes e de forma semelhantes (RICKLEFS, 2010).

simplesmente utilizam as lagoas como escala durante a migração. Assim, as guildas tróficas variam ao longo das estações de chuva e seca (FIGUEIRA et al., 2019).

Essa dinâmica temporal da avifauna em relação aos ciclos de seca e inundação no lago do Sumidouro está representada no gráfico onde o eixo das ordenadas apresenta o número de indivíduos por guilda e a área da lagoa e o eixo das abscissas, os meses amostrados. As siglas, por sua vez, correspondem às aves que se alimentam de recursos semelhantes e de forma semelhante.

Assim, a guilda DDD = piscívoro mergulhador, é composta por aves que usam as áreas mais profundas das lagoas para mergulhar e capturar peixes; a guilda AVG = onívoro que caça sobre macrófitas, é representada por aves que permanecem sobre a vegetação aquática capturando sementes, insetos, moluscos, aranhas que encontram pelo caminho auxiliados por dedos compridos; a guilda SGG = granívoros de vegetação terrestre, composta por aves que alimentam-se de sementes obtidas na margem alagada das lagoas; a guilda DLF = Onívoro de água rasa, aves que alimentam-se de pequenos peixes, anfíbios, insetos, larvas, crustáceos, vegetais, sementes encontrados ao longo das margens alagadas da lagoa e nos pastos; a guilda AVW = insetívoro de água rasa, aves que alimentam-se de insetos e outros invertebrados capturando o alimento geralmente sob a água; a guilda SVW = carnívoro de água rasa, consiste em aves que alimentam-se de peixes, lagartos, insetos, crustáceos, anfíbios, entre outros, obtidos na margem alagada da lagoa (FIGUEIRA et al., 2019; NOBREGA, 2015).

Com a questão proposta *Como o ciclo da água em interface com a rocha calcária interfere na diversidade de aves aquáticas na Lagoa do Sumidouro?* é estimado que os estudantes - uma vez que obtiveram conhecimento sobre o papel da água na formação das feições cársticas como as cavernas e sobre o percurso da água na rocha calcária (atividade 6) formando os aquíferos subterrâneos - ampliem um pouco mais a aplicação desses conhecimentos. De maneira significativa, espera-se que os estudantes compreendam que a água é o meio básico da vida e relacionem, com a ajuda do professor, a diversidade de aves aquáticas com a lagoa e esta, por sua vez, com a pluviosidade. Além disso, conceitos como guilda, diversidade biológica, habitat, interação biótica e abiótica podem ser explorados nessa aprendizagem. Também pode ser explorado a importância chave do lençol freático na dinâmica de secas e cheias das lagoas cársticas. As chuvas podem estar em curso e as lagoas vazias. Isso acontece quando o lençol

freático está baixo e não se aproximou das cotas altimétricas correspondentes aos fundos das depressões cársticas. Para que muitas das lagoas cársticas aflorem, é preciso chuvas contínuas e em grande volume. Assim, há defasagens de tempo entre as chuvas e o aparecimento das lagoas.

Ademais, a análise de gráficos permite desenvolver habilidades em trabalhos quantitativos como interpretar a informação contida neles de modo a ajudar o aluno a estabelecer relações entre os conhecimentos construídos e os casos práticos (POZO E CRESPO, 2009).

Com a SDI esperamos contribuir para a (re)construção de saberes que conduzam ao reconhecimento, valorização e proteção da água como bem social e garantidora da vida e da paisagem cárstica, sendo esta reconhecida como patrimônio da humanidade, dotada de beleza, de diversidade biológica, bem como de serviços ecossistêmicos imprescindíveis para a população humana.

5 CONCLUSÃO

Capítulo VI Pertinência E Potencialidades Da Sequência Didática Investigativa: Formação De Cavernas E Espeleotemas Na Paisagem Cárstica

Tendo em vista que a centralidade da presente dissertação consistiu em elaborar uma SDI, consideramos que os preceitos fundamentais dessa abordagem didática foram observados, embora ela não tenha sido aplicada e adequações e correções são esperadas e desejadas.

Tal conclusão só é possível fazer porque a proposta está amparada nos principais referenciais teóricos sobre o tema que, em resumo, afirmam que uma SDI deve oferecer ao estudante o desenvolvimento de processos cognitivos que lhe permita construir seu próprio conhecimento exercendo o protagonismo nesse processo, mas sempre com a fundamental mediação docente.

Para tanto é importante que uma SDI contemple múltiplas estratégias didáticas, sendo que em nossa proposta apresentamos: um contexto instigante para engajar os estudantes nas atividades; um problema e uma questão de orientação científica; a elaboração de hipótese e de procedimentos criativos com o devido rigor para testá-la e responder ao problema proposto;

diversidade estratégica na coleta de dados para construir explicações e formar conceitos; articulação entre as atividades para favorecer a construção de conceitos e o entendimento sobre os fenômenos mais amplos; discussão em grupo para construir socialmente os conhecimentos; reflexão sobre todo o percurso realizado de modo a favorecer o conhecimento metacognitivo.

Além dos objetivos epistemológicos, a valoração da paisagem carste também foi pauta no presente trabalho, no intuito de colaborar para a preservação de suas riquezas naturais atualmente ameaçadas por interesses meramente econômicos e pela carência de uma melhor e significativa alfabetização científica da população que a torne mais hábil em refletir, explicar e relacionar-se com a natureza. Nesse sentido, entendemos que os objetivos da SDI podem ser potencializados por meio de visitas às cavernas experienciadas de forma estética e cognitiva, abordagens essas que reconhecem o estudante “por inteiro”.

O próprio John Dewey, muitas vezes considerado pragmático, valorizava a interação estética e intelectual como experiência integradora, conforme o excerto retirado de sua obra *Arte Como Experiência*:

[...]Não é possível separar entre si, em uma experiência vital, o prático, o intelectual, e o afetivo, e jogar as propriedades de uns contra as características dos outros. A fase afetiva liga as partes em um todo único; “intelectual” simplesmente nomeia o fato de que a experiência tem sentido; e “prático” indica que o organismo interage com os eventos e objetos que o cercam. A mais complexa investigação filosófica ou científica e a mais ambiciosa iniciativa industrial ou política têm, quando seus diversos ingredientes constituem uma experiência integral, qualidade estética. É que, nesse momento, suas partes variadas se interligam, em vez de meramente sucederem umas às outras. E as partes, por sua ligação vivenciada, movem-se para uma consumação e um desfecho, e não para uma mera cessação no tempo. Além disso, tal consumação não espera na consciência até que toda a empreitada se conclua. É antecipada durante todo o processo e reiteradamente saboreada com especial intensidade.” (DEWEY, 2010, p.138)

Portanto, essa integração prático-intelectual-afetiva pode potencializar o despertar de um novo olhar, sensível, curioso, intrigante, que percebe, que apreende, que se emociona com o extraordinário da vida posto diante dos “olhos” a todo instante, na forma de paisagens naturais, nas obras de arte, nas relações humanas, nas relações com os animais e plantas. Nesse movimento, o estudante desnaturaliza o que antes naturalizou irrefletidamente e, sobretudo, (re)naturaliza-se e (re)integra-se.

Capítulo VII Meu Relato: Um Olhar Sobre O Caminho Percorrido Na Construção Do Entendimento Sobre EnCI

Um olhar sobre o percurso realizado é uma oportunidade de metacognição, de tomada de consciência sobre os construtos realizados e a realizar, ao mesmo tempo, um espaço para o compartilhamento de experiências práticas. São essas as razões que sustentam o relato que faço a seguir que somente é possível com a realização do presente trabalho, com as vivências na academia e na prática docente.

Mas o que é o EnCI? Talvez essa seja a pergunta de muitos colegas que ensinam ciências na escola básica. Foi também a minha angústia desde que tomei consciência da existência desse termo, vamos chamá-lo assim por enquanto.

Ao longo de minha busca ingênua obtive respostas diversas na academia, o que denota que o EnCI é ainda desconhecido e pior, distorcido por muitos. Algumas pessoas, ao tentarem responder-me acerca do assunto, diziam tratar-se do método científico a ser ensinado na escola básica. Uma outra, ao perguntar-lhe o que era o tal termo, respondeu-me algo parecido com “o EnCI é um princípio, não é uma abordagem”. Lembro, nessa oportunidade, espantar-me com a resposta e indagar que princípio seria esse. Infelizmente fiquei sem resposta, a aula não era reservada para esse assunto.

Passados meses, já em outro diálogo sobre a aplicação de uma sequência didática investigativa que eu realizara, e que relatarei adiante, o avaliador do meu trabalho fez alusão ao EnCI como meio para atrair alunos para fazer ciência na academia. Neste trabalho discutimos o que pode ser e o que não é EnCI e seus objetivos.

Da busca ingênua segui para a busca epistemológica. Busquei livros, artigos científicos, mantive os diálogos e, por fim, para minha sorte, consegui me matricular em uma disciplina na FaE/UFMG intitulada *Atividade Investigativa em Ensino de Ciências*.

Simultaneamente, estavam em curso as aplicações de atividades de cunho investigativo nas escolas que lecionei. A primeira sequência didática “investigativa” que implementei - envolvia o conteúdo sobre o sistema digestório - de maneira gozada, digo que só salvou a pizza saboreada

ao final da atividade com meus alunos da EJA noturno. Claro que não foi bem assim, mas não foi muito distante disso. Na segunda atividade que busquei implementar, já pairava um sentimento maior de autoconfiança, afinal, eu lera o método científico e conhecia as linhas gerais da pesquisa científica: um problema, uma pergunta, uma hipótese e as previsões, um experimento para testá-las, testes estatísticos para validar a minha afirmação sobre um dado fenômeno. Ledo engano! A natureza científica não se reduz a esses elementos nem mesmo o EnCI. Minha avaliação, no entanto, sobre esta experiência é mais positiva que aquela primeira.

Apesar dos equívocos, percebi outra dinâmica na sala de aula. De algum modo os estudantes, embora não todos, estavam mais ativos, em grupo, buscavam as respostas, planejavam a forma de apresentar seus “achados” com desenhos, modelos, cartazes, etc. A proposta levou alguns a ler o livro *Dom Casmurro* de Machado de Assis, por curiosidade iniciada na aula a partir da pergunta investigativa: “*Capitu traiu ou não seu marido Bentinho?*” Atividade investigativa que relacionava com a genética molecular e o teste de paternidade e que adaptei de dois artigos encontrados na internet. De minha parte como professora, uma atuação mais mediadora começava a ganhar contornos.

Na terceira tentativa, já fazendo a disciplina que citei e com maior estudo sobre o tema, elaborei outra sequência didática de cunho investigativo. Dessa vez será impecável, novamente pensei. Desfeitas aquelas velhas distorções, com um entendimento melhor sobre os objetivos do EnCI e seus fundamentos, o que poderia dar errado? Só um elemento não estava sob meu “controle”: os alunos que eu desconhecia completamente. Seria o primeiro e único contato e minha leve preocupação situava em torno da possível indisciplina que poderia inviabilizar a situação de aprendizagem. Mas tudo bem, em alguma medida sabemos lidar com essas realidades em sala de aula.

O resultado não foi como esperado. Pensei em quase tudo. As atividades de cada fase da sequência didática estavam bem articuladas. Havia uma pergunta clara de orientação científica: *Como se pode determinar que a árvore é um organismo vivo com a ajuda do estetoscópio?* Os materiais para a aula foram cuidadosamente planejados e providenciados. As instruções para o desenvolvimento da atividade também. As questões para a discussão e reflexão igualmente pensadas e discutidas previamente com meus professores (orientador e coorientador).

Tudo parecia estar bem planejado, mas faltaram outros elementos centrais na execução de uma proposta investigativa. Os conhecimentos prévios dos estudantes não foram considerados. O que sabiam sobre o tema? Que experiências traziam? Quais os conteúdos conceituais foram desenvolvidos com eles? Qual maturidade possuíam para responder e argumentar mediante evidências? Faltou, também, tempo e espaço adequado para a discussão sobre o percurso realizado e as respostas elaboradas. Sem falar que desconsidere a elaboração textual como atividade na proposta.

Não tomar consciência sobre o que traziam para a sala de aula sobre a seiva do xilema e do floema na planta resultou em uma proposta de atividade muito complexa para eles. Esse desconhecimento redundou em episódio de irritabilidade por dois alunos por não conseguirem acompanhar os pensamentos que estavam “no ar”. Percebi ainda um comportamento de impaciência por parte de outro devido a tanta pergunta e sem direcionar para um desfecho, um fechamento das ideias. Eles estão pouco afeiçoados com perguntas e mais com respostas prontas. Ao mesmo tempo, as perguntas, em determinados momentos da atividade, devem ser bem direcionadas pelo professor e cabe a ele fazer um fechamento por meio da sistematização e organização das ideias suscitadas. Isto não ocorreu. Não havia tempo e percepção da importância desses elementos.

Por outro lado, mais uma vez foi marcante o engajamento deles na tarefa, principalmente porque a atividade se dava ao ar livre, que significa dizer no espaço arborizado da escola. Simples assim. Sem grandes deslocamentos. Logo ali, nas árvores da escola. Percebi o quanto são desejosos de outros ambientes além da sala de aula e de outras dinâmicas diferentes daquelas em que permanecem sentados, enfileirados, imóveis, copiando e ouvindo. O distanciamento, o desinteresse dos estudantes por assuntos científicos, ao que parece, se dissolve quando a proposta os instiga.

Mesmo na discussão rápida em sala de aula, angustiante para alguns deles, a maioria estava atenta e participativa. E sobre o aprendizado dos conteúdos conceituais, procedimentais, atitudinais? Não sei responder com segurança. Fiz anotações de alguns indicadores de alfabetização científica no decorrer da discussão. Mas será que todos aprenderam ou somente aqueles mais participativos e comunicativos? A ausência do texto escrito pelos alunos dificulta

não somente a avaliação das aquisições pelo professor como, inclusive, a reflexão deles próprios sobre seus saberes e não saberes.

Atualmente, sempre que possível, busco adaptar atividades aos fundamentos do EnCI na minha prática docente. Ainda que não seja uma atividade de caráter investigativa em sua totalidade, as bases podem ser utilizadas no cotidiano escolar. Por exemplo, a contextualização da proposta para fazer sentido, motivar e instigar os estudantes, a abertura para a exposição das experiências que trazem sobre o tema, a mediação mais marcada em lugar da professora que sempre “saca” uma resposta para toda e qualquer pergunta que “pipoca”, a sistematização das construções realizadas, o trabalho coletivo, entre outros.

Uma última e mais atual experiência que gostaria de compartilhar rapidamente para não cansar o leitor, e na qual insisto porque julgo importante, é o entendimento de que o EnCI deve ser ampliado no cotidiano escolar, no entanto, com cautela e evitando distorções.

Recentemente me reuni com a direção da instituição de educação que leciono. Estava em pauta minhas “aulas práticas”. Na conversa, uma das minhas interlocutoras disse algo assim: entendo que seja importante os experimentos que vocês das ciências fazem, mas uma aula para introdução, outra para experimentos e outra para discussão e conclusão não dá. O cronograma da escola é apertado, são muitos os conteúdos previstos. Nessa fala ficam evidentes o engano relativo à constituição de uma aula prática e a negativa quanto a implementação da minha sequência didática investigativa.

Não sei concretamente de onde saiu essa seriação de uma aula prática, nem o “molde”, mas imagino que seja pela ideia equivocada que há sobre a prática das ciências nas escolas e a prática da ciência na academia. Essa fala remete a um protocolo rígido da atividade científica onde há um abordagem introdutória, seguida de um experimento para comprovar a teoria, discussão e conclusão. Sobre isso cabe dizer que nem toda aula prática segue a seriação descrita, é providencial esclarecer ainda que nem toda atividade investigativa deve ser exclusivamente prática ou de laboratório e que nem toda aula prática, mesmo que de laboratório, necessariamente é investigativa. Por fim, as situações de aprendizagens científicas podem distanciar desse modelo em que se inicia por uma aula teórica, seguida de uma aula prática de modo a confirmar a teoria.

O discurso relatado apresenta outro ponto importante, a preocupação com o cronograma escolar e que merece ser destacada, especialmente quando o tema é o EnCI. A atividade investigativa requer sim maior tempo para desenvolvê-la, muitas vezes, o que demanda organização estratégica do professor e o entendimento da impossibilidade de ensinar todo o conteúdo curricular por meio dessa abordagem. A direção da escola estava correta, tempo importa e importa igualmente a adequação das abordagens didáticas à instituição, aos alunos e ao conteúdo científico a ser trabalhado. Por isso, pensar em múltiplas abordagens é sempre um caminho acertado.

Parece longe de estar claro o entendimento sobre a natureza da ciência e a ciência na escola, bem como o ensino investigativo na educação básica. O EnCI é complexo, como é complexa a natureza da educação, mas totalmente necessário e possível. Uma pitada de curiosidade, outra de coragem e tempo de estudo são bons “temperos” para enfrentar esse desconhecido. É cômodo permanecer com as mesmas práticas, mas ninguém cresce fazendo sempre as mesmas coisas e do mesmo jeito. Assim, o EnCI, posso dizer, oportuniza o aprendizado significativo dos alunos, mas, sobretudo, tem ensinado muito a mim mesma.

Ao final deste relato acerca do caminho percorrido (repleto de tropeços e reflexões) para construir o entendimento sobre EnCI (ainda em curso) e com maior fundamento teórico-metodológico que apresentamos neste trabalho, esperamos, sinceramente, que o meu colega do ensino das ciências se sinta mais familiarizado e encorajado a iniciar as experiências investigativas com seus alunos.

Finalmente, e em linhas gerais, para não deixar o colega sem uma ideia inicial, se for esse o caso, podemos então dizer que o EnCI é uma abordagem didática, apoiada nos princípios sociointeracionistas porque privilegia a autonomia, os conhecimentos prévios e as interações sociais como meio para se construir conhecimento pelo próprio estudante. Tem como objetivo a alfabetização científica gradativa o que requer um problema e uma questão de orientação científica, bem como os processos centrais do fazer científico como condição para responder à questão. No mundo repleto de saberes da ciência, ser alfabetizado cientificamente significa interagir com essa cultura ativamente facultando ao estudante o exercício pleno da cidadania.

REFERÊNCIAS

- ABD-EL-KHALICK, F, et al. Inquiry in Science Education: International Perspectives. Science
- AGUIAR JR., O.G. Módulo II – O planejamento de ensino. In: MINAS GERAIS, Projeto de Desenvolvimento Profissional de Educadores (PDP). Secretaria de Estado da Educação, Belo Horizonte: 2005.
- ANDRADE, G. T. B. Percursos históricos de ensinar ciências através de atividades investigativas. Ensaio: pesquisa em educação em ciências. UFMG. Belo Horizonte: v.13, n.1, 2011.
- Aplicativo Para Elaborar Mapas Conceituais. Cmap. Disponível em: <http://cmap.ihmc.us/>. Acesso em: 30 de julho de 2019.
- AULER, A. S.; MOURA, V.; ALT, L.; LEÃO, M. R. Cavernas da Serra do Espinhaço Meridional. 2015.
- AZEVEDO, N. H. et al. Ecologia na restinga: uma sequência didática argumentativa. São Paulo: PETRO BRAS : USP , IB, LabTrop/BioIn, 2014.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HAERPER, L. Ecologia: de indivíduos a ecossistemas. 4.ed. Artemed. 2007.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HAERPER, L. Fundamentos em Ecologia. 3a. Edição. Artmed. 2010.
- BERBERT-BORN, M. 2002. Carste de Lagoa Santa, MG - Berço da paleontologia e da espeleologia brasileira. In: Schobbenhaus,C.; Campos, D.A. ; Queiroz,E.T.; Winge,M.; Berbert Born,M.L.C. (Edits.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. 1. ed. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2002, v.01: 415-430.
- BOUROTTE, C. L. M. O Ciclo Da Água. In: Geologia[S.l: s.n.]. Licenciatura Em Ciências. USP/UNIVESP. 2014.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. 2018.
- BRICCIA, V. Sobre a Natureza da Ciência e o Ensino. In: CARVALHO, A.M.P. (org.). Ensino De Ciências Por Investigação: Condições Para Implementação Em Sala De Aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CAPECCHI, M. C. V. de M. Problematização no ensino de Ciências. In: CARVALHO, A.M.P. (org.). Ensino De Ciências Por Investigação: Condições Para Implementação Em Sala De Aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. RBPEC 18(3), 765–794. Dezembro, 2018.

CORREIA, P. R. M.; CICUTO, C. A. T.; ROCHA, R. L.; PEREIRA, A. O. Quais São Os Aspectos Críticos Para Elaboração De Bons Mapas Conceituais? VII Encontro Paulista De Pesquisa Em Ensino De Química, 2013.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos. Editora Cortez. 2002.

CRUZ, D. D. da. Ecologia. Editora da UFPB. Curso De Licenciatura Em Ciências Biológicas À Distância. Universidade Federal Da Paraíba. 2015.

DEWEY, J. Últimos Escritos, 1925 - 1953. Arte Como Experiência. Organização: Jo Ann Boydston. Editora De Texto: Harriet Furst Simon. Introdução: Abraham Kaplan. Tradução: Vera Ribeiro. Editora Martins Fontes. 2019. Education, v. 88, n. 3, p. 397-419, 2004.

FERRARI, M. As Várias Direções do Conhecimento. Humanidades. Pesquisa FAPESP. 2014.

FIGUEIRA, et al. The Waterbirds And Dynamics Of Lagoa Santa Karst Temporary Lakes. Chapter 5. Lagoa Santa Karst. Auler A. e Pessoa P. (eds). Springer. 2019.

FORD, D. Cave & Karst Research: A Brief Review Of Thought McMaster University Canada. Before the 18 th Century 'Age of Enlightenment ' much was written about caves and karst in the. Disponível em <https://www.slideserve.com/zanthe/cave-karst-research-a-brief-review-of-thought-1880-1960>. Acesso em 14 de maio de 2019.

FREIRE, P. Pedagogia do Oprimido. 50. ed. rev. e atual.: Paz e Terra. 2011.

FURLANETTO; B. H. Paisagem sonora do Boi de Mamão paranaense: uma geografia emocional. Ed. UFPR. 2017.

HODSON, D. Departamento de Educação. Universidade de Auckland. Publicado em: Educational Philosophy and Theory, 20, 53 - 66, 1988. Tradução, para estudo, de Paulo A. Porto.

IBAMA. Meio Biótico, vol II. IBAMA/CPRM. 1998b.

IBAMA. Meio Físico, vol I. IBAMA/CPRM. 1998a.

IBAMA. Patrimônio Espeleológico, Histórico e Cultural, vol III. IBAMA/CPRM. 1998c.

KARMANN, I. Ciclo Da Água, Água Subterrânea E Sua Ação Geológica. In: Decifrando A Terra[S.l: s.n.], p. 113-138, 2000.

KRASILCHICK, M. As Duas Culturas E Um Segundo Olhar. In: Tendências Na Educação De Ciências. Em Aberto. Ano 11. No 55. 1992.

Lagoa Santa. Gruta da Lapinha. Disponível em: <http://www.lagoasanta.com.br/gruta>. Acesso em 13 de maio de 2019.

LEONEL, M. C. Guimarães Rosa: Magma e a gênese da obra. Ed. UNESP. 2000.

LINO, C. F.; ALLIEVI, J. Cavernas Brasileiras. São Paulo: Melhoramentos, 1980.

MAGALHÃES, M.; GOMES, A.; LOBATO, D. W. Uso de Mapas Conceituais no Ambiente Escolar. Cartilha para o Professor. Mestrado em Ensino de Ciências. Disponível em: http://www1.pucminas.br/imagedb/documento/DOC_DSC_NOME_ARQUI20160317142256.pdf. Acesso em: 19 de julho de 2019.

Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico.html>. Acesso em: 14 de maio de 2019
MOREIRA, T. T. Estética, ética e literatura. Cadernos Cespuc. N22. 2013.

MILLAR, R. Um Currículo De Ciências Voltado Para A Compreensão Por Todos. Towards A Science Curriculum For Public Understanding. Ensaio. Vol 5. Nº 2. 2003.

MUNFORD, D; LIMA, M.E.C.C. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? Ensaio: pesquisa em educação em ciências. UFMG. Belo Horizonte: v.9, n.1, 2007.

NEVES. W. A. et al. Os Povos de Lagoa Santa. Projeto Origens E Microevolução Do Homem Na América: Uma Abordagem Paleoantropológica. Revista FAPESP. Edição 247. 2016.

NOBREGA, P. F. The Waterbirds And Dynamics Of Lagoa Santa Karst Temporary Lakes. Chapter 5, Lagoa Santa Karst. Auler A. e Pessoa P. (eds). Springer. 2019.

NÓBREGA, P. F. A. de. FIGUEIRA, J. E. C. Aves Aquáticas Da Área De Proteção Ambiental Carste De Lagoa Santa: Ecologia E Conservação. Tese de doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais. 2015.

NUNES, A. I. B. L.; ROSEMARY, N. S. Psicologia Da Aprendizagem. 3ª Edição. Editora da Universidade Estadual do Ceará – EdUECE. 2015.

PEDASTE, M. et al. Review. Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. Elsevier. Educational Research Review 14 (2015) 47–61.

PEREIRA, G. V. Relatório da Análise de Fragilidade Física dos Espeleotemas em Grutas da APA Carste de Lagoa Santa/MG, elaborado. Consultor técnico, Geólogo - CECAV/IBAMA. 2007.

PILÓ, L. B. Revista Brasileira de Geomorfologia. Volume 1. N.1. 2000.

POLYDORO, S. A. J.; AZZI, R. G. Autorregulação Da Aprendizagem Na Perspectiva Da Teoria Sociocognitiva: Introduzindo Modelos De Investigação E Intervenção. Psic. Da Ed. 29. 2009.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. Aprendizagem E O Ensino De Ciências: Do Conhecimento Cotidiano Ao Conhecimento Científico. Tradução Naila Freitas. 5ª Edição. Artmed. 2009.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. Biologia Da Conservação. Editora Planta. 2001.

Psicologia da Aprendizagem - Aula 13 - O que são mapas conceituais? Univesp, 2015. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=aF0UblDn1Eg&list=PLxI8Can9yAHeU13jz2ZP8d5YBwuOK7AHS&index=14&t=0s>. Acesso em: 30 de julho de 2019.

Psicologia da Aprendizagem - Aula 14 - Como elaborar bons mapas conceituais. Univesp, 2015. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=UQ4Zdk5QuBk&t=1s>. Acesso em: 30 de julho de 2019.

Ramsar Information Sheet. RIS for Site no. 2306, Lund Warming, Brazil. 2017. Disponível em: <https://rsis.ramsar.org/ris/2306>. Acesso em: 5 de julho de 2019.

RIBEIRO, S. R. Interdisciplinaridade Por Meio Da Concepção De Ciclo Da Água Em Uma Bacia De Drenagem De Campinas. Dissertação. UNICAMP. 2007.

RICKLEFS, R. E. A Economia da Natureza - 6ª Ed. Guanabara Koogan. 2010

ROSA, J. G. Magma. Ed. Nova Fronteira. 1997.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. de. Alfabetização Científica: Uma Revisão Bibliográfica. Investigações em Ensino de Ciências – V16(1). 2011.

SASSERON, L.H. Alfabetização Científica, Ensino Por Investigação E Argumentação: Relações Entre Ciências Da Natureza E Escola. Revista Ensaio. Belo Horizonte. v.17 n.especial. 2015.

SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. Estudos Avançados 32 (94), 2018.

SCARPA, D. L.; SILVA, M. B. A Biologia e o ensino de Ciências por Investigação: dificuldades e possibilidades. In: CARVALHO, A.M.P. (org.). Ensino De Ciências Por Investigação: Condições Para Implementação Em Sala De Aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

SCARPA, D. L.; URSI, S. Ensino de Ciências por investigação: sequência didática “Enigma do Costão Rochoso” / São Paulo: Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2016.

SILVEIRA JÚNIOR, C. da; LIMA, CAIXETA DE CASTRO, M. E.; HORTA, M. A. Leitura Em Sala De Aula De Ciências Como Uma Prática Social Dialógica E Pedagógica. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, vol. 17, núm. 3. pp. 633-656. 2015.

TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. Ensino Por Investigação: Eixos Organizadores Para Sequências De Ensino De Biologia. Revista Ensaio. V.17. n.especial. 2015. UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. UNESCO Science Report. 2005.

TUNDISI, J. G. Recursos Hídricos No Futuro: Problemas E Soluções. Estudos Avançados 22 (63), 2008.

WMO – World Meteorological Organization. Climate, Carbon and Coral Reefs. No 1063. 2010.

ZABALA, A. A prática educativa: como ensinar. Artmed. 1998.

ZOMPERO, A.F.; LABURÚ, C.E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. Ensaio: pesquisa em educação em ciências. UFMG. Belo Horizonte: v.13, n.3, 2011.