

Ensino de Química: busca de saberes que contemplem um novo currículo para entender uma dinâmica natural

Teaching of Chemistry: seeking knowledge for curricular innovation to comprehend natural processes

Silvana M.C. Zanini

Professora de Química. Rede pública de ensino do Estado de São Paulo.
Mestre em Ensino e História de Ciências da Terra pelo IG Unicamp.

marsilzan@yahoo.com.br

Pedro Wagner Gonçalves

Instituto de Geociências – Unicamp – *pedrog@ige.unicamp.br*

Resumo

Esta pesquisa realizada em ambiente de Educação de Jovens e Adultos pretende desenvolver aprendizagem de Química por meio de inovação curricular que, aplicada e analisada, trouxe perspectivas de ensino de Química contextualizado por meio do ambiente terrestre. Conteúdos abordados foram organizados para entender um tema sócio-ambiental e que teve como ponto de partida a história de moradores da cidade de Cajamar (SP), que tiveram suas casas destruídas ou danificadas devido à exploração de água do aquífero cárstico. O estudo termodinâmico do fenômeno de dissolução e precipitação do carbonato de cálcio aclarou a dinâmica natural e possibilitou debates sobre o colapso das casas. O contexto estudado (Terra) e as estratégias utilizadas na construção e aplicação da inovação curricular possibilitaram explorar aspectos que dizem respeito ao sistema Terra. Diálogos ocorridos compuseram a metodologia de ensino, permitiram a participação dos alunos no processo de ensino-aprendizagem e serviram de fonte de dados para pesquisa.

Palavras Chave: Ensino de Química, Ensino de Geociências, EJA, Pesquisa Qualitativa, Currículo.

ABSTRACT

This Adult Education research project sought to innovate the curriculum of Chemistry. Applied and previously-evaluated innovations to the field of terrestrial environments brought about new perspectives to the teaching of Chemistry. Contents were organized in order for a social and environmental issue to be understood. The issue was chosen to attract Adult students. The houses of people in the city of Cajamar (in the Brazilian state of São Paulo) were destroyed or damaged

by excessive exploration of a karst groundwater. The study of the thermodynamics of the dissolution and precipitation of calcium carbonate was chosen to bring light to the concept of natural processes and encourage a debate on what lead the houses to collapse. The interest of students on the field (the Earth) and the strategies employed in developing and applying these innovations facilitated examining Earth-related issues, such as dynamics, complexity, flows and exchanges of matter and energy. Dialoguing with students was part of the teaching methods and allowed students to participate, which provided information for the research.

Key words: Teaching of Chemistry; Teaching of Geosciences; Adult Education; Qualitative Research; Curriculum.

Introdução

Este trabalho expõe o resultado de pesquisa qualitativa conduzida para descrever a trajetória curricular de ensino de Química realizado em uma escola pública de educação de jovens e adultos (EJA). O estudo foi feito pela própria professora de Química em área urbana do interior do Estado de São Paulo com um grupo de alunos trabalhadores.

Uma inovação curricular foi construída a partir de temática de interesse social relativa ao estudo do planeta. Os tópicos de Química são contextualizados no ambiente natural e servem para explicar, em um nível mais profundo e mais abstrato, a problemática levantada.

A estratégia desencadeada trouxe perspectivas de Ensino de Ciências para promover o aprendizado dos alunos da EJA.

A experiência vivida pelos moradores propiciou desenvolvimento de senso crítico diante do problema. A problemática social e geológica despertou o interesse dos alunos pelo contexto ambiental e desencadeou conhecimentos sobre o funcionamento da Terra.

Justificativa

Não se trata de aclarar o imbricado confronto entre o movimento de educação em ciência, tecnologia e sociedade (CTS) diante da alternativa de estudos sócio científicos (ESS), ou mesmo tomar partido de um ou de outro. Assinalamos, apenas, que ambos enfatizam a importância de conduzir os estudantes a refletir e argumentar sobre dilemas morais e éticos entrecruzados aos tópicos tratados pelo conhecimento científico (maiores detalhes sobre essas diferenças podem ser encontrados em Zeidler et al. 1995 e 2009; Membiela 2001; Santos e Mortimer 2001).

Nosso caminho privilegia partir de problemas sociais, econômicos e morais que se desenvolvem na interface natureza e sociedade para explorar problemas relevantes para os alunos que possam ser parcialmente aclarados por meio do conhecimento científico.

A interação da cultura do aluno com a cultura universal é tema polêmico no campo educacional: qual a natureza de seus nexos? Deve-se equilibrar ou privilegiar a cultura do aluno diante da universal? O tópico claramente clivava pensadores como Demerval Saviani, Moacir Gadotti e Paulo Freire no início da década de 1980. Examinando a controvérsia a partir do presente, ponderando argumentos de James Beane e Michael Apple, constatamos que as escolas acham-se permeáveis a diversos aspectos da cultura e muitas vezes perdem o foco de que é preciso ensinar algo que os alunos não podem adquirir ambientalmente. Moreira (2007) ao analisar o processo de construção curricular adverte que os focos na criança e na cultura, "ainda que indispensáveis, são insuficientes. [...] Não basta abrir a escola a diversas manifestações culturais e não basta ampliar os tempos culturais no currículo. Há que se voltar a considerar mais

rigorosamente os processos de selecionar, organizar e sistematizar os conhecimentos a serem ensinados e aprendidos na escola (p. 287). Em outro momento Moreira (2005) argumenta ser possível fazer análises criativas das práticas educacionais, bem como formular práticas criativas. De nosso ponto de vista, isso se aproxima do que Beane (2003) chamou de *integração curricular*, voltada para construir escolas democráticas.

Para Moreira e Candau (2007) o conhecimento escolar é concebido como “uma construção específica da esfera educativa, não uma mera simplificação de conhecimentos produzidos fora da escola” (p. 22). É um tipo de conhecimento “produzido pelo sistema escolar e pelo contexto social e econômico mais amplo”. Assim para o autor o conhecimento escolar é produzido a partir dos conhecimentos gerados nos âmbitos de referência, que por ele são destacados, como: universidades e centros de pesquisa, mundo do trabalho, atividades desportivas, desenvolvimentos tecnológicos, produções artísticas, movimentos sociais entre outros. (p. 22).

Estudos relativos a ensinar Ciências da Terra, bem como análises históricas e filosóficas desse campo de conhecimento revelam que podem ser estabelecidos nexos entre diferentes ciências naturais e sociais por meio do estudo de situações problemas geológicos. O desenvolvimento de certa região e limites comuns tais como suprimento de água, impactos ambientais, contaminação de solos, erosão acelerada, podem ser tratados no âmbito das ciências da Terra; estudos desse tipo são enfatizados pela abordagem de ciência, tecnologia e sociedade no âmbito do ensino de Ciências e de Geociências (p.ex., Hurd 1998 ou Bezzi 1999). Ora, é necessário assinalar que isso se aproxima de certo tipo de contextualização que implica interdisciplinaridade estabelecida em torno da ideia de ambiente.

Nos limites desta pesquisa, examinamos inovação curricular realizada no âmbito de uma escola para jovens e adultos dentro da disciplina Química. O fato mais significativo foi buscar dar sentido aos estudos da solubilidade sob o enfoque da termodinâmica a partir de um fenômeno da natureza investigado sob a perspectiva geológica e como essa estratégia pode ser relevante para efetivar aprendizagens nos alunos da EJA. Por que houve tal opção?

Em primeiro lugar, buscou-se enfrentar a concepção banal de natureza vista como fonte de catástrofes ou alvo da destruição humana. Defendemos que é preciso ajudar os alunos a terem uma visão mais integrada das relações homem-natureza.

Em segundo lugar, diversos autores enfatizam a importância de tratar os tópicos de Ciências mostrando seus vínculos com aspectos da vida das pessoas (Solbes e Vilches 2004, Vazquez-Alonso et al. 2005, etc.) e isso conduziu à decisão de pôr no centro do debate o *problema da habitação*. Izquierdo (2005) defende a dimensão humanista do que ensinar em Ciências e isso conduz a mostrar o sentido geral ou profundo da realidade em que o aluno acha-se inserido.

De certo modo, Orion (2009) complementa essa perspectiva humanista de formação dos alunos e busca demonstrar que se encontra vinculada à alfabetização científica e ambiental, um processo progressivo de desenvolvimento de habilidades cognitivas para compreender o mundo a nossa volta. Tal construção põe a Terra no centro que articula distintos conhecimentos científicos e técnicos. Essa ideia não é uma novidade, Cuello (1988) já assinalava o caráter integrador da Geologia entre as demais ciências do ensino básico.

A partir da necessidade de tratar a complexidade e dar sentido ao que é ensinado nas escolas, Morin (2002) defende que as Ciências da Terra possuem o potencial de ser poli ou transdisciplinares porque seu objeto não é um setor ou uma parcela, ao invés disso é um sistema complexo que forma um todo organizador.

Entendemos, ainda, que a iniciativa de ensinar Química a partir de problemas da Terra e da natureza para investigar como os alunos interagem e mudam suas ideias aproxima-se das

preocupações de Lewis e Baker (2010): trata-se de pesquisa que contribui para inovar os métodos de investigação da Educação em Ciências da Terra.

Portanto, o objetivo principal deste trabalho é descrever e analisar o processo de diferenciação de conhecimento na construção do conhecimento escolar, estabelecido por uma professora de Química em interação com alunos adultos, a partir de inovação curricular de ensino de Química.

Resultados

A inovação Curricular

A pesquisa pretendeu desenvolver aprendizagem de Química por meio de inovação curricular que, aplicada e analisada, trouxe perspectivas de ensino de Química contextualizado por meio do ambiente terrestre. Conteúdos abordados foram organizados para entender um tema sócio-ambiental. O tema escolhido, com o propósito de despertar o interesse dos alunos da EJA, teve como ponto de partida a história de moradores da cidade de Cajamar (SP), que tiveram suas casas destruídas ou danificadas devido à exploração excessiva de água do aquífero cárstico. O estudo termodinâmico do fenômeno de dissolução e precipitação do carbonato de cálcio foi escolhido para aclarar a dinâmica natural e possibilitar debates sobre as causas que levaram ao colapso das casas.

A inovação curricular foi dividida em etapas. A primeira descreve o colapso do carste¹ coberto e o desenvolvimento da dolina², fato ocorrido em Cajamar (SP) no ano de 1986 (baseada no trabalho de Prandini et al. 1987). A segunda por meio de atividades, leituras e experimentos desenvolve o modelo da termodinâmica relativa ao comportamento do carbonato de cálcio (solubilidade de gases e sólidos). Explorou as transformações químicas que ocorrem na caverna para por em evidência os aspectos dinâmicos dos processos endotérmicos e exotérmicos.

Procedimentos experimentais seguiram as indicações de Farias e Pinto (2005) para compreender transformações da natureza que envolvem carbonato de cálcio. Incluiu trocas de matéria e energia em estados estacionários característicos de sistemas abertos e o favorecimento em funções de variáveis como pH, mudança de temperatura e pressão.

A terceira etapa visou comparar o aquífero de Cajamar e a superexploração de água do aquífero cárstico de Almirante Tamandaré (Estado do Paraná).

Contexto da inovação curricular

A inovação curricular ocorreu em 2009 em uma escola estadual de cidade do interior do paulista para estudantes jovens e adultos do ensino médio, no componente curricular de Química. Partiu-se da hipótese de que o déficit habitacional atinge os adultos e, em virtude disso, aclarar um problema habitacional permitiria ao aluno expressar-se diante de uma problemática sensível para os trabalhadores. À medida que os conhecimentos químicos avançam para aclarar o evento, argumentos em torno do ocorrido tomam uma dimensão mais sistêmica envolvendo aspectos sociais, políticos, econômicos e culturais.

¹ Carste- Karst ou Cárstico – Relevo desenvolvido em região calcária, devido ao trabalho de dissolução pelas águas subterrâneas e superficiais. Caracteriza-se pela ocorrência de dolinas e cavernas. Sistema que se caracteriza por conter um relevo especial, presença de grutas e cavernas e um modo especial de circulação de água subterrânea.

² Dolina- Depressão na forma de funil, própria das regiões calcárias. Leinz, Viktor, Leonardos O.H. Glossário Geológico, 1977. Companhia Editora Nacional-SP, p.63.

A inovação foi aplicada a seis alunos com idades que variam de 34 a 48 anos. Cinco deles são trabalhadores: motorista de ônibus, de caminhão; operador de máquina; mecânico-eletricista; profissional autônomo de informática. Um dos participantes era deficiente visual, atualmente é estudante apesar de já ter trabalhado como frentista e músico profissional.

Os participantes escolhidos haviam mostrado curiosidade pela Química e pelo ambiente. Apresentaram um perfil de interação com os conteúdos da ciência e tecnologia compatível para aplicar a inovação curricular.

Procedimentos Metodológicos da Pesquisa

Os procedimentos adotados para interpretar o desenvolvimento do currículo e a interação com os alunos seguiram sugestões e técnicas indicadas por Bogdan e Biklen (1982). Aulas bem como diálogos ocorridos foram gravados e transcritos conforme é indicado para pesquisa social qualitativa. O trabalho contou com diversificado conjunto de técnicas para examinar dados: caderno de campo, fotografias de aulas, gravações de aulas dialogadas, exercícios e avaliação. O cruzamento desses instrumentos descreve a trajetória educacional que foi percorrida.

O material gerado serviu de fonte sobre a qual foram usados procedimentos indutivos para interpretar ligações que os alunos conseguiram fazer entre aspectos de sua vida, conceitos e explicações científicas.

O que foi encontrado na inovação?

A primeira etapa da inovação curricular compreendia a leitura da história do colapso de casas de Cajamar. A atividade prática iniciou o estudo das rochas, do movimento da matéria, da solubilidade. Essa parte continha alguns exercícios, atividade prática para detectar as propriedades de algumas rochas e minerais e uma atividade prática de solubilidade, além de uma pesquisa sobre o uso dos calcários. O aluno deveria tentar fazer alguns exercícios assinalados e depois havia atividades experimentais de rochas e minerais, de solubilidade e de calcários.

O Aluno A1 (motorista de ônibus intermunicipal, 48 anos), compareceu à escola depois de feita a leitura da história do desmoronamento de casas. Localizou a cidade com facilidade em mapa e contou que sabia do colapso por meio de noticiários da época exibidos na televisão. Relatou prontamente ao ser perguntado sobre o que ocorreu em Cajamar usando uma linguagem simples, sem termos técnicos, porém com o entendimento bem próximo à explicação do fenômeno:

A1: Eu entendi que houve um... Então eu até queria ver o que significava aquela peça lá, esqueci uma palavra... Eu entendi que caiu uma coisa bem grande e aí, digamos isso, uma coisa bem pesada [estava tentando falar sobre a formação da cratera, não sabendo bem como ocorreu]. Caiu ali, nisso puxou umas três casas e naquele choque que deu atingiu uma boa parte lá, até 400 metros de trincas nas casas [informação correta]. Mas levou umas três casas. Então, pelo que entendi, tinha um espaço lá embaixo. Por isso que ela desceu, né. Eu acho que é por falta de água mesmo. Porque fizeram um poço artesiano para servir de abastecimento de água da população. E aí ainda fizeram também uma fábrica de refrigerantes, que é muita água. E aí onde ficou vago aquele espaço e acho que achou [a terra] espaço para descer. E se não breicar, futuramente, pode continuar, pode ser outra coisa, aqui, em Cajamar, e até mesmo em outra cidade. Porque vai tirando a água.

Nota-se que o aluno, apenas com a leitura da história de Cajamar, pode fazer observações a respeito do evento. Entendeu que houve um problema agravado pela interferência humana (extração excessiva de água), ou seja, identificou um componente material (água) e seu fluxo – ponto de partida para fazer reflexões sistêmicas. Não entendeu o sistema geológico existente no local, mas identificou os componentes materiais envolvidos (caverna coberta). Neste momento,

começou a perceber o fluxo da matéria ocorrida no ambiente e os reservatórios de água envolvidos (pontos cruciais para compreender a dinâmica ambiental da natureza e poder caracterizar como a natureza funciona e os responsáveis imediatos do colapso do carste coberto).

A professora explicou a atividade aos alunos A3 (motorista de caminhão, 40 anos) e A4 (operador de máquina, 34 anos), que estavam juntos na escola naquele momento e em seguida, sabendo que os alunos já haviam lido a história de Cajamar, perguntou:

P: E a história de Cajamar, o que vocês acharam?

A3: A história de Cajamar eu acompanhei alguma coisa pela TV. Interessante as autoridades, com relação às providências a serem tomadas, com os avisos que a natureza deram para eles, rompimento como trincas de casas, fontes e outros. Era para se ter feito um estudo na área da Geologia, que os geólogos estudam na movimentação da Terra. Acho que as autoridades deixaram muito a desejar como no caso de Santa Catarina, no sul [de fato se referia a Curitiba], eles já fizeram acompanhamento diferenciado, entraram no processo de retirada da água, viram as coisas que começaram a acontecer e pararam, de modo que não afetasse o solo, mantendo uma distância segura para não afetar a população.

A4: Não, mas é interessante, tem vários avisos, não tem como eles [os geólogos] fazerem estudos mais profundos para detectar isso aí, antes dos avisos?

P: É.

A4: Quer dizer, os avisos eles...

A3: A tragédia dá pra deter, né?

A4: [...] Poderia fazer muito mais. Ou então pouco depois, né.

A3: E os próprios estudos, né. Vários lugares tão fazendo casas, né. Hoje mesmo eu tava trabalhando com o caminhão e fui fazer a entrega numa casa, lá no Jardim Chapadão. É uma casa construída sob um aterro, onde é uma área de manancial, [...]. A casa foi feita numa base fraca e começou a afundar [...].

A história desse desmoronamento de casas já era conhecida por A3 e ele manifestou sua indignação com a atitude das autoridades e comparou o ocorrido na Região Metropolitana de Curitiba pois já havia lido o relato da terceira etapa. O assunto moradia chamou a atenção desse aluno. Relatou outro caso de construção de casas. A4 demonstrou sua indignação e fez um comentário a respeito do alcance da área geológica na detecção prévia desses acidentes.

A professora chamou atenção para Cajamar, a necessidade de conhecimento do local e da responsabilidade por parte dos órgãos públicos. E o aluno A3 afirmou:

A3: Essa é a questão. Falta muito... Porque eles agem na prefeitura, o departamento de água, eles estudam [querendo dizer que o departamento de água da prefeitura, tem conhecimento e atuação sobre o assunto].

P: Ah... Com certeza. A empresa de saneamento tirava água dali. Um estudo ela deve ter feito. Um órgão desses sabia né?

A3: Eles tavam ganhando água, eles viram [...] retirada natural da água [...]. A partir do momento que eles começaram a retirar a água, tanto do saneamento da cidade quanto da empresa particular de refrigerante lá... Quer dizer, eles viram que alguma coisa que lá, alguma coisa começou a mudar.

A4: Faltar água, no caso lá.

A3: É. Começou a faltar água.

P: O problema é... Tirou de baixo [a água subterrânea]. Tem ligação [entre a água interna e externa].

A3: A [água] de cima desce.

P: Na natureza as coisas estão ligadas e as trocas entre elas são constantes.

A3: A movimentação é constante, né?

P: Vocês viram falar aí, um pouco da história, do período de retirada de água, em que a coca cola [fábrica] se instalou? O que vocês acharam? Foi num plano desses, né? Vocês leram?

A3: Isso. Foi na época do plano... da estabilização da economia, plano real [...] durante um período.

P: Plano Cruzado. Congelou, aí...

A3: Congelou por um ano. Teve aumento de salário. Aumentaram os fiscais... Aumentou o consumo.

P: Foi uma febre, né?

A3: Todo mundo correu para gastar [...]. Todo mundo.

P: O consumo aumentou e a empresa se instalou no local. A água, dizem, que é muito boa lá. Eu entrevistei um rapazinho que mora na rua do buraco...

A3: Em Cajamar?

P: É. Ele falou que muita gente vai à cidade atraída pela fama de boa água da região, águas das fontes.

A3: É porque geralmente as fábricas de bebidas se instalam em regiões com água de boa qualidade. Eles fazem uma pesquisa [...]. A grande vantagem dos rios de Jaguariúna [cidade onde a fábrica se instalou]. Eu me lembro quando a Antártica [fábrica de bebida] veio para a região de Jaguariúna [...]. Eles fizeram um levantamento na região e a melhor água foi a de Jaguariúna. Por isso eles se instalaram lá.

P: Pra procurar água boa e com fartura.

A4: [...] Aí eles se esqueceram do outro lado.

A3: Geralmente quando as fábricas se instalam elas procuram o lado [o interesse] delas. [...] Aí elas não tem como [interesse] em pesquisar melhor.

A4: Ir a fundo, da onde [tirar a água], né?

A3: Em relação ao que tem de impacto ambiental.

A4: Quantidade que pode tirar.

P: Vocês acharam que alguém, no caso, se responsabilizou pela extração?

A3 e A4: Ninguém.

P: Então o rapaz que eu entrevistei [morador da rua do buraco] falou que a primeira atitude [das autoridades] foi evacuar a cidade, a polícia cercou [a região]. A segunda providência, os moradores desses locais se mudaram para as escolas. Ficaram quatro meses instalados em escolas. Depois o governo federal prometeu uma área para eles.

A3: Uma área mais estável.

P: Então até hoje nada aconteceu. Eles voltaram para suas casas. Ele ficou com uma trinca enorme em sua casa em consequência desses...

A3: Hoje em dia é tudo normal?

P: Normal.

A3: Tampou tudo, não estou vendo, agora danou tudo. Eu passei por lá esses tempos.

Nos diálogos acima são debatidos as responsabilidades dos órgãos públicos e privados pela retirada de água. É resgatado o contexto histórico do período do acidente. A3 chamou a atenção para as necessidades e interesses desse tipo de fábrica e contextualizou com relatos de outra fábrica de bebida instalada na cidade de Jaguariúna (SP). A professora lembrou a situação atual dos moradores e o aluno comentou que local foi tampado. As interações entre a matéria no ambiente e as constantes trocas realizadas foram contempladas no diálogo. Essa explicação do comportamento da matéria ajuda a explicar as causas do desmoronamento ocorrido em Cajamar. A professora continuou o debate:

P: Precisa ver se os moradores sabem de tudo isso que a gente tá estudando, se eles sabem disso.

A3: É mais tem muita gente, pessoas leigas no assunto, e o que é que eles fazem? Até porque eles acham que não vai acontecer, e tá tudo bem, não procura [a pessoa] se informar daquilo que tá acontecendo em volta. E daí vai... nós temos essa mania. Aconteceu alguma coisa, baixou a poeira, tá firme, não se preocupa.

O aluno demonstrou seu descrédito na capacidade das pessoas aprofundarem o problema para encontrarem uma solução mais adequada.

Quanto à responsabilidade dos órgãos envolvidos no problema, o aluno A5 (mecânico/eletricista, 42 anos), respondeu a questão solicitada na terceira etapa da inovação curricular da seguinte forma: *Os três órgãos acima citados são responsáveis pois pensaram apenas no lucro obtido pela retirada de água, sem pensar nos riscos.* Criticou, em sua resposta, a retirada dos recursos de forma insegura e gananciosa.

O aluno A6 (deficiente visual, 46 anos), respondeu a questão da seguinte forma: *A responsabilidade da prefeitura implica em investigar as causas e encontrar o verdadeiro motivo da catástrofe, não sendo de ordem natural deveria denunciar o culpado ou os culpados junto ao órgão competente. No tocante a companhia de água e a indústria de refrigerantes, deveria parar*

a extração de água até a conclusão da investigação. Sendo culpados, deveriam arcar com todos os prejuízos.

A resposta acima confirmou a posição segura do aluno na necessidade em apurar os verdadeiros motivos da catástrofe bem como arcar os prejuízos causados à população. A6 entendeu que ali existia um processo natural e que portanto precisava ser investigado para avaliar a interferência humana nesse processo e como isso implicaria nas responsabilidades civis. Todos os alunos reconheceram a intervenção humana na dinâmica natural.

O Aluno A2 demonstrou bastante interesse em assuntos envolvendo fenômenos naturais e contou que assiste frequentemente programas em canais pagos da TV sobre o assunto, com interesse por assuntos ligados a tecnologia.

A discussão a seguir é sobre as reações de formação do carbonato de cálcio dentro da caverna. A inovação curricular tratou de aclarar o evento ocorrido e utilizou o estudo termodinâmico das reações de dissolução e precipitação do carbonato de cálcio. A professora iniciou o diálogo:

P: Se tem um ambiente lá na caverna, né, maior espaço, saída de gás e também de maior energia. Ele vai favorecer a outra transformação. Essa transformação de voltar a ser carbonato de cálcio é favorecida pelo aumento da energia, entendeu?

A2: Entendi.

P: Então é uma reação o quê? Endotérmica ou exotérmica?

A2: Qual?

P: A da formação das estalagmites e estalactites. A solução lá com o gás dissolvido que tem cálcio, quando entra na caverna, vai formar o carbonato de cálcio.

A2: Ela é endotérmica, então?

O aluno respondeu corretamente porém ficou inseguro e a professora resolveu ampliar a discussão com um exemplo da Natureza.

P: Em águas mais quentes, você tem a formação de corais...

A2: É cálcio então aquilo ali?

P: É carbonato de cálcio precipitado.

A2: Alterou o processo mesmo.

P: O caminho da água... está chegando um monte de coisas, a água tem um monte de íons dissolvidos lá, tem íons de cálcio, de carbonato...

A2: É por isso que perto da costa forma mais recifes, não é professora? Com certeza, que tem contato mais direto com o continente.

P: Você tem energia também.

A2: Quando perto do continente, a água do mar fica mais quente. Uhm...

P: Água mais profunda, água mais fria... Águas geladas não têm formação de corais.

A2: É verdade. Só mesmo nas águas de regiões tropicais é que temos formação de corais. Nunca tinha pensado nisso. Isso é a prova do ciclo da água mesmo. Interessante...

P: Ela vai carregando coisas e conforme o ambiente que ela chega, as condições: temperatura, pressão, outros componentes, vai favorecendo um caminho ou outro [sentido da reação química ou sua reversão].

P: Tem lugar que é o contrário, em água mais fria, p.ex. tem mais ou menos gás dissolvido? Em água fria?

A2: Em águas frias, tem mais.

P: Então você tem uma dissolução maior de carbonato de cálcio.

A2: Ele não tem igual capacidade de se aglomerar como nas águas mais quentes.

P: Não, em águas mais quentes favorece a formação. Depende também de outros fatores, como pH. Mas um dos fatores é a energia.

A2: É o principal, ou é um dos... [fatores].

P: É um dos fatores. Porque essa reação também é favorecida em águas menos ácidas. Não adianta ter água quente e muito ácida, percebeu? Você tem um fator combatendo o outro. Então não vai adiantar.

A2: O que favorece?

P: Águas mais quentes, menos ácidas, básicas, pH de 10, p.ex., águas dos oceanos podem ter essas propriedades.

A2: A quantidade de sais dissolvidos na água também favorece?
A2: Em Recife, p.ex., o tipo de coral em uma região é diferente da outra.
P: Coral é sempre carbonato de cálcio, não é não?
A2: As cores são diferentes...
P: As cores dependem dos tipos de íons que estão na água.
P: Ficou mais consolidado esse conceito aqui?
A2: Ficou, ichiii.

Os exemplos de fenômenos cuja variação das condições ambientais interferem na solubilidade do carbonato de cálcio foram simplificadas para facilitar a compreensão da dinâmica do carste, mas, ao mesmo tempo, oferecem exemplos para ajudar a enfatizar os fatores predominantes que atuam nas cavernas de calcário.

Nesse diálogo, outro ambiente natural serviu para análise de fatores favoráveis à precipitação do carbonato de cálcio e enriqueceu o debate em torno dos conhecimentos químicos que estavam sendo estruturados pela dimensão ambiental, que é sistêmica, cíclica e realiza constantes trocas de matéria e energia, ou seja, a professora induziu o aluno a compreender a ideia de reversibilidade de reação como parte do raciocínio que leva em conta fluxos de energia. Compreender a reversibilidade da reação de carbonato de cálcio dependeu de identificar corpos materiais (reservatórios) e como se dá o fluxo de energia e matéria de um reservatório para outro.

No debate acima, o aluno expôs seu interesse e motivação pelo exemplo, trouxe perguntas e avaliou que o caminho conceitual ajudou-o na consolidação dos conceitos estudados.

Em um dos exercícios pede-se: “Pensando no maior espaço dentro da caverna, como esse fator favorece a reação de formação das estalactites e estalagmites? Pense nos estados de desordem e menor energia”, a resposta do aluno A5 (mecânico-eletricista) foi: *Com menor pressão, a solução fica menos ácida, menor dissolução dos gases, sendo assim, a solução recebe calor e libera $H_2O_{(g)}$ e $CO_{2(g)}$ e fica o carbonato de cálcio sólido.* O aluno analisa corretamente a interferência da pressão e temperatura presentes no ambiente da caverna e consegue acertar a dinâmica da reação química. O aluno precisou refletir na mudança das condições ambientais. Raciocinou corretamente sobre a pressão interferindo nas condições da reação. Em outros momentos, a pressão foi contemplada na discussão das causas do desmoronamento do teto da caverna, em função do desequilíbrio entre pressão atmosférica externa e interna à caverna. A5 citou o experimento do sulfato de cobre que serviu para ajudar a entender a entalpia das reações. Logo após a realização do experimento, o disse: *Então agora podemos olhar para as outras reações [contidas no roteiro da inovação curricular] e fazer o mesmo procedimento?* Ou seja, demonstrou compreender o conceito pois aplicou a qualquer reação química.

Como os alunos interagiram durante o percurso curricular desenvolvido?

Os alunos foram provocados pelo tema do colapso do carste coberto, recorreram e mobilizaram o conhecimento que possuíam sobre situações de vida. Alguns deles lembraram do que sabiam de Cajamar, de Curitiba ou de cavernas e corais. Os corais, como as cavernas, exibem condições específicas dependentes de múltiplos fatores que se interligam para sua manutenção. Compiani (2005) ressalta a importância da análise de múltiplos contextos para desenvolver a capacidade cognitiva e a tomada de decisão consciente e fundamentada dos alunos:

A contextualização é inseparável da cognição e da ação. É através do conhecimento de uma variedade comparável de contextos que se começa a entender similaridades e diferenças e, assim, pode-se antecipar o que acontecerá em situações similares e, diante de cada nova situação, estar mais apto para decisões e cada vez mais apto para as decisões criativas e com uma maior fundamentação prático-teórica (p. 16)

Os alunos interagiram com as explicações, enriqueceram os diálogos com perguntas que ajudaram a aprofundar o debate, mostraram-se satisfeitos com o aprendizado. O aprendizado ganhou contexto mais amplo, puderam ir além de estratégias restritas a experimentos de laboratório e buscou locais naturais conhecidos, admirados e que podem ser compreendidos de forma mais profunda, pelo acesso aos conhecimentos da ciência. Orion (2009) destaca a importância desse aprendizado, em que os tópicos de Física e Química, contextualizados pelo Sistema Terra, servem como ferramenta para compreender a ciência. Nessas abordagens, diferentes daquelas em que o currículo se organiza obedecendo a sequência de conteúdos, a organização se dá a partir de aprendizagens vivenciadas pela vida das pessoas.

O aprendizado dos conceitos da ciência nos contextos ambientais revelou-se importante em vários aspectos. Primeiro, como já dito, possibilitou efetivar o acesso a conhecimentos relevantes da ciência. A análise ambiental demandou o desenvolvimento de habilidades para dar conta da complexidade do ambiente em análises que integram conhecimentos de múltiplas ciências para a compreensão de seu funcionamento. Segundo Morin (2005), as Ciências da Terra, podem ultrapassar os limites analíticos para entender os sistemas complexos (p. 26-27).

Os diálogos descreveram algumas sequências de fenômenos e indicaram suas relações sistêmicas. Orion (2009) assinala que esse caminho que passa pelos fluxos e balanços da interação de energia e matéria ajudam a formar raciocínios que conduzem a tratar e argumentar de modo mais integrado e complexo o fenômeno. Essa abordagem, feita pela Ciência do Sistema Terra, é essencial para o Ensino de Ciência em que se contemple o tratamento das questões de sustentabilidade, quer regional, nacional ou global (segundo Johnson, 2006). Esse entendimento, que é interdisciplinar, confere amplitude e profundidade ao problema e apresenta perspectiva para conduzir o aluno a entender os múltiplos segmentos da sociedade envolvidos na tomada de decisão e de ações nas questões que envolvem o destino global.

Os diálogos indicam a integração de conceitos que habilitaram os alunos a re-examinar criticamente a situação natural utilizando conceitos centrais das transformações químicas - o que é sugerido por Morin (2002).

Em termos de conhecimentos químicos, o desenvolvimento propiciou construir nexos mais fortes entre aspectos específicos e temas estruturadores do ensino de Química. A ponte que interligou as noções foi voltar-se para a natureza, para a Terra e para o problema ambiental.

Houve oportunidade de formar juízo de valor sobre impactos e problemas ambientais apoiados em argumentos ponderados e construídos pelo caminho curricular que interligou conceitos químicos aos estudos da natureza. O debate provocado pela inovação curricular em torno das questões sociais/ambientais são importantes para constituir mudança nos modelos desenvolvimentistas e que só ocorrerá, segundo Piranha e Carneiro (2009, p. 135), quando a sociedade assumir compromisso de alterar suas práticas.

Conclusão

A trajetória curricular e a interação professora e alunos propiciou a manifestação de conhecimentos diferenciados: dos alunos e sua cultura para, a seguir, dialogar com o conhecimento escolar e ajudar os alunos a formar o conhecimento científico e universal (conhecimento poderoso).

O tema moradia foi adequado para os alunos da EJA. A aquisição de moradia própria é um objetivo almejado e os danos materiais e a perda de casas provocada pela intervenção humana na dinâmica natural, estimulou o debate com o envolvimento efetivo dos alunos e a perspectiva CTS mostrou-se adequada para o ensino.

O contexto ambiental e o conhecimento geológico foram essenciais para articular conceitos e dinâmicas químicos, bem como foram considerados positivos na visão dos alunos. A inovação curricular elaborada privilegiou a participação dos alunos e a reflexão exploração excessiva de água.

O modelo da termodinâmica ajudou a explicar reações de carbonato de cálcio e a importância desse conhecimento para compreender processos geológicos.

Conceitos de matéria, transformação e processo foram tratados a partir da Química para ajudar a elaborar ideias de fluxo, intercâmbio e sistema.

Referências bibliográficas

- BEANE, J.A. Integração curricular: a essência de uma escola democrática. **Currículo sem Fronteiras**, v.3, n.2, p.91-110, jul./dez. 2003.
- BEZZI, A. What is this thing called Geoscience? Epistemological dimensions elicited with the repertory grid and their implications for scientific literacy. **Science Education**, v.83, n.6, p.675-700, Nov. 1999.
- BOGDAN, R.C.; BIKLEN, S.K. **Qualitative research for education: an introduction to theory and methods**. Boston: Allyn and Bacon, 1982. 343p.
- COMPIANI, M. Geologia/Geociências no Ensino Fundamental e a formação de professores. **Revista do Instituto de Geociências – USP**. v. 3, p. 13-30, 2005.
- CUELLO GIJÓN, A. La Geología como área interdisciplinar. **Henares, Revista de Geología**. n.2, p. 367-387, 1988.
- HURD, P.D.H. Scientific literacy: new minds for a changing world. **Science Education**, v.82, n.3, p.407-416, Jun. 1998.
- IZQUIERDO, M. Hacia una teoría de los contenidos escolares. **Enseñanza de las Ciencias**, v.23, n.1, p.111-122, 2005.
- JOHNSON, D.R. Earth System Science: A Model for Teaching Science as State, Process and Understanding? **Jornal of Geoscience Education**, v. 54, n. 3, p. 202-207, 2006.
- LEWIS, E.B.; BAKER, D.R. A call for a new geoscience education research agenda. **Journal of Research in Science Teaching**, v.47, n.2, p.121-129, 2010.
- MEMBIELA, P. Una revisión del movimiento educativo ciencia-tecnología-sociedad. **Enseñanza de las Ciencias**, v.15, n.1, p.51-57, 1997.
- MOREIRA, A.F.B. Por que ter medo dos conteúdos? In: PEREIRA, M.Z. da C.; MOURA, A.P. (Org.). **Políticas e práticas curriculares: impasses, tendências e perspectivas**. João Pessoa: Idéia, 2005. p.11-42.
- MOREIRA, A.F.B.; CANDAU, V. Currículo, conhecimento e cultura. In: Beauchamp, J. et al. (Org.). **Indagações sobre Currículo**. Brasília: MEC, SEB, 2007. p.17-48.
- MORIN, E. **La cabeza bien puesta: repensar la reforma reformar el pensamiento**. Tradução por Paula Mahler. Buenos Aires: Ediciones Nueva Visión, 2002. 143p.
- ORION, N. Learning progression of system thinking skills from K-12 in context of earth systems: A summary of three independent studies of 4th, 8th and 12th grades students.

Simpósio de Pesquisa em Ensino e História de Ciências da Terra, 2, Simpósio Nacional o Ensino de Geologia no Brasil, 4. São Paulo (SP), Brasil, 2009. **Atas do...** p.1-29. (on Cd-rom).

PIRANHA, J. M; CARNEIRO, C. O ensino de geologia como instrumento formador de uma cultura de sustentabilidade. **Revista Brasileira de Geociências**, América do Norte, v. 39, set. 2009.

PRANDINI, F.L. et al. (1987). Cajamar – *carst* e urbanização: zoneamento de risco. *Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia*, 5. São Paulo. **Anais do...**, 2, 461-470.

SANTOS, W.L.P. dos; MORTIMER, E.F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência e Educação**, v.7, n.1, p.95-111, 2001.

SOLBES, J.; VILCHES, A. Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. **Enseñanza de las Ciencias**, v.22, n.3, p.337-348, 2004.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 2003. 108p.

VÁZQUEZ-ALONSO, Á. et al. Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.4, n.2, p.1-30, 2005.

ZEIDLER, D.L. et al. Beyond STS: a research-based framework for socioscientific issues education. **Science Education**, v.89, p.357-377, 2005.

ZEIDLER, D.L. et al. Advancing Reflective Judgment through Socioscientific Issues. **Journal of Research in Science Teaching**, v.46, n.1, p.74-101, 2009.

Agradecimentos

Os autores agradecem os alunos da EJA que foram sujeitos nesta pesquisa. Reconhecem, ainda, o apoio financeiro da Secretaria do Estadual de Educação do Estado de São Paulo.