

A Recursividade no Ensino de Química: Promoção de Aprendizagem e Desenvolvimento Cognitivo

Rafael Moreira Siqueira, Nilma Soares da Silva e Luiz Carlos Felizardo Júnior

O objetivo deste trabalho é avaliar a abordagem recursiva como ferramenta estruturadora de um currículo de química para o ensino médio. Foram realizadas observação e regência em uma turma de alunos de 3ª série do ensino médio em uma escola pública de Belo Horizonte, utilizando a abordagem recursiva para o tratamento dos conceitos de propriedades dos materiais no contexto das substâncias orgânicas. Verificou-se que a recursividade pode ser utilizada como um instrumento pedagógico efetivo no processo ensino-aprendizagem de novos conteúdos em química e em suas compreensões em níveis mais elaborados de complexidade. Algumas questões ainda persistem acerca do tema, que podem ser orientadoras de pesquisas para criação de maior quantidade de material referencial sobre o assunto.

► recursividade, ensino de Química, aprendizagem ◀

Recebido em 01/10/2010, aceito em 27/09/2011

230

O ensino de química no ensino médio no Brasil, em especial no estado de Minas Gerais, vem passando, ao longo dos últimos anos, por sensíveis mudanças e por novos projetos estruturadores curriculares, de maneira a abranger ao máximo as necessidades do ensino de ciências do mundo atual.

No Brasil, após a Segunda Guerra Mundial, houve uma exacerbação na influência norte-americana e no pensamento ocidental para a construção dos currículos que se apoiavam principalmente num pensamento tecnicista (Ricci, 2009), baseando-se em métodos, recursos e procedimentos. Esse pensamento tecnicista discutido por Ricci relaciona-se com a inclusão de disciplinas técnicas no ensino médio para a formação de profissionais para o trabalho, ocorrida em 1971. Tais inclusões se orientavam pela necessidade da resposta ao avanço tecnológico e do conhecimento científico e seria “*um plano para integrar a*

tecnologia aos conhecimentos científicos estudados no ensino médio, devido à grande aceleração industrial mundial” (Brasil, 1999).

Apesar das indicações do fracasso da inclusão de disciplinas técnicas e desse modelo de educação, somente após os anos 80 do século XX e especialmente nos anos 90, houve uma democratização do ensino e uma abordagem mais ligada à realidade do aluno e do contexto social, ocorrida especialmente após a Lei de Diretrizes e Bases (LDB/1996) que, ao menos em termos de leis e diretrizes oficiais, indicou um maior avanço para o campo do ensino de ciências. Além de tornar obrigatório o oferecimento do ensino médio pelo Estado, criava bases para o oferecimento

deste à luz da orientação de um ensino e de uma aprendizagem com maior caráter contextualizado e interdisciplinar. Rumava-se, assim, para maior integração dos conhecimentos à realidade e para uma formação mais completa, de caráter mais social e menos técnica (Brasil, 1999).

O ensino de ciências, ao longo dos anos, tem apresentado avanços como o afastamento das atividades de memorização e da fragmentação ainda muito presentes nos currículos do ensino médio do início do

século XX até os dias de hoje. São vários e amplamente divulgados no meio educacional os meios e as necessidades de superação dessas características, como em leis (LDB/96), em documentos de política educacional em nível nacional (Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN) e estadual (Conteúdo Básico

O ensino de ciências, ao longo dos anos, tem apresentado avanços como o afastamento das atividades de memorização e da fragmentação ainda muito presentes nos currículos do ensino médio do início do século XX até os dias de hoje.

A seção “Pesquisa em Ensino” inclui investigações sobre problemas no ensino de Química, com explicitação dos fundamentos teóricos e procedimentos metodológicos adotados na análise de resultados.

Comum – CBC – em Minas Gerais) (Minas Gerais, 2007), bem como em revistas e artigos sobre o tema (Química Nova na Escola, Revista Presença Pedagógica). No entanto, ainda assim, tais características permanecem como elementos estruturadores do ensino e dos currículos para vários profissionais da área e para muitas escolas.

No estado de Minas Gerais, houve, a partir de 2002, um movimento de inovação curricular no ensino fundamental e médio, no qual foram discutidas várias ideias e sugestões de grande parte da comunidade de professores e consultores. A partir dessas discussões, foi formulada uma série de documentos, todos de acordo com a filosofia de renovação curricular dos PCN (Brasil, 1999) e PCN+ (Brasil, 2002), tendo sido definidos conteúdos para o ensino de química no ensino médio em Minas Gerais, culminando no CBC (Minas Gerais, 2007). Com o CBC, foram apresentados conteúdos básicos comuns, considerados primordiais para a formação de um estudante em química no ensino médio. Esses conteúdos levam a um currículo que apresenta uma visão geral dessa disciplina aos alunos do ensino médio ainda no primeiro ano, formando, assim, uma base para o pensamento químico e, nos anos seguintes, os conceitos e os conteúdos são aprofundados em conteúdos complementares, de forma a propiciar aos estudantes outras ferramentas para a compreensão, interpretação e transformação da realidade.

A proposta curricular apresentada no CBC se organiza em torno de três eixos: materiais, modelos e energia. Estes se organizam em temas que, por conseguinte, são desdobrados em tópicos e habilidades e seus detalhes. A escolha dos eixos considera uma abordagem interdisciplinar com outras ciências como a biologia e a física e, além disso, contextualizada, porém sem se desvincular do objeto de estudo próprio da química, bem como sem se distanciar de seus específicos termos, linguagem etc. (Minas Gerais, 2007).

Essas características se adequam às propostas dos PCN vigentes e se juntam aos fundamentos apresentados como uma trilogia de adequação pedagógica facilitadora da aprendizagem da química, com o desenvolvimento de suas competências e habilidades próprias e enfatizando situações problemáticas reais. Tal modelo triangular de adequação pedagógica funda-se em contextualização, respeito ao desenvolvimento cognitivo e afetivo e desenvolvimento de competências e habilidades consonantes aos temas e conteúdos do ensino de química (Brasil, 2002).

O ensino de química deve estruturar-se num tripé de conhecimentos próprios, que são três pilares para o desenvolvimento dos conhecimentos desta nos estudantes: *transformações químicas, materiais e suas propriedades e modelos explicativos*. Esses pilares são baseados na própria área de estudo dessa ciência, bem como nas evoluções e no desenvolvimento científico (Brasil, 2002). Consonante a essas ideias, toda a seleção de conteúdos e conceitos considerados básicos e necessários para a aprendizagem em química pelos estudantes do ensino médio, de acordo com o CBC, baseou-se nos focos de interesse do conhecimento químico nesse nível de ensino. A química, que tem como objetos de estudo os *materiais* e as *substâncias*, é mais bem compreendida pelos estudantes por meio da articulação entre esses focos de interesse: *as propriedades, a constituição e as transformações* dos materiais ou substâncias.

Os focos conceituais podem, portanto, de acordo com o CBC (Minas Gerais, 2007) e com o PCN+ (Brasil, 2002), ser dispostos como um triângulo, ou um tripé, conforme representado a seguir:

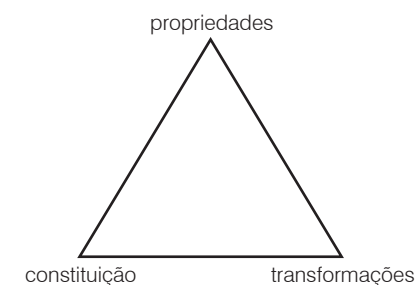


Figura 1 – Focos conceituais no ensino de química em triângulo.

Essa disposição em triângulo, ou tripé, remete a prática docente à necessidade, para o ensino de química, em mediar a interação entre esses focos conceituais, pois essas interações auxiliam a desenvolver adequadamente os conceitos estudados de maneira mais sólida, porém menos rígida e inflexível como acontecia nas propostas curriculares tradicionais. A utilização dessa interação entre os focos conceituais e o ensino por meio de uma abordagem contextualizada e de caráter interdisciplinar é, portanto, uma forma de trabalho que pode promover o afastamento da fragmentação dos conteúdos no ensino de química. A maneira como os focos conceituais sempre envolvem, portanto, todo o conhecimento de química no ensino médio parece indicar que eles são amplamente abordados em várias etapas, em diferentes contextos, situações e momentos. Assim, esses conteúdos e conceitos podem ser abordados, utilizando-se da recursividade no ensino de química.

Recursividade como orientação pedagógica no ensino de química

De acordo com Houaiss (2007, p. 2406), recursividade é “*propriedade daquilo que se pode repetir um número indefinido de vezes*”, e sua etimologia traz como origem dessa palavra o adjetivo recursivo, algo que pode ser repetido. Recursivo, por sua vez, tem como origem recurso, que apresenta como significado “*ato ou efeito de recorrer*” ou ainda “*invocação de auxílio*”. Tal definição aproxima-se de seu significado e conceito estabelecido para o ensino de química e de ciências, questão abordada neste trabalho.

A recursividade é um instrumento pedagógico que visa promover a aprendizagem e a progressão do estudante em seus processos de apropriação e construção cognitiva, utilizando a abordagem de mesmos conteúdos e mesmos conceitos em diferentes contextos, situações e também diferentes momentos da vida escolar (Lima, 2006).

No ensino de química, a recursividade pode remeter à utilização de

um mesmo conhecimento, quando ocorre a revisita deste nas explicações de fenômenos e transformações específicas dessa ciência em outros contextos e momentos diferentes ao longo do processo de escolarização. Desse modo, é possível encaminhar os estudantes a construções em um nível mais elevado de complexidade dessas explicações e de suas habilidades cognitivas, como o desenvolvimento da habilidade na resolução de problemas, utilizando os conceitos aprendidos, a análise e a interferência dos variados contextos presentes no cotidiano, a capacidade de elaboração e testes de hipóteses e de fazer generalizações, avançando, assim, no conhecimento científico em geral (Lima, 2006). Essas habilidades são de nível superior às normalmente desenvolvidas no ensino tradicional: repetição de definições e conceitos, memorização de fórmulas, classificação, entre outras.

Uma abordagem recursiva possibilita também a oportunidade de aprendizagem àqueles que não haviam se apropriado dos conhecimentos ensinados e permite aos estudantes que já aprenderam expandir seu conhecimento por meio de novas explicações e construção de novos modelos e estruturas cognitivas.

Na realização de abordagens recursivas, os conhecimentos prévios dos alunos, utilizados no dia a dia, suas experiências de vida, bem como os conceitos já trabalhados em outros momentos em suas vidas escolares são muito importantes e devem ser abordados em sala de aula por meio de um canal aberto de diálogo entre alunos e professor e, também, entre os próprios alunos.

O ambiente em sala de aula, sendo aberto a discussões, possibilita um trabalho pedagógico de entendimento dos conhecimentos dos estudantes em seus diferentes níveis cognitivos, o que possibilita uma melhor estruturação das aulas

e dos objetivos a serem alcançados para o desenvolvimento da química com os estudantes (Silva, 2009). Para tanto, faz-se necessário a descoberta das explicações dos estudantes para os vários fenômenos químicos e suas interpretações dos modelos da química para o avanço conceitual destes, possível por meio da utilização da recursividade como orientador pedagógico nas aulas.

Por outro lado, o tratamento dos conteúdos de química com a intensa fragmentação e descontextualização, sem a relação com outros conteúdos e com os saberes e as vivências do dia a dia dos alunos, promove o ensino de uma ciência pouco significativa e, na maioria das vezes, difícil de ser realmente compreendida e aplicada pelos alunos. A fragmentação extrema promove um ensino “*carregado de excesso de conteúdo, de conceitos*” e não facilita ao estudante, “*a compreensão da essência da ciência estudada*” (APEC, 2003). Desde o início da vivência e aprendizagem científica, os conceitos e os conteúdos não podem ser fragmentados e/ou detalhados ao extremo. O mais adequado é que estes se permeiem em ideias e conceitos centrais, fundantes, sendo o professor um agente promotor de relações e interações entre eles e os estudantes.

Dessa maneira, conforme apresentados no PCN+ (Brasil, 2002) e no CBC (Minas Gerais, 2007), a definição de focos conceituais no ensino de química é muito importante,

pois realiza um tratamento de centralização das ideias e possibilita o estabelecimento de uma estrutura de aproximação dos conhecimentos químicos a todo o momento. A definição dessas *ideias-chave* e o trabalho destas em vários momentos em um

currículo de química caracterizam-se por uma necessidade para o ensino mais compreensível e significativo para os estudantes. Com isso, permite-se o desenvolvimento de um pensamento químico mais apurado pelos alunos, promovendo um crescimento gradual das competências e habilidades

desejadas, bem como um crescimento do aprendizado da química tanto para estudos posteriores como para melhores interpretações e explicações dos processos químicos da vida (APEC, 2003).

Assim, acredita-se que a abordagem do conteúdo no in-

terior de um currículo que remete, a todo o momento, à sua construção recursiva, por meio das revisitas aos vários conceitos já desenvolvidos anteriormente e às ideias centrais estabelecidas em outras etapas e em diferentes contextos, parece promover um aprendizado mais eficiente e pode proporcionar um momento de aprendizagem para aqueles estudantes que não conseguiram aprender certos conceitos em outras etapas, fato possível de ser verificado por meio do canal aberto para o diálogo e do encontro de ideias na sala de aula.

Além disso, o ensino com uma abordagem recursiva indica a possibilidade de se desenvolver com os estudantes competências e habilidades em níveis mais complexos, pois não prima pela fragmentação do ensino, e sim pela interação de saberes, ideias e conceitos centrais, mediante constantes revisitas, permitindo uma compreensão mais consciente tanto da química como também do mundo a sua volta.

Interessou-nos, dessa forma, realizar um trabalho de pesquisa sobre a recursividade, de forma a verificar se esta, no ensino de química, pode auxiliar no processo ensino-aprendizagem dos estudantes, bem como se ela pode ser pensada como ferramenta estruturadora de um currículo dessa ciência para o ensino médio.

O ensino de química deve estruturar-se num tripé de conhecimentos próprios, que são três pilares para o desenvolvimento dos conhecimentos desta nos estudantes: transformações químicas, materiais e suas propriedades e modelos explicativos.

A proposta curricular apresentada no CBC se organiza em torno de três eixos: materiais, modelos e energia. Estes se organizam em temas que, por conseguinte, são desdobrados em tópicos e habilidades e seus detalhamentos.

Metodologia do trabalho

No trabalho, realizou-se observação, durante aproximadamente dois meses no 1º semestre de 2009, de aulas em uma escola pública em Belo Horizonte, em turmas noturnas do 3º ano do ensino médio, como atividade da disciplina Estágio de Ensino de Química. Foram tomadas notas de campo sobre esse trabalho de observação. As observações eram anotadas logo após as aulas, para que a reflexão posterior sobre elas pudesse ser realizada da forma mais confiável possível (Lavinne e Dionne, 1986).

As notas das observações, bem como as anotações das reflexões e das análises realizadas em momento posterior, após releituras críticas, foram utilizadas para a confecção de um diário reflexivo. Este ajudou a conhecer de maneira mais profunda os estudantes, seu contexto social tanto na imersão na escola, como fora dela, por meio de momentos de conversas, entendendo sua realidade e também seus pensamentos sobre escola, ensino, trabalho etc. (Gomes, 2007).

Posteriormente, no 2º semestre de 2009, foi realizado um período de regência para uma das turmas observadas durante aproximadamente um mês e meio, totalizando um conjunto de oito aulas. O conteúdo planejado para as aulas dadas foi o de propriedades dos materiais no contexto dos compostos orgânicos.

A escolha dos conteúdos e dos objetivos abordados nas aulas originou-se dos CBC (Minas Gerais, 2007), da relevância destes para a formação dos estudantes e da possibilidade de seu trabalho por meio de uma abordagem recursiva¹. Os conhecimentos prévios dos alunos, conhecidos em parte na observação e registrados no diário reflexivo, auxiliaram na escolha de tais conteúdos, pois possibilitaram a escolha daqueles necessários para a formação dos estudantes e, ao mesmo tempo, mais relevantes na perspectiva de suas realidades socioculturais. Durante todo o período de regência realizado, o diário reflexivo também foi conti-

nuado. Nele, foram registrados os acontecimentos da sala de aula e analisado todo o processo da prática pedagógica para avaliar e discutir, em termos dos diálogos e das interações na sala, os objetivos desse trabalho.

As oito aulas foram divididas em três momentos:

- Nas aulas 1 e 2, foram apresentados exemplos das propriedades dos materiais, com foco no contexto dos compostos orgânicos. Em uma dessas aulas, foi realizada uma experiência demonstrativa, envolvendo a solubilidade de três materiais: água, álcool e gasolina, também vastamente conhecida como *teste de adulteração de gasolina*;
- Nas aulas de 3 a 5, foram trabalhados, de forma recursiva, os modelos utilizados para ligações químicas, a polaridade de ligações e de moléculas e os modelos de interações intermoleculares, também no contexto dos compostos orgânicos. Esses conceitos e modelos são geralmente apresentados em etapas anteriores no ensino de Química, porém em diferentes contextos e em menores níveis de complexidade;
- Nas aulas de 6 a 8, foram construídas com os alunos as explicações para as propriedades dos materiais e para as diferenças dessas propriedades entre eles, em especial para as temperaturas de fusão e de ebulição e para a solubilidade nos contextos dos compostos orgânicos. As explicações foram construídas de forma recursiva, com a utilização dos modelos e conceitos trabalhados recursivamente nas outras aulas. Em uma das aulas, foi realizada também uma experiência demonstrativa, envolvendo a ação de sabões e detergentes.

A avaliação dos resultados do trabalho foi realizada também por meio da aplicação de uma série de testes aos estudantes. Todos os testes eram constituídos de questões-

-problema em contextos variados, especialmente contextos pertinentes ao cotidiano dos estudantes e do mundo moderno. Eram formados por perguntas em sua maioria discursivas: houve preferência pela utilização de questões abertas, pois estas permitem "*uma livre resposta do informante*" (Rudio, 1986). Foram realizadas poucas perguntas, da maneira mais clara e bem estruturada possível, para que os testes fossem atrativos para os estudantes e para que as respostas pudessem, efetivamente, fornecer respostas aos objetivos de pesquisa.

A análise das respostas auxiliou na verificação da validade da recursividade como estruturadora de um currículo de química na perspectiva de facilitadora das relações ensino-aprendizagem. Os resultados dos testes também foram importantes, em conjunto com as informações registradas no diário reflexivo, por indicar qualitativamente se os aspectos da recursividade presentes nas aulas trouxeram os conceitos e as explicações trabalhadas nas discussões com os alunos, bem como na verificação da utilização de uma abordagem recursiva como promotora de aprendizagem para aqueles que não tiveram a oportunidade de apropriar-se de conceitos de outras etapas.

Resultados e discussão

Nas aulas observadas para o trabalho, foi possível perceber que a professora supervisora da escola campo de pesquisa trabalhava com os alunos prioritariamente memorização, repetição e associação de nomes, fórmulas e definições no conteúdo de química orgânica. As novas perspectivas que permeiam o currículo de química no ensino médio, propostas nos PCN e nos CBC, não eram consideradas. Além disso, em geral, os alunos não pareciam demonstrar interesse pela aprendizagem da química, muitas vezes conversando excessivamente e não prestando atenção nas aulas.

Aparentemente, a química ensinada pela professora não parecia atraente para muitos estudantes,

provavelmente pelo fato de não apresentar nenhum significado prático para suas formações. Assim, a observação realizada mostrou a necessidade de superação desse ensino, para a realização de uma educação formadora de caráter mais complexo, em termos de estruturas cognitivas desenvolvidas nos alunos e também mais integrada às reais necessidades do saber químico.

Entende-se que, em sala de aula, a relação ensino-aprendizagem não é de uma só via, ou seja, não vai somente do que nós, como educadores, desejamos para os alunos, sem atenção para suas demandas, suas próprias concepções e seus conhecimentos. A regência planejada e realizada ocorreu de forma a buscar com que os alunos mantivessem uma posição ativa frente ao conhecimento (Lima, 2006). Dessa maneira, nas aulas, tentou-se aprender as concepções dos alunos sobre as questões de caráter científico, em seus contextos de realidade, por meio do fomento ao diálogo e à mediação de interações entre esses conhecimentos dos alunos e os conhecimentos científicos. Nesse processo, a qualidade dessas interações pode despertar a relevância da química e dos conceitos científicos para os estudantes e, dessa forma, criar um maior interesse.

Um primeiro teste foi aplicado aos alunos durante o primeiro momento da regência (aulas 1 e 2). Ele pretendia, principalmente, indicar alguns conhecimentos prévios e a aprendizagem após a abordagem dessas primeiras aulas, em um momento em que se havia discutido somente, de forma breve e mais superficial e fenomenológica, os compostos orgânicos e suas propriedades. Para cada questão do teste, foi proposto verificar um conjunto de habilidades relacionadas aos conceitos e conhecimentos das propriedades dos compostos orgânicos.

Questão 1: *“Um grande amigo estava com o carro apresentando problemas, e ele achou que se tratava de gasolina adulterada, mas após realizar o teste de adulteração, verificou que esta se encontrava com*

quantidade de álcool na faixa permitida pelo governo. Ele tentou observar se o motor estava com algum defeito, não encontrou nada e sujou bastante suas mãos com graxa. Ele tentou limpar com água, mas não conseguiu. Daí, ele tentou limpar com álcool, mas também não foi possível. Será que ele conseguiria limpar as mãos com gasolina? Por quê?”

Habilidade 1: Reconhecer gasolina e graxa como substâncias orgânicas e/ou semelhantes em termos de polaridade;

Habilidade 2: Explicar, mediante a solubilidade, a ação de limpeza da gasolina sobre a graxa, por meio da polaridade semelhante ou de interações.

Questão 2: *“Uma professora de química, após uma experiência em sala de aula, tratou de fechar, imediatamente, um frasco de uma das substâncias químicas que se encontrava na mesa. “Essa substância é muito volátil”, disse a professora, quando perguntada por uma aluna. A professora tinha, em sua mesa, três substâncias: butan-2-ol, etoxietano e água. Qual será a substância que teve que ser fechada quase que imediatamente? Por que a substância é muito volátil? Justifique sua resposta.”*

Habilidade 1: Reconhecer volatilidade como função do baixo ponto de ebulição no composto;

Habilidade 2: Explicar, por meio do modelo de interações intermoleculares, as diferenças nos pontos de ebulição das substâncias.

Os resultados observados nas respostas à Questão 1 foram que quase a totalidade dos alunos afirmou que a graxa conseguiria realmente ser limpa pela gasolina. De acordo com eles, isso acontecia porque *“os dois líquidos são apolares e se juntam”* ou *“se misturam, pois são ambos apolares, diferente do álcool e da água, que são líquidos polares”*.

Assim, a Habilidade 1 foi presenciada nas respostas dos estudantes. A habilidade de relacionar a capacidade de limpeza da gasolina sobre a graxa e a sua solubilidade, por meio da semelhança de polaridade e/ou da realização de interações, foi, entretanto, menos percebida. Poucas

foram as respostas que realmente lidavam com expressões e conceitos como interação e/ou solubilidade.

O bom resultado e a presença de poucas dúvidas sobre essa questão durante o teste podem ser justificados pelo fato de o assunto ter sido abordado durante a primeira aula, em que foi realizada a prática demonstra-

tiva com o uso de gasolina e água (*teste de adulteração de gasolina*). Durante essa aula, estabeleceu-se uma discussão entre os alunos e o professor sobre vários aspectos do que foi observado na atividade realizada, e os alunos conseguiram discutir bem sobre o assunto e apresentaram várias explicações e conceitos bastante adequados.

Com a mediação, foi possível obter deles expressões relacionando a solubilidade com a polaridade das moléculas. Os alunos foram também capazes de representar as estruturas dos compostos estudados e de realizar comparações entre as estruturas e as classificações de substâncias em polares e apolares. Além disso, relacionaram a presença do álcool, que é mais barato comercialmente que a gasolina, como um fator possível de ser explorado pelos postos de combustíveis na adulteração destes em relação à economia.

Alguns conceitos como polaridade e solubilidade, presentes nas falas dos alunos, indicou o conhecimento desses conceitos em etapas escolares anteriores. As explicações, apresentadas no momento da aula, tornaram-se para nós um indício de que o tratamento recursivo no con-

Uma abordagem recursiva possibilita também a oportunidade de aprendizagem àqueles que não haviam se apropriado dos conhecimentos ensinados e permite aos estudantes que já aprenderam expandir seu conhecimento por meio de novas explicações e construção de novos modelos e estruturas cognitivas.

texto estudado caracterizou-se como uma forma de abordar esse conteúdo de modo mais aprofundado.

Na Questão 2, os alunos tiveram maiores problemas para construir respostas mais adequadas. Somente alguns souberam responder à questão corretamente em relação às Habilidades 1 e 2. Estes realizaram a associação da volatilidade com a propriedade específica da temperatura de ebulição, informando a substância mais volátil apresentada na questão (o etoxietano), bem como apresentaram os conceitos de interações, sendo mais fracas para tal substância, como uma explicação para seu baixo ponto de ebulição.

Uma breve discussão sobre a Questão 2 foi realizada após o teste, porém os alunos se manifestaram pouco durante a discussão, aparentemente não mostrando domínio de alguns conteúdos. A partir disso, foi possível perceber a necessidade de realizar uma revisita a conteúdos e conceitos, como ligações, polaridades das ligações e das moléculas e

interações intermoleculares, a serem abordados recursivamente no contexto das substâncias orgânicas, conforme já havia sido planejado.

Mais uma vez, constatamos que a abordagem recursiva dos conteúdos parece mostrar-se como uma aliada à estruturação de um planejamento de aulas e da prática pedagógica na perspectiva de construção de conhecimentos científicos pelos estudantes. Por meio de revisitas aos vários conceitos e conteúdos já trabalhados em outras etapas, acredita-se que é possível proporcionar aprendizagem em nível mais complexo para os alunos que apresentam

esses conhecimentos prévios, bem como para aqueles que não conseguiram aprender esses conceitos em momentos anteriores.

O segundo teste foi aplicado após a quinta aula ministrada. Nesse momento, já haviam sido tratados vários conteúdos e conceitos sobre as propriedades dos materiais por meio de uma abordagem recursiva, sendo realizada a

As notas das observações, bem como as anotações das reflexões e das análises realizadas em momento posterior, após releituras críticas, foram utilizadas para a confecção de um diário reflexivo.

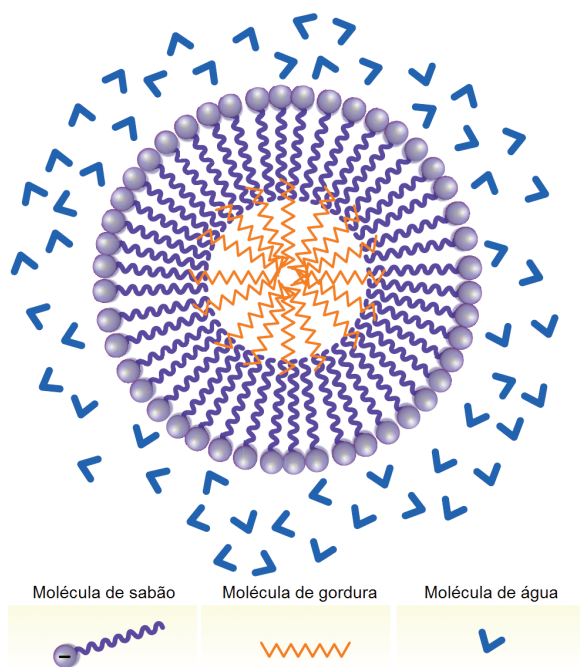


Figura 2 – Esquema da ação do sabão na limpeza de gordura (Teste 2: Questão 1. Adaptado do Vestibular UFMG 2007, 2ª etapa).

retomada de conceitos de ligações, polaridade e interações. Assim, esperava-se que os estudantes apresentassem melhores respostas e explicações para os fenômenos e as situações presentes em relação ao primeiro teste.

Questão 1: “Uma pessoa muito curiosa estava procurando na internet sobre o funcionamento de sabões e detergentes na limpeza de gorduras e outras sujeiras. Procurando mais a fundo, ela encontrou a seguinte figura (Figura 2):

Tente, com as suas palavras, explicar se a figura é plausível para explicar a remoção de gorduras pelo sabão.”

Habilidade 1: Reconhecer as polaridades das moléculas apresentadas (sabão, gordura e água), sendo que o sabão apresenta uma parte polar e uma apolar;

Habilidade 2: Explicar a ação da limpeza por meio das interações entre a parte apolar do sabão e a gordura e sua parte polar com a água.

Questão 2: “O dono de uma loja de ferragens está começando a construir uma loja nova e nesta quer, para melhorar a apresentação do local, colocar portas de vidro transparente. No entanto, seu filho comenta o problema de retenção de água pelo vidro, que poderia oxidar as ferragens. Na loja de vidros, o vendedor mostrou um novo tipo de vidro para eles que, de acordo com este, ia acabar com esse problema, pois se trata de um vidro que não retém água em sua superfície, visto ser tratado com o composto clorotrimetilsilano, conforme as representações estruturais a seguir (Figura 3):

Será que o vidro tratado resolverá o problema apresentado? Por meio da observação das estruturas, qual a diferença das interações com água entre os vidros?”

Habilidade 1: Reconhecer, por meio de representações, uma parte polar exposta em vidro comum e uma parte apolar exposta em vidro tratado com clorometilsilano;

Habilidade 2: Explicar, por meio das interações intermoleculares, as diferenças de retenção da água nos vidros.

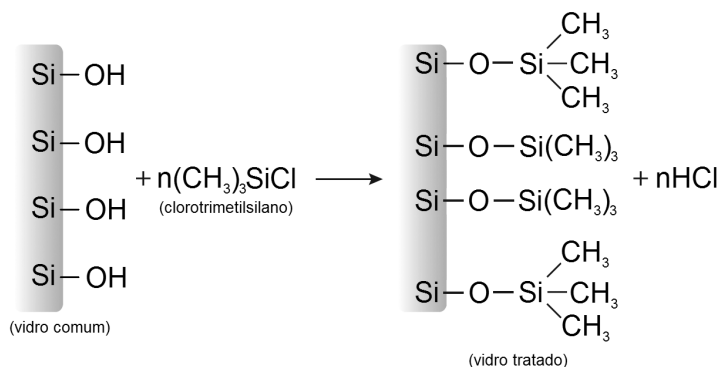


Figura 3 – Representação da reação de tratamento do vidro comum com clorotrimetilsilano (Teste 2: Questão 2. Adaptado do Vestibular UFG 2004, 2ª etapa).

Na Questão 1, a maioria dos alunos conseguiu apresentar a Habilidade 1, reconhecendo a água como substância polar e a gordura apolar, porém poucos conseguiram perceber a estrutura do sabão, apresentando uma longa cadeia carbônica apolar e outra parte polar (com carga negativa). Apesar disso, a maior parte dos alunos conseguia apresentar explicações em parte corretas sobre o mecanismo de limpeza dos sabões. Eles mostraram entender que a água sozinha não poderia limpar a gordura, devido à diferença de polaridades e a não solubilidade da gordura na água. Responderam que, por esse motivo, utilizava-se o sabão. A capacidade de explicar esse mecanismo por meio de interações entre a água e a parte polar do sabão e entre a parte apolar do sabão com as moléculas de óleo foi, entretanto, encontrada em poucas respostas.

Os alunos pareceram apresentar maiores dificuldades no entendimento da Questão 2, bem como em respondê-la corretamente, talvez pelo fato de as representações estruturais apresentadas, a nosso parecer, serem pouco tratadas no decorrer do ensino médio, mesmo sendo o vidro um material tão comum e presente no cotidiano de todos. A maior parte dos alunos conseguiu, similarmente à primeira questão, reconhecer a polaridade das partes expostas dos vidros (grupos polares OH e grupos apolares CH₃). No entanto, alguns não conseguiram reconhecer essas diferenças nos dois tipos de vidros.

Aproximadamente metade dos alunos entendia que o vidro tratado

seria uma boa escolha para os personagens da questão, e as formas de apresentação de respostas foram diversas, apresentando expressões como “os grupos CH₃ apolares irão repelir a água, polar, diferente do vidro comum”, “o vidro tratado repele a entrada de água e umidade” ou “a água não vai interagir com o vidro tratado”. A outra metade dos alunos não apresentou essa habilidade desejada, apresentando argumentos bastante alternativos em relação ao conhecimento científico ou ainda nem apresentando explicações, somente copiando informações do texto referente à questão.

Na aula posterior à aplicação desse teste, no terceiro momento da regência, entendíamos ser importante conhecer também as explicações para os fenômenos tratados no teste de forma verbal. O assunto da Questão 1 foi retomado, com a abordagem da ação de sabões e detergentes. As explicações para esse efeito foram consideradas importantes para a formação do aluno por se tratar de um fenômeno presente em seus cotidianos, bem como pelo fato de esse conhecimento possibilitar intervenções e escolhas mais adequadas em seu dia a dia.

Por meio do uso de uma simples experiência envolvendo solubiliza-

ção, com água, óleo e detergente, os conceitos e as habilidades tratadas na Questão 1 foram abordados recursivamente, com a apresentação das representações estruturais das substâncias e utilização de conceitos de solubilidade, polaridade e interações intermoleculares no contexto da experiência. Nessa abordagem, dialogada com os alunos e por meio da interação entre os conhecimentos científicos e os seus saberes, foi possível entender que os estudantes haviam compreendido os conceitos de propriedades, no contexto apresentado, pela análise da boa qualidade da discussão e das explicações apresentadas pelos estudantes.

Assim, o conteúdo de propriedades dos materiais, em nossa opinião, havia sido bem aprendido pelos estudantes. Os conhecimentos e as habilidades relacionadas, como as explicações das causas dessas propriedades, já estudados pelos alunos em anos anteriores, também indicaram ter tido grande avanço em termos dos níveis de complexidade

de explicações após a abordagem recursiva. Os alunos entendiam e conseguiam construir explicações adequadas para os fenômenos e as propriedades dos materiais nos contextos estudados, quando ocorriam as discussões e interações de ideias mediadas por nossa prática pedagógica. Entretanto, os resultados dos

testes não foram condizentes com a capacidade verbal conceitual e de realizar explicações dos alunos. Boa parte não conseguiu responder adequadamente às questões do Teste 2. Isso pode ter indicado que eles não apresentam grande proficiência na expressão escrita, não sendo capazes de organizar e apresentar adequadamente suas ideias e explicações para os fenômenos nos contextos abordados, normalmente

Os conhecimentos prévios dos alunos, conhecidos em parte na observação e registrados no diário reflexivo, auxiliaram na escolha de tais conteúdos, pois possibilitaram a escolha daqueles necessários para a formação dos estudantes e, ao mesmo tempo, mais relevantes na perspectiva de suas realidades socioculturais.

não encontrando, inclusive, as palavras corretas cientificamente.

É um indicativo já apresentado por Pereira e por Silva (2009), que relata ser de caráter geral “a dificuldade dos alunos em se expressarem de forma escrita”, afirmando que os estudos básicos da língua devem ser realizados no ensino fundamental e, no ensino médio, ser aprimorados e mais bem compreendidos (Pereira et al., 2007).

Um terceiro teste

foi aplicado após a última aula ministrada. Já haviam sido tratados, nesse ponto, vários conteúdos e conceitos sobre as propriedades dos materiais, como temperaturas de fusão e ebulição no contexto dos compostos orgânicos, realizando revisitas a conceitos como ligações, eletronegatividade, polaridade, interações intermoleculares etc.

Os resultados desse teste escrito foram surpreendentes de certa forma. A mediação das discussões durante a prática pedagógica foi, conforme a observação realizada, bem-sucedida, pois os alunos apresentaram conhecimentos das propriedades dos materiais relacionadas à interação entre os fenômenos químicos, os materiais trabalhados e suas propriedades e a representação (os modelos explicativos), focos de abordagem da Química conforme o PCN+ (Brasil, 2002), utilizando o contexto das substâncias orgânicas.

As explicações apresentadas pelos alunos nos testes pareceram, entretanto, demonstrar que alguns dos conceitos de interações nas substâncias, seus reconhecimentos, bem como suas diferenças e implicações nas propriedades dos materiais podem não ter sido bem acomodados cognitivamente. No entanto, essas explicações podem indicar ainda que, apesar de os estudantes terem aprendido adequadamente os assuntos, conforme observado nas aulas, eles não conseguiram realizar uma compreensão das questões escritas por falhas no

entendimento representacional da química abordada ou de suas expressões e/ou não conseguiram se comunicar adequadamente de forma escrita, como parece ter ocorrido nos resultados do teste anterior, pela baixa capacidade no uso correto da língua para a apresentação das explicações e pela baixa capacidade de apresentação de modelos, representações e linguagem tipicamente utilizados na ciência. Além disso,

as dificuldades observadas nos testes também podem ser justificadas, de forma relacionada ao acima, por textos longos e contextos não usuais apresentados nos testes aplicados.

Considerações finais

Retomando as questões problematizadoras deste trabalho, pode-se considerar que a recursividade pode ser um instrumento pedagógico efetivo no processo ensino-aprendizagem de Química. Dessa forma, por meio da mediação, de interações e de discussões, conceitos anteriormente estudados pelos alunos são abordados em outros contextos para a aprendizagem de novos conteúdos e, principalmente, para a compreensão em níveis mais elaborados de complexidade.

O conteúdo abordado com a intencionalidade recursiva promove a capacidade de sua utilização para resolução de problemas e auxilia no entendimento de abordagens do conhecimento de ordem conceitual como, nesse caso, as propriedades dos materiais, de acordo com a análise dos resultados da pesquisa explicitados nas seções anteriores.

Há indicações para se acreditar que um currículo que se utiliza de uma

abordagem recursiva para sua estruturação, com a revisita constante de vários conteúdos em diferentes contextos, utilizando-se dos conhecimentos dos estudantes, das suas associações de conceitos e da mediação de discussões realizadas em sala de aula, é capaz de promover a aprendizagem continuada dos alunos e, conforme o tratamento dado pelo professor, mais significativa e relevante.

Esse modelo de abordagem possibilitou-nos, como apontam os dados, a promoção do trato de habilidades cognitivas de níveis mais complexos, explicitados na capacidade dos estudantes de formar novas concepções, de evoluir conceitualmente, elaborando novos modelos, chegando a níveis mais complexos das explicações fenomenológicas de seu dia a dia.

Sobre a recursividade aplicada no ensino de química, algumas questões ainda restam, tais como: Pode-se, em sala de aula, utilizar abordagens recursivas como instrumentos para uma formação mais ampla, integrada e completa do estudante como cidadão inserido num contexto social?

No trabalho de pesquisa realizado, foi muito relevante a observação de um fato recorrente nos resultados obtidos: as dificuldades apresentadas na expressão e compreensão escrita pelos estudantes em suas explicações e em suas apresentações de respostas para questões-problema. Esse fato é um tema rico e de grande relevância para investigações posteriores na pesquisa no ensino

de química e de outras ciências, merecendo, dessa maneira, nossa atenção.

Como analisado, essas dificuldades indicam ser justificadas por dois fatores, sendo possíveis de coexistir: a não capacidade de compreensão das representações e linguagem

A análise das respostas auxiliou na verificação da validade da recursividade como estruturadora de um currículo de química na perspectiva de facilitadora das relações ensino-aprendizagem.

Nessa abordagem, dialogada com os alunos e por meio da interação entre os conhecimentos científicos e os seus saberes, foi possível entender que os estudantes haviam compreendido os conceitos de propriedades, no contexto apresentado, pela análise da boa qualidade da discussão e das explicações apresentadas pelos estudantes.

típicas da química, por falhas no entendimento e na aprendizagem desse aspecto conceitual, e a dificuldade no uso correto da língua e na sua interação com a apresentação de modelos, representações e linguagem tipicamente utilizados na ciência. Em Silva (2009), encontramos referência a tais dificuldades no contexto de estudo das transformações químicas com estudantes do 8º ano do ensino fundamental. A autora faz análises indicando o distanciamento da linguagem científica em textos escritos pelos estudantes, diferente do discurso oral estabelecido em sala de aula.

Questões como essas e outras não são o objetivo dessa pesquisa, mas são aqui indicadas como pos-

sibilidades de estudos posteriores, para que a recursividade possa ser conhecida com mais profundidade, como era a necessidade deste trabalho. O conhecimento dessas possibilidades também é importante para a disponibilização de maior quantidade de material sobre essa temática tão relevante para os profissionais da educação e do ensino, mas com tão pouco material referencial disponível.

Nota

1. Mais informações sobre o processo de escolha e a relevância dos conteúdos encontram-se em ROCHA, M. P. *A monografia que eu gostaria de escrever*. 2009. 29 f. Monografia (Licenciatura em Química) - Universi-

dade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em <http://www.cecimig.fae.ufmg.br>.

Rafael Moreira Siqueira (rafaelmoris@gmail.com), licenciado em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), mestrando em Química dos Materiais pelo programa de Pós-Graduação em Física e Química de Materiais na Universidade Federal de São João del Rei (UFSJ), pesquisador do Grupo de Pesquisa em Química dos Materiais na UFSJ, é professor de química no ensino médio em São João del Rei. **Nilma Soares da Silva** (nilmasoares@yahoo.com.br), licenciada em Química, mestre e doutora em Educação pela UFMG, é professora adjunta da Faculdade de Educação da UFMG. **Luiz Carlos Felizardo Júnior** (juninhobhz2005@gmail.com), licenciado em Química pela Universidade Camilo Castelo Branco (Unicastelo), especialista em Ensino de Ciências por Investigação, mestre em Educação pela UFMG, é pesquisador do Grupo Juventude e Educação na Cidade/FaE/UFMG (GPJEC).

Referências

APEC. Ação e Pesquisa em Ensino de Ciências. Por um novo currículo de ciências para as necessidades de nosso tempo. *Revista Presença Pedagógica*, v. 9, n. 51, p. 42-55, 2003.

_____. Avaliação no ensino de ciências. *Revista Presença Pedagógica*, v. 12, n. 67, p. 68-72, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Brasília: MEC; Semtec, 1999.

_____. *PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC; Semtec, 2002.

GOMES, M.F.M. A escrita e o diário reflexivo. *Revista Presença Pedagógica*, v. 13, n. 78, p. 27-33, 2007.

GOMES, R. A análise de dados em pesquisa qualitativa. In: MINAYO, M.C.S. (Org.). *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. 26. ed. Petrópolis: Vozes, 2007, p. 79-108.

HOUAISS, A. *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa*. São Paulo: Objetiva, 2007.

LAVILLE, C. e DIONNE, J. *A construção*

do saber. 26. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005, p. 178-182.

LIMA, M.E.C.C. *Princípios orientadores para o ensino de ciências ou o quê e como vamos ensinar?*. Belo Horizonte, 2006. Material impresso.

MARCONI, M.A. e LAKATOS, E.M. *Técnicas de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1986.

MINAS GERAIS. Secretaria do Estado de Educação. *Conteúdos Básicos Comuns: Proposta Curricular – Química – Ensino Médio*. Belo Horizonte: SEE, 2007.

NASCIMENTO, S.S.; VENTURA, P.C.S. e SILVA, P.S. Física e química: uma avaliação do ensino. *Revista Presença Pedagógica*, v. 9, n. 49, p. 20-33, 2003.

PEREIRA, A.S. et al. Um estudo exploratório das concepções dos alunos sobre a física do ensino médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 17, 2007. *Anais...* São Luis: Sociedade Brasileira de Física, 2007.

RICCI, C. S. *Currículo: considerações históricas*. CRVP da SEE-MG. Disponível em http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/index.asp?id_projeto=27&ID_OBJETO=30298&tipo=ob&cp=003366&cb=&n1=&n2=

Biblioteca%20Virtual&n3=Temas%20Educaionais&n4=&b=s. Acesso em: 06 set. 2009.

RUDIO, F.V. *Introdução ao projeto de pesquisa científica*. 11. ed. Petrópolis: Vozes, 1986.

SILVA, N.S. *Modos de uso e o processo de apropriação do conceito de elemento químico por estudantes do ensino fundamental*. 2009. 232 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

Para saber mais

MILLAR, R. *Um currículo de ciências voltado para a compreensão por todos*. Trad. Jordelina Lage Martins Wykrota e Maria Hilda de Paiva Andrade. *Revista Ensaio*, v. 5, n. 2, p. 73-91, 2003.

ROCHA, W.R. Interações intermoleculares. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 4, p. 31-36, 2001.

SILVA, T.T. Currículo, conhecimento e democracia: as lições e as dúvidas de duas décadas. *Cadernos de Pesquisa*, n. 73, p. 59-66, 1990.

Abstract: *Recursivity in Chemistry education: learning promotion and cognitive development* - The objective of this work is to evaluate recursive approach as a structuring tool for Chemistry curriculum in basic education. For the work, observation and teaching conduction was held in a 3rd grade classroom in high school in a public school in Belo Horizonte, making use of recursive approach for the treatment of concepts of material properties in the context of organic substances. It was found that recursivity can be used as an effective pedagogical instrument in teaching-learning process of new contents in chemistry and in student comprehension in more elaborate complexity levels. A few questions still remain above this issue, which can guide researches for creation of greater amount of reference material for the subject.

Keywords: recursivity, chemistry education, learning.