

ELABORAÇÃO E ANÁLISE DE SEQÜÊNCIA DIDÁTICA A PARTIR DAS ABORDAGENS DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMA E DE ILHAS DE RACIONALIDADE

ELABORATION AND ANALYSIS OF TEACHING-LEARNING SEQUENCE STRATING FROM PROBLEM SOLVING AND “ISLANDS OF RATIONALITY” APPROACHES

Verônica Tavares Santos¹
Ruth do Nascimento Firme²
Rejane Maria Novaes Barbosa³
Edenia Maria Ribeiro do Amaral⁴

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco/SEDUC-PE, veronica73@ig.com.br

²Universidade Federal Rural de Pernambuco/DE e SEDUC-PE, ruthquimica@yahoo.com.br

³Universidade Federal Rural de Pernambuco/DQ-PPGEC, rmnbarbosa@uol.com.br

⁴Universidade Federal Rural de Pernambuco/DQ-PPGEC, edsamaral@uol.com.br

Resumo

Este trabalho apresenta uma discussão sobre a estratégia de resolução de problema para o ensino de ciências a partir de uma proposta de seqüência didática sobre o tema Tratamento da Água. Na elaboração da seqüência didática tomamos por base algumas das etapas propostas por Fourez para a construção de ilhas de racionalidade: fazer o levantamento da situação de aprendizagem; proporcionar um contexto de aprendizagem; consultar os especialistas; ir à prática; abrir algumas caixas-pretas e identificar princípios químicos que são base para o processo de tratamento da água; esquematizar o processo de tratamento de água; e possibilitar desdobramentos para discussão a partir da ilha de racionalidade proposta. A análise da seqüência didática proposta sugeriu algumas possibilidades que a estratégia por resolução de problemas pode oferecer ao processo de ensino de ciências e apontou possíveis dificuldades que podem ser enfrentadas por professores no processo de elaboração da respectiva seqüência.

Palavras-chave: seqüência didática; resolução de problemas; ilhas de racionalidade.

Abstract

This work presents a discussion about problem solving approach in science education starting from a proposed teaching-learning sequence related to theme – Treatment for Quality of Water. Elaboration of this sequence took into account some steps proposed by Fourez to construct a model named by author “islands of rationality”, such as: drawing the actual learning situation; providing an adequate context for learning; advising by experts; putting ideas into real context; opening “black-boxes”; identifying chemical principles which support treatment for quality of water; and providing discussion about island of rationality proposed. In analyzing the proposed sequence, some points were suggested about possibilities offered by problem solving approach in science education and difficulties were pointed out related to engagement of teachers in the process of elaboration and application of this sequence

Keywords: teaching-learning sequences, problem solving, island of rationality

INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta uma discussão sobre a estratégia de resolução de problema para o ensino de ciências a partir de uma proposta de seqüência didática sobre o tema Tratamento da Água. Atualmente, a preservação e conservação dos recursos hídricos tem sido uma das maiores preocupações para a humanidade, uma vez que a água destinada ao consumo humano tem se tornado um recurso escasso no planeta. Do total das águas do mundo, 97,5% constituem a massa líquida dos oceanos e são impróprias para o consumo na sua forma original. As calotas polares consistem 1,75% do total das águas mundiais, entretanto apesar de serem potáveis, essas águas estão muito distantes dos possíveis consumidores. Dessa forma, apenas 0,8% das águas do planeta Terra pode ser usada para fins de potabilidade tornando-se acessível ao consumo (Grassi, 2001).

A crescente demanda por água de qualidade, devido a fatores como crescimento populacional e utilização na produção de alimentos e no setor industrial, vem gerando graves problemas no abastecimento de água potável em nível mundial. O Brasil, apesar de concentrar 12% da água doce superficial do planeta, apresenta diversas áreas críticas quanto ao abastecimento da água potável. Além da desigualdade na distribuição das águas doces brasileiras por condições pré-naturais, sucessivas agressões ao meio ambiente associadas aos desequilíbrios sócio-econômicos contribuem para o problema do abastecimento de água potável no território brasileiro (Waldman, 2000).

Diante de diversos problemas ambientais observados no contexto atual, incluindo a problemática da escassez da água para a sobrevivência humana, nas últimas décadas, diversos trabalhos na área da pesquisa educacional têm enfatizado a incorporação da dimensão social na educação científica objetivando desenvolver nos indivíduos a adoção de atitudes responsáveis frente aos problemas que afetam a humanidade, e possibilitar a construção de competências para o exercício da cidadania (Gil Pérez e Vilches, 2003).

Uma importante contribuição do ensino de Ciências na formação da cidadania pode se dar a partir da criação de espaços no ambiente escolar para discussão e proposição de soluções alternativas para os problemas sociais e ambientais (Silva, 2000). Nessa perspectiva, entendemos que a Química, enquanto disciplina curricular pode contribuir para assegurar a formação da cidadania, ao habilitar o indivíduo a participar como cidadão na vida em sociedade (Santos e Schnetzler, 1997).

Macedo e Katzkowick (2003) apontam a necessidade de utilizar o ensino de ciências como instrumento para a alfabetização científico-tecnológica dos cidadãos, ajudando-os a compreenderem os problemas da sociedade atual e habilitando-os para tomada de decisão fundamentada e responsável. Neste trabalho estamos adotando a concepção de alfabetização científica-tecnológica, proposta por Fourez (1994 apud Pietrocola, 2000), como sendo uma estratégia pedagógica e epistemológica, na qual, a apropriação dos saberes científicos propicia a autonomia para tomada e negociação das decisões, o domínio e a comunicação por parte do aluno frente a situações concretas. Nessa perspectiva, Macedo e Katzkowick (2003) sugerem a utilização de uma variedade de abordagens de ensino e de aprendizagem adequadas aos objetivos pretendidos para o ensino de ciências, entre elas: jogos de simulação, debate e a controvérsia, o aprendizado cooperativo e a resolução de problemas. Em particular, nesse trabalho será enfatizada a abordagem de ensino e aprendizagem por investigação, na qual se situa a resolução de problemas.

Abordagem de ensino e aprendizagem por resolução de problemas

Um dos objetivos da educação básica é contribuir para que os alunos não somente se coloquem determinados problemas, mas que cheguem, a adquirir os meios para resolvê-los.

Diante disso, a necessidade e importância da resolução de problemas como conteúdo curricular da educação básica é amplamente reconhecida. Assim, a educação básica deve contribuir para a construção de competências nos alunos, ajudando-os a elaborar e desenvolverem estratégias pessoais e coletivas de identificação e de resolução de problemas nas principais áreas do conhecimento para aplicá-las em situações da vida cotidiana (Brasil, 2002).

Antes de apresentar alguns aspectos inerentes a abordagem de ensino e aprendizagem por investigação, em especial a resolução de problema, faz-se necessário esclarecer o que estamos compreendendo por problema. O conceito de problema pode ser compreendido de diferentes formas por diversos autores. Nessa perspectiva, pode-se afirmar que existem diversas orientações para definir um problema. Destacaremos, em particular, aquela que toma como referência a relação do indivíduo com uma determinada situação, na qual é colocada a ênfase no colocada no fato de que uma mesma situação pode ser um problema para uma dada pessoa e não o ser para outra. Autores como Saviani (1985), discute esta abordagem buscando identificar a necessidade como a essência do problema. Como afirma este autor:

Uma questão em si não caracteriza o problema, nem mesmo aquela cuja resposta é desconhecida; mas uma questão cuja resposta se desconhece e se necessita conhecer, eis aí um problema. Algo que eu não sei não é um problema; mas se eu ignoro alguma coisa que preciso saber, eis-me, então, diante de um problema. Da mesma forma, um obstáculo que é necessário transpor, uma dificuldade que precisa de ser superada, uma dúvida que não pode deixar de ser dissipada são situações que se nos configuram como verdadeiramente problemáticas (Saviani, 1985, p. 21).

De acordo com Pozo (1998) problema é uma situação que um indivíduo ou um grupo quer ou precisa resolver e para a qual não dispõe de um caminho rápido e direto que leve à solução. Uma situação somente pode ser concebida como um problema na medida em que exista um reconhecimento dela como tal, e à medida que não dispomos de procedimentos automáticos que nos ajudem a solucioná-la de forma imediata, sem exigir um processo de reflexão ou uma tomada de decisões sobre a estratégia a ser seguida.

Um dos objetivos da estratégia de ensino e aprendizagem por investigação, em particular a resolução de problema é proporcionar a participação dos alunos de modo que eles comecem a produzir seu conhecimento por meio da interação entre pensar, sentir e fazer. O processo de pensar que é fruto dessa participação faz com que o aluno comece a construir também sua autonomia (Carvalho *et al.*, 1998). Pois pensar é parte do processo de solucionar problemas, e inclui o reconhecimento da existência de um problema e as ações que são necessárias para o seu enfrentamento. (Garret, 1988). Nesse sentido, consideramos que a colocação de um problema como ponto de partida é um aspecto fundamental para a criação de um novo conhecimento. Bachelard (1996 *apud* Azevedo, 2004, p. 21) assinala que “todo conhecimento é resposta a uma questão”. Nessa direção, a resolução de problemas pode ser um instrumento importante no desenvolvimento de habilidades como raciocínio, flexibilidade, argumentação e ação, assim sendo, a aprendizagem de procedimentos, atitudes e valores torna-se tão importante quanto a aprendizagem de conceitos, pela interação que se dá entre estes três tipos de aprendizagem durante o processo de construção do conhecimento.

A proposta apresentada neste trabalho está fundada numa perspectiva construtivista de ensino, segundo a qual, os alunos assumem uma participação ativa na construção de significados em torno dos conteúdos escolares, enquanto, o professor e atividade de ensino e aprendizagem se constituem como mediadores desse processo de forma integrada (Macedo e Katzkowick, 2003). A nossa proposta para o ensino da Química busca associar tais aspectos aos princípios teóricos do ensino-aprendizagem por resolução de problemas, na tentativa de possibilitar aos indivíduos a construção de significados conceituais e atitudinais diante de uma temática sobre o Tratamento da Água. Entendemos que se faz necessária a conscientização dos indivíduos na busca de

soluções alternativas para as questões da escassez, da preservação e da conservação da água, bem como a compreensão de transformações químicas e físicas envolvidas no tratamento para tornar a água adequada ao consumo humano. Tais aspectos se constituíram como critério para a escolha do tema a ser abordado na proposta didática a ser apresentada neste trabalho.

Como colocado anteriormente, para o planejamento da seqüência didática foram considerados os pressupostos teóricos da abordagem de ensino e aprendizagem por resolução de problemas, e a discussão sobre as etapas da elaboração dessa seqüência tomando por base o conceito de ilha de racionalidade proposto por Fourez *et al.* (1993). Este autor define ilha de racionalidade como sendo uma forma de modelização apropriada para uma situação específica. Em outras palavras, é a construção de uma representação teórica adequada a um contexto e um problema particular, permitindo a compreensão da situação, possibilitando que os indivíduos possam se comunicar e agir diante dela. Para tal construção são mobilizados conhecimentos de várias disciplinas e também os saberes da vida cotidiana (Fourez *et al.*, 1993).

METODOLOGIA

Este trabalho é parte de um projeto de pesquisa mais amplo que visa a elaboração, implementação e análise de seqüências didáticas para o ensino de química no nível médio, em desenvolvimento na Universidade Federal Rural de Pernambuco. O projeto tem como objetivo fazer uma análise do processo de elaboração conjunta (pesquisadores, professores do ensino médio, alunos de pós-graduação e graduação) de seqüências didáticas e de aspectos relativos ao ensino-aprendizagem estabelecido em salas de aulas a partir da implementação das seqüências propostas.

De um modo geral, os procedimentos metodológicos para o respectivo projeto de pesquisa consta basicamente de três etapas: 1) elaboração e discussão teórica das seqüências didáticas, 2) aplicação das seqüências didáticas em sala de aula, e 3) análise e discussão dos resultados obtidos na implementação das seqüências didáticas. Nessa perspectiva, este trabalho situa-se no contexto de uma pesquisa empírica por ser representativo da primeira etapa do projeto. A seqüência didática apresentada neste trabalho foi inicialmente elaborada por duas professoras e depois colocada em discussão no grupo.

Para a construção da seqüência didática neste trabalho tomamos por base algumas das etapas propostas por Fourez *et al.* (1993) para a construção de ilhas de racionalidade, que são: fazer um levantamento da situação de aprendizagem; proporcionar um contexto de aprendizagem; consultar os especialistas; ir à prática; abertura de algumas caixas-pretas e identificação de princípios químicos que são base para o processo de tratamento da água; esquematização global do processo de tratamento de água; e possíveis desdobramentos para discussão a partir da ilha de racionalidade proposta. Na análise foram considerados aspectos levantados na discussão do grupo com relação à estruturação do tema e das atividades na seqüência proposta, que contribuíram para a elaboração da proposta a ser apresentada.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seqüência didática apresentada a seguir tem por principal objetivo tornar concreta uma abordagem de ensino e aprendizagem por resolução de problemas a partir da estratégia de construção de ilhas de racionalidade. Primeiramente, apresentaremos os problemas que nortearam a construção de uma ilha de racionalidade: 1) Que transformações químicas ocorrem na água captada pela Estação de Tratamento de Água (ETA) até chegar à torneira de sua residência como água adequada ao consumo humano? Justifique. 2) Como os aspectos de caráter social, econômico, político e ambiental podem interferir na problemática da escassez e qualidade da água?

Essa proposta foi pensada para aplicação na disciplina de química, na 1ª série do ensino médio de uma escola pública localizada em Recife-PE. Nesse sentido, o processo de problematização e abertura de caixas-pretas (CP) - que segundo Pietrocola *et al.* (2000) seria uma forma de exercitar o potencial explicativo da realidade através do conhecimento científico – deve ser limitado pelos objetivos de ensino neste contexto. Por isso, entendemos que alguns assuntos deverão ser abordados mais superficialmente do que outros, isto é, nem todas as CP serão abertas em profundidade. Fourez *et al.* (1993) denomina de caixas-pretas as questões específicas relacionadas a um determinado conhecimento científico que poderão ser respondidas ou não conforme o contexto em que se insere o problema. Nesse caso, elegemos as transformações químicas que ocorrem no tratamento da água potável para discutir em profundidade com os alunos. É importante ressaltar que o contexto no qual a escola está situada, determinará as escolhas realizadas no decorrer do processo de construção da ilha de racionalidade. Portanto, o que apresentamos não deve ser encarado como uma prescrição e sim como uma tentativa de buscar possibilidades de práticas pedagógicas que podem ser utilizadas pelo professor em sala de aula.

Para construção da ilha de racionalidade para os problemas 1 e 2 tomaremos como referencial algumas etapas propostas por Fourez *et al.* (1993) com a intenção de permitir que o trabalho vá sendo delimitado, isto é, que os problemas possam ser resolvidos. Essas etapas podem ser usadas como um esquema de trabalho, que procura evitar que ele se torne tão abrangente que não se consiga chegar ao final. Isso se torna bastante relevante para a avaliação e controle do professor quando ele se propõe a trabalhar com atividades seqüenciadas e que envolve muitas variáveis a exemplo das seqüências didáticas.

Etapas para construção da ilha de racionalidade

Etapa 1 – Fazer um levantamento da situação de aprendizagem

Esta etapa constitui o ponto de partida da investigação. Parte da experiência cotidiana dos alunos, revelando suas concepções alternativas sobre o assunto em questão. Nesse sentido, visa levar os alunos a expressarem de forma espontânea sua compreensão sobre as transformações químicas que ocorrem no tratamento da água e que aspectos interferem na problemática da escassez e qualidade da água sem construir uma representação crítica e rigorosa. Algumas perguntas podem ser levantadas em relação aos problemas 1 e 2: Toda água é considerada potável? O que ocorre em cada uma das etapas de tratamento da água numa ETA? São utilizadas substâncias classificadas como simples e/ou composta para tratar a água? Em qual(s) da(s) etapas do tratamento da água pode-se observar a formação de mistura heterogênea e/ou homogênea? Justifique. Qual a função dos produtos químicos utilizados no tratamento da água? Em qual(s) da(s) etapas do processo de tratamento de água pode-se observar a ocorrência de transformações físicas e/ou químicas? A partir do conhecimento sobre as etapas do tratamento da água, qual a sua compreensão sobre transformação química? É possível representar as transformações químicas ocorridas no tratamento da água? Como? Qual o consumo e o custo diários dos produtos químicos utilizados no tratamento da água numa ETA?

A partir de tais questões, pretende-se problematizar o tema proposto para estudo buscando perceber se os alunos podem reconhecer ou não a existência de um problema relativo ao tratamento de água. Isso é de extrema importância no trabalho com resolução de problemas em sala de aula, pois o que é proposto inicialmente pelo professor passa a ser apropriado pelos alunos como desafio de aprendizagem. Isso pode contribuir para um maior empenho na busca de respostas para o problema. A problematização também poder ser realizada por meio da discussão de um vídeo ou através de pesquisas feitas pelos alunos em jornais, internet, revistas, etc.

Etapa 2 - Proporcionar um contexto de aprendizagem

Nesta etapa procura-se questionar e despertar dúvidas nos alunos, ao invés de responder e fornecer explicações, buscando proporcionar nos alunos um interesse pela busca de respostas. É ainda uma etapa de natureza menos formal, entretanto objetiva ampliar a etapa 1 por meio da elaboração por parte do professor e dos alunos de outras perguntas relevantes relacionadas aos problemas a serem resolvidos e que não foram levantadas anteriormente ou foram descartadas. É também um momento que caracteriza a apreensão e compreensão dos alunos diante dos problemas a serem resolvidos. Além do importante papel e experiência do professor na definição das perguntas que estão vinculadas aos problemas a serem resolvidos. Algumas ações também compõem esta etapa:

- Fazer uma listagem dos sujeitos que podem ser envolvidos na tentativa de resolver a problemática discutida em sala de aula: No caso do estudo do tratamento da água para o consumo humano, tais sujeitos são: os alunos, seus pais, os professores e a comunidade escolar que são consumidores da água que vem da ETA; os fornecedores de água, os fabricantes de produtos químicos usados no tratamento da água, e os técnicos que trabalham na ETA.
- Realizar pesquisa de normas e condições impostas tecnicamente: Na abordagem da temática água podem-se levantar as normas que regem o padrão de qualidade água usada para fins de potabilidade, os procedimentos e custos dos produtos usados no tratamento da água.
- Listagem das caixas-pretas possíveis para resolver o problema proposto: alguns assuntos podem ser discutidos em sala de aula - água potável, processo tecnológico de tratamento da água, misturas, substâncias simples e composta, doenças causadas pela água, poluição e contaminação da água, custo e consumo dos produtos químicos utilizados no tratamento da água, implementação de políticas públicas para o abastecimento de água, conservação e preservação dos recursos hídricos, transformações químicas e físicas, representação de uma reação química, balanceamento de equações químicas, etc. Considerando a ampla abrangência do tema, deverão ser escolhidos alguns desses assuntos para o trabalho em sala de aula. Esse aspecto foi amplamente discutido no grupo, e foram levantadas questões sobre as dificuldades em realizar esta etapa, até mesmo pelos professores, quando têm que propor um foco central para o trabalho em sala de aula. No entanto, o processo de escolha parece já constituir uma aprendizagem importante na construção de uma ilha de racionalidade.

Etapa 3 – Consulta aos especialistas

Pode-se ser necessário consultar especialistas quando dentre os sujeitos que participam do projeto não há quem possa esclarecer ou discutir sobre um determinado assunto. O critério para escolha do especialista depende do contexto do problema proposto e dos objetivos escolares. Em particular, os especialistas consultados serão técnicos com experiência em tratamento e qualidade da água potável. De um modo geral, o objetivo dessa etapa é aprofundar o conhecimento dos alunos em relação ao aspecto tecnológico que envolve o tema abordado. Os técnicos discutirão com os alunos envolvidos: os processos físicos e químicos que ocorrem na água desde sua chegada na ETA até a sua distribuição nas residências; as substâncias usadas no tratamento da água; a oferta de água produzida diariamente na ETA; as análises químicas realizadas na água tratada antes de ser distribuída; e responderá a questionamentos feitos pelos alunos.

Etapa 4 – Indo à prática

Esta etapa visa o aprofundamento, definido pelo problema proposto e pelos sujeitos envolvidos na construção da ilha de racionalidade, na qual ocorre o confronto entre a própria experiência e as situações concretas. Para efetivação desta etapa, estamos propondo uma visita a uma ETA a fim de aprofundar as questões levantadas na etapa 1 e das caixas-pretas abertas. Durante a visita os alunos se organizarão em grupos para realizar a elaboração de um relatório e

socializar em sala de aula com toda a turma. No relatório devem constar possíveis respostas para as questões levantadas na etapa 1 sobre o tratamento da água.

Etapa 5 – Abertura de algumas caixas-pretas e identificação de princípios químicos que são base para o processo de tratamento da água.

Nesse momento pode-se trabalhar o rigor de uma disciplina. Caracteriza-se pelo estudo aprofundado, por uma pesquisa detalhada de algum ponto abordado pelo problema, presente na abertura das caixas-pretas. Nesse caso, abordaremos as transformações químicas ocorridas durante o tratamento da água com a finalidade de torná-la potável. Sugerimos para efetuação desta etapa, uma atividade experimental em sala de aula, que simula as reações químicas ocorridas em determinadas etapas do processo de tratamento de água, conforme descrição a seguir:

Ficha de Atividade Experimental

1) Materiais utilizados

Proveta, Bastão de vidro, Béquer, Recipientes de vidro alternativo, Solução de sulfato de alumínio a 2%, Água potável, Areia, Suspensão de hidróxido de cálcio, Colheres de chá em material plástico.

2) Procedimento (O que fazer?)

Adicionar 100 mL de água no béquer ou recipiente de vidro

Adicionar ½ medida de uma colher de chá de areia a água e homogeneizar usando um bastão de vidro

Adicionar 05 mL de suspensão de hidróxido de cálcio e homogeneizar

Adicionar 05 mL de solução de sulfato de alumínio a 2%. Homogeneizar e aguardar 10 minutos

Observar e anotar o que ocorre e responder as questões a seguir

Observação: A suspensão e a solução devem ser homogeneizadas antes de sua adição a água e areia.

3) Questões para discussão com a turma.

Descreva as características dos materiais antes de serem misturados: a) solução de sulfato de alumínio, b) suspensão de hidróxido de cálcio, c) água e d) areia.

Descreva as características do material obtido após a mistura de: solução de sulfato de alumínio, suspensão de hidróxido de cálcio, água e areia.

Você acha que houve formação de novos materiais? Justifique. Se positivo, você seria capaz de identificar o nome e a fórmula química do(s) material(s) obtido(s)? Se positivo, como você representaria quimicamente o processo de formação do(s) material(s) obtido?

Recordando a visita a ETA, você seria capaz de identificar que etapa(s) do tratamento da água este experimento está simulando? Nessa(s) etapa(s) de tratamento a água já é considerada potável? Justifique. Este experimento contribuiu para responder as situações-problema propostas no início desse trabalho?

Etapa 6 – Esquematização global do processo de tratamento da água

Nessa etapa busca-se uma possível representação teórica e uma solução para os problemas propostos na etapa 1, o que pode-se denominar de síntese da ilha de racionalidade produzida. Tal síntese se configura através de uma figura ou um resumo contendo os principais aspectos da ilha de racionalidade e a especificação das caixas-pretas que podem ser abertas pelo professor, de acordo com o contexto e objetivos do problema. A seguir apresenta-se a produção de um resumo como uma das formas que encontramos para responder aos problemas 1 e 2 propostos na etapa 1. Para produção do resumo foram levantadas algumas questões: a) A ocupação desordenada em áreas de mananciais pode gerar problemas ambientais? b) Do ponto de vista econômico pode-se tratar qualquer tipo de água? c) Que problemas sociais podem ser decorrentes da má qualidade e escassez de água no mundo? d) O poder público tem implementado políticas que buscam resolver o problema da escassez e contaminação dos recursos hídricos? e) Como se posicionar diante da problemática da água doce no mundo? Que possíveis soluções se pode encontrar?

Síntese de uma proposta de trabalho disciplinar ou interdisciplinar

A Ilha de Racionalidade em torno do Tratamento de Água

Ao observar o mapa-múndi, pode-se dizer que 70,8% do planeta estão cobertos pela água. Talvez por isso esse recurso natural tenha sido considerado durante muito tempo, um bem inesgotável. A margem atual de exploração da água é estreita, pois 97,5% da água do mundo é salgada (CP), e dos 2,5% de água doce (CP), 1,75% concentram-se nas geleiras e calotas polares. A umidade do solo, o vapor de água e os lençóis freáticos profundos retêm mais uma pequena fração de água, portanto, sobra menos de 1% de água para que a humanidade possa aproveitar para fins de potabilidade (CP), recreação, industrial, hospitalar, etc. Isto é, apenas 0,01% de toda a água doce do mundo é superficial (CP), formando os rios e córregos.

A escassez da água (CP) no mundo, bem como sua má qualidade (CP) tem causado problemas de saúde (CP) a população mundial, como a sede e a morte anual de aproximadamente 5 milhões de pessoas devido a doenças transmitidas por parasitas que se disseminam na água (CP). No Brasil, a poluição (CP) mais relevante é provocada pelo lançamento de esgotos (CP) nos rios, pois apenas 27,5% dos distritos do país têm rede coletora, entretanto, não tratam os esgotos e os outros 58,4% não coletam esgoto. Não tratar esgoto (CP) também é ruim para o bolso dos governos. A Organização Mundial de Saúde (OMS) indica que para cada US\$1 investido em saneamento básico (CP), são poupados US\$ 4,5 em despesas médicas.

A ocupação desordenada em áreas de mananciais tem gerado problemas de ordem social (CP). Estima-se que 1,5 milhões de pessoas vivem as margens de represas em grandes centros urbanos do país. Destacamos como exemplo, as represas Billings e Guarapiranga, que representam áreas de mananciais responsáveis pelo abastecimento de água da grande São Paulo. Embora haja uma legislação que permita a ocupação orientada dessas áreas, o fato é que a ocupação continua ocorrendo à revelia do poder público. A ocupação realiza-se de duas formas: pela compra de terrenos em loteamentos não-legalizados e por meio da ocupação clandestina. Isso ocorre pelo fato do terreno ser barato e próximo de importantes centros industriais, consequentemente, essas pessoas teriam maiores oportunidades de inserção no mercado de trabalho. E também, pela inviabilidade econômica (CP) delas se fixarem em outras áreas, devido ao preço elevado dos aluguéis e dos imóveis. Alguns problemas ambientais (CP) têm sido causados por essas ocupações, como a devastação da vegetação original, comprometendo as nascentes que abastecem as represas e a contaminação dos mananciais (CP) e das represas pelo lançamento de esgotos clandestinos e lixo doméstico. Entretanto, as políticas públicas (CP) que planejam a ocupação dessas áreas, continuam ineficientes devido à remota fiscalização do poder público para coibir a ocupação e a falta de uma ação política pelas autoridades públicas, que possam oferecer a essas pessoas outras alternativas de moradia.

O Brasil ocupou o 50º lugar no ranking de saúde hídrica divulgado pelo Conselho Mundial da Água em dezembro de 2002. Posição vergonhosa, pois o país detém sozinho 12% de toda a água doce de superfície no mundo. Cidades brasileiras como Manaus e Belém, situadas na bacia hidrográfica do Rio Amazonas, enfrentam racionamento de água (CP). Isso ocorre, porque 80% da população do Brasil moram em cidades, aumentando a demanda por água. Contudo, as companhias de água do Brasil não se preocuparam de forma efetiva com a eficiência e qualidade dos serviços. Elas perdem de 40% a 60% da água tratada (CP) que é colocada nas redes de distribuição (CP) com vazamento e ligações clandestinas. Além do desperdício gerado na irrigação da agricultura, nas residências e indústrias.

Precisamos deixar de ver a água exclusivamente como um bem de consumo (CP) utilizado nas atividades econômicas (lojas, fábricas, hospitais, agricultura, iluminação, pecuária, turismo, criação de peixes, etc) e sim encará-la como um recurso coletivo e essencial à vida no planeta terra. A poluição das águas por fertilizantes, detritos de fábricas, lixo hospitalares e domésticos, esgotos, vêm causando a morte da fauna e da flora em muitos rios no mundo, o que têm provocado o desequilíbrio ambiental (CP). Às vezes, é com essa água poluída e contaminada (CP) que são regados os vegetais que vem para a nossa mesa e também para uso na higiene pessoal.

Além disso, se gasta muito dinheiro para tratar a água (CP), pois o consumo de produtos químicos (CP) nas estações de tratamento de água – ETA (CP) vem aumentando significativamente devido à péssima qualidade das águas dos mananciais (CP) que abastecem as cidades. Na primeira etapa – coagulação – do tratamento de água, segundo dados da ETA Tapacurá/PE de 14/04/2003, consomem-se uma média diária de 11.100 quilogramas do sal sulfato de alumínio (CP) na forma de uma solução líquida a 50% na reação com a água bruta (CP) que chega dos seguintes mananciais: Duas Unas, Tapacurá, Várzea do Una e Rio Capibaribe. Dessa reação $[Al^{3+}_{(aq)} + 3H_2O_{(l)} \leftrightarrow Al(OH)_3_{(s)} + 3H^+_{(aq)}]$ (CP) forma-se uma nova substância composta (CP), que pertence à função inorgânica denominada base (CP), cujo nome científico é o hidróxido de alumínio (CP), o qual é pouco solúvel em água (CP). Tecnicamente, esse hidróxido é chamado de flocos na ETA/COMPESA. Ao hidróxido de alumínio - $Al(OH)_3$ aderem a maioria das impurezas presentes na água. Esse processo é denominado floculação e representa a segunda etapa do tratamento da água. Na terceira etapa que é a decantação, pela ação da gravidade, ocorre a deposição dos sólidos mais densos, através de um processo de separação de mistura heterogênea (CP). Após a separação, a água segue para a quarta etapa de tratamento que é a filtração (CP) com o objetivo de remover o restante das impurezas.

A quinta etapa que é a desinfecção ou tecnicamente cloração (CP) objetiva eliminar os microorganismos patogênicos (CP) presentes na água para torná-la potável (CP). Para isso, é adicionado em média 2.700 quilogramas/dia da substância simples (CP) cloro gasoso (CP) na reação com a água formando inicialmente o ácido hipocloroso (HClO) $[Cl_2_{(g)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow HOCl_{(aq)} + H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}]$ (CP) que se ioniza para formar o ânion (CP) hipoclorito (ClO^-) $[HOCl_{(aq)} \leftrightarrow H^+_{(aq)} + OCl^-_{(aq)}]$ que funcionam como agentes bactericidas (CP). Para adsorver algumas substâncias dissolvidas nas águas dos mananciais que podem causar odor e sabor desagradável, são utilizados em média 600 quilogramas/dia da substância carvão ativado (CP) em pó antes da 1ª etapa do tratamento que é a mistura rápida (CP).

Tabela 1: Preços/toneladas dos produtos químicos usados no tratamento da água.

Fonte: DPQ/COMPESA de 14/04/2003.

Produtos	Preço (R\$)/Ton.
Sulfato de Alumínio (solução a 50%) – $Al_2(SO_4)_3$	259,98
Sulfato de Alumínio (granulado) - $Al_2(SO_4)_3$	499,63
Cloro (gasoso) – Cl_2	1.374,00
Polieletrólito (polímero sintético)	10.000,00
Hipoclorito de Cálcio (Hypocal) – $Ca(ClO)_2$	5.190,00

Resolver o problema da água no Brasil pelo aumento da oferta não é o caminho. Obras faraônicas interessam a um certo grupo de construtoras, mas não à sociedade. Temos muita água, basta saber usá-la. É importante refletirmos e agirmos no sentido de buscar a preservação e a conservação (CP) desse recurso tão precioso, pois continuamos não só a devastar as florestas, a erodir e contaminar os solos e a poluir o ar, mas também a transformar nossos rios em esgotos a céu aberto, como se não houvesse nada a deixar para as futuras gerações.

Etapa 7 – Possíveis desdobramentos para discussão a partir da ilha de racionalidade proposta

Para sintetizar a ilha de racionalidade é preciso cruzar vários elementos de forma objetiva. Para isso, Fourez (1994 *apud* Pietrocola *et al.* 2000) afirma que quatro questões devem ser respondidas. Referindo-se a nossa proposta de trabalho compreendemos que essas quatro questões, apresentadas a seguir, estão relacionadas com o processo tecnológico de tratamento da água potável, bem como os fatores que interferem nesse processo, quer seja de ordem ambiental, social, econômica e política.

- 1) O que estudamos nos ajuda a “negociar” com o mundo tecnológico examinado?
- 2) O estudo nos deu uma certa autonomia sobre questões científico-tecnológicas presentes na sociedade em geral?
- 3) Como os saberes obtidos durante o estudo nos ajudaram a discutir com mais fundamento diante da necessidade de tomada de decisões?

- 4) O estudo nos deu uma representação de nosso mundo e de nossa história permitindo nos situarmos melhor e fornecer uma real possibilidade de comunicação com os outros?

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Consideramos que a seqüência didática apresentada objetiva a concretização de uma abordagem de ensino e aprendizagem por resolução de problemas a partir da construção de ilhas de racionalidade proposta por Fourez. Esta abordagem pode vir a contribuir para a apropriação dos saberes científicos pelos alunos propiciando a autonomia para tomada e negociação das decisões e o domínio e a comunicação frente a situações concretas.

Nessa perspectiva, é importante ressaltar o papel do professor na elaboração e implementação de seqüências didáticas utilizando estratégias de ensino e aprendizagem diferentes das mais tradicionais. Pois essa atividade pode representar, na maioria das vezes, algumas dificuldades para o professor devido a fatores diversos tais como: tempo disponível para elaboração, a não apropriação das diversas abordagens de ensino e aprendizagem, a concepção do professor sobre o ensino e aprendizagem, as condições físicas da escola e a falta de apoio da gestão escolar.

Na elaboração da seqüência didática algumas dificuldades foram representativas. Nas etapas 1 e 2 da seqüência, cujo objetivo é o de problematizar o tema proposto, tivemos dificuldades na delimitação das questões problematizadoras que poderiam ser levantadas com os alunos, uma vez que essas questões são de extrema importância para o reconhecimento ou não da existência de um problema relativo ao tratamento de água. Na etapa 4, que propõe o confronto entre a própria experiência e as situações concretas em relação ao tema, a dificuldade vivenciada foi a de organizar, de forma sistemática, a visita a uma estação de tratamento de água para atender ao objetivo proposto nesta etapa. Na etapa 5, que corresponde a abertura de algumas caixas-pretas para o aprofundamento dos conceitos científicos que são base para o processo de tratamento da água, não foram enfrentados maiores dificuldades. Pois, o fato de o professor ter domínio de sua disciplina específica e a apropriação do tema abordado parece facilitar a seleção das caixas-pretas que pretende abrir. E na etapa 6, que representa a síntese da ilha de racionalidade, o professor pode apresentar dificuldade caso não possua uma leitura ampla sobre o tema tratamento de água para a construção, por exemplo, de um texto síntese.

Para minimizar tais dificuldades que podem ser enfrentadas pelos professores na elaboração e implementação de seqüências didáticas por estratégias de resolução de problemas com base na construção das ilhas de racionalidade, apontamos para a seqüência apresentada – que trata o tema Tratamento de Água envolvendo diversos conteúdos a serem abordados em sala de aula – as seguintes sugestões: a apropriação da temática com objetivo de fazer a delimitação de caixas-pretas ou escolha de conteúdos a serem explorados durante a elaboração e aplicação da seqüência didática, uma vez que a apropriação do tema contribui para o professor auxiliar os alunos a formularem questões relevantes que possam ajudar na resolução dos problemas propostos (etapas 1 e 2).

Para a etapa de aplicação da seqüência didática proposta esperamos que a representação teórica construída pelos alunos em torno dos problemas 1 e 2 os oportunize a agir e comunicar sobre aspectos científicos, tecnológicos, sociais, ambientais, políticos e econômicos inseridos no Tratamento de Água. Entretanto, ressaltamos que durante a aplicação em sala de aula, onde serão consideradas as condições reais do nosso contexto escolar e o envolvimento efetivo de professores e alunos, é que teremos condições de analisar a viabilidade, as possibilidades e as limitações da seqüência proposta.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, M. C. P. S. O ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2004. p. 19-33.
- BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília (DF), Secretaria de Educação Média e Tecnológica: MEC, 2002.
- CARVALHO, A. M. P. et al. **Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 1998.
- FOUREZ, G.; MATHY, P.; ENGLEBERT-LECOMT, V. Un modèle pour un travail interdisciplinaire. **Aster**, v.17, p. 119-140, 1993.
- GARRET, R. M. Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 3, p. 224-230, 1988.
- GRASSI, M. T. Águas do planeta Terra. **Química Nova na Escola**. n. 1, p. 31-40, maio, 2001. (cadernos temáticos).
- GIL PÉREZ, D.; VILCHES, A. Contribuição da educação secundária à formação de cidadãos e cidadãos para uma sociedade sustentável. In: MACEDO, B. (org). **Cultura científica: um direito de todos**. Brasília: UNESCO Brasil, OREALC, MEC, MCT, 2003. p. 123-170.
- MACEDO, B; KATZKOWICK, R. Educação científica: sim, mas qual e como? In: MACEDO, B. (org). **Cultura científica: um direito de todos**. Brasília: UNESCO Brasil, OREALC, MEC, MCT, 2003. p. 65-84.
- PIETROCOLA, M. et al. As Ilhas de Racionalidade e o saber significativo: o ensino de ciências através de projetos. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 1, p. 99-122, mar. 2000.
- POZO, J. I. (Org.). **A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender**. Porto Alegre: Artmed, 1998.
- SANTOS, W. L. P; SCHNETZLER, R. P. **Educação em química: compromisso com a cidadania**. 1. ed. Ijuí: Unijuí, 1997.
- SAVIANI, D. **Educação: Do senso comum à consciência filosófica**. São Paulo: Cortez Editora, 1985.
- SILVA, R. M. G. da. Ensino de ciências e cidadania. In: Schnetzler, R. P.; Aragão, R. M. R. **Ensino de ciências: fundamentos e abordagens**. Campinas: R. Vieira Gráfica e Editora, 2000. p. 154-182.
- WALDMAN, M. D. M. S. **Guia ecológico doméstico**. São Paulo: Contexto, 2000.