

# Resolução de Problemas no Ensino de Química – fundamentos epistemológicos para o emprego da metodologia na Educação Básica

Flavia Maria Teixeira dos Santos<sup>1\*</sup> (PQ), Mara Elisângela Jappe Goi<sup>2</sup> (FM/PG)

1. Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Paulo Gama, 110, Prédio 12 201. Porto Alegre, RS ([flavia.santos@ufrgs.com.br](mailto:flavia.santos@ufrgs.com.br)).

2. Colégio Marista Rosário, Praça Dom Feliciano, Independência Porto Alegre, RS ([goi59@terra.com.br](mailto:goi59@terra.com.br)).

*Palavras-chave: Epistemologia, resolução de problemas em química, metodologia de ensino.*

**RESUMO:** A resolução de problemas se constitui em campo metodológico e epistemológico do ensino de ciências. Enquanto metodologia de ensino permite o trabalho pedagogicamente orientado por situações instigantes, a construção de concepções científicas adequadas e o desenvolvimento de atitude científica nos contextos das aulas de ciências. Como campo epistemológico, fundamentado principalmente no trabalho de Larry Laudan (1977), permite compreender a ciência como empreendimento humano focado na resolução de problemas empíricos e conceituais que promovem o desenvolvimento teórico e experimental da ciência. Este texto se propõe a apresentar e discutir aspectos da teoria de Laudan com o objetivo de fundamentar a tese de que a química deve ser ensinada a partir da atividade de resolução de problemas.

## INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos 10 anos temos trabalhado com a metodologia de resolução de problemas no ensino de química (Goi e Santos, 2009a,b; 2008; 2004; 2003; Santos e Goi, 2005). Neste período produzimos exemplares de problemas que foram utilizados na Educação Básica e na formação de professores. A análise dessa produção impôs a necessidade de aprofundamento teórico dos aspectos epistemológicos, pedagógicos e psicológicos da resolução de problemas. Neste trabalho apresentamos o estudo que nos permitiu definir Larry Laudan (1977, 1990), e a perspectiva de que a ciência é em essência uma atividade de resolução de problemas, como premissa da tese que a ciência deve ser ensinada a partir da atividade de resolução de problemas e que nestas atividades estão imbricados a história e a filosofia da química, que deveriam compor os programas de educação científica de professores e o cotidiano das salas de aulas (Matthews, 1998, 2000, 2009).

Para a elaboração e desenvolvimento desta tese é necessário compreender o papel da resolução de problemas no desenvolvimento científico, assim como, no ensino de ciências. A opção por Laudan se mostrou apropriada porque o principal elemento da teoria apresentada pelo autor, e que sustenta nossa argumentação, é que a “ciência é em essência uma atividade de resolução de problemas” (1977, p 11). Laudan considera que nem os filósofos, nem os historiadores da ciência têm dedicado tempo e atenção suficientes para a adequada compreensão do que é conceber a ciência como uma atividade de resolução de problemas. A atividade de resolução de problemas gera, segundo o autor, um progresso cognitivo, que se relaciona às aspirações intelectuais da ciência e esta ciência progride pela maneira como resolve, adequadamente ou não, uma série de problemas gerados no meio social.

Em sua principal obra para o interesse deste estudo, *Progress and its Problems*, Laudan (1977) descreve aspectos importantes relacionados à epistemologia da resolução de problemas. Na época da proposição dessa teoria a filosofia da ciência

passava por um momento difícil, mas ao mesmo tempo estimulante, em que ocorriam análises pioneiras sobre a natureza do conhecimento científico elaboradas por filósofos como Kuhn (1962) e Feyerabend (1975) que questionavam as limitações históricas e filosóficas da ciência concebidas a partir do positivismo lógico. Laudan esboçou um novo modelo de racionalidade, cujo fundamento é a noção de progresso, também sugeriu que as unidades de análise não deveriam ser as teorias em si, mas o que ele denominou de tradição de investigação. Através da leitura e análise de sua obra pode-se concordar que o conceito foi inspirado “nos paradigmas” de Kuhn (1970) e nos “programas científicos de pesquisa” de Lakatos (1978), o autor fez uma análise desses trabalhos e lançou um novo conceito ao utilizar a ideia de tradição de investigação (Pesa;Ostermann, 2002).

Laudan (1977) propõe que antes de confrontar a visão da ciência como resolutive de problemas com determinadas filosofias e histórias da ciência devemos dar atenção à teoria da ciência orientada por problemas, pois para ele, os problemas são o ponto central do pensamento científico e as teorias são seu resultado final. Ressalta também que as teorias são cognitivamente relevantes quando proporcionam resoluções adequadas aos problemas, por isso a função da teoria é resolver ambigüidades e encontrar resoluções adequadas para as situações problemáticas.

O autor estabelece duas teses quando discute o papel das teorias como soluções de problema. A primeira refere-se à teoria *oferecer respostas aceitáveis e perguntas interessantes, em outras palavras, oferecer soluções satisfatórias a problemas importantes* (1977, p. 13). O autor argumenta que apesar disso parecer indiscutível, não há bibliografia e metodologia que ofereçam uma taxonomia adequada sobre os tipos de problemas científicos, como também um método aceitável para avaliar a importância dos problemas para o desenvolvimento da ciência. Assim, há um silêncio acerca dos critérios adequados para resolver as situações. A filosofia da ciência não reconhece o grau de dificuldade para resolver diferentes problemas, encarando todas as situações em nível de igualdade, não reconhece que algumas soluções são melhores e mais aceitáveis que outras. Para o autor, o filósofo da ciência costuma perguntar quantos fatos confirmam uma teoria e não a relevância ou importância destes fatos, como também, quantos problemas a teoria resolve e não qual a importância da resolução dessas situações.

Para a construção da argumentação e compreensão da relevância da resolução de problemas, Laudan (1977, p.14) propõe a segunda tese: *ao avaliar os méritos das teorias é mais importante perguntar se constituem soluções adequadas a problemas significativos, que perguntar se são “ verdadeiras”, “corroboradas”, “bem confirmadas” ou justificáveis de outra maneira dentro do quadro conceitual da epistemologia contemporânea*. Em relação a esta segunda tese, podemos verificar que Laudan acredita em um contraponto entre problemas instigantes e teorias adequadas, a isso ele chama de dialética básica da ciência. Deve-se ter mais clareza sobre o que são os problemas e como funcionam, como também sobre a natureza das teorias e de suas relações com os problemas que as geram.

Para desenvolver as teses o autor inicialmente elabora uma taxonomia dos problemas, caracteriza e diferencia teoria e problema e estabelece as bases para uma análise epistemológica construída sobre tradições de investigações. Neste texto faremos o mesmo percurso metodológico e argumentativo utilizado pelo autor em sua obra, focando sobre os conceitos de nosso particular interesse.

## PROBLEMAS EMPÍRICOS E CONCEITUAIS

Para Laudan (1977) a ciência progride a partir da resolução de problemas empíricos e conceituais.

Os problemas empíricos são qualquer coisa do mundo natural que nos surpreende, algo estranho que necessita de uma explicação. São problemas de primeira ordem, perguntas acerca dos objetos que constituem o domínio de determinada ciência. Laudan afirma que exemplificar os problemas empíricos é mais fácil que defini-los e utiliza vários exemplares em sua argumentação. Como exemplo de problema empírico vamos utilizar o caso da Teoria do Flogístico, a partir da reconstituição histórica de Bensaude-Vincent e Stengers (1997).

Stahl [1660-1734] desenvolveu a teoria do flogístico que consistia em encarar a combustão como perda de alguma coisa do corpo que queima, já que se observa uma chama que parece se desprender do material. Georg Sthal chamou este fenômeno de flogístico ou “espírito ígneo” que se desloca nas combustões. Assim, na queima de um metal há a liberação de flogístico e resta a cal do material. As explicações baseadas no flogístico pareciam aceitáveis aos seus adeptos que não se preocupavam com a questão quantitativa do problema. Lavoisier [1743-1794] foi um dos primeiros a se preocupar com esta questão e a pergunta elaborada estava relacionada à liberação de flogístico na queima. O metal queimado deveria ficar mais leve, mas a realização sistemática do experimento revelou o oposto, a massa da suposta cinza metálica fica maior que a do metal de partida. Este problema empírico gerou a necessidade de uma nova teoria, Lavoisier demonstrou que a queima é uma reação com o oxigênio e que a cal do metal, como denominavam os alquimistas, era um óxido metálico.

Para Laudan (1977), chamar tais situações de investigação de problemas empíricos não quer dizer que sejam oferecidos fragmentos reais de dados sem ambiguidade. Tanto os exemplares históricos como as análises filosóficas tornam claro que o mundo é percebido através de lentes, o que ele chama de malha conceitual. Fica claro que o autor chama de problema empírico aquelas situações que surgem em certos contextos de investigação teórica, admitindo que sua formulação seja influenciada por nossos compromissos teóricos e que estes são problemas acerca do mundo. De acordo com Filgueiras (1995), as diferenças conceituais entre o sistema de Stahl e o de Lavoisier envolviam modificações na noção de substâncias elementares e compostas. Os metais, ou mesmo o hidrogênio, que segundo os flogístas eram compostos, no sistema lavoisieriano foram definidos como substâncias simples. As mudanças conceituais introduzidas permitiram a compreensão da composição do ar atmosférico e da água, questões estratégicas para a sistematização da química delineada por Lavoisier e concretizada com a apresentação de uma nova nomenclatura química.

Os problemas empíricos são fatos conhecidos. Para considerar algo como um problema desta natureza deve-se sentir necessidade em resolvê-lo. Pode-se dizer então que quando um problema empírico passa a ser estudado ele é relevante a um grupo social. Sendo assim, pode ser classificado como problema racional que pode ser solucionado ou ter uma solução em época posterior. Em suma, um fato se torna um problema quando é tratado e reconhecido como tal, e o único fato que pode ser visto como um problema são os conhecidos. Laudan (1977) enfatiza que muitos fatos conhecidos não constituem necessariamente problemas empíricos, porque não há importância social para resolvê-lo. Para ele, quando há uma procura para solucionar um problema de natureza empírica, há também um prêmio para sua solução. Muitas

coisas que existem não são investigadas e por isso não são consideradas problemas de investigação.

Para Laudan (1977, p.45) é um erro imaginar que o progresso científico e a racionalidade consistem unicamente na solução de problemas empíricos, pois a atividade de resolução de problemas conceituais tem sido importante para o progresso científico, apesar de este tipo de problema ter sido ignorado por historiadores e filósofos da ciência. Para o autor uma visão ampla da natureza da resolução de problemas conceituais nos coloca em disposição de entender e descrever os tipos de interações intelectuais que podem ter lugar entre as diferentes teorias. Um problema conceitual é aquele que é representado por alguma teoria. Podemos dizer que este tipo de problema é de ordem superior comparado com os problemas empíricos que são de primeira ordem.

Como exemplo de problema conceitual utilizaremos a Teoria de Liebig (Laudan, 1981). Anunciada em 1839, a teoria de ácidos de Liebig propôs que ácidos eram sais hidrogenados, isto é, a molécula continha hidrogênio 'ativo' que pode ser substituído por um metal para formar um sal. Por exemplo, a molécula do ácido acético não poderia ser escrita  $C_2H_4O_2$ , mas  $HC_2H_3O_2$  para enfatizar o papel do hidrogênio ativo na formação do sal  $NaC_2H_3O_2$ .

Segundo Laudan esta teoria continha vários problemas conceituais: *i)* não explicava porque ácidos concentrados se comportavam de forma diferente de ácidos diluídos; *ii)* não explicava porque o aumento do teor de oxigênio no ácido aparentemente esta relacionado com o aumento da acidez; e *iii)* por que alguns ácidos diácidos ou triácidos são mais fracos que monoácidos (por exemplo,  $H_3PO_4$  é mais fraco que  $HClO_4$ ). Estes problemas foram superados pela proposta de Arrhenius, em 1885, na qual ácidos em solução aquosa dissociavam-se espontaneamente em íons sem a necessidade de acréscimo de energia elétrica.

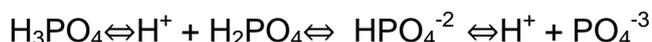


Figura 1: Acido de Arrhenius (Akeroyd, 1993, p.786)

O papel do oxigênio era estabilizar o íon negativo no sentido de forçar o equilíbrio da reação para a direita, as propriedades ácidas do ácido diluído tinham a função de concentrar os íons  $H^+$  no equilíbrio, e a surpreendente fraqueza dos ácidos triácidos vinha do fato que estes tornavam-se menos energeticamente favoráveis para o íon negativo, por exemplo, a liberação de  $H^+$  do  $H_2PO_4^-$  é menos favorável que da molécula neutra de  $H_3PO_4$ .

Os exemplos apresentados ilustram as principais categorias de problemas propostos por Laudan, mas além de estabelecer uma tipologia dos problemas o autor propõe um aprofundamento dessas categorias com o objetivo de clarificar o seu papel no desenvolvimento do conhecimento científico.

## CARACTERIZANDO PROBLEMAS EMPÍRICOS E CONCEITUAIS

Laudan classifica problemas empíricos em três tipos, de acordo com a função que cumprem na avaliação das teorias. *i-* Problemas não resolvidos; *ii-* Problemas resolvidos; e *iii-* Problemas anômalos. Os problemas resolvidos contam a favor de uma

teoria, as anomalias constituem evidência contra a teoria e problemas não resolvidos indicam o futuro teórico da investigação. Para o autor, uma das marcas características do progresso científico é a transformação de problemas anômalos e não resolvidos em problemas resolvidos (Laudan, 1977, p 18).

Os problemas empíricos não resolvidos são aqueles que não foram ainda resolvidos adequadamente por nenhuma teoria. Eles representam um estímulo para o crescimento e o progresso científico. Na ciência há vários problemas não resolvidos e na literatura é possível encontrar exemplares e discussões sobre problemas não resolvidos (Ostermann; Prado, 2005; Ostermann et al., 2008). Há aqueles que acreditam que somente será relevante solucionar um problema não resolvido quando houver importância social para resolvê-lo, sendo assim, em muitos momentos da história da ciência várias situações formam ignoradas por uma comunidade científica, por não considerarem sua resolução relevante naquele período histórico. Por outro lado, a ausência de domínio adequado para resolver um problema empírico tem sido frequentemente de decisiva importância histórica e as soluções podem ser originadas na ausência de uma teoria.

Na tentativa da resolução dos problemas empíricos não resolvidos acontece muita ambiguidade. Não se deve concluir que esta ambiguidade não seja importante para a ciência, pois é a solução dos problemas um meio pelo qual a teoria realiza um progresso empírico. Efetivamente o que importa na avaliação das teorias é somente se há resolução de problema pela teoria em questão ou se essa resolução foi através de uma outra teoria conhecida. Para o autor, a avaliação de uma teoria está relacionada com o conhecimento das teorias rivais.

Resolver problemas para Laudan não é simplesmente explicar os fatos, o que requer é uma elaboração ampla em diferenciar a lógica e a pragmática da resolução de problemas e entre a lógica e a pragmática da explicação científica. Podemos dizer que um problema empírico está resolvido quando guarda determinada relação com uma teoria. Para determinar se uma teoria resolve um problema, deve-se verificar se ela está bem confirmada. Uma teoria raramente sucede com exatidão um resultado experimental, isto acontece porque geralmente há uma discordância entre o que uma teoria prediz e os dados de laboratório. Assim, os problemas empíricos se resolvem frequentemente porque os objetivos da resolução do problema não necessitam uma semelhança exata entre os resultados teóricos e os experimentais.

A ciência busca resolver um problema e para isso não é necessário considerar se uma teoria é verdadeira ou não, mas determinar se ela resolve esse problema empírico. Os problemas são resolvidos em um determinado contexto histórico e social e Laudan afirma que a história da ciência está repleta de exemplares em que as soluções foram adequadas em um dado momento histórico e com o tempo tornaram-se inadequadas. Na história de muitas disciplinas se pode apreciar um fortalecimento, um gradual estreitamento e uma intensificação do patamar a partir do qual as teorias são reconhecidas como solução para problemas relevantes.

Para Laudan problemas anômalos têm um papel especial no desenvolvimento da ciência e o surgimento de uma anomalia não implica no abandono uma determinada teoria. Ele critica as análises tradicionais sobre as características das anomalias, segundo as quais à ocorrência de uma única anomalia em uma teoria deve forçar o cientista racional a abandoná-la e que dados empíricos podem ser considerados anomalias quando são inconsistentes com a teoria para qual são anomalias. Muitos pesquisadores têm argumentado que quase todas as teorias da história têm uma ou mais anomalias ou instâncias refutadoras e quase todos os pesquisadores têm tratado o tema das anomalias com uma postura clássica. Consideram que a anomalia tem uma

inconsistência lógica entre as previsões teóricas e as observações experimentais (Laudan,1990). Para o autor, os dados podem amenizar epistemologicamente a teoria somente quando os dados contradizem as afirmações da teoria.

Segundo Laudan (1977), as anomalias constituem uma boa razão para argumentar. Elas não são provas únicas e decisivas para o processo de avaliação da teoria. Uma atividade cognitiva importante é quando uma anomalia empírica é transformada em uma teoria, ou seja, uma anomalia se transforma em problema resolvido. Para Laudan, os problemas muitas vezes são resolvidos devido aos interesses morais, sociais e financeiros de uma comunidade.

É importante identificar que tipos de modelos podem afetar a evolução de um problema em um contexto de valorização racional de teorias científicas. Se um problema tem tido sua resolução por alguma teoria viável ao domínio, então, esse problema adquire uma relevância considerável até o momento em que uma teoria rival dê boas razões para a inadequação da sua resolução. Outro modelo seria se um problema por ter anomalias possa ser resolvido por determinada teoria, portanto, qualquer teoria que possa resolver um problema anômalo gozaria de um determinado "status". O terceiro modelo está relacionado à inflação do problema por construção de arquétipos. Muitas teorias podem se destacar como arquetípicas porque a teoria indica que são os processos naturais primários que têm de ser reduzidos a outros processos do domínio. Esses três modelos de ponderação dos problemas somente serão viáveis quando houver um tipo adequado de teoria para a solução da situação.

Quanto aos problemas conceituais, Laudan afirma que estes podem ser caracterizados como problemas conceituais internos e externos. Os problemas conceituais internos surgem com o descobrimento de que uma teoria é logicamente inconsistente e auto-contraditória. Há várias áreas em que aparecem essas inconsistências, para Laudan, isso não é tão grave a menos que os defensores dessas teorias estejam dispostos a abandoná-las. Há uma segunda classe de problemas conceituais internos, são aqueles que surgem de uma ambiguidade ou circularidade conceitual de uma teoria. Pode-se dizer que esses dois tipos de problemas são peças importantes no processo de "validação" de uma teoria.

Para Laudan, uma teoria gera problemas conceituais externos quando esta está em conflito com outra teoria ou doutrina que seus "partidários" creem que está bem fundada. A existência deste conflito ou tensão constitui o que se pode chamar de problema conceitual. Os problemas conceituais nem sempre são gerados pela mera compatibilidade entre teorias. Ao tratar de problemas conceituais externos é preciso compreender que tipos de teorias ou crenças podem gerar problemas conceituais para uma teoria científica. Como também, devemos entender e interpretar as três diferentes classes que podem gerar problemas externos. A primeira se refere às teorias científicas que estão em diferentes domínios e tensões; a segunda se refere se a teoria científica está em conflito com teorias metodológicas da comunidade científica relevante; e a terceira, está relacionada a se a teoria científica está em conflito com uma visão de mundo dominante. Laudan faz um tratamento dessas classes e constata dificuldades intra-científicas, normativas e dificuldades relativas à visão de mundo. Em relação às dificuldades intra-científicas, acredita que abandonar teorias inconsistentes e reter outras, normalmente leva ao compromisso de desenvolver uma alternativa adequada àquela teoria rechaçada.

Os problemas conceituais são mais fáceis de serem identificados do que resolvidos e por isso o autor acredita que se deve estabelecer pontos acerca dos problemas conceituais intra-científicos. Insistir no fato de que uma teoria seja incompatível com outra gera um problema conceitual para ambas as teorias. Enfim, o

que se deve reconhecer é que o surgimento de uma inconsistência mostra debilidade, razão para abandonar uma ou outra teoria. Em relação às dificuldades normativas, Laudan descreve uma série de questões que nos possibilita pensar sobre determinados propósitos e objetivos da ciência, bom como refletir sobre os valores metodológicos de teorias. As deficiências metodológicas têm constituído sérios problemas conceituais. A eliminação de incompatibilidade entre uma teoria e a metodologia constitui um dos modos mais impressionantes em que uma teoria pode elevar seu nível cognitivo.

Outro aspecto estudado por Laudan é relativo às dificuldades da visão de mundo. Esse é o terceiro tipo de problema conceitual externo que se origina quando se considera que uma teoria científica é incompatível com outro corpo de crenças que são aceitas, mas, não são científicas, para o autor ambas se reforçam. Essas crenças são oriundas de diferentes áreas, como a metafísica, a lógica, a ética, etc. Pode-se dizer que filósofos e historiadores “positivistas” da ciência, têm duvidado da importância do desenvolvimento da Ciência pela visão de mundo, já que para muitos, a ciência progride somente por empiria (Laudan, 1990). Além desses exemplos relativos à visão de mundo, pode-se citar outros, como, os conflitos entre uma ideologia social e moral; entre uma ideologia moral e ética.

Como elementos centrais e conclusivos de seu modelo, Laudan (1977, p. 66) estabelece que a solução de problemas empíricos e conceituais é a base fundamental do progresso científico. E que o objetivo da ciência é maximizar o escopo de problemas empíricos resolvidos, assim como maximizar o escopo dos problemas anômalos e conceituais. Isso significa que quanto mais numerosos e difíceis são os problemas que uma teoria resolve mais adequada ela se torna. A efetividade de uma teoria na resolução de problemas depende do balanço entre problemas resolvidos e não resolvidos.

A abordagem teórica de Laudan envolve também a caracterização das teorias e como estas funcionam dentro de uma tradição de pesquisa. Segundo Laudan (1977, p.81), uma tradição de investigação é um conjunto de pressupostos gerais acerca das entidades e processos de um âmbito de estudo, a cerca dos métodos apropriados que devem ser utilizados para investigar os problemas e construir as teorias desse domínio. Apesar de fundamentais na obra do autor, esses argumentos não serão tratados neste documento, pois isso ampliaria exageradamente a extensão do texto.

## **DECORRÊNCIAS DESSA ABORDAGEM EPISTEMOLÓGICA PARA UMA METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE QUÍMICA**

Muitos são os argumentos em defesa do ensino da história e da metodologia da ciência para o desenvolvimento do pensamento dos indivíduos e, conseqüentemente, para o desenvolvimento da sociedade e da cultura. O ensino de ciências pode ter um impacto benéfico na qualidade da cultura e da vida pública em virtude dos estudantes conhecerem matéria científica, terem algum nível competência e apreciação do método científico e internalizarem alguma coisa do “humor” e visão de mundo científicos (Matthews, 1998, 2009). Acreditamos que esse desenvolvimento pode ser maximizado quando, além da apresentação desse conhecimento como literatura ou “contextualização” de conceitos, seja trabalhado nas práticas orientadas metodologicamente que são utilizadas nas salas de aula.

Como a ciência, na perspectiva epistemológica de Harry Laudan que advogamos neste trabalho, se desenvolveu por meio da resolução de problemas, pode

também ser ensinada a partir de problemas. Mas isso não significa a realização e repetição de experimentações desenvolvidas no contexto da descoberta científica. Esta concepção vinculada ao método do ensino por redescoberta já provou ser ineficiente para a aprendizagem em ciências. O que advogamos é a utilização de atividades de resolução de problemas nas aulas de ciências como forma de ensinar os conceitos situando-os em seus contextos históricos e metodológicos de descoberta e, também, de justificação. Assim, a resolução de problemas se constitui em campo metodológico e epistemológico do ensino de ciências. Enquanto metodologia de ensino permite o trabalho pedagogicamente orientado com situações instigantes, a construção de concepções científicas adequadas e o desenvolvimento de atitudes científicas nos contextos das aulas de ciências. Como campo epistemológico permite compreender a ciência como empreendimento humano focado na resolução de situações empíricas e conceituais que promovem o desenvolvimento teórico e experimental da ciência.

As características dos problemas conceituais e empíricos discutidos por Laudan e apresentados neste documento, assim como outros conceitos presentes em sua obra, podem orientar o trabalho metodológico do tratamento de situações problemas nas aulas. A apresentação e tratamento de problemas conceituais e empíricos aos estudantes podem ser estratégias metodológicas interessantes. O estudo de problemas empíricos não resolvidos e anômalos pode ajudar a situar a química como ciência em construção, assim como ajudar a compreensão dos processos de superação das anomalias como um empreendimento humano situado num contexto social e histórico.

Assim como Laudan, compreendemos que o tratamento e a resolução de problemas conceituais são de relevante importância para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes. São estes problemas, na maioria das vezes, resolvidos por grupos de pesquisadores em intenso diálogo que favorecem o empreendimento do conhecimento científico e deixam claro o contexto de validação e justificação desse conhecimento.

Por um lado, a utilização dessa abordagem impõe questionamentos importantes sobre como a escola vem oportunizando aos estudantes a solução de diferentes situações nas disciplinas apresentadas no currículo escolar, principalmente nos conteúdos das ciências naturais. Há um conjunto de problemas empíricos e conceituais da história da química que podem ser trabalhados por meio da resolução de problemas como, por exemplo: como as teorias de ácidos (Arrhenius, Brønsted e Lewis) se sucederam e como os problemas conceituais e empíricos de cada uma das teorias foram sendo resolvidos ou não; como diferentes problemas teóricos e conceituais resolvidos em diferentes campos da química constituíram conhecimento para o desenvolvimento da Classificação Periódica atual; quais os desafios empíricos, conceituais e epistemológicos da tradição de pesquisa na qual Lavoisier desenvolveu seu trabalho que determinou o estabelecimento de uma nova tradição de investigação na química.

A solução dessas questões pode fomentar um debate muito profícuo e pode engajar os estudantes no trabalho de responder um conjunto de questões importantes (Matthews, 1998, p.169), por exemplo; o que é uma explicação científica? O que é um experimento controlado? O que é um experimento crucial? Como os modelos funcionam na ciência? Quantas confirmações de uma hipótese são necessárias antes de uma teoria ser estabelecida? Existem formas de avaliar o valor dos programas de investigação que estão competindo? Como valores e crenças religiosas afetaram a história da ciência?

Por outro lado, a utilização dessa abordagem faz emergir o problema da formação dos professores e as dificuldades conceituais e metodológicas enfrentadas

por esses profissionais em relação ao conhecimento histórico e epistemológico de sua disciplina. Grande parte das dificuldades são oriundas de uma formação deficiente em conhecimentos históricos e epistemologicamente acríticos.

O que advogamos aqui é a inclusão de considerações históricas e epistemológicas nos programas e currículos de formação de professores de química, não apenas como mais uma disciplina a ser cursada, mas como conteúdo e metodologia das disciplinas correntes do currículo, como química geral, físico-química ou química orgânica. Os conteúdos trabalhados nessas disciplinas estão repletos de exemplares históricos, e suas respectivas bases epistemológicas, de problemas empíricos e conceituais que foram, ou ainda são, enfrentados por esses campos teóricos e tradições de investigação em química.

A nossa experiência com a formação inicial de professores de química na Universidade Federal do Rio Grande do Sul e formação continuada de professores em EDEQs, ENEQs e cursos de extensão também ofertados nesta universidade, têm revelado que muitos professores têm carências conceituais e metodológicas para trabalhar em sala de aula. É visível o quanto estes educadores utilizam basicamente estratégias do ensino tradicional devido à falta de preparo e poucos deles têm oportunidade e condições de frequentar um curso de formação para superar esta lacuna de sua capacitação profissional.

Acreditamos que os argumentos apresentados por Laudan, que nos permitem caracterizar os problemas empíricos e conceituais, assim como estabelecer como unidade de análise do desenvolvimento do conhecimento científico a solução desses problemas, orientam de forma bastante apropriada uma abordagem da resolução de problemas como metodologia para o ensino de química.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKERROYD, Michael F. (1993) Laudan's Problem Solving Model. **British Journal for the Philosophy of Science**, 44. pp 785-788.

BENSAUDE-VINCENT, Bernadette; STENGERS, Isabelle (1997) **A History of Chemistry**. Translated by Deborah van Dam. Cambridge, MA and London: Harvard University Press. 305 pp.

FEYERABEND, Paul K.(1975) **Against Method**. London: NLB.

FILGUEIRAS, Carlos L. (1995) A revolução química de Lavoisier: uma verdadeira revolução? **Química Nova**, v. 18, n. 2, p. 219-224.

GOI, Mara Elisângela Jappe ; SANTOS, Flávia M. T. (2003). A Construção do Conhecimento Químico por Estratégias de Resolução de Problemas. In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2003, Bauru. **Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Porto Alegre : Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. v. único. p. 1-12.

GOI, Mara Elisângela Jappe ; SANTOS, Flávia M. T. (2008) Resolução de Problemas e Atividades Experimentais no Ensino de Química. In: XIV ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 2008, Curitiba. **Anais do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química**. Curitiba : UFPR / DQ. v. 1. p. 01-08.

GOI, Mara Elisângela Jappe ; SANTOS, Flávia M. T. (2009a) Reações de Combustão e Impacto Ambiental por meio de Resolução de Problemas e Atividades Experimentais. **Química Nova na Escola**, v. 31, p. 203-209.

GOI, Mara Elisângela Jappe ; SANTOS, Flávia M. T. (2009b) Resolução de Problemas e Atividades Experimentais nas Aulas de Química: Relato de Experiências. In: IX Encontro sobre Investigação na Escola, 2009, Lajeado. **Anais do IX Encontro sobre Investigação na Escola**. Lajeado-RS : Editora da UNIVATES. v. 1. p. 1-5.

KUHN, Thomas (1970) **The Structure of Scientific Revolutions**. Chicago: The University of Chicago Press. 2o.Ed.

LAKATOS, Imre (1978) **The Methodology of Scientific Research Programmes**. Philosophical Papers Volume 1. Cambridge: Cambridge University Press.

LAUDAN, Larry (1977) **Progress and its problems. Towards a Theory of Scientific Growth**. London: Routledge & Kegan Paul. 257p.

LAUDAN, Larry (1981) A Problem-Solving Approach to Scientific Progress. In *Scientific Revolutions*. Ed. Hacking, I, Oxford: Oxford University Press. pp. 144-155.

LAUDAN, Larry (1990) **Science and relativism: some key controversies in the philosophy of science**. Chicago: University of Chicago Press.180pp.

MATTHEWS, Michael R. (1998). **Constructivism and Science Education: A Philosophical Examination**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

MATTHEWS, Michael R. (2000). **Time for Science Education: How Teaching the History and Philosophy of Pendulum Motion can contribute to Science Literacy**. New York: Kluwer Academic Publishers.

MATTHEWS, Michael R. (2009). Teaching the Philosophical and Worldview Dimension of Science. *Science & Education*, 18(6-7), 697-728.

OSTERMANN, Fernanda; PRADO, Sandra D. (2005) A Física quântica como uma tradição de pesquisa, uma análise a partir da epistemologia de Larry Laudan. V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Atas do Enpec, n. 5.

OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTI, Cláudio J. H.; RICCI, Trieste Freire; PRADO, Sandra D. (2008) Tradição de pesquisa quântica: uma interpretação na perspectiva da epistemologia de Larry Laudan. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n 2, p 366-386.

PESA, M.; OSTERMANN, F. La ciencia como actividad de resolución de problemas: la epistemología de Larry Laudan y algunos aportes para las investigaciones educativas en ciencias. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**.19,84-99, 2002.

SANTOS, Flávia M. T. ; GOI, Mara Elisângela Jappe (2005) Resolução de Problemas e Atividades Práticas de laboratório: uma articulação possível. In: **V Encontro Nacional**

**de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2005, Bauru. Atas do V ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências.