

## **Tendências de pesquisa sobre a resolução de problemas em Química**

**Lucas dos Santos Fernandes e Angela Fernandes Campos**

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Brasil/PE. E-mails: [luckfernandez@hotmail.com](mailto:luckfernandez@hotmail.com), [afernandescampos@gmail.com](mailto:afernandescampos@gmail.com).

**Resumo:** Esta investigação buscou identificar as tendências de pesquisa sobre a resolução de problemas em Química. Nesse sentido, foram analisados estudos relacionados a essa temática publicados em periódicos nacionais e internacionais da área de Ensino de Ciências e Educação em Química de 2003 a 2012, e também os trabalhos publicados nos anais do IX Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, realizado em 2013. Foram identificados trinta e quatro (34) estudos publicados em periódicos e dez (10) trabalhos publicados nos anais do evento. Os estudos foram analisados em relação aos aspectos bibliográficos, teóricos e metodológicos. A análise dos dados revelou as seguintes tendências de pesquisa: (i)- A maior parte das pesquisas sobre a resolução de problemas em Química está orientada na linha de pesquisa que concebe esse processo como uma investigação; (ii)- A maioria dos estudos corresponde a pesquisas aplicadas; (iii)- Os conteúdos químicos mais presentes nos estudos são referentes à Físico-Química e à Química Geral; (iv)- A maioria das pesquisas utiliza metodologias qualitativas. Esta investigação espera contribuir para a divulgação das pesquisas sobre a resolução de problemas em Química e para o desenvolvimento de novos estudos sob essa perspectiva.

**Palavras-chave:** resolução de problemas, ensino de Química, tendências de pesquisa.

**Title:** Trends research on problem solving in Chemistry.

**Abstract:** This research aimed to identify the research trends on problem solving in Chemistry. In this sense, studies related to this topic were published in national and international journals in the area of Science Teaching and Education in Chemistry from 2003 to 2012, and also the works published in the proceedings of the IX International Congress on Research in Science Didactics, Carried out in 2013. In total, thirty-four (34) studies published in periodicals and ten (10) papers published in the annals of the event were identified. The studies were analyzed in relation to bibliographic, theoretical and methodological aspects. Data analysis revealed the following research trends: (i) Most research on problem solving in Chemistry is oriented in the line of research that conceives this process as an investigation; (Ii) Most studies correspond to applied research; (Iii) - The chemical contents most present in the studies refer to Physical Chemistry and General Chemistry; (Iv) Most research uses qualitative methodologies. This research contributes to the dissemination of research

on problem solving in Chemistry and for the development of new studies from this perspective.

**Keywords:** problem solving, teaching of Chemistry, trends research.

### **Introdução**

Desde a criação das primeiras escolas, a resolução de problemas consiste em uma atividade didática presente nas salas de aula (Perales, 2000). Ao longo do tempo essa atividade desempenhou diversas funções didáticas de acordo com o modelo de ensino-aprendizagem adotado no ambiente escolar. Partindo do modelo de ensino tradicional (transmissão-recepção), até às propostas de ensino de caráter construtivista, a resolução de problemas ocupa um papel importante no que se refere à aprendizagem dos alunos. Inicialmente, essa atividade foi utilizada para treinar habilidades instrumentais básicas que seriam importantes para os alunos, nesse período os termos 'problema' e 'exercício' eram tratados como sinônimos por muitos professores, no entanto, com o passar do tempo a distinção entre esses termos foi estabelecida e ficou evidenciado que a resolução de verdadeiros problemas permitia, além do desenvolvimento dessas habilidades, o desenvolvimento cognitivo e a aprendizagem de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais (Campos e Nigro, 1999).

A resolução de problemas está inserida entre as novas perspectivas da Didática das Ciências, nesse sentido, essa linha de pesquisa leva em consideração as inter-relações Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) em que a construção do conhecimento científico está associada à resolução de situações problemáticas relevantes e interessantes para os alunos, assumindo que a Ciência e a Tecnologia, em profunda inter-relação, não são atividades ou conhecimentos neutros, mas estão carregados de ideologia e de implicações sociais (Paixão e Cachapuz, 2003). Essa concepção que relaciona a resolução de problemas com as inter-relações CTS pode contribuir, de forma significativa, para o desenvolvimento de visões mais adequadas sobre o desenvolvimento científico e tecnológico.

A utilização da resolução de problemas nas aulas de Química constitui um aspecto importante no que se refere ao ensino e a aprendizagem dessa disciplina. A Química possui como objetos de estudo: a constituição, as propriedades e as transformações das substâncias e dos materiais (Mortimer, Machado e Romanelli, 2000). O ensino de Química deve envolver a contextualização e privilegiar a resolução de problemas abertos (problemas qualitativos que admitem mais de uma solução), nos quais o aluno deverá considerar não só aspectos técnicos, como também sociais, políticos, econômicos e ambientais, o que pode resultar numa demanda de abordagens interdisciplinares (Machado e Mortimer, 2007).

Os Documentos Oficiais que regulamentam o ensino de Química no Brasil destacam a resolução de problemas como uma atividade didática importante no sentido de desenvolver habilidades e competências nos alunos. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) os alunos deverão saber selecionar e utilizar ideias e procedimentos científicos (leis, teorias, modelos) para a resolução de problemas qualitativos e quantitativos em Química, identificando e acompanhando as variáveis

relevantes (Ministério da Educação do Brasil, 1999). As Orientações Curriculares Nacionais (OCN) propõem que os conteúdos químicos sejam abordados a partir de problemas reais no sentido de buscar o conhecimento necessário para entendê-los e procurar solucioná-los (Ministério da Educação do Brasil, 2006).

Os primeiros estudos sobre a resolução de problemas no ensino de Química datam da década de 1980 (Brianso, 1985; Frazer, 1982; Kempa, 1986). Contudo, nos últimos anos os estudos dessa linha de pesquisa foram publicados com maior frequência (Fernandes e Campos, 2014; Lacerda, Campos e Marcelino-Jr, 2012; Nery e Maldaner, 2012).

A resolução de problemas constitui uma linha de pesquisa pertencente ao campo da Didática das Ciências que apresenta uma bibliografia extensa e complexa. As pesquisas sobre a resolução de problemas em Química apresentam uma grande dificuldade em sua sistematização devido à diversidade de concepções na comunidade científica sobre os conceitos de 'problema' e de 'resolução de problemas' (Oñorbe, Sánchez, 1996).

A resolução de problemas em Química foi escolhida como objeto de investigação mediante a sua relevância no cenário atual da Didática das Ciências e devido à falta de sistematização das pesquisas relacionadas ao ensino de Química a partir dessa perspectiva de ensino. Nessa direção, este estudo pretende responder a seguinte questão de pesquisa: Quais as tendências de pesquisa sobre a resolução de problemas em Química?

A fim de responder a essa questão, temos como objetivo: identificar as tendências de pesquisa sobre a resolução de problemas em Química a partir da análise bibliográfica, teórica e metodológica dos estudos publicados sobre essa temática.

### **Fundamentação teórica**

#### *Os conceitos de problema e de exercício*

A discussão sobre uma definição para o termo 'problema' ainda está aberta no campo da Didática das Ciências. A noção do termo 'problema' é complexa e depende, sobretudo, da perspectiva teórica com a qual se olha para esse conceito (Lopes, 1994). No entanto, um olhar sobre a literatura nos permite traçar alguns elementos que os caracterizam, a saber: a presença de um obstáculo (dispositivo que impede a resolução do problema de forma imediata), relevância (a resolução representar um progresso importante) (Meirieu, 1998) e busca da solução (despertar o interesse na resolução) (Lopes, 1994). Em relação ao termo 'exercício' observa-se que ele é entendido como uma atividade didática que permite a prática de habilidades instrumentais básicas que inclusive podem ser mobilizadas para a resolução de problemas complexos (Echeverría e Pozo, 1998).

Uma situação somente pode ser concebida como um problema na medida em que não se disponha de procedimentos automáticos que permitam solucioná-la de forma mais ou menos imediata, sem exigir, de alguma forma, um processo de reflexão ou uma tomada de decisão sobre a sequência de passos a serem seguidos (Echeverría e Pozo, 1998). Um problema constitui, pois, uma situação incerta que provoca em quem a padece uma conduta (resolução do problema) tendente a encontrar a

solução (resultado esperado) e reduzir desta forma a tensão inerente a essa incerteza (Perales, 2000).

É importante destacar que o termo 'problema' é idiossincrático, ou seja, um enunciado pode representar um problema para uma pessoa, enquanto que para outra, o mesmo enunciado pode representar apenas um exercício. Buscando uma diferenciação mais objetiva entre problemas e exercícios, alguns autores (Gonçalves, Mosquera e Segura, 2007) apontam algumas características dessas atividades didáticas, conforme a Tabela 1 a seguir:

<b>Problemas</b>	<b>Exercícios</b>
A estratégia para solução é desconhecida.	A estratégia para a solução é conhecida.
Existem várias estratégias para chegar à solução.	Existe apenas uma estratégia para chegar à solução.
Possui várias soluções.	Possui uma única solução.
É de resolução mais complexa por envolver vários conteúdos.	É de fácil resolução por envolver poucos conteúdos.
Implica a aplicação e combinação de várias habilidades instrumentais básicas de forma contextualizada.	Implica apenas a aplicação de habilidades instrumentais básicas sem contextualização.
É preciso a apropriação do problema e motivação para efetuar a resolução.	Não é preciso a apropriação para efetuar a resolução.

Tabela 1.-Características dos problemas e exercícios (Gonçalves et al., 2007).

O exercício é normalmente utilizado para operacionalizar um conceito, treinar um algoritmo e o uso de técnicas, regras, equações ou leis químicas, ou ainda para exemplificar conteúdos abordados em sala de aula.

Diferentemente dos exercícios, a resolução de um problema não se dá na imparcialidade: quem o resolve, precisa fazer algum juízo de valor, optar por uma direção, uma lógica social, histórica, educacional, profissional, científica ou mesmo afetiva. Resolver uma situação-problema exige muito mais que conhecer: exige saber agir, tomando como base os conhecimentos pré-construídos.

A Tabela 2 mostra alguns exemplos de exercícios e um problema relacionado à Química. Percebe-se que a exigência cognitiva e metodológica do indivíduo para responder aos exercícios é muito menor em relação ao problema proposto. Nos exercícios, o estudante precisa balancear as equações químicas, ou seja, acertar os coeficientes estequiométricos das reações de modo que a quantidade de átomos seja a mesma nos reagentes e nos produtos. O algoritmo de resolução é o mesmo em todos os itens. Em relação ao problema, observa-se que o enunciado apresenta inicialmente algumas propriedades físicas do carbono e do grafite, em seguida afirma que ambas as substâncias são formadas apenas por átomos de Carbono (C) e posteriormente apresenta um questionamento: Por que as propriedades dessas substâncias são tão diferentes apesar delas apresentarem a mesma constituição? Para resolver problemas deste tipo será necessária a articulação entre diversos conteúdos. O estudante terá que mobilizar seus conhecimentos e buscar novas informações para solucionar o problema de forma adequada. O obstáculo presente no enunciado do problema impede que a resolução seja realizada de forma imediata. Enquanto que o

componente motivacional do problema precisa estimular o aluno a solucionar o problema, para isso o conteúdo do enunciado deve ser relevante. As características destacadas (obstáculo, relevância e motivação) são fundamentais para que os problemas sejam efetivos para construir conhecimentos e desenvolver habilidades e competências.

Exercício	Problema (Fernandes, Campos, 2014)
Exemplos: 1) Efetue o balanceamento das equações químicas a seguir: a) $H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)}$ b) $N_{2(g)} + H_{2(g)} \rightarrow NH_{3(g)}$ c) $SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow SO_{3(g)}$	Exemplo: O diamante é uma substância que apresenta uma dureza elevada. Por isso, é utilizado na perfuração de rochas. Na sua composição apresenta apenas átomos de carbono. O grafite é uma substância que possui resistência baixa. É empregada na fabricação de lápis e também é constituída apenas por átomos de carbono. Na escala de dureza o diamante é o mais duro com valor igual a 10 e a grafite é um dos materiais mais moles com dureza igual a 1. O grafite é um condutor elétrico ao contrário do diamante que é considerado um isolante. Por conduzir eletricidade a grafite é utilizada em fornos elétricos. Por que há diferença de dureza tão acentuada nessas substâncias uma vez que ambas são constituídas apenas por carbono? Por que só o grafite conduz corrente elétrica? Que tipo de ligação química ocorre nessas substâncias?

Tabela 2.- Exemplos de exercício e problema em Química.

A literatura da área de Ensino de Ciências também explicita diferenças entre exercício e problema da vida real. Em problemas da vida real é necessário que haja inicialmente uma problematização do enunciado para que as questões centrais do problema possam emergir desse contexto (Santos e Schnetzler, 2010). Enquanto, no exercício as questões a serem respondidas são colocadas de forma explícita, não necessitando de reflexão por parte dos alunos. O exercício apresenta respostas esperadas (padrões), enquanto no problema existe a possibilidade de múltiplas respostas que dependem do contexto em que o problema se insere.

Além disso, o processo de resolução de problemas potencializa a interação entre aluno-professor e aluno-aluno uma vez que ocorrerá uma permanente discussão dos conteúdos o que poderá propiciar uma construção coletiva do conhecimento (Lacerda et al., 2012).

#### *A resolução de problemas no ensino de Química*

No Ensino de Ciências a resolução de problemas, geralmente, é uma atividade didática presente em muitas salas de aula. Particularmente no ensino de Química, essa atividade vem sendo pesquisada por muitos investigadores (Fernandes e Campos, 2014; Lacerda et al., 2012; Nery e Maldaner, 2012). A resolução de problemas em Química é o processo de utilização de conhecimentos e habilidades químicas para preencher a lacuna entre o problema e a resolução (Frazer, 1982). A lacuna entre o problema e a resolução consiste em um obstáculo que impede que o problema seja solucionado de forma imediata. Dessa forma, os alunos terão que mobilizar

seus conhecimentos e habilidades para superar as dificuldades e resolver o problema.

A resolução de problemas no ensino de Química pode ser desenvolvida de forma criativa, explorando e relacionando os conteúdos químicos de forma integrada, contextualizada e interdisciplinar. Através da resolução de problemas é possível integrar vários conceitos químicos que envolvem simultaneamente os três objetos de estudo dessa disciplina (Constituição, propriedades e transformações das substâncias e dos materiais).

A resolução de problemas pode ser uma estratégia didática eficiente para abordar a Química em seus três níveis de conhecimento (Johnstone, 1982). No que se refere ao nível teórico ou microscópico, podem ser apresentados problemas que envolvam as características microscópicas da matéria como, por exemplo: átomos, íons, elétrons, prótons, nêutrons, moléculas, etc. No nível fenomenológico ou macroscópico, podem ser abordados os problemas que envolvam as propriedades das substâncias e dos materiais que podem ser observadas diretamente, tais como: dureza, cor, brilho, condução elétrica, etc. Em relação ao nível representacional, podem ser incluídos problemas que envolvam a linguagem e as representações específicas da química tais como: símbolos dos elementos químicos, fórmulas químicas, equações químicas, geometria molecular, etc.

É importante que os problemas envolvam simultaneamente os três níveis do conhecimento químico relacionando-os de forma a obter compreensões completas sobre os fenômenos químicos que envolvem as substâncias e os materiais. Nesse sentido, podem ser explorados problemas que exijam soluções diversificadas e que envolvam a mobilização de várias habilidades, competências e conhecimentos químicos. Para isso, podem ser propostos problemas qualitativos, quantitativos ou experimentais, ou inclusive, problemas que envolvam essas três dimensões simultaneamente.

### **Metodologia**

Este estudo é de natureza qualitativa, tendo em vista que os dados serão analisados predominantemente de forma descritiva e interpretativa (Lüdke e André, 2014), no entanto, em alguns momentos levou-se em consideração a quantificação de alguns dados com a finalidade de expressá-los de forma mais clara e objetiva. Em relação ao tipo de pesquisa, esta investigação é caracterizada como uma pesquisa bibliográfica (Gil, 2002) que buscou analisar as tendências de pesquisa sobre a resolução de problemas em Química. As pesquisas desse tipo parecem trazer em comum o desafio de mapear e de discutir uma certa produção acadêmica em diferentes campos do conhecimento, tentando responder que aspectos e dimensões vêm sendo destacados e privilegiados em diferentes épocas e lugares, de que forma e em que condições têm sido produzidas as publicações em determinadas áreas (Ferreira, 2002).

#### *Critérios de seleção e coleta dos dados de pesquisa*

As fontes de dados para esta investigação foram periódicos nacionais e internacionais da área de Ensino de Ciências/Educação em Química e os anais do IX Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, realizado em 2013. Os periódicos da área de Ensino de Ciências

selecionados para esta investigação pertencem aos estratos A1 e A2 do Qualis da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Em relação aos periódicos da área de Educação em Química, foram considerados os estratos A1, A2, B1, B2 e B3. Em todos periódicos foram analisados todos os volumes e números no período de 2003 a 2012.

O Qualis da CAPES foi utilizado como critério para a seleção dos periódicos porque esse sistema de avaliação bibliográfica é o principal indicador da qualidade dos periódicos nacionais e internacionais no Brasil. Seguindo esses critérios foram selecionados os periódicos apresentados na Tabela 3 a seguir:

<b>Periódico</b>	<b>Estrato</b>
Enseñanza de las Ciencias	A1
International Journal of Science Education	A1
Research in Science & Technological Education	A1
Science & Education	A1
Public Understanding of Science	A2
Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias	A2
Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias	A2
Science in Context	A2
Ciência & Educação	A1
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	A2
Cadernos CEDES	A2
Ensaio: Pesquisa em educação em Ciências	A2
Investigações em ensino de Ciências	A2
Educación Química	B1
Química Nova na escola	B1
Química Nova	B3

Tabela 3.- Periódicos nacionais e internacionais selecionados e estrato segundo o Qualis da CAPES.

Os artigos sobre a resolução de problemas em Química publicados nos periódicos da área de Ensino de Ciências/Educação em Química e nos anais do IX Congresso Internacional sobre Investigación en didáctica de las Ciencias, foram identificados a partir de palavras no título e/ou no resumo. Dessa forma, foram consideradas palavras relativas à resolução de problemas e à Química. A Tabela 4 a seguir apresenta algumas palavras utilizadas nesta investigação.

<b>Palavras relativas à resolução de problemas</b>	<b>Palavras relativas à Química</b>
Problema, resolução de problemas, situação-problema, solução de problemas, aprendizagem baseada em problemas, etc.	Química, Química Geral, Química Orgânica, Físico-Química, termodinâmica, eletroquímica, reações químicas, elemento químico, mistura, modelos atômicos, ligações químicas, síntese orgânica, equilíbrio químico, termoquímica, soluções, estequiometria, bioquímica, etc.

Tabela 4.- Palavras-chave encontradas no título dos estudos coletados.

Nos periódicos da área de Ensino de Ciências e nos anais do IX Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, os artigos foram identificados a partir de palavras relativas à resolução de problemas e à Química. Nos periódicos da área de Educação em Química os artigos foram identificados apenas a partir de palavras relativas à resolução de problemas.

Os artigos identificados utilizando os critérios estabelecidos anteriormente foram coletados a partir do site dos periódicos selecionados, pelo Portal de Periódicos da CAPES e através de bibliotecas universitárias.

#### *Análise de dados*

Inicialmente os estudos foram identificados, coletados e codificados. Após essas etapas, foram definidas três (03) categorias de análise: aspectos bibliográficos, teóricos e metodológicos.

#### *Aspectos bibliográficos*

Em relação aos aspectos bibliográficos, os estudos foram analisados em relação à: (i)- título do estudo; (ii)- autor(es); (iii)- periódico; (iv)- ano. Os dados bibliográficos são importantes porque eles revelam a origem dos artigos analisados no que se refere à sua produção e publicação. Esses dados também permitem observar o período em que as pesquisas foram produzidas, dessa forma, é possível avaliar algumas condições de produção, quanto à disponibilidade de recursos tecnológicos e acesso a outras investigações que estavam sendo produzidas no campo da Didática das Ciências.

#### *Aspectos teóricos*

No que se refere aos aspectos teóricos, os estudos foram classificados quanto à: (i)- linha de pesquisa; (ii)- foco temático; (iii)- tipo de estudo. Em relação à linha de pesquisa, as investigações foram categorizadas em função dos principais enfoques das pesquisas sobre a resolução de problemas no Ensino de Ciências segundo a literatura (Perales, 2000; Ceberio, Guisasaola e Almudí, 2008): (i)- desenvolvimento de estratégias gerais de resolução de problemas; (ii)- variáveis envolvidas no processo de resolução de problemas; (iii)- a resolução de problemas por expertos e novatos; (iv)- a resolução de problemas como um processo de investigação.

Quanto ao foco temático, os estudos foram classificados em subdivisões dentro da linha de pesquisa maior. Em relação às linhas de pesquisa: a resolução de problemas por expertos e novatos e o desenvolvimento de estratégias de resolução, não foram identificados focos temáticos. Quanto à linha de pesquisa que aborda a resolução de problemas a partir das variáveis envolvidas nesse processo, foram verificados três (03) focos temáticos: variáveis do enunciado, variáveis do contexto e variáveis do solucionador, essa tipologia de variáveis corresponde à listada na literatura (Perales, 2000). Em relação à linha de pesquisa que aborda a resolução de problemas como um processo de investigação, foram observados três (03) focos temáticos: formação de professores, proposição de intervenção didática e intervenção didática aplicada.



No que se refere ao tipo de estudo, as investigações foram classificadas em relação à sua abordagem em estudo teórico ou pesquisa aplicada. Os estudos teóricos correspondem aos trabalhos em que a resolução de problemas é apenas discutida em seus fundamentos conceituais. As pesquisas aplicadas são estudos que envolvem a coleta de dados e/ou a realização de experimentos ou testes.

A partir dos aspectos teóricos é possível analisar alguns fundamentos que orientam os estudos analisados. Essa caracterização é importante porque permite avaliar os pressupostos teóricos assumidos pelos autores dos estudos e a sua pertinência para a realização das pesquisas desenvolvidas.

#### *Aspectos metodológicos*

Após a categorização teórica, foi realizada análise metodológica dos estudos em relação: ao conteúdo químico, à metodologia utilizada, aos sujeitos de pesquisa e quanto aos instrumentos de coleta de dados.

Quanto aos conteúdos, foram identificados nas investigações quais assuntos eram abordados levando em consideração as diversas áreas da Química: Química Geral, Química Orgânica, Físico-Química, etc. Em relação à metodologia, os estudos foram classificados em pesquisas qualitativas e/ou quantitativas, de acordo com a análise de dados apresentada. No que se refere aos sujeitos de pesquisa, buscou-se observar os níveis de ensino: Ensino Fundamental, Ensino Médio, Ensino Técnico, Educação de Jovens e Adultos, Ensino Superior ou Pós-Graduação. Também foram analisados os instrumentos de coleta de dados utilizados, tais como: questionário, entrevista, videografia, gravações de áudio, fichas de observação, etc.

A caracterização metodológica dos estudos analisados permite identificar os métodos e os instrumentos de pesquisa utilizados pelos autores para realizar investigações sobre a resolução de problemas em Química. Nesse sentido, os aspectos metodológicos são importantes, à medida que, apresentam como a pesquisa foi desenvolvida e se os dados foram coletados e analisados de forma adequada.

A Figura 1 a seguir traz um esquema com as categorias de análise utilizadas nesta pesquisa a partir dos aspectos analisados (bibliográficos, teóricos e metodológicos).

A seguir serão explorados os resultados obtidos através da análise dos aspectos bibliográficos, teóricos e metodológicos dos estudos investigados nesta pesquisa sobre a resolução de problemas em Química.

### **Resultados e discussão**

#### *Aspectos bibliográficos*

Nas revistas nacionais foram identificados apenas sete (07) estudos sobre a resolução de problemas em Química, enquanto que, nos periódicos internacionais esse número chega a vinte e sete (27). Nos anais do IX Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias foram identificados dez (10) trabalhos. O total de estudos analisados nesta investigação foi quarenta e quatro (44). As referências de todos os estudos analisados encontram-se no anexo nesta pesquisa

Em relação aos aspectos bibliográficos foram analisadas quatro categorias: título, autores, periódico e ano.

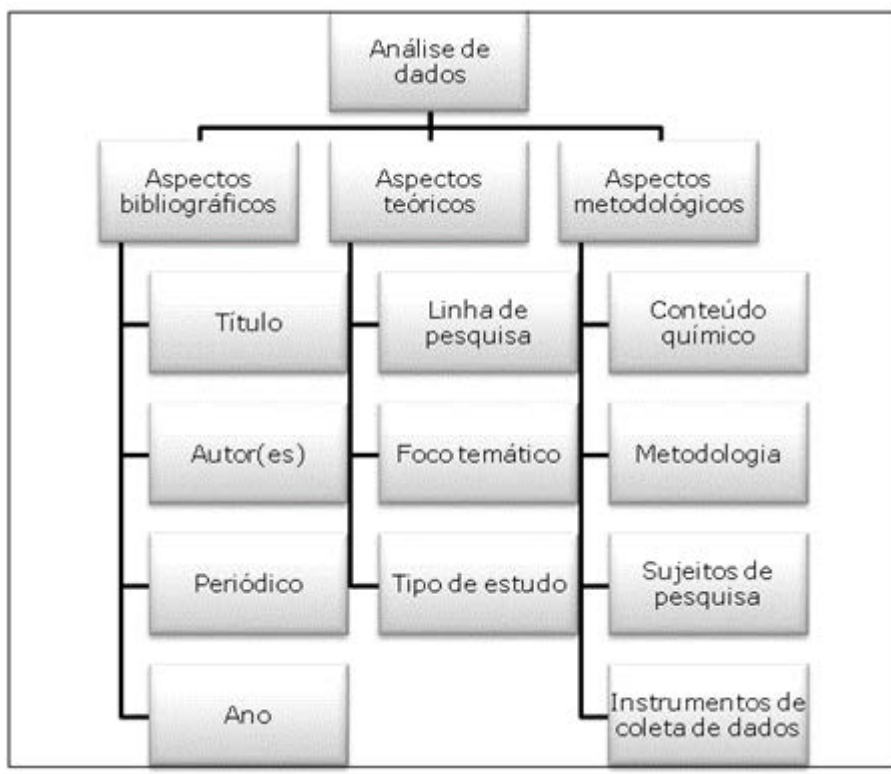


Figura 1.-Categorias de análise utilizadas na análise de dados.

Analisando o título das investigações pode-se observar uma grande diversidade de abordagens em relação à resolução de problemas no ensino de Química. Entre essas abordagens podem ser destacadas: ensino de conteúdos químicos a partir da resolução de problemas (Lopes, Filho, Marsden e Alves, 2011; Tarhan e Acar, 2007), resolução de problemas a partir de trabalhos experimentais (Llorens-Molina, 2010; Merino e Herrero, 2007), estudos sobre os fatores que influenciam a resolução de problemas (Moliné, 2007; Solaz-Portolés, 2010), entre outras.

Em relação aos autores dos estudos, observa-se que nacionalmente e internacionalmente foram identificados mais de um estudo com os mesmos autores (Campos e Silva, 2013; Fernandes e Campos, 2013; Lacerda, Campos e Marcelino-Jr, 2012; Santos, Almeida e Campos, 2005; Solaz-Portolés e López, 2006; Solaz-Portolés, 2010). Esse dado mostra a atuação de pesquisadores e grupos de pesquisa que vêm desenvolvendo pesquisas relacionadas à resolução de problemas em Química ao longo do tempo. Na realidade, os autores em suas pesquisas buscam sempre inovar desenvolvendo novas abordagens e enfocando outros aspectos que não haviam destacado anteriormente. Nesse sentido, os estudos identificados com os mesmos autores apresentam dimensões diferentes, ou até mesmo complementares, para a resolução de problemas em Química.

Dos periódicos selecionados, nem todos apresentaram estudos sobre a resolução de problemas em Química. Nacionalmente, o periódico Química Nova se destaca com três (03) publicações e internacionalmente, a revista

Educación Química apresenta quinze (15) estudos publicados. Esses dois periódicos correspondem a revistas de alta popularidade na comunidade científica, publicando estudos relevantes para a área de Educação em Química. Os estudos sobre a resolução de problemas em Química publicados nesses periódicos evidenciam a qualidade dessas pesquisas e o alcance dessas investigações em relação ao número de leitores.

O período em que os pesquisadores realizaram seus estudos consiste em dado importante na caracterização das pesquisas, tendo em vista que, as concepções sobre problemas e exercícios vêm se modificando ao longo do tempo. No gráfico da figura 2 a seguir encontra-se a distribuição dos estudos analisados por ano.

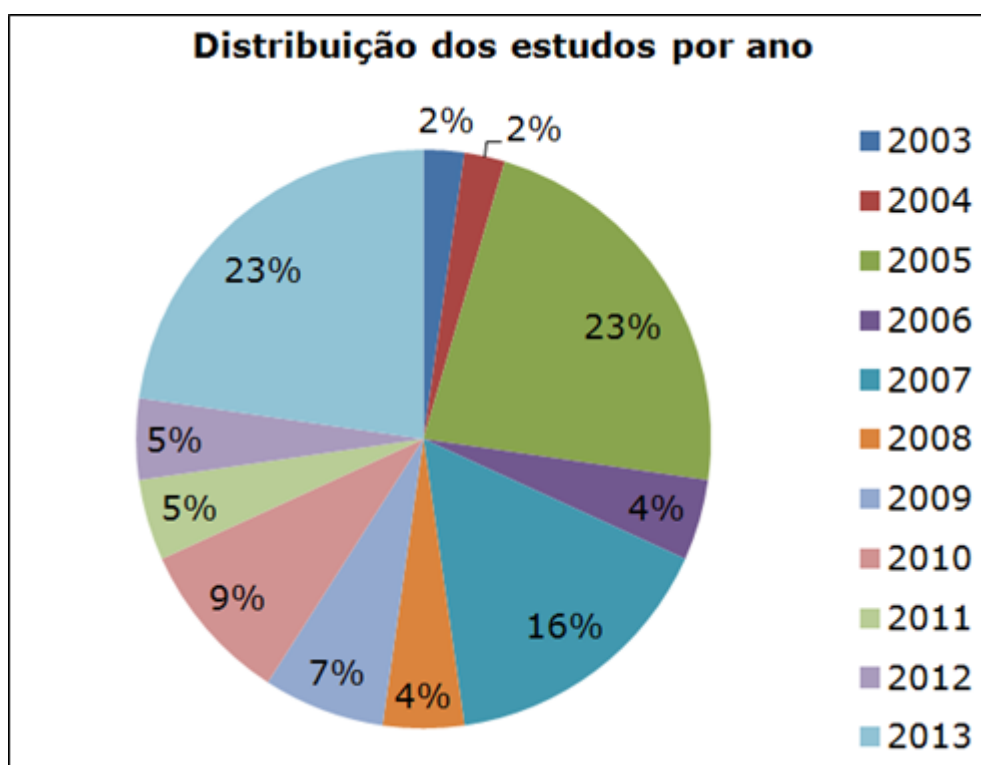


Figura 2.-Distribuição dos estudos sobre a resolução de problemas em Química.

De acordo com os dados da Figura 2, observa-se que o número de estudos sobre a resolução de problemas vem crescendo nos periódicos analisados. Os anos de 2005 e 2013 apresentam o maior número de estudos publicados. No ano de 2005 o periódico Educación Química publicou um número especial dedicado apenas às pesquisas sobre a resolução de problemas em Química e de forma geral, esse fato justifica o maior número de estudos nesse período. Enquanto que no ano de 2013 foram publicados os anais do IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, nesse evento dez (10) trabalhos sobre a resolução de problemas em Química foram apresentados.

Observando os aspectos bibliográficos explorados anteriormente, é possível destacar algumas tendências de pesquisa sobre a resolução de problemas em Química:

1. A maior parte das pesquisas foi publicada em periódicos internacionais;
2. O título dos artigos sugere que a resolução de problemas pode ser aplicada em diversas estratégias didáticas para o ensino de Química;
3. Alguns pesquisadores contribuem com vários estudos sobre a resolução de problemas, demonstrando que essa linha de pesquisa é relevante para a área de Ensino de Ciências/Educação em Química;
4. O número de estudos sobre a resolução de problemas em Química publicados em periódicos nacionais e internacionais vem crescendo nos últimos anos;

Do ponto de vista dos aspectos bibliográficos a resolução de problemas em Química corresponde a uma linha de pesquisa em crescimento no campo de estudo da Didática das Ciências. Esse crescimento, em parte, pode estar relacionado ao sucesso das investigações que utilizam essa abordagem nos processos de ensino e aprendizagem (Lacerda et al., 2012; Fernandes, Campos, 2014; Ferreira et al., 2016).

A seguir serão explorados os aspectos teóricos dos estudos investigados nesta pesquisa.

#### *Aspectos teóricos*

Após a análise bibliográfica, os estudos foram classificados, em relação aos aspectos teóricos, em três categorias: linha de pesquisa, foco temático e tipo de estudo. A análise dos estudos identificou investigações em todas as linhas de pesquisa sobre a resolução de problemas que a literatura apresenta (Ceberio et al., 2008; Perales, 2000). Duas investigações apresentaram duas linhas de pesquisa, por esse motivo o total dos estudos do gráfico a seguir é maior (46) que o número total de estudos analisados (44). A Figura 3 a seguir apresenta a frequência dos estudos publicados em periódicos nacionais e internacionais sobre a resolução de problemas em Química classificados por linha de pesquisa.

Em relação à linha de pesquisa que explora o desenvolvimento de estratégias para a resolução de problemas, foram identificados quatro (04) estudos. Essa linha de pesquisa consiste no desenvolvimento de estratégias gerais para a resolução de problemas que podem ser aplicadas a qualquer tipo de situação problemática (Echeverría e Pozo, 1998; Perales, 2000). Além disso, essas investigações buscam a proposição de passos ou etapas que permitam treinar a resolução de problemas (Brianso, 1985; Hartwig, 1984). Ao longo do tempo diversos procedimentos de resolução foram propostos, no entanto, observa-se que a resolução de problemas demanda a mobilização criativa de conhecimentos prévios e habilidades sobreaprendidas, nesse contexto, o desenvolvimento de procedimentos algorítmicos para a resolução de problemas perde um pouco do seu significado (Garret, 1988).

A resolução de problemas por expertos e novatos corresponde a uma linha de pesquisa que aborda o processo de resolução a partir da comparação entre os procedimentos e etapas utilizadas por especialistas (expertos) na resolução de problemas em uma determinada área do

conhecimento e os passos utilizados por iniciantes (novatos) (Echeverría, Pozo, 1998). Esse tipo de estudo busca conhecer as estratégias de resolução utilizadas pelos expertos com o objetivo de ensiná-las aos novatos e com isso melhorar o desempenho na resolução de problemas (Perales, 2000). Foi identificado apenas um (01) estudo sob essa perspectiva (Palazuelos, 2005). Esse estudo traz uma revisão da literatura e aborda as diversas linhas de pesquisa relativas à resolução de problemas

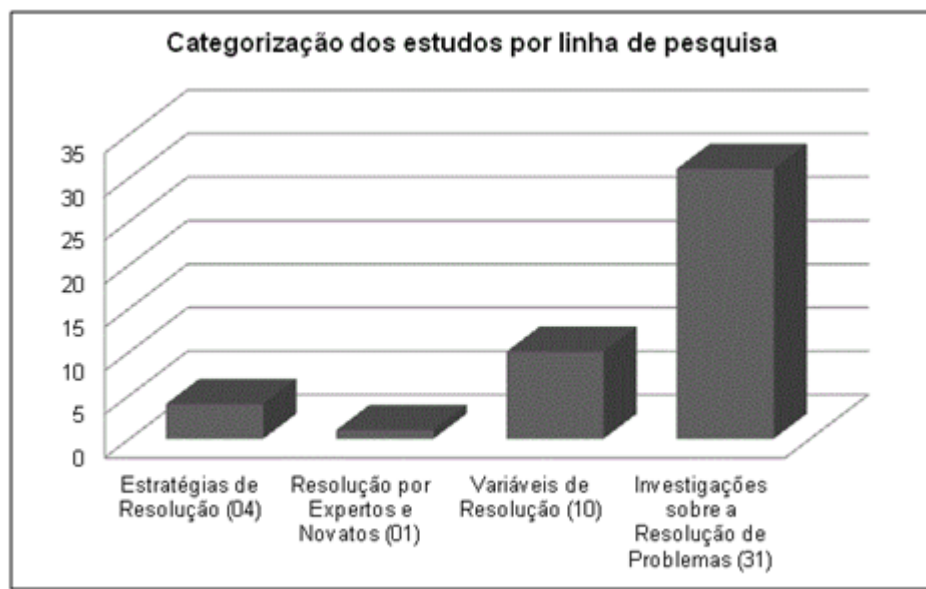


Figura 3.-Estudos sobre a resolução de problemas em Química classificados por linha de pesquisa.

O estudo das variáveis que influenciam o processo de resolução de problemas em Química corresponde a uma linha de pesquisa na qual foram identificados dez (10) estudos. As investigações sob essa orientação foram muito importantes para a compreensão de muitos aspectos envolvidos na resolução de problemas (Kempa, 1986; Niaz, 1996; Solaz-Portoléz, 2010). Observa-se na realidade que diversas variáveis influenciam na resolução de problemas entre as quais as mais importantes são: o enunciado do problema, o contexto da resolução e as características pessoais do resolvidor (Perales, 2000). Foram identificados três focos temáticos dentro dessa linha de investigação que correspondem às três variáveis citadas anteriormente. Em algumas dessas pesquisas mais de um tipo de variável foi investigada, dessa forma o total de focos temáticos identificados é maior que o de investigações. Quanto às variáveis relativas ao enunciado, foram identificados quatro (04) estudos sob esse foco temático. No que se refere às variáveis referentes ao contexto da resolução foram identificados quatro (04) artigos. Em relação às variáveis do solucionador foram identificadas seis (06) investigações. Esse conjunto de estudos que aborda a resolução de problemas a partir das variáveis permite compreender que esse processo é complexo, tendo em vista que, recebe a influência de um grande número de fatores (Perales, 2000).

A linha de pesquisa que aborda a resolução de problemas como um processo investigativo corresponde a um novo enfoque para o ensino

(Ceberio et al., 2008) e vem obtendo resultados satisfatórios em relação à aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes (Goi, Santos, 2009; Lacerda et al., 2012). Essa linha de pesquisa consiste na proposição e aplicação de intervenções didáticas com o objetivo de contribuir para melhorar os processos de ensino e aprendizagem de conteúdos químicos. Os estudos nessa linha de pesquisa correspondem a mais de 50% dos estudos publicados em periódicos nacionais e internacionais, totalizando trinta e um (31) estudos.

A proposição de intervenções didáticas, as intervenções didáticas aplicadas e a formação de professores correspondem aos três (03) focos temáticos identificados na linha de pesquisa que aborda a resolução de problemas como investigação (Fernandes e Campos, 2013; González e Gatica, 2008; Nery e Maldaner, 2012). Foram identificados sete (07) estudos referentes à proposição de intervenções didáticas baseadas na resolução de problemas para a aprendizagem de conteúdos químicos. Em relação às intervenções didáticas aplicadas foram identificados vinte (20) estudos. Quanto às investigações visando à formação de professores foram identificados quatro (04) estudos com esse foco temático.

Observa-se que os estudos que abordam a resolução de problemas como investigação apresentam dois referenciais teóricos diferentes: como Investigação Dirigida (Carvalho e Gil-Pérez, 2011), totalizando vinte e dois estudos (22) e segundo os princípios da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) (Mamede e Penaforte, 2001), sete estudos (07). Esses dois referenciais teóricos utilizam um problema para desencadear o processo de ensino-aprendizagem, no entanto, divergem em relação aos procedimentos didáticos e metodológicos que são empregados durante a intervenção didática (Campanario e Moya, 1999, Ceberio et al., 2008).

A partir da caracterização das linhas de pesquisa e dos focos temáticos identificados observa-se que as pesquisas sobre a resolução de problemas em Química apresentam enfoques teóricos diversificados que conferem a esse grupo de estudos do campo da Didática das Ciências várias opções para o desenvolvimento de estratégias didáticas que contribuam para o ensino de Química. A figura 4 a seguir apresenta um fluxograma hierárquico com as linhas de pesquisa e os focos temáticos identificados nos estudos analisados.

No que se refere ao tipo de estudo, observa-se que trinta e uma (31) investigações são pesquisas aplicadas (Campos, Silva, 2013; Moliné, 2007) e treze (13) são estudos teóricos (Seferian, 2010; Silva e Núñez, 2002; Solaz-Portolés, 2010). As pesquisas aplicadas em sua maioria estão relacionadas às intervenções didáticas vinculadas ao ensino de conteúdos químicos. Enquanto que os estudos teóricos abordam a resolução de problemas do ponto de vista descritivo, seja na proposição de intervenções didáticas ou na análise teórica das pesquisas sobre a resolução de problemas em Química.

Observando os aspectos teóricos explorados anteriormente, é possível destacar algumas tendências de pesquisa sobre a resolução de problemas em Química:

1. A maior parte das pesquisas corresponde à linha de pesquisa que aborda a resolução de problemas como um processo de investigação;
2. Todas as grandes linhas de pesquisa sobre a resolução de problemas foram observadas nos estudos analisados;
3. Grande parte dos estudos busca ensinar conceitos químicos a partir da resolução de problemas;
4. Algumas linhas de pesquisa sobre a resolução de problemas em Química apresentam focos temáticos diversificados quanto à orientação teórica;
5. A maioria dos estudos são pesquisas aplicadas.

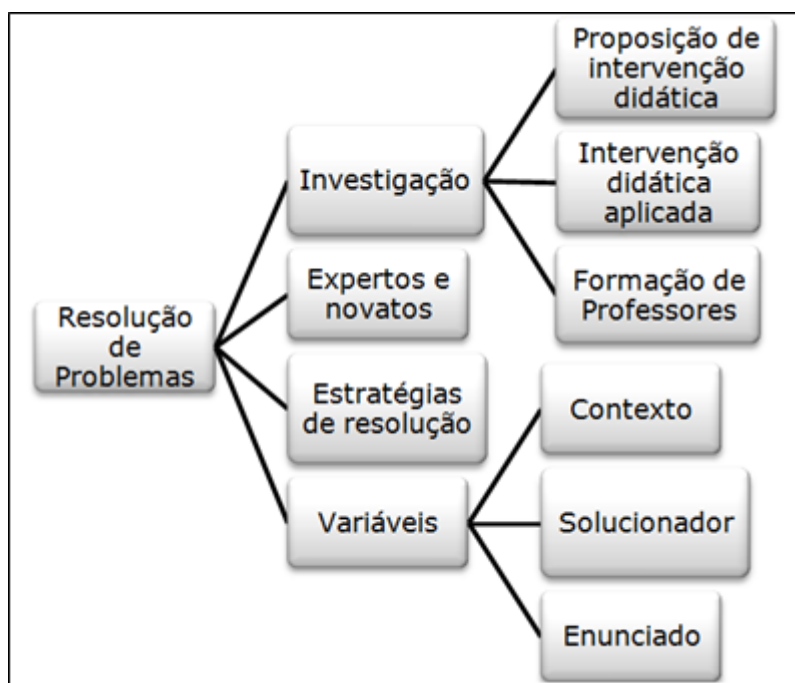


Figura 4.- Linhas de pesquisa e focos temáticos identificados nos estudos sobre a resolução de problemas em Química.

A análise dos aspectos teóricos revela algumas características importantes das pesquisas sobre a resolução de problemas em Química que podem servir como aporte teórico para o desenvolvimento de novas investigações sobre essa perspectiva de ensino e aprendizagem que possam destacar a resolução de problemas a partir de estratégias didáticas inovadoras.

A seguir são apresentados os resultados referentes à análise dos aspectos metodológicos dos estudos investigados nesta pesquisa.

#### *Aspectos metodológicos*

A análise dos aspectos metodológicos levou em consideração as seguintes categorias: conteúdo químico, metodologia, sujeitos de pesquisa e os instrumentos de coleta de dados.

Em relação aos conteúdos químicos, observa-se que eles são diversificados e incluem as diversas áreas de concentração da Química: Química Geral (Fernandes, Campos, 2013), Físico-Química (Quílez, 2006), Química Orgânica (Bodner e Bhattacharyya, 2005), entre outras. Além disso, algumas investigações abordaram o desenvolvimento de conhecimentos químicos procedimentais (Lopes et al., 2011; Merino, Herrero, 2007). A seguir a Figura 5 apresenta a distribuição dos estudos em relação aos conteúdos químicos abordados.



Figura 5.-Conteúdos químicos identificados nos estudos sobre a resolução de problemas.

Observa-se no gráfico da figura 5 que os conteúdos referentes à Físico-Química e à Química Geral foram os mais frequentes. Isso pode ser explicado, em parte, pelas dificuldades apresentadas pelos alunos na aprendizagem dos conteúdos dessas áreas, conforme identificado em várias pesquisas (Campos e Silva, 2013; Fernandes e Campos, 2013). Nesse sentido, torna-se necessário o desenvolvimento de estratégias didáticas apoiadas na resolução de problemas e em outras perspectivas de ensino com a finalidade de contribuir para a aprendizagem dos estudantes.

Em relação aos aspectos metodológicos, observa-se que todos os estudos analisados possuem elementos da pesquisa qualitativa (Lüdke e André, 2014). Os estudos qualitativos apresentam as seguintes características: (i)- O ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento; (ii)- Os dados coletados são predominantemente descritivos; (iii)- A preocupação com o processo é muito maior do que com o produto; (iv)-O "significado" que as pessoas dão às coisas e à sua vida são focos de atenção especial do pesquisador; (v)- A análise dos dados tende a seguir um processo indutivo (Bogdan e Biklen, 1994).

Uma parte dos estudos, dez, (10) classificados como qualitativos, também apresenta métodos quantitativos de análise com a finalidade de tornar os resultados obtidos mais objetivos. Nesse sentido, foram utilizados testes estatísticos e softwares para analisar os dados. A integração de métodos qualitativos e quantitativos confere maior rigor às pesquisas, uma vez que, existe a triangulação de métodos, dessa forma cada método compensa e completa as deficiências do outro (Greca, 2002).



Os sujeitos de pesquisa dos estudos analisados pertencem a diversos níveis de ensino, no entanto, predominam sujeitos que são alunos do Ensino Médio (Campos, Silva, 2013; Goi e Santos, 2009; Lacerda et al., 2012) e do Ensino Superior (Fernandes e Campos, 2013; Llorens-Molina, 2010; Moliné, 2007). Geralmente, esses estudos buscam melhorar a compreensão dos conteúdos químicos através da resolução de problemas.

Em relação à coleta de dados, foram utilizados instrumentos diversificados, no entanto, predominaram os questionários, as produções escritas dos alunos (relatórios, respostas do problema, mapas conceituais, etc.) e as entrevistas. Foram agrupados na categoria 'outros' alguns instrumentos menos comuns nos estudos analisados: diários de classe, fichas de observação, audiografia, etc. Os dados referentes aos instrumentos de coleta de dados dos estudos analisados encontram-se no gráfico da figura 6 a seguir.

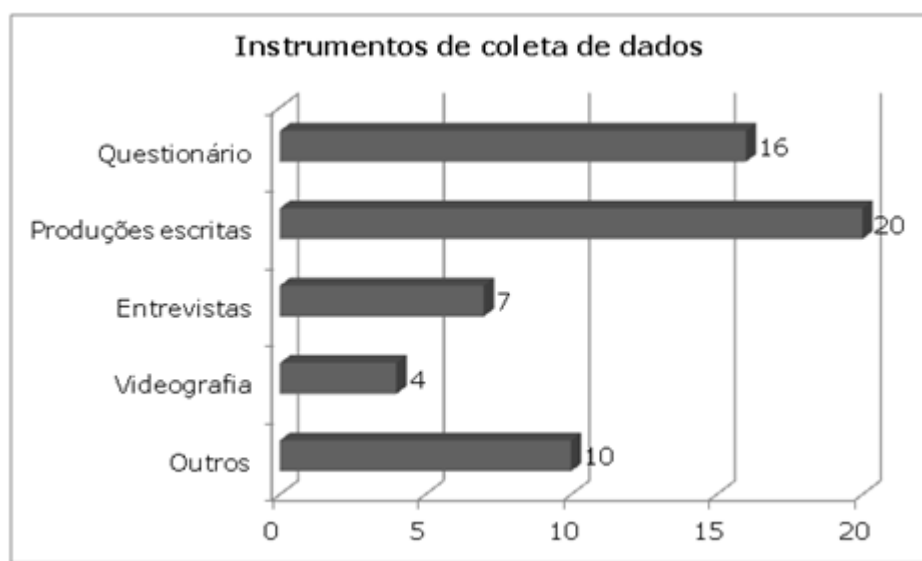


Figura 6.-Instrumentos de coleta de dados identificados nos estudos sobre a resolução de problemas.

Os instrumentos de coleta de dados identificados nos estudos analisados na maioria das vezes estavam combinados uns com os outros, isso garante maior fidedignidade aos resultados, tendo em vista que, os dados são comparados entre os diversos instrumentos. Essa triangulação dos métodos de coleta de dados tem por objetivo básico abranger a máxima amplitude na descrição, explicação e compreensão do foco em estudo (Triviños, 1987). Nos estudos analisados observa-se que a triangulação dos métodos de coleta de dados foi importante para que os sujeitos de pesquisa pudessem se expressar de várias maneiras, dessa forma, os sujeitos que apresentam dificuldade em se expressar em um método podem se expressar com maior facilidade em outro.

O questionário foi um dos instrumentos de coleta de dados mais utilizados nos estudos analisados. O questionário consiste em uma técnica de investigação composta por um número mais ou menos elevado de questões apresentadas por escrito a pessoas, tendo por objetivo o conhecimento de opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas,

situações vivenciadas, etc. (Gil, 1987). Nos estudos analisados observa-se que o questionário foi utilizado de forma a obter informações sobre os sujeitos de pesquisa, sobre como eles resolvem problemas em Química e quais são as dificuldades nesse processo.

As produções escritas dos alunos foram os instrumentos mais utilizados nos estudos analisados para coletar os dados de pesquisa. Essas produções correspondem a respostas a problemas, relatórios, pequenas pesquisas, etc. Esses dados são importantes na medida em que expressam a opinião de seus produtores. Além disso, essas produções correspondem ao envolvimento dos sujeitos pesquisados nas atividades propostas.

As entrevistas foram utilizadas em muitos estudos analisados. Esse instrumento de coleta de dados é definido como uma técnica em que o investigador se apresenta frente ao entrevistado e formula perguntas, com o objetivo de obtenção dos dados que interessam à investigação (Gil, 1987) como. Existem na literatura diversos métodos de entrevista, no entanto, observou-se nos estudos analisados que a entrevista semi-estruturada foi a mais utilizada. Durante as entrevistas as questões devem ser formuladas de forma a permitir que o sujeito discorra e verbalize seus pensamentos, tendências e reflexões sobre os temas apresentados (Ribeiro, 2008). Nos estudos analisados as entrevistas tiveram seus dados posteriormente transcritos e levados à análise. As entrevistas semi-estruturadas identificaram as concepções dos sujeitos de pesquisa investigados sobre diversos aspectos da resolução de problemas em Química.

Na categoria 'outros', foram classificados alguns instrumentos de coleta de dados menos comuns, tais como: fichas de observação, audiografia, mapas conceituais, etc. Esses instrumentos representam uma parcela diversificada de técnicas que podem ser utilizadas nas investigações sobre a resolução de problemas e em outros tipos de pesquisa de acordo com objeto de estudo que se pretende compreender.

Em relação aos aspectos metodológicos foram observadas as seguintes tendências de pesquisa:

1. Os conteúdos mais presentes nas pesquisas pertencem à Química Geral e à Físico-Química;
2. Os sujeitos de pesquisa mais presentes nas investigações pertencem ao Ensino Médio e ao Ensino superior;
3. Os instrumentos de coleta de dados mais utilizados são: questionários, produções escritas dos alunos e entrevistas semi-estruturadas;
4. A metodologia qualitativa foi predominante nas pesquisas, no entanto, em alguns estudos também foram identificados elementos quantitativos para analisar os dados.

A análise dos aspectos metodológicos destaca pontos importantes das pesquisas sobre a resolução de problemas em Química. Esse mapeamento em termos metodológicos permite, em parte, verificar a qualidade das pesquisas analisadas. Além disso, observa-se que os estudos analisados apresentaram escolhas coerentes quanto ao tipo de metodologia e instrumentos de coleta utilizados.

### Considerações finais

A partir dos dados analisados, observa-se que a resolução de problemas vem contribuindo, tanto para o ensino, proporcionando subsídios e opções metodológicas ao professor, quanto para a aprendizagem, oferecendo aos alunos uma perspectiva de desenvolvimento cognitivo a partir da participação ativa na construção de conhecimentos.

As tendências de pesquisa identificadas nesta pesquisa apontam para o crescimento da resolução de problemas em termos de pesquisas aplicadas em diferentes níveis de ensino. A ampliação e a divulgação dessas pesquisas de forma articulada com a formação inicial e continuada de professores poderá tornar a resolução de problemas uma atividade cada vez mais eficiente em termos de ensino e de aprendizagem.

Esta pesquisa alcançou o objetivo de identificar as tendências de pesquisa sobre a resolução de problemas no ensino de Química. Contudo, esta investigação não esgota as possibilidades de análise e de reflexão sobre essa linha de pesquisa. A partir deste estudo, pretende-se realizar um levantamento das pesquisas sobre a resolução de problemas levando em consideração outras disciplinas da área de Ensino de Ciências e Matemática.

### Referências bibliográficas

- Bodner, G. M., e Bhattacharyya, G. (2005). A cultural approach to solving problem. *Educación Química*, 16(2), 222-229.
- Bogdan, R., e Biklen, S. K. (1994). *Investigação Qualitativa em Educação: Uma Introdução à Teoria e aos Métodos*. Portugal: Porto.
- Brioso, G. M. (1985). Método de resolución de problemas de Física y Química. *Enseñanza de las Ciencias*, 3, 3, 213-215.
- Campanario, J. M., e Moya, A. (1999). Como enseñar? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192.
- Campos, M. C. C., y Nigro, R. G. (1999). *O Ensino-Aprendizagem como Investigação*. São Paulo: FTD.
- Campos, A. F., e Silva, G. F. (2013). Abordagem de conceitos relativos ao modelo atômico de Bohr por resolução de situação-problema. *Enseñanza de las Ciencias, extra*, 1203-1208.
- Carvalho, A. M. P., e Gil-Pérez, D. (2011). *Formação de Professores de Ciências: Tendências e Inovações*. São Paulo: Cortez.
- Ceberio, M., Guisasola, J., e Almudí, J. M. (2008). ¿Cuáles son las innovaciones didácticas que propone la investigación em la resolución de problemas de Física y qué resultados alcanzan? *Enseñanza de las Ciencias*, 26(3), 419-430.
- Echeverría, M. P. P., e Pozo, J. I. (1998). Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender. Em: Pozo, J. I. (Ed.), *A Solução de Problemas: Aprender a Resolver, Resolver para Aprender*. Porto Alegre: Artmed.

Fernandes, L. S., e Campos, A. F. (2013). A abordagem de ligação química numa perspectiva de ensino por situação-problema. *Enseñanza de las Ciencias, extra*, 3211-3215.

Fernandes, L. S., e Campos, A. F. (2014). Elaboração e aplicação de uma intervenção didática utilizando situação-problema no ensino de ligação química. *Experiências em Ensino de Ciências*, 9(1), 37-49.

Ferreira, N. S. A. (2002). As pesquisas denominadas "Estado da Arte". *Educação & Sociedade*, 79, 257-272.

Ferreira, I. M., Fernandes, L. S., e Campos, A. F. (2016). Abordagem de ligação metálica numa perspectiva de ensino por situação-problema. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 9(2), 93-107.

Frazer, M. J. (1982). A resolução de problemas em Química. *Química Nova*, 5(4), 171-190.

Garret, R. M. (1988). Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 224-230.

Gil, A. C. (1987). *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. São Paulo: Atlas.

Gil, A. C. (2002). *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. São Paulo: Atlas.

Goi, M. E. J., e Santos, F. M. T. (2009). Reações de combustão e impacto ambiental por meio de resolução de problemas e atividades experimentais. *Química Nova na Escola*, 31(3), 203-209.

Gonçalves, S. M., Mosquera, M. S., e Segura, A. F. (2007). *La Resolución de Problemas en Ciencias Naturales*. Buenos Aires: SB.

González, J. P. C., e Gatica, M. Q. (2008). Resolución de problemas científicos desde la historia de la ciencia: retos y desafíos para promover competencias cognitivo lingüísticas en la Química escolar. *Ciência & Educação*, 14(2), 197-212.

Greca, I. M. (2002). Discutindo aspectos metodológicos da pesquisa em Ensino de Ciências: algumas questões para refletir. *Revista Brasileira de Pesquisa de Educação em Ciências*, 2(1), 73-82.

Hartwig, D. R. (1984). Um procedimento para a resolução de problemas de Química no ensino de 2º Grau. *Química Nova*, 7(1), 36-46.

Johnstone, A. H. (1982). Macro and microchemistry. *School Science Review*, 64(227), 377-379.

Kempa, R. F. (1986). Resolución de problemas de Química y estructura cognoscitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 99-110.

Lacerda, C. C., Campos, A. F., e Marcelino-Jr, C. A. C. (2012). Abordagem dos conceitos mistura, substância simples, substância composta e elemento químico numa perspectiva de ensino por situação-problema. *Química Nova na Escola*, 34(2), 75-82.

Llorens-Molina, J. A. (2010). El aprendizaje basado en problemas como estrategia para el cambio metodológico en los trabajos de laboratorio. *Química Nova*, 33(4), 994-999.

Lopes, J. B. (1994). *Resolução de Problemas em Física e Química: Modelo para Estratégias de Ensino-Aprendizagem*. Lisboa: Texto Editora.

Lopes, R. M., Filho, M. V. S., Marsden, M., e Alves, N. G. (2011). Aprendizagem baseada em problemas: uma experiência no ensino de Química. *Química Nova*, 34(7), 1275-1280.

Lüdke, M., e André, M. E. D. A. (2014). *Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas*. São Paulo: EPU.

Machado, A. H., e Mortimer, E. F. (2007). Química para o Ensino Médio: fundamentos, pressupostos e o fazer cotidiano. Em L. B. Zanon, y O. A. Maldaner (Eds.), *Fundamentos e Propostas de Ensino de Química para a Educação Básica no Brasil*. (pp. 21-41). Ijuí: Unijuí.

Mamede, S., e Penaforte, J. (2001). *Aprendizagem Baseada em Problemas: Anatomia de uma Nova Abordagem Educacional*. Fortaleza: Hucitec.

Meirieu, P. (1998). *Aprender... Sim, mas como?* Porto Alegre: Artmed.

Merino, J. M., e Herrero, F. (2007). Resolución de problemas experimentales de Química: una alternativa a las prácticas tradicionales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 630-648.

Ministério da Educação do Brasil (1999). *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Parte III Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SEB.

Ministério da Educação do Brasil (2006). *Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Vol. 2. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SEB.

Moliné, M. R. G. (2007). Factores que influyen en el éxito de los estudiantes al resolver problemas de Química. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 59-72.

Mortimer, E. F., Machado, A. H., e Romanelli, L. I. (2000). A proposta curricular de Química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. *Química Nova*, 23(2), 273-283.

Nery, B. K., e Maldaner, O. A. (2012). Formação continuada de professores de química na elaboração escrita de suas aulas a partir de um problema. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 120-144.

Niaz, M. (1996). Reasoning strategies of students in solving chemistry problems as a function of developmental level, functional M-capacity and disembedding ability. *International Journal of Science Education*, 18(5), 525-541.

Oñorbe, A. T., e Sánchez, J. J. M. (1996). Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de los problemas de Física y Química. I. Opiniones del alumno. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 165-170.

Paixão, F., e Cachapuz, A. (2003). Mudanças na prática de ensino da Química pela formação dos professores em História e Filosofia da Ciência. *Química Nova na Escola*, 18(2), 31-36.

Palazuelos, G. I. (2005). Más problemas, ¿para qué? *Educación Química, especial*, 279-283.

Perales, F. J. (2000). *Resolución de Problemas*. Madrid: Síntesis.

Quílez, J. (2006). Análisis de problemas de selectividad de equilibrio químico: errores y dificultades correspondientes a libros de texto, alumnos y profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 219-240.

Ribeiro, E. A. (2008). A perspectiva da entrevista na investigação qualitativa. *Evidência*, 4, 129-148.

Santos, V. T., Almeida, M. A. V., e Campos, A. F. (2005). Concepções de professores de Química do Ensino Médio sobre a resolução de situações-problema. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 5(3), 25-37.

Santos, W. L. P., e Schnetzler, R. P. (2010). *Educação em Química: Compromisso com a Cidadania*. Ijuí: Unijuí.

Seferian, A. E. (2010). Situaciones problemáticas de Química diseñadas como pequeñas investigaciones en la escuela secundaria desde un encuadre heurístico a partir de una situación fortuita que involucra reacciones ácido-base. *Educación Química*, 21(3), 254-259.

Silva, S. F., e Núñez, I. B. (2002). O ensino por problemas e trabalho experimental dos estudantes - reflexões teórico-metodológicas. *Química Nova*, 25(6B), 1197-1203.

Solaz-Portolés, J. J. (2010). Variables cognitivas y metacognitivas en la resolución de problemas de Química: propuesta de estrategias didácticas. *Química Nova*, 33(6), 1403-1407.

Solaz-Portolés, J. J., y López, V. S. (2006). Problemas algorítmicos y conceptuales: influencia de algunas variables instruccionales. *Educación Química*, 33(6), 1403-1407.

Tarhan, L., y Acar, B. (2007). Problem-based learning in an eleventh grade chemistry class: 'factors affecting cell potential'. *Research in Science & Technological Education*, 25(3), 351-369.

Triviños, A. N. S. (1987). *Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais: A Pesquisa Qualitativa em Educação*. São Paulo: Atlas.

## **Anexo 1.- Referências bibliográficas dos estudos analisados nesta pesquisa**

### *Estudos nacionais*

Goi, M. E. J., e Santos, F. M. T. (2009). Reações de combustão e impacto ambiental por meio de resolução de problemas e atividades experimentais. *Química Nova na Escola*, 31(3), 203-209.

González, J. P. M., e Gatica, M. Q. (2008). Resolución de problemas científicos desde la historia de la ciencia: retos y desafíos para promover competencias cognitivo lingüísticas en la química escolar. *Ciência & Educação*, 14(2), 197-212.

Lacerda, C. C., Campos, A. F., e Marcelino-Jr, C. A. C. (2012). Abordagem dos conceitos mistura, substância simples, substância composta e elemento químico numa perspectiva de ensino por situação-problema. *Química Nova na Escola*, 34(2), 75-82.

Llorens-Molina, J. A. (2010). El aprendizaje basado en problemas como estrategia para el cambio metodológico en los trabajos de laboratorio. *Química Nova*, 33(4), 994-999.

Lopes, R. M., Filho, M. V. S., Marsden, M., e Alves, N. G. (2011). Aprendizagem baseada em problemas: uma experiência no ensino de Química. *Química Nova*, 34(7), 1275-1280.

Santos, V. T., Almeida, M. A. V., y Campos, A. F. (2005). Concepções de professores de química do Ensino Médio sobre a resolução de situações-problema. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 5(3), 25-37.

Solaz-Portolés, J. J. (2010). Variables cognitivas y metacognitivas en la resolución de problemas de química: propuesta de estrategias didácticas. *Química Nova*, 33(6), 1403-1407.

### *Estudos internacionais*

Aymerich, M. I. (2005). Para qué se inventaron los problemas de química? *Educación Química*, 16(2), 246-259.

Bodner, G. M., y Bhattacharyya, G. (2005). A cultural approach to solving problem. *Educación Química*, 16(2), 222-229.

Boujaoude, S. (2004). Relationships between selective cognitive variables and students' ability to solve chemistry problems. *International Journal of Science Education*, 26(1), 63-84.

Dahsah, C., e Coll, R. K. (2007). Thai grade 10 and 11 students' conceptual understanding and ability to solve stoichiometry problems. *Research in Science & Technological Education*, 25(2), 227-241.

Frunz, J. L. C. (2005). El arte de resolver problemas. *Educación Química*, 16(2), 260-278.

Furió, C., Valdés, P., e González de la Barrera, L. G. (2005). Transformación de las prácticas de laboratorio de química en actividades de resolución de problemas de interés profesional. *Educación Química*, 16(1), 20-29.

Gürses, A., Açıkyıldız, M., Dogar, C., e Sözbilir, M. (2007). An investigation into the effectiveness of problem-based learning in a physical chemistry laboratory course. *Research in Science & Technological Education*, 25(1), 99-113.

Martínez M, M., e Espinoza F, A. (2009). Correlación entre mapas conceptuales y habilidad para la resolución de problemas en la unidad de equilibrio iónico en la asignatura de química general. *Educación Química*, 2009, 198-207.

Martínez Torregrosa, J., Gil Pérez, D., Becerra Labra, C., e Guisasola, J. (2005). Podemos mejorar la enseñanza de la resolución de problemas de "lápiz y papel" en las aulas de física y química. *Educación Química*, 16(2), 230-245.

Mejía, A. R., e Alquisira, J. P. (2007). Elementos del aprendizaje experimental basado en un problema para enseñanza superior en fisicoquímica. *Educación Química*, 18(3), 214-221.

Merino, J. M., e Herrero, F. (2007). Resolución de problemas experimentales de Química: una alternativa a las prácticas tradicionales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 630-648.

Moliné, M. R. G. (2007). Factores que influyen en el éxito de los estudiantes al resolver problemas de química. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 59-72.

Nery, B. K., e Maldaner, O. A. (2012). Formação continuada de professores de química na elaboração escrita de suas aulas a partir de um problema. *Revista Eletrônica de Ensino de las Ciências*, 11(1), 120-144.

Obaya-Valdivia, A. (2005). Enseñanza experimental de la química. Descubrimiento y solución de problemas. *Educación Química*, 16(1), 44-51.

Palazuelos, G. I. (2005). Más problemas, ¿para qué? *Educación Química, especial*, 279-283.

Quílez, J. (2006). Análisis de problemas de selectividad de equilibrio químico: errores y dificultades correspondientes a libros de texto, alumnos y profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 219-240.

Quintanilla, M., Joglar, C., Jara, R., Camacho, J., Ravanal, E., Labarrere, A., Cuellar, L., Izquierdo, M., e Chamizo, J. (2010). Resolución de problemas científicos escolares y promoción de competencias de pensamiento científico. ¿Qué piensan los docentes de Química en ejercicio? *Enseñanza de las Ciencias*, 28(2), 185-198.

Reigosa, C., e Jiménez-Aleixandre, M. P. (2007). Scaffolded problem-solving in the physics and chemistry laboratory: difficulties hindering students' assumption of responsibility. *International Journal of Science Education*, 29(3), 307-329.

Romero-Álvarez, J. G., Rodríguez-Castillo, A., e Gómez-Pérez, J. (2008). Evaluación de escenarios para el aprendizaje basado en problemas (ABP) en la asignatura de química de bachillerato. *Educación Química*, 195-200.

Rugarcía, A. (2005). Más allá de la resolución de problemas. *Educación Química*, 16(2), 284-303.

Seferian, A. E. (2010). Situaciones problemáticas de química diseñadas como pequeñas investigaciones en la escuela secundaria desde un encuadre heurístico a partir de una situación fortuita que involucra reacciones ácido-base. *Educación Química*, 21(3), 254-259.

Solaz-Portolés, J. J., e López, V. S. (2006). Problemas algorítmicos y conceptuales: influencia de algunas variables instruccionales. *Educación Química*, 33(6), 1403-1407.

Tarhan, L., e Acar, B. (2007). Problem-based learning in an eleventh grade chemistry class: 'factors affecting cell potential'. *Research in Science & Technological Education*, 25(3), 351-369.

Tatar, E., e Oktay, M. (2011). The effectiveness of problem-based learning on teaching the first law of thermodynamics. *Research in Science & Technological Education*, 29(3), 315-332.

Toro, M. A., e Serrano, E. (2003). Resolución de problemas: estequiometría y mapas conceptuales. *Educación Química*, 14(1), 17-20.

Tsarpalis, G. (2005). Non-algorithmic quantitative problema solving in university physical chemistry: a correlation study of the role of selective cognitive factors. *Research in Science & Technological Education*, 23(2), 125-148.

Villalonga, M., Garcia, R. M., Menéndes, A. L., e Falls, M. M. (2009). Integración de la química general en la carrera de ingeniería mecánica utilizando problemas profesionales. *Educación Química*, 83-87.

*Estudos apresentados no IX Congresso Internacional sobre Investigação em Didáctica de las Ciências*

Aznar, M. M. M., e Martín, A. I. B. (2013). El aprendizaje de competencias en química a través de la resolución de situaciones problemáticas abiertas. *Enseñanza de las Ciências, extra*, 2148-2153.

Campos, A. F., e Silva, G. F. (2013). Abordagem de conceitos relativos ao modelo atômico de Bohr por resolução de situação-problema. *Enseñanza de las Ciências, extra*, 1203-1208.



Cavalcanti, K. M. P. H., Springer, M. V., e Braga, M. (2013). Atividades experimentais em química através da metodologia de resolução de problemas. *Enseñanza de las Ciencias, extra*, 759-763.

Díaz, E., Jara, R., Arellano, M., e Merino, C. (2013). Identificación y análisis de los problemas presentes en los textos escolares sobre disoluciones y propiedades coligativas. *Enseñanza de las Ciencias, extra*, 1049-1055.

Fernandes, L. S., e Campos, A. F. (2013). A abordagem de ligação química numa perspectiva de ensino por situação-problema. *Enseñanza de las Ciencias, extra*, 3211-3215.

Guimarães, L. M., Aires, J. A., e Gatto, H. S. (2013). Experimentação problematizadora: como são determinadas as quantidades de calorías nos alimentos. *Enseñanza de las Ciencias, extra*, 2087-2091.

Jesus, T. L. C., Barbosa, R., Marques, L. P., e Costa, L. S. O. (2013). CTSA: uma abordagem dialógica problematizadora para o ensino de química. *Enseñanza de las Ciencias, extra*, 855-860.

Peñalva, M. A., Blotto, B., Sala, A., e Ramírez, S. (2013). Propuesta didáctica basada en la resolución de problemas en bioquímica estomatológica. *Enseñanza de las Ciencias, extra*, 2711-2715.

Villamañán, R. M., Chamorro, C., Mondéjar, M. E., e Delgado-Iglesias, J. (2013). Aprendizaje de la química a partir de problemas planteados en el contexto de la industria azucarera con enfoque CTS. *Enseñanza de las Ciencias, extra*, 3726-3731.

Zanon, D. A. V., e Queiroz, S. (2013). Elaboração de situações problemas por estudantes de pós-graduação em química: implicações na prática educativa. *Enseñanza de las Ciências, extra*, 3780-3784.