
Artigo Científico

A dinâmica de resolução de problemas: analisando episódios em sala de aula

The dynamic of problem solving: analyzing episodes in the classroom

Wilmo Ernesto Francisco Junior^{a, b}, Luiz Henrique Ferreira^c e Dácio Rodney Hartwig^d

^aDepartamento de Bioquímica e Tecnologia Química, Instituto de Química (IQ), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araraquara, São Paulo, Brasil; ^bDepartamento de Química, Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Porto Velho, Rondônia, ^cDepartamento de Química, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil; ^dDepartamento de Metodologia de Ensino, UFSCar, São Carlos, São Paulo, Brasil

Resumo

O presente estudo discute as estratégias de resolução de problemas desenvolvidas por 21 estudantes, a partir de duas situações problemas semi-abertas, complementares. O estudo foi desenvolvido com alunos de um curso pré-vestibular popular na cidade de Araraquara, SP. A coleta de dados foi efetuada por registros de campo, anotações dos estudantes e registros em áudio. Os resultados mostraram que, inicialmente, prevalece um pensamento empirista na resolução dos estudantes, mas à medida que as estratégias e os resultados são problematizados, os alunos vão formulando um conhecimento compartilhado e mais crítico. Por isto, defende-se que as estratégias de resolução de problemas dos alunos sejam apresentadas por escrito para a problematização dos resultados com a sala. Também há a necessidade de atividades que trabalhem habilidades como a leitura e a escrita dos alunos, pois, muitas vezes, eles são incapazes de resolver problemas devido à dificuldade de interpretação. © Cien. Cogn. 2008; Vol. 13 (3): 82-99.

Palavras-chave: resolução de problemas; problematização; sala de aula.

Abstract

The present paper discusses the strategies of problem solving presented by 21 students on resolution of two semi-open problematic situations, one complementary to other. This study was performed with students in a classroom of a popular pre-vestibular course from Araraquara, SP. The results were achieved from observations in the classroom, students' notes and register in audio. At first, the students demonstrated an empiric thought. However, when the strategies and the findings were problematized, they built a critical and shared knowledge. For this, it supports that strategies of problem solving elaborated by the students should be presented by mean of the writing to the discussion of the resolutions. Besides, it is necessary develops abilities like the reading and the writing, whereas the students are frequently unable to problem solve dues to difficulties of interpretation of the problem enunciates. © Cien. Cogn. 2008; Vol. 13 (3):82-99.

Keywords: problem solving; problematization; classroom.

1. Introdução

Dentro da realidade que cerceia os estudantes, e a todos de um modo geral, é comum se deparar com inúmeras situações as quais requerem posicionamentos ativos, reflexivos além de empenho na busca de respostas consistentes e por vezes rápidas. O ensino baseado em problemas calca-se nessa necessidade que a vida impõe de suplantação de desafios, e pressupõe prover nos estudantes o domínio de procedimentos e a capacidade de utilizar e buscar conhecimentos para responder a um desafio. É com este pressuposto básico que a solução de problemas busca constituir não só os conteúdos, mas, e principalmente, uma forma de conceber as atividades didáticas (Pozo, 1998). Segundo Echeverría e Pozo (1998: 15): “O verdadeiro objetivo final da aprendizagem da solução de problemas é fazer com que o aluno adquira o hábito de propor-se problemas e de resolvê-los como forma de aprender.”

Mas quando é, realmente, que as pessoas se deparam com problemas? Qual a diferença entre problemas e exercícios? De acordo com Echeverría e Pozo (1998: 16):

“(…) uma situação somente pode ser concebida como um problema na medida em que exista um reconhecimento dela como tal, e na medida em que não disponhamos de procedimentos automáticos que nos permitam solucioná-los de forma mais ou menos imediata, sem exigir, de alguma forma, um processo de reflexão ou uma tomada de decisões sobre a sequência de passos a serem seguidos. (...) um problema é, de certa forma, uma situação nova ou diferente do que já foi aprendido, que requer a utilização estratégica de técnicas já conhecidas.”

É basicamente essa característica que faz diferenciar um problema de exercícios. No caso destes últimos, a solução pode ser rapidamente encontrada a partir do uso de mecanismos já disponíveis. Não se trata de uma situação nova. Todavia, tanto exercícios quanto problemas são indispensáveis à aprendizagem. Os exercícios de lápis e papel funcionam bem na organização do conhecimento que está em desenvolvimento, auxiliando a consolidação dessas novas idéias. Entretanto, a partir do momento em que a resolução de exercícios torna-se uma repetição mecânica, a mesma não traz novos desafios e precisa, portanto, ser superada. Este é o momento no qual os problemas podem ser levados a cabo. Ainda assim, há problemas e problemas. Pozo e Crespo (1998) apontam para três tipos fundamentais de problemas: problema escolar, problema científico e problema cotidiano.

De modo simples, um problema cotidiano é toda aquela situação do dia-a-dia que requer uma solução. Um carro que não dá partida, o chuveiro que não aquece a água ou até o vestido que será usado em um casamento. Já os problemas científicos são mais inacessíveis à população de um modo geral, mas, na História da Ciência há vários exemplos. A queda dos corpos foi um problema que perdurou certo tempo na Física. Na Química, talvez o primeiro grande problema tenha sido a natureza da matéria que intrigava desde a Grécia Antiga. Geralmente um problema científico nasce de um evento que as teorias não conseguem explicar, necessitando de uma reorientação teórica.

Por sua vez, os problemas escolares estariam a meio caminho entre muitos aspectos aos outros dois tipos de problemas. São basicamente problemas nos quais

“seu objetivo seria o de gerar nos alunos conceitos, procedimentos e atitudes próprios da ciência que servissem não somente para abordar os problemas escolares, mas também para compreender e responder melhor às perguntas que possam ser propostas a

respeito do funcionamento cotidiano da natureza e da tecnologia.” (Pozo e Crespo, 1998: 78)

Levando em consideração a maneira pela qual são propostos em sala de aula, assim como os objetivos educacionais e as estratégias de resolução, os problemas escolares podem ser distinguidos em três tipos (Pozo e Crespo, 1998): problemas qualitativos, problemas quantitativos e pequenas pesquisas.

Os problemas qualitativos são aqueles cuja resolução se dá mediante raciocínios teóricos, sem necessidade de cálculos numéricos ou manipulações experimentais (Pozo e Crespo, 1998). Comumente configuram-se como problemas abertos, nos quais é necessário interpretar uma situação ou um fato. Já os problemas quantitativos preconizam o trabalho com dados numéricos, embora o resultado possa não ser em termos numéricos. Ainda assim, a estratégia de resolução é baseada fundamentalmente em cálculos matemáticos (Pozo e Crespo, 1998).

Por sua vez, as pequenas pesquisas encerram concomitantemente algumas características dos tipos de problemas supracitados, como a interpretação de um fato/situação e o uso de cálculos matemáticos. O que diferencia substancialmente as pequenas pesquisas dos outros dois tipos de problemas é a necessidade de um trabalho prático de coleta de dados. Segundo Pozo e Crespo (1998), nas pequenas pesquisas há a necessidade de coletar dados, elaborar estratégias e refletir sobre os procedimentos e sobre os resultados. Tais atividades implicam, além do desenvolvimento conceitual, na aprendizagem de habilidades.

Os problemas escolares distinguem-se, ainda, quanto à abertura que possuem. Um problema possui caráter fechado quando seu enunciado restringe o cenário de tal forma que sua resolução requer modos mais ou menos pré-estabelecidos. Exercícios numéricos de lápis e papel geralmente são assim. Por outro lado, os problemas abertos são bastante amplos, dando margem há várias interpretações e formas de resolução. São úteis, por exemplo, para desenvolver capacidades de interpretação e análise crítica de informações pelos alunos. Todavia, em relação ao ensino de um conteúdo específico é desaconselhável, pois os alunos podem propor soluções alheias ao que se pretende desenvolver.

Já num problema semi-aberto são dadas informações que restringem o problema dentro de um cenário específico, mas, ao mesmo tempo, permite-se que os próprios estudantes incorporem idéias e estratégias com as quais seja possível definir e resolver a tarefa. Segundo Pozo e Crespo (1998), um problema semi-aberto contém informações que auxiliam “o aluno a concentrar-se na tarefa prevista, mas confrontando-o, ainda, com uma tarefa aberta e não com um simples exercício” (Pozo e Crespo, 1998: 87).

No que tange o ensino de Ciências, a resolução de problemas é um tema há muito debatido. Um grande número de trabalhos compara as estratégias de resolução de novatos e experientes em determinados assuntos da Física (Rosa *et al.*, 1992; Rosa *et al.*, 1993; Zajchowsky e Martin, 1993), da Química (Kempa e Nichols, 1982; Gabel *et al.*, 1984; Yaroch, 1985) e até mesmo da Biologia (Good, 1984; Hackling e Lawrence; 1988; Stewart e van Kirk, 1990; Simmons e Lunetta, 1993), visando extrair características de uma “boa” estratégia de resolução para propor recomendações aos alunos.

Uma outra série de trabalhos (Gil Pérez *et al.*, 1983, 1985, 1988a, 1988b e 1992) propõe atividades de investigação científica nas quais os alunos, orientados pelo professor, analisam qualitativamente uma situação problemática, propondo hipóteses que possibilitem utilizar diferentes estratégias de solução. Durante a execução da tarefa os alunos são incentivados a verbalizar o máximo possível. Como última etapa os alunos analisam os resultados e sondam perspectivas futuras e diversificadas para a resolução dos problemas. Costa e Moreira (1996, 1997a, 1997b, 1997c) apresentam uma série de artigos de revisão os

quais abrangem vários aspectos relacionados a essa temática. O último artigo dessa série (Costa e Moreira, 1997c), inclusive, analisa 28 artigos focalizando as estratégias de resolução de problemas sugeridas.

Todavia, embora a metodologia e as estratégias adotadas tenham grande influência no êxito da resolução de um problema e, mesmo que um problema possua relevância, seja social, econômica, ou política, os alunos se debruçarão em sua resolução somente se tal problema for suficientemente significativo. Os estudantes devem ser desafiados a ponto de sentirem necessidade pela busca de respostas, destacando neste fato a importância da problematização.

Na perspectiva freiriana, a educação deve ser concebida como um processo incessante, inquieto e, sobretudo, permanente de busca ao conhecimento, em oposição ao que o autor denominou de educação bancária, caracterizada pela transmissão acrítica e apolítica do conhecimento. A educação bancária assume o conhecimento “*como uma doação dos que se julgam sábios*”. Na visão de Paulo Freire (2005), tal doação constitui uma manifestação peremptória da ideologia da opressão, mediante a qual se mantém e estimula a contradição social. O professor torna-se narrador de um conteúdo que os estudantes recebem passivamente, memorizam e repetem.

Por outro lado, na pedagogia problematizadora, o professor deve suscitar nos estudantes o espírito crítico, a curiosidade, a não aceitação do conhecimento simplesmente transferido. Os educadores têm “*como uma de suas tarefas primordiais (...) trabalhar com os educandos a rigorosidade metódica com que devem se aproximar dos objetos cognoscíveis*” (Freire, 2006: 26). A aprendizagem se dá com a formulação e a reformulação dos saberes pelos estudantes ao lado dos professores, igualmente sujeitos do processo.

Um processo pedagógico problematizador, portanto, deve deflagrar no aprendiz uma curiosidade cada vez maior e, quanto mais crítico é o ato de aprendizado mais a curiosidade torna-se epistemológica (Freire, 2006). Isso caracteriza a transição da ingenuidade a criticidade, da curiosidade ingênua a curiosidade epistemológica.

Tal transição, do saber ingênuo ao saber mais crítico, transcorre à medida que o ato de aprender se torna uma busca marcada pela rigorosidade, por um caráter mais sistemático e metódico. É dessa forma que o aluno se aproxima epistemologicamente do objeto de estudo. Tal aproximação não é, contudo, simples, linear ou automática. Tal aproximação se dá com a intensa participação do professor numa constante problematização de mundo. A problematização direciona a curiosidade, promovendo a ingenuidade à criticidade. Essa problematização pode vir na forma indagadora, verbalizada ou não, como sinal de alerta, busca a um esclarecimento, proposição de reflexões. É uma forma de declinar-se para o entendimento do objeto.

Ao desafiar os alunos, essa comunicação e intercomunicação são dialógicas. Por isso o diálogo deve sempre ser problematizador. Daí que o professor deve estar aberto a indagações, à curiosidade, às perguntas dos alunos. Deve saber que ensinar não é transferir conhecimentos. Empreende-se, portanto, que o processo de ensino-aprendizagem é uma problematização constante da realidade por meio do diálogo. É durante o diálogo que se problematiza o conhecimento, a educação é comunicação. Quando o ato comunicativo entre sujeitos cognoscentes em torno do objeto cognoscível está ausente, desaparece o ato cognoscitivo (Freire, 2006).

Diante do exposto, acredita-se que apenas a proposição de problemas não é suficiente para que os estudantes desenvolvam a capacidade crítica e a rigorosidade metódica, alcançando assim a curiosidade epistemológica que os levará a querer resolver o problema. Os problemas e sua resolução devem ser constantemente problematizados, desde a proposição, a obtenção de informações, a resolução e a apresentação dos resultados.

Calcado nesse pensamento, o presente estudo apresenta e discute dois episódios em sala de aula nos quais os estudantes trabalharam na resolução de problemas semi-abertos. O objetivo principal foi desenvolver nos estudantes habilidades críticas indispensáveis na análise e solução de qualquer situação problemática do dia-a-dia. Assim, ao mesmo tempo em que se tentou desenvolver habilidades relacionadas à construção do conhecimento científico, as quais podem ser empregadas em situações cotidianas, procurou-se fazer com que os estudantes reconhecessem a necessidade em se trabalhar e discutir rigorosamente tais situações. Para isso as estratégias adotadas e os resultados obtidos pelos estudantes em cada situação-problema foram problematizados, de forma que os próprios alunos chegassem a um consenso, compartilhando socialmente o conhecimento formulado.

O estudo também procurou desenvolver importantes conceitos matemáticos tais quais relações de proporcionalidade (diretamente e inversamente proporcional), operações básicas, equações de primeiro grau, além do estudo de grandezas físicas e químicas como massa, massa molar e constante de Avogadro. Por razões de espaço e também por não ser o foco do presente artigo, aspectos relacionados à aprendizagem de tais conceitos não serão discutidos. Contudo, vale sublinhar que, além do desenvolvimento de habilidades e atitudes, atividades de resolução de problemas nunca devem ser deslindadas da discussão de aspectos conceituais, seja qual for a área de conhecimento.

2. Metodologia

O presente estudo foi realizado em uma das salas de um curso pré-vestibular, mantido e coordenado pela Organização Não-Governamental Frente Organizada pela Temática Étnica (ONG-FONTE) com sede na cidade de Araraquara, SP. Tais projetos, geralmente denominados de cursinhos populares, vêm ganhando espaço na atual conjuntura educacional brasileira, sendo destinados basicamente a alunos de baixa renda e se alocando em bairros periféricos. Uma característica peculiar é que todos os alunos provêm de escolas públicas. No que concerne à investigação em sala de aula, o presente estudo foi conduzido em duas etapas, sendo o professor o próprio pesquisador. A primeira das etapas teve duração de duas aulas de cinquenta minutos. A segunda etapa durou quatro aulas de 50 minutos. Na primeira etapa participaram 21 alunos e na segunda etapa participou um total de 20 alunos. As duas etapas são mais detalhadas abaixo.

2.1. Etapa 1

A primeira etapa da atividade consistiu basicamente na proposição de uma situação-problema escolar do tipo semi-aberta (Problema I – Anexo A), na qual os alunos deveriam determinar a massa de pinos plásticos (empregados como suportes de prateleiras) brancos e marrons utilizando o material fornecido (uma balança de pratos e uma seringa). Esse material é melhor detalhado em Francisco Jr. (2008). Os estudantes trabalharam em duplas sendo auxiliados pelo professor. Um dos estudantes preferiu trabalhar individualmente ao invés de formar um trio. Mais do que a obtenção de informações as quais seriam utilizadas no prosseguimento da proposta de ensino, o que se ensejou com tarefas dessa natureza foi a familiarização dos alunos com as etapas da construção do conhecimento científico, dentre elas a observação, a formulação de hipóteses, a atividade prática, o teste de hipóteses etc. Dessa forma eles desenvolvem habilidades como estratégias de busca, análise e síntese de informações, questionamento, reflexão do observado dentre outras, as quais são fundamentais na realidade que os cerca.

Após a discussão e o trabalho em duplas, os estudantes apresentaram a resolução por escrito, na forma de um pequeno relatório individual. Essa discussão em pequenos grupos e com o professor, bem como o levantamento de hipóteses e explicações e o registro escrito são fundamentais para a organização do conhecimento por parte dos alunos. Em seguida, o professor anotou na lousa as diferentes estratégias adotadas pelos estudantes bem como os resultados obtidos, discutindo-as conjuntamente a sala cada uma delas, no intuito de determinar qual a forma mais eficaz para a resolução do problema. As fontes de dados foram observações de campo e os relatórios entregues pelos alunos ao final da atividade. Também foi registrada em áudio a discussão de dois alunos durante a resolução do problema.

2.2. Etapa 2

A segunda etapa da pesquisa também foi balizada por uma abordagem investigativa. Os instrumentos e procedimentos de coleta de dados foram idênticos aos da etapa anterior. A atividade proposta constituía-se também de uma situação problema semi-aberta, na qual os alunos deveriam determinar o número de pinos plásticos substituídos em uma amostra desconhecida e, conseqüentemente, calcular a variação de massa sofrida pela placa de madeira. A situação problema apresentada para os alunos pode ser vista também no anexo A (Problema 2).

3. Resultados e discussão

3.1. Etapa 1

A situação problema presente no Anexo A (Problema I) foi apresentada aos estudantes sem que o professor fornecesse explicação prévia. Todas as informações deveriam ser obtidas mediante a leitura e interpretação do problema. Desse modo os estudantes já se familiarizariam com tais atividades. De um modo geral os estudantes não encontraram grandes dificuldades na realização da atividade. Todos solucionaram o problema proposto, embora 4 alunos tivessem necessitado do auxílio do professor.

Basicamente, o primeiro passo para solucionar o problema deveria ser o equilíbrio da balança utilizando pinos idênticos (da mesma cor) em um dos pratos e, no outro prato, algo com massa conhecida. Nesse caso empregou-se a água, pois a partir do volume usado e da relação de densidade é possível conhecer a massa de água. Embora não tenha sido fornecida a densidade da água no enunciado, essa era uma informação já discutida em aulas anteriores. Dez alunos seguiram essa estratégia, como ilustra alguns trechos:

A₁₀: “1º passo: Coloquei 12 pinos brancos em um dos pratos, no outro prato coloquei 5,1ml conseguindo equilibrar a balança. Depois de retirar a água e os pinos brancos, coloquei os pinos marrons em um dos pratos, no outro prato coloquei 10,3ml conseguindo assim o equilíbrio da balança. Portanto 12 pinos brancos é igual a 5,1g e 12 pinos marrons é igual a 10,3g. Utilizando a regra de três para saber quanto vale em gramas um pino, chegamos aos seguintes resultados: P/ pinos brancos 0,425g. Para pinos marrons 0,8583g.”

A₁₇: “1) Foi colocado 1ml de água em um dos pratos e 2 pinos brancos no outro. Se 1ml de água equivale a 1g de água, cada pino branco equivale a 1/2g.”

2) *Colocamos 2 pinos marrons em um dos pratos e depois fomos colocando água no outro até equilibrar a balança. Foram necessários 2g de água para equilibrá-la. Sendo assim, cada pino marrom pesa 1g.*”

A₆: *“Pus na balança 10mL / H₂O e para obter o equilíbrio usei 10 pinos marrom; sendo assim um pino marrom equivale a 1mL / H₂O. Após retirar tudo pus também na balança 1mL / H₂O e para obter o equilíbrio usei 2 pinos branco; sendo assim um pino branco equivale a 1/2g / H₂O.”*

Tal procedimento é derivado de um raciocínio hipotético-dedutivo, pois, uma vez conhecida a densidade da água, bastava determinar o volume de água necessário para equilibrar a balança com um número também conhecido de pinos para se conhecer a massa de cada. Tais procedimentos foram fomentados pelo raciocínio lógico, pois os alunos previram de antemão o que deveria ser feito, balizados pelos conhecimentos teóricos já possuídos.

Isto é, de forma geral, o que se enseja quando do emprego de situações-problema, fomentar a capacidade de analisar o problema, distinguir os conhecimentos necessários para sua resolução, buscar novos conhecimentos para que a solução seja possível e aplicá-los de forma premeditada. De tal maneira, os estudantes têm oportunidades de se depararem com situações muito comuns a qualquer esfera da sociedade, não obstante o caráter escolar da atividade realizada.

Outros 6 alunos, entretanto, tiveram como a primeira preocupação o estabelecimento de relações entre os diferentes pinos. Como primeiro passo, equilibraram a balança fazendo uso de pinos brancos de um lado e marrons do outro. Este procedimento foi adotado de forma intuitiva e indutiva. Visto que o foco da atividade era determinar a massa dos pinos e, tendo uma balança em mãos, a opção foi primeiramente efetuar medidas da massa de um em relação ao outro em detrimento à elaboração de uma estratégia que os levassem diretamente aos resultados solicitados. O raciocínio não se pautou em conhecimentos teóricos já possuídos, a partir dos quais a interpretação dos resultados faz-se possível. Parte-se da comparação de dados empíricos.

Nessa estratégia prevalece um pensamento empirista-indutivo, no qual, a partir da observação, podem-se inferir algumas conclusões. Uma vez conhecida a relação entre as massas de ambos os pinos, bastaria a determinação da massa de um deles para se concluir acerca do outro. Porém, fizeram isso sem antes pensar em como determinar a massa dos pinos. Isto porque, para a resolução do problema, não era necessário conhecer a relação de massa entre os diferentes pinos.

Pode-se notar que tal procedimento foi estabelecido previamente à elaboração de uma estratégia. O trecho inicial, registrado em áudio e transcrito abaixo, da discussão entre dois estudantes sublinha isso.

Eles lêem o problema inicialmente.

A₁: *“A massa dos pinos, caraca!”*

A₂: *“Vai ter que usar água.”*

A₁: *“Ó. Um pino, beleza, aqui tem dois, a razão é um para dois.”* (O aluno equilibra a balança utilizando um pino marrom de um lado e dois pinos brancos do outro).

A₂: *“Não.”*

A₁: *“É 1 pra 2. Não é 1 pra 2?”*

A₂: *“É.”*

A₂: *“A gente tem que colocar água(...). Pega um pouco. Agora vai colocando.”*

A₁: *“Temos uma razão um pra dois. Bota aí, pino marrom e água. Pino branco é 2.”*

A₂: “(...) Agora tira um (pino). Vê o quanto de água que tem que colocar pra dá certo, entendeu?”

Quando a aluna começa a elaborar um raciocínio (“vai ter que usar água”), o parceiro já estabelece empiricamente a relação entre as massas. Em seguida ela discorda, provavelmente, não da relação, mas da estratégia adotada, visto que em seguida ela concorda com a relação estabelecida pelo parceiro. O parceiro insiste na informação já obtida (“temos a razão um para dois”), o que, certamente contribuirá no prosseguimento da tarefa, mas não constitui uma informação fundamental. Só então eles estabelecem o uso da água para conhecer a massa.

Os estudantes determinaram a massa dos pinos marrons utilizando água e, por meio da relação entre a massa dos pinos brancos e a massa do pino marrom, determinaram a massa do primeiro. Após isso, os estudantes efetuaram a medida da massa do pino branco utilizando a água, apenas para confirmar o resultado alcançado anteriormente por meio da relação entre as massas. Embora o procedimento esteja inculcado por uma visão intuitiva, a confirmação dos dados obtidos foi uma estratégia importante, pois é comum e recomendado quando se trabalha com dados experimentais, testar os resultados obtidos referendando-os com bases mais consistentes, o que caracteriza uma aproximação mais crítica do objeto de estudo.

Como dito, dos 21 alunos participantes, apenas 4 não conseguiram de imediato a resolução do problema, havendo uma clara premência de intervenção do professor. Em um dos casos os alunos tentavam equilibrar a balança de forma inadequada, como pode ser visto no registro escrito:

A₁₃: “Tentamos em um lado da balança um pino branco com algumas gotas de água para equilibrar com um pino marrom. Um pino marrom + 1g de H₂O e 5 pinos brancos equilibram a balança.”

Os alunos tentavam equilibrar a balança com os pinos plásticos dos dois lados, porém, como a massa de ambos era desconhecida não era possível determinar a massa dos pinos. Deste modo, o professor os questionou de que forma seria possível determinar as massas dos pinos utilizando-os nos dois pratos da balança. Só então os alunos adotaram procedimentos que os levaram ao resultado. Esse é um exemplo de problematização da posição dos alunos. O professor questiona o procedimento adotado, então eles reorganizam o conhecimento mediante elaboração própria de novas estratégias.

Outros dois estudantes que precisaram da intervenção do professor tiveram dificuldades em estabelecer o primeiro e fundamental passo, que era equilibrar a balança. Após discussão com o professor também chegaram ao resultado.

Vale ressaltar que o registro da atividade por escrito contribuiu para a re-elaboração de toda a estratégia e dos raciocínios utilizados por parte dos estudantes. Caso a atividade findasse sem a necessidade do registro escrito, embora todos os estudantes tivessem resolvido o problema proposto, eles não teriam a etapa de reorganização do conhecimento, na qual puderam repensar os caminhos percorridos. Embora trabalhem especificamente com a experimentação, outros trabalhos (Oliveira e Carvalho, 2005; Francisco Jr., 2007) destacam a importância dos registros escritos em aulas de Ciências. De tal forma, o presente estudo defende a explicitação, mediante a escrita, das estratégias adotadas e dos resultados obtidos como uma forma de se pensar reflexivamente, o que contribui no aprofundamento de idéias no levantamento de questões que podem fomentar a busca por novos conhecimentos. Por isso, além da verbalização ao máximo, proposta por Gil-Pérez e colaboradores (1983, 1985, 1988a,

1988b e 1992), o detalhamento pode ser uma estratégia interessante a ser solicitada na resolução de problemas.

Após a resolução dos problemas realizou-se uma discussão geral sobre as estratégias e os resultados encontrados, buscando a verbalização das estratégias dos alunos. Como todos os alunos chegaram ao resultado, foram problematizados, principalmente, os meios com os quais alcançaram o resultado. Debateu-se a importância de se utilizar um conjunto de pinos para obter a massa média de cada um. O professor apenas questionou inicialmente sobre porque alguns obtiveram valores diferentes para as massas dos pinos. Durante a discussão os próprios alunos levantaram hipóteses para isso. As explicações foram atribuídas à massa que poderia variar um pouco de pino para pino, o volume de água obtido pela leitura da seringa e, portanto, está sujeito a um erro, e a própria balança. No caso da balança eram duas possibilidades: a balança não estar devidamente equilibrada antes de se efetuarem as medidas, ou, durante a própria medida.

A análise desse episódio teve como principal objetivo compreender e discutir as estratégias adotadas pelos estudantes para a resolução de um problema, de certo modo simples, como foi considerado por eles próprios. Percebe-se que a natureza hipotético-dedutiva prevaleceu na estratégia de resolução da maioria dos alunos, embora alguns tenham adotado um pensamento mais indutivo. Todavia, tratando-se de um problema semi-aberto, os diferentes meios de se chegar ao resultado são positivos para a problematização da estratégia adotada, permitindo a comparação de qual estratégia foi mais eficaz.

Isso já os aproxima também de outra atividade científica que fornece maior rigorosidade às informações encontradas, que é justamente o debate e discussão dos resultados dentro de uma comunidade de crítica. A problematização dos resultados obtidos possibilita uma reflexão crítica dos próprios resultados e fomenta a elaboração de novas estratégias ou conhecimentos que venham complementar os primeiros. Atividades de exposição e debate dos resultados experimentais constituem-se numa forma promissora de validação pessoal e social do conhecimento engendrado em sala de aula, sendo uma maneira de tornar tais conhecimentos mais significativos pessoalmente.

Além disso, a participação dos alunos foi bastante efetiva. Todos se envolveram ativamente com a atividade. O caráter lúdico subjacente ao material utilizado facilitou com que isso ocorresse. Nenhum deles havia vivenciado situações similares, por isso a atividade transcorreu de modo prazeroso. Ademais, os conhecimentos adquiridos nessa etapa (proposição de hipóteses, a massa dos pinos, interpretação dos problemas) serviriam de base para a etapa seguinte. Os conhecimentos organizados durante esta atividade seriam aplicados à seguinte.

3.2. Etapa 2

A segunda etapa consistiu na aplicação de um material didático para a simulação de um experimento de deposição metálica espontânea (Francisco Jr., 2008), embora esse não tenha sido o foco desta atividade especificamente. Também foi proposta uma situação problema (Anexo A – Problema II) na qual os alunos receberam dois envelopes fechados contendo uma placa de MDF cada. As placas de MDF continham cavidades nas quais os pinos plásticos encaixavam-se. Uma das placas tinha as cavidades totalmente preenchidas com pinos brancos. Na outra placa algumas cavidades foram preenchidas com pinos marrons em substituição aos brancos. Tal procedimento provoca um acréscimo de massa na placa. Os alunos foram então incumbidos a determinar a quantidade de pinos brancos substituídos por marrons e a variação de massa provocada com isso.

A atividade contou com a participação de 20 alunos. Destes, seis não finalizaram a tarefa no tempo previsto (2 aulas). Dos 14 alunos que findaram a atividade no tempo, apenas 4 alcançaram êxito em sua resolução, isto é, determinaram corretamente a variação de massa sofrida pela placa bem como a quantidade de pinos substituídos. Como se esperava, os alunos que terminavam a tarefa auxiliavam os demais na resolução, de modo que nas duas aulas seguintes todos haviam resolvido o problema. Abaixo é visto o registro escrito da resolução efetuada por 2 estudantes que alcançaram êxito na tarefa.

A₂: “Para cada pino branco retirado colocamos 1 marrom então se p/ equilibrar a balança colocamos 3p. brancos, logo no envelope 2 temos 3 pinos marrons, pois se trocamos um branco por um marrom temos uma variação de massa de 0,5g que vezes 3 temos 1,5g de aumento da massa que se equilibra com os 3 pinos brancos que coloca a mais.”

A₁₉: “No pacote mais leve foi colocado 2 pinos marrons para obter o equilíbrio. Cada pino marrom equivale a 1 grama, mas se cada branco retirado foi acrescentado 1 marrom, o aumento de massa equivale a 0,5 grama. Se a diferença foi de 2 pinos (2 gramas), logo foram feita 4 trocas de pinos.”

Como se pode depreender, a estratégia de resolução seguiu um raciocínio bem estruturado. Havia a necessidade de se conhecer quanto em massa, um envelope era superior ao outro. Por conseguinte, pela relação de massa entre os pinos obtida na etapa anterior, se conseguia determinar quantos pinos foram substituídos.

De um modo geral, todos os estudantes cuja resolução foi correta apresentaram o mesmo procedimento. O primeiro procedimento realizado foi a obtenção do equilíbrio da balança. Uma vez que eles já conheciam a massa dos pinos plásticos, caso equilibrassem a balança poderiam, a partir de uma relação matemática relativamente simples, determinar quantos pinos haviam sido substituídos. Este primeiro procedimento adotado pelos alunos é o que Pozo e Angón (1998) denominaram de aquisição de informações, o primeiro passo para a resolução sistemática de um problema.

A aquisição de informações pode engendrar tanto a incorporação de novas informações quanto o acréscimo de conhecimentos já possuídos. São procedimentos correlacionados à busca, coleta e seleção de informações com as quais o problema possa ser delineado e solucionado. No caso desta atividade, parte das informações pôde ser selecionada pela leitura do problema, outra parte por conhecimentos já possuídos devido à atividade anterior. Todavia, isso ainda era insuficiente, sendo ainda necessárias observações experimentais.

O procedimento descrito por Pozo e Angón (1998) como o segundo passo revela a realização de inferências. Isso também é percebido quando os alunos equilibram as placas contidas nos envelopes empregando os pinos plásticos, cuja massa era conhecida devido à atividade realizada previamente. Sendo assim, é possível estabelecer a diferença de massa dos envelopes, uma informação imprescindível para a resolução do problema proposto. Até este estágio todos os alunos chegaram.

Embora todos os alunos tenham conseguido determinar a diferença de massa, a maior dificuldade encontrada por eles foi incorrer a respeito da relação entre a diferença de massa e a quantidade de pinos substituídos. Haja vista que os dados obtidos não engendram sentidos por si mesmos, necessitam de uma interpretação, que por sua vez deve ser abarcada por visões coerentes e articuladas. Este é um dos aspectos importantes no ensino de Ciências, ir contra o pensamento empirista-indutivista (Praia et al., 2002), pelo qual apenas a observação e os dados experimentais são suficientes para explicar/resolver um problema.

Não basta, assim como não bastou, equilibrar a balança utilizando os pinos de massa conhecida e estabelecer a diferença de massa entre as placas de MDF. Tal informação deveria ser empregada para incorrer acerca da quantidade de pinos substituídos. Para tanto, a informação da diferença de massa, por si, é insuficiente.

Para avançar na resolução, os alunos deveriam criar uma representação mental que abarcasse a variação de massa durante as trocas dos pinos. Isto é, deveriam modelar mentalmente que a saída de um pino branco reduz a massa da placa em 0,5g, e a entrada de um pino marrom acresce 1,0g na massa da placa. Portanto, levando em conta a entrada e a saída de matéria, cada substituição provoca um aumento de 0,5g na massa total da placa. A criação desse modelo mental é um aspecto determinante no êxito da resolução deste problema.

Por isso, o ponto importante dessa atividade, além do questionamento, da busca por estratégias adequadas de resolução dentre outros, era que os estudantes percebessem que para a solução do problema não havia a necessidade de conhecer a massa total da placa, apenas a diferença de massa provocada pela substituição. Os alunos iniciam a construção de um modelo mental da placa de MDF preenchida com os pinos, que era um sistema fechado (eles não viam), no qual ocorre a substituição dos pinos brancos pelos marrons, na relação de 1:1. Neste processo de substituição, eles podem imaginar quando a massa da placa de MDF aumenta ou diminui e o porquê. Com esta atividade, portanto, buscou-se que os alunos compreendessem tal relação de forma mais efetiva e fizessem modelizações mentais, habilidade indispensável para a aprendizagem em Ciências.

Contudo, a dificuldade dos estudantes esteve em estabelecer a diferença de massa dos pinos com a diferença de massa na substituição de um único pino. O professor, então, fez uma intervenção para toda a sala.

P: *“Pessoal, olha só. Tá escrito aí na última linha. Se eu tiro um pino branco eu coloco um marrom no lugar, tá? Ou seja, se eu coloco um marrom a massa aumenta 1g?”*

Alunos: *“0,5g.”*

P: *“0,5, porque? Porque eu tirei o branco, certo?”*

Este sinal de alerta dado pelo professor problematiza a posição dos estudantes, fazendo-os reverem suas estratégias e, conscientizando-os de outros conhecimentos a serem elaborados para atingir o objetivo. Com isso, parece que a compreensão dos alunos foi facilitada, como se verifica no registro abaixo:

A₂: *“Pensa bem, se você tira três pinos brancos daqui, a massa vai diminuir 1,5g, certo? Só que pega e coloca 3 vezes 1. (...) Pra cada pino branco que você tira, você perde 0,5g. Se você coloca o marrom não vai pesar mais 1g, vai pesar mais 0,5g. Porque você tirou a massa de um pino branco entendeu?”*

Segundo Solaz-Portolés e López (2007), há uma série de variáveis na resolução de problemas, dentre elas os autores destacam o conhecimento prévio, estratégias de estudo, conhecimento situacional, conhecimento procedimental e estratégico. A maior facilidade ou dificuldade em resolver problemas é função do número de modelos mentais que se deve executar durante a atividade (Moreira, 1996; Solaz-Portolés e López, 2007). O conhecimento prévio influencia a atividade apenas quando não é necessária a execução de nenhum modelo mental ou quando é necessária a ativação de vários (mais de quatro) modelos mentais (Solaz-Portolés e López, 2007).

Pode-se dizer que a grande dificuldade dos alunos na resolução deste problema foram as estratégias e os procedimentos adotados, os quais privilegiaram de início o empirismo ante a dedução. De um modo geral, pode-se afirmar que para a resolução do problema proposto os estudantes necessitavam por em funcionamento um modelo mental para a substituição dos pinos plásticos, uma vez que eles não tinham como observar isso. Ou seja, era premente que os alunos fizessem uma modelização mental. Essa foi uma das dificuldades encontradas, executar um modelo mental do que ocorria, a saída de um pino branco para a entrada de um marrom. Vários alunos ao tentar explicar o raciocínio empregado diziam: “*saem dois pinos brancos entra um pino marrom*”. Quando questionados porque diziam isso, a resposta era devido à massa dos pinos marrons serem o dobro das massas dos pinos brancos.

Este é um exemplo no qual o modelo mental é influenciado negativamente pelo conhecimento prévio. Embora o enunciado do problema deixasse evidente que para cada pino branco retirado um marrom era adicionado, os estudantes mais uma vez privilegiam a atividade empírica ante a interpretação e compreensão do que era solicitado.

Pela transcrição da resolução dos alunos, percebe-se que apenas quando o professor destacou a relação da diferença de massa entre os pinos, eles raciocinaram em termos da diferença de massa, solucionando corretamente o problema.

A₂: “Se troca um branco por um marrom tem uma variação de 0,5g. Então aqui no envelope 2 ficou, não teve um aumento de 1g, teve um aumento de 0,5g. Então você tira a diferença 1 menos 0,5.”

A₁: “Quando você troca o branco pelo marrom tem uma variação de massa de 0,5 g.”

A₂: “Faz agora 0,5 vezes 3 igual a 1,5. (...) Então taí, ta certo, eu tenho á variação.”

A apresentação de problemas abertos, cuja resolução obriga os alunos a realizar uma investigação, fomenta uma análise qualitativa inicial que requer leitura e interpretação do enunciado. O primeiro passo é a leitura e aquisição de informações a partir do enunciado. Isso permite, num segundo momento, delinear e delimitar o problema a ser solucionado. O próprio enunciado do problema induz, de certa forma, o aluno a uma análise qualitativa inicial. Após uma leitura cuidadosa os alunos já puderam inferir que o envelope 2 possuía massa mais elevada, o que foi facilmente verificado com o uso da balança.

A partir disso é possível equilibrar a balança com objetos de massa conhecida (no caso os pinos plásticos), o que leva conseqüentemente à variação de massa sofrida pela placa de MDF. Tal pensamento dedutivo pode ser percebido nos registros de vários alunos.

A₁₀: “Cada placa de madeira tem 24 pinos cada. O envelope II é mais pesado que o 1. Para equilibrar a balança no prato onde estava o envelope 1 acrescentei 2 pinos marrons, conseguindo equilibrar.”

Entretanto, outros alunos (10) não se atentaram às informações contidas no enunciado relatando que o primeiro passo para a resolução do problema foi descobrir qual envelope possuía a maior massa:

A₁₆: “1º passo: Colocar os dois envelopes p/ saber qual o envelope tem o número de massa maior.”

A₁₁: “Foram entregues dois envelopes, estes foram colocados sobre uma balança. O pacote 2 apresentou maior peso em relação ao pacote 1. Foram adicionados 3 pinos para que a balança demonstrasse equilíbrio.”

Provavelmente, tais alunos leram despercebidamente o enunciado, não se atentando que a informação sobre qual envelope tinha massa mais elevada está presente. Por isso enfatizaram a atividade empírica logo de início. A leitura é uma competência extremamente relevante em todos os setores da sociedade. Não basta a leitura, mas também a apreensão e compreensão das informações ali contidas. Mais uma vez, a estratégia centrada no aluno permite incorrer sobre tais dificuldades.

Daí que uma das tarefas do ensino de Química, e de Ciências de um modo geral, seja não deslindar o conteúdo de habilidades como a leitura e a escrita. Na maioria das vezes, os estudantes não conseguem resolver problemas ou exercícios de Química, Física, Matemática e até mesmo Biologia devido à falta de compreensão do enunciado. O trabalho em sala de aula deve, sempre que possível, privilegiar os registros escritos em diferentes contextos, bem como a obtenção de informações a partir da leitura. Os professores de Ciências não devem se ocultar nessa questão acreditando que ela é concernente apenas aos professores de língua portuguesa.

Por isso as abordagens investigativas em sala de aula, sobretudo aquelas que apresentam informações escritas, são importantes, pois nestas os estudantes devem buscar e selecionar elementos a partir da leitura, seja do enunciado do problema, de um estudo de caso ou até de um roteiro experimental. As dificuldades percebidas neste trabalho, sobretudo dificuldades associadas à interpretação dos problemas e ao emprego de conceitos articulados aos instrumentos de resolução matemática, são referenciadas também em inúmeros trabalhos na literatura, como aponta a revisão conduzida por Costa e Moreira (1997b). A organização do conhecimento utilizando sumários, sínteses, orientações estruturadas, descrição e ordenação dos passos a serem seguidos, relacionados ao conhecimento conceitual são estratégias que parecem favorecer a resolução de problemas (Costa e Moreira, 1997b). Na acepção do presente estudo, tal organização do conhecimento é fundamental e constitui-se mediante a problematização de todas as etapas necessárias à resolução do problema. Para tanto, a resolução deve ser mediada pela escrita, de tal modo que o professor possa acompanhar e auxiliar os alunos a reorganizarem suas estratégias ainda durante o processo.

Apesar de apenas 4 alunos terem alcançado êxito na solução do problema, outros 6 alunos, embora não tivessem obtido o valor exato da quantidade de pinos marrons na placa, resolveram o problema corretamente. Tais alunos raciocinaram corretamente, como ilustra a transcrição abaixo, mas não chegaram ao resultado adequado devido à diferença de massa das próprias placas de MDF.

A₂₀: “Colocando um pino marrom no envelope 2, o peso de ambos se equipara. Sabendo que a variação é 1g, o peso do pino marrom, descobriu que foi retirado dois pinos brancos do envelope e colocado dois pinos marrons. Porque na 1ª substituição retirou um pino branco 0,5g e colocado um pino marrom, variação de 0,5g. Na segunda substituição fez-se a mesma coisa, com variação de 0,5 g. Então concluiu que a variação final foi de 1g. Abrindo o envelope 2 foi visto que foi retirado 5 pinos brancos e colocado outros 5 pinos marrons.”

Embora a maioria das placas tivesse sido testada quanto a este possível problema, devido ao número de placas (cerca de 40) algumas delas apresentaram massas diferentes. Essa discrepância, que ao primeiro olhar parece um ponto negativo, foi interpretada como um erro experimental. Isso possibilitou a discussão das possíveis fontes de erro da atividade, o que engendrou uma nova etapa de pesquisa. Na aula seguinte, o professor solicitou a estes alunos que investigassem a causa do erro. Nessa situação só havia duas possíveis fontes de erro: a

massa dos pinos plásticos ou a massa das placas. Abaixo é transcrito o relatório de um dos alunos.

A₅: “Após verificar-mos que a quantidade substituída de pinos brancos pelos marrom, não correspondia ao nº de pinos que havíamos concluído, resolvemos pesar os pinos brancos num total de 24 em cada lado da balança, constatamos que não havia diferença pois ambos se equivaliam. Depois colocamos apenas as placas de madeira tipo MDF, a qual constatamos uma substancial diferença entre ambas. Com isso achamos o erro que existia entre a suposta substituição dos pino brancos pelos marrom com o número exato de pinos brancos substituídos.”

Percebe-se que o aluno analisou e testou as possíveis fontes de erro, o que preconiza a elaboração e o teste de hipóteses acerca das fontes de erro. Balizado pelos resultados com o teste, foi possível constatar qual das hipóteses assinaladas configurou o erro encontrado. Todos os alunos cuja estratégia foi correta, mas os resultados não foram os esperados, identificaram a fonte do erro. Ademais, conseguiram identificar que a diferença de massa na placa era exatamente a mesma diferença de massa entre a quantidade dos pinos realmente substituídos e a quantidade calculada.

Isso ilustra um dos aspectos importantes nos quais as atividades investigativas contribuem. O raciocínio científico não é calcado em certezas, mas apóia-se em hipóteses consistentes formuladas a partir dos conhecimentos adquiridos, no presente caso, hipóteses das possíveis fontes erro. Sabendo que o raciocínio estava correto, os próprios alunos se questionaram sobre o porquê da diferença entre o resultado obtido e o verificado. Embora as evidências experimentais sejam fundamentais, elas não devem ser reduzidas ingenuamente a informações que tenham fim em si mesmas.

Por isso a relevância das atividades investigativas não apenas para a elaboração de estratégias de resolução de problemas de um modo geral, mas também para despertar a análise crítica dos resultados e a constante problematização a qual deve permear os resultados encontrados. Problematização que deve estar imbricada tanto aos resultados experimentais, quanto a todo o conhecimento e a toda discussão, cujo papel do professor é determinante. No sentido freiriano, as atividades investigativas são uma forma de despertar a curiosidade nos alunos. Mesmo que em princípio tal curiosidade seja uma curiosidade ingênua, esta deve ser capaz de fomentar uma aproximação cada vez mais crítica da realidade investigada, até que a curiosidade se torne epistemológica (Freire, 2006). Nessa acepção, a função do professor é auxiliar os estudantes a se aproximarem criticamente do objeto de estudo.

Esse é um aspecto importante da experimentação, pois erros experimentais são fontes de problematização muito ricas e abrangentes, servindo para despertar a curiosidade dos estudantes. Esta é também uma forma de despertar a curiosidade epistemológica. Talvez, professores quando fossem trabalhar a experimentação, sobretudo em cursos superiores nos quais geralmente se segue uma receita, pudessem até promover erros de forma premeditada, com o intuito de ampliar e aprofundar a aproximação epistemológica do objeto de estudo. Isso aumentaria a reflexão crítica com a qual alunos e professores se debruçariam sobre o tema.

Por fim, o professor discutiu a estratégia adotada por cada dupla visando compartilhar socialmente as diferentes resoluções. Neste problema não haviam muitas variáveis. O que mudou na forma de resolução de um e outro aluno foi apenas a maneira com a qual equilibravam a balança (utilizando pinos de mesma cor ou não). Ainda assim, essa discussão final é importante para a socialização e verbalização das idéias.

4. Considerações finais

De um modo geral, pode-se dizer que ambas as atividades propostas constituíram-se realmente em problemas para os estudantes, uma vez que eles demonstraram compromisso com suas resoluções, envolvendo-se ativamente e interessados em atingir a meta. Enquanto exercícios podem ser resolvidos aplicando-se procedimentos pré-determinados, os problemas preconizam algo mais. Pode-se afirmar, portanto, que a curiosidade dos alunos torna-se epistemológica na medida em que estes se aproximam de uma rigorosidade metódica em sua resolução. Iniciam por uma posição mais empírica ante a dedução, privilegiando mais a consecução da atividade do que a compreensão e a dedução. Ao mesmo tempo, refinam suas estratégias de resolução o que os leva próximo quando não a própria solução do problema. É óbvio que não é possível afirmar que os alunos estão inseridos completamente na forma científica de pensar, mas, percebeu-se por meio de seus registros e da observação das aulas que eles foram incorporando estratégias mais rigorosas.

Entretanto, é fundamental que o professor problematize as diversas estratégias empregadas para a resolução dos problemas. O intuito não é encontrar uma estratégia certa, até porque qualquer estratégia que alcance o resultado esperado é uma estratégia correta. A idéia em discutir e debater as estratégias, além de socializar os resultados obtidos, é fazer com que os estudantes reconheçam a necessidade de se pensar metódica e rigorosamente, alcançando os resultados com maior eficácia. Isso contribui ainda mais para o entendimento das etapas indispensáveis na produção do conhecimento científico como o estabelecimento de objetivos, o levantamento de hipóteses, a coleta de dados, a discussão e interpretação dos resultados, a apresentação dos resultados e o debate dos mesmos. São atividades que contribuem para a formação crítica dos alunos, provendo competências que poderão futuramente ser utilizadas por eles. Daí a importância dos relatórios escritos com os quais foi possível intervir e analisar como o pensamento dos alunos se modificou em algumas situações.

Ressalta-se também a necessidade de atividades concernentes à leitura e à escrita em sala, visto a dificuldade apresentada, amiúde, pelos estudantes em interpretar textos e enunciados de problemas e exercícios. Vale ainda assinalar que a partir dos problemas propostos foram trabalhados conceitos matemáticos como operações básicas, relações de proporcionalidade (diretamente e inversamente proporcional) bem como equações de primeiro grau, além de conceitos da Física e da Química, não discutidos aqui por questões já assinaladas. Ainda assim, vale o reforço de que os aspectos conceituais devem estar presentes na resolução de problemas conjuntamente as habilidades e atitudes passíveis de serem desenvolvidas.

5. Agradecimentos


À Organização Não-Governamental Frente Organizada Pela Temática Étnica (ONG-FONTE) pelo espaço aberto à pesquisa. A todos os estudantes participantes do estudo e à Capes pela bolsa de Mestrado (Wilmo E. Francisco Jr.).

6. Referências bibliográficas

- Costa, S.S.C. e Moreira, M.A. (1996). Resolução de problemas I: Diferenças entre novatos e especialistas. *Invest. Ensino Ciênc.*, 1 (2), 176-192.
- Costa, S.S.C. e Moreira, M.A. (1997a). Resolução de problemas II: Propostas de metodologias didáticas. *Invest. Ensino Ciênc.*, 2 (1), 5-26.

- Costa, S.S.C. e Moreira, M.A. (1997b). Resolução de problemas III: Fatores que influenciam na resolução de problemas em sala de aula. *Invest. Ensino Ciênc.*, 2 (2), 65-104.
- Costa, S.S.C. e Moreira, M.A. (1997c). Resolução de problemas IV: Estratégias para resolução de problemas. *Invest. Ensino Ciênc.*, 2 (3), 153-184.
- 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* (pp. 13-42). Porto Alegre: Artmed.
- Francisco Jr., W.E. (2007). Uma proposta metodológica para o ensino dos conceitos de pressão e diferença de pressão. *Ensaio – Pesq. Educ. Ciênc.*, 9 (2), 121-135.
- Francisco Jr., W.E. (2008). *Experimentação, modelos e analogias no ensino da deposição metálica espontânea: uma aproximação entre Paulo Freire e aulas de Química*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, SP.
- Freire, P. (2005). *Pedagogia do Oprimido*. 43ª Ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- Freire, P. (2006). *Pedagogia da Autonomia: Saberes necessários à prática educativa*. 33ª Ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- Gabel, D.L.; Sherwood, R.D. e Enochs, L. (1984). Problem solving skills of high school chemistry students. *J. Res. Sci. Teach.*, 21 (2), 165-176.
- Gil-Pérez, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza Ciênc.*, 1 (1), 26-33.
- Gil-Pérez, D. e Torregrosa, J.M. (1983). A model for problem-solving in accordance with scientific methodology. *Eur. J. Sci. Educ.*, 5 (4), 477-455.
- Gil-Pérez, D. e Carrascosa, J.A. (1985). Science learning as a conceptual and methodological change. *Eur. J. Sci. Educ.*, 7 (3), 231-258.
- Gil-Pérez, D.; Torregrosa, J.M.; Carré, A.D.; Caillot, M. e Ramirez, L. (1988a). La resolución de problemas de lápiz y papel: como actividad de investigación. *Invest. Escuela*, 6, 3-19.
- Gil-Pérez, D.; Torregrosa, J.M. e Perez, F.S. (1988b). El fracaso en la resolución de problemas de Física: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza Ciênc.*, 6 (2), 131-46.
- Gil-Pérez, D.; Torregrosa, J.M.; Ramirez, L.; Carré, A.D.; Gofard, M. e Carvalho, A.M.P. (1992). Questionando a didática de R.P.: elaboração de um modelo alternativo. *Cad. Catarinense Ens. Física*, 9 (1), 7-19.
- Good, R. (1984). Scientific problem solving by experts systems. *J. Res. Sci. Teach.*, 21 (3), 263-275.
- Hackling, M.W. e Lawrence, J.A. (1988). Expert and novice solutions of genetic pedigree problems. *J. Res. Sci. Teach.*, 25 (7), 531-546.
- Kempa, R.F. e Nichols, C.E. (1983). Problem solving ability and cognitive structure: an exploratory investigation. *Eur. J. Sci. Educ.*, 5 (2), 171-184.
- Moreira, M.A. (1996). Modelos Mentais. *Invest. Ensino Ciênc.*, 1 (3), 193-232.
- Oliveira, C.M.A. e Carvalho, A.M.P. (2005). Escrevendo em aulas de ciências. *Ciênc. Educ.*, 11 (3), 347-366.
- Pozo, J.I. (1998). *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender*. Porto Alegre: Artmed.
- Pozo J.I. e Angón, Y.P. (1998). A solução de problemas como conteúdo procedimental da educação. Em: Pozo, J.I. *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender* (pp. 139-165). Porto Alegre: Artmed.
- Pozo J.I. e Crespo, Á.G. (1998). A solução de problemas nas ciências da natureza. Em: Pozo, J.I. *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender* (pp. 67-102). Porto Alegre: Artmed.

- Praia, J.; Cachapuz, A. e Gil-Pérez, D. (2002). A hipótese e a experiência científica em educação em Ciência: Contributos para uma reorientação epistemológica. *Ciênc. Educ.*, 8 (2), 253-262.
- Rosa, P.R.S.; Moreira, M.A. e Buchweitz, B. (1992). Alunos bons solucionadores de problemas: caracterização a partir de um questionário para análise de entrevistas. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, 14 (2), 94-100.
- Rosa, P.R.S.; Moreira, M.A. e Buchweitz, B. (1993). Alunos bons solucionadores de problemas: caracterização a partir da análise de testes de associação de conceitos. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, 15 (1 a 4), 52-60.
- Simmons, P.E. e Lunetta, V.N. (1993). Problem solving behaviors during a genetic computer simulation beyond the expert/novice dichotomy. *J. Res. Sci. Teach.*, 30 (2), 153-173.
- Solaz-Portalés, J.J. e López, V.S. (2007). Resolución de problemas, modelos mentales e instrucción. *Rev. Elect. Enseñanza Cienc.*, 6 (1), 70-89.
- Stewart, J. e Van Kirk, J. (1990). Understanding and problem solving in classical genetics. *Intl. J. Sci. Educ.*, 12 (5), 575-588.
- Yarroch, W.L. (1985). Student understanding of chemical equation balancing. *J. Res. Sci. Teach.*, 22 (5), 449-459.
- Zajchowski, R. e Martin, J. (1993). Differences in the problem solving of stronger and weaker novices in physics: knowledge, strategies on knowledge structure? *J. Res. Sci. Teach.*, 30 (5), 459-470.

 - **W.E. Francisco Jr.** é Bacharel/Licenciado em Química e Mestre em Biotecnologia (IQ, UNESP-Araraquara), Mestre em Educação, Área de Metodologia de Ensino (UFSCar). Atualmente é Doutorando em Química (IQ, UNESP). Atua como Professor (Departamento de Química, UNIR). Endereço para correspondência: Departamento de Química, Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Campus Porto Velho, BR 364, Km 9,5, Porto Velho, RO 78912-190, Telefone: 55-69-21822277. *E-mail* para correspondência: wilmojr@bol.com.br. **L.H. Ferreira** é Doutor em Físico-Química (Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP). Atua como Professor (Departamento de Química, UFSCar). **D.R. Hartwig** é Doutor em Didática (Universidade de São Paulo, USP). Atua como Professor (Departamento de Metodologia de Ensino, UFSCar).

Anexo A

Problema I

Você recebeu um conjunto contendo pinos plásticos utilizados como suporte de prateleiras de cores e tamanhos distintos (brancos e marrons), uma balança de pratos e uma seringa. Elabore um procedimento com o qual seja possível determinar a massa dos pinos plásticos utilizando o material fornecido e água. Apresente seus resultados por escrito, detalhando de que maneira você conseguiu obtê-los.

Problema II

A sua disposição encontram-se dois envelopes. No envelope 1 (antes da deposição) existe uma placa de madeira tipo MDF, que contém cavidades as quais podem ser preenchidas com os pinos plásticos. Você recebeu, no outro envelope (após deposição), uma placa de madeira tipo MDF idêntica àquela do envelope 1. Inicialmente, a placa de MDF contida no envelope 2 estava totalmente preenchida com pinos plásticos de cor branca. Porém, alguns pinos brancos foram substituídos por pinos marrons. Utilizando o material fornecido e as informações obtidas anteriormente determine quantos pinos brancos foram substituídos por pinos marrons. Qual a variação de massa sofrida pela placa? Apresente seus resultados por escrito, detalhando de que maneira você conseguiu obtê-los. Considere que para cada pino branco retirado, um pino marrom foi adicionado.