

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE FÍSICA BASEADO NUMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA¹

Luiz Clement²

lclement@mail.ufsm.br

Eduardo Adolfo Terrazan³

eduterra@ce.ufsm.br

Tiago Belmonte Nascimento⁴

tiago.bn@mail.ufsm.br

Núcleo de Educação em Ciências

Centro de Educação

Universidade Federal de Santa Maria

Resumo

Neste trabalho, apresentamos e discutimos alguns dos resultados alcançados através do estudo sobre práticas didáticas de Resolução de Problemas em aulas de Física. Elaboramos um conjunto de Atividades Didáticas de Resolução de Problemas baseadas em *situações-problema* ao invés de *simples exercícios*, cujos desenvolvimentos, em sala de aula, procuram seguir uma abordagem investigativa. Estas atividades foram implementadas no Ensino Médio por professores colaboradores do Grupo de Trabalho de Professores de Física (GTPF/NEC/UFSM). A partir da análise destas implementações comentamos alguns aspectos relativos ao processo de ensino-aprendizagem, mais especificamente, ao envolvimento e ao desempenho dos alunos neste tipo de atividades.

Palavras-chave: Resolução de Problemas; Ensino de Física; Atividades Didáticas; Abordagem Investigativa.

1. INTRODUÇÃO

De forma geral, ao se analisar currículos de Física vigentes para o Ensino Médio nota-se, de maneira muito acentuada, um afastamento explícito entre os conceitos trabalhados em aula e a realidade cotidiana do aluno. Tal distanciamento se deve, em parte, à abordagem dada quando se ensinam as leis, os conceitos e os fenômenos a partir de um enfoque essencialmente matemático e formalista, concomitante ao desprezo e/ou omissão dos aspectos históricos e sociais que influenciaram o desenvolvimento da ciência Física. Esta matematização excessiva e, por conseguinte, a falta de abordagens mais qualitativas e de uma maior contextualização, tanto histórica quanto cotidiana dos assuntos tratados, fazem com que o ensino de Física mantenha seu caráter propedêutico e sua pouca relevância para a vida dos alunos, não conseguindo nem mesmo despertar a curiosidade deles.

Este tipo de tratamento dado à física na escolarização de nível médio contribui para formar nos alunos uma concepção de que há “conhecimentos absolutos”, na medida em que não são proporcionados elementos sobre a origem da ciência, sua evolução e sobre as grandes mudanças que ocorreram ao longo do desenvolvimento da mesma.

¹ - Apoios parciais: CAPES, CNPq e UFSM

² - Aluno do Programa de Pós-Graduação em Educação/CE/UFSM

³ - Professor Adjunto do Centro de Educação/UFSM

⁴ - Acadêmico do Curso de Licenciatura em Física/CCNE/UFSM

Na sociedade contemporânea, os conhecimentos relacionados à área de Ciências da Natureza se tornam cada dia mais importantes, tanto para a inserção do cidadão no mundo do trabalho quanto para uma melhor qualidade de vida e uma maior compreensão acerca dos artefatos tecnológicos que estão a sua volta, em suma, para o exercício de sua cidadania plena. Enquanto isso, o ensino de física, ainda se caracteriza pelo excesso de atenção dada aos exercícios repetitivos, cuja abordagem privilegia o uso de algoritmos matemáticos em detrimento da compreensão de aspectos relacionados aos fenômenos envolvidos. Configura-se assim, um distanciamento entre os conteúdos ministrados e a realidade cotidiana. Diante disso, ficamos frente ao desafio de proceder a uma revisão tanto nos conteúdos conceituais trabalhados como nas abordagens metodológicas adotadas, que pouco têm contribuído na preparação dos indivíduos para participar ativa e efetivamente na sociedade atual.

Neste sentido, seria importante que o desenvolvimento das pesquisas em Educação aproximasse os pesquisadores da área e os professores, para que dessa forma fosse gerado um número maior de sugestões práticas para as escolas. Não se trata de levar receitas prontas para a aplicação em sala de aula, mas sim, de realizar um estudo/trabalho conjunto visando a elaboração de planejamentos didático-pedagógicos que proporcionem aos alunos tarefas escolares mais significativas. Para isso, no presente trabalho apresentamos e discutimos alguns aspectos relativos ao funcionamento de atividades de Resolução de Problemas com caráter investigativo, buscando mostrar que sua utilização de forma criteriosa e articulada com as demais atividades didáticas tende a contribuir significativamente para a construção de conhecimentos pelos alunos.

2. RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS/FÍSICA

As discussões acerca do tema Resolução de Problemas envolvem uma série de discordâncias. Estas discordâncias são proporcionadas por diferentes compreensões teóricas sobre a temática que, conseqüentemente, dão origem a utilização de diferentes estratégias de resolução (Gil Pérez e Martínez Torregrosa, 1987). Segundo Gil Pérez e Torregrosa, alguns pesquisadores vêem a Resolução de Problemas quase como um sinônimo de reflexão; outros, a concebem como uma forma particularmente complexa de ensino, que deve ser precedida de formas simplificadas de ensino. Do ponto de vista deles, por sua vez, a Resolução de Problemas somente será bem sucedida caso houver a presença de aspectos de natureza investigativa em seus planejamentos.

No Ensino de Física, e em geral, no Ensino de Ciências e de Matemática, é fácil constatar que uma parte significativa da carga horária das aulas costuma ser dedicada para sessões de Resolução de Problemas. No entanto, vários pesquisadores sinalizam o fracasso generalizado destas atividades, quando realizadas de forma tradicional, em função do baixo desempenho dos alunos (Gil Pérez, Martínez Torregrosa e Senent 1988; Pozo, Crespo 1998; Peduzzi 1997; Escudero 1995; entre outros).

Quando professores são questionados a esse respeito, a grande maioria justifica este fracasso devido a falta de conhecimentos teóricos, por parte dos alunos, sobre os temas/conceitos e leis que os problemas abordam e ao escasso domínio que eles têm sobre o aparato matemático necessário para resolvê-los (Gil Pérez, Martínez Torregrosa e Senent 1988).

Outra justificativa possível para o fracasso na Resolução de Problemas, em aulas de Física, Matemática e Ciências em geral, refere-se a falhas praticadas pelos professores em seus planejamentos de ensino/aprendizagem (Gil Pérez, Martínez Torregrosa e Senent 1988). Isto também pode ser observado, se analisarmos os planejamentos de aula dos professores de física que atuam em escolas de nosso país, embora muitas vezes eles não o reconheçam.

Ao procurar reverter tal situação, alguns trabalhos tentaram explicitar diferenças entre *um bom* e *um mau* solucionador de problemas, extraindo a partir disso algumas recomendações de como resolver bem os problemas e como transmiti-las aos alunos como uma forma efetiva de ajuda. Isto levou à elaboração de modelos de resolução que, por vezes, se configuravam em algoritmos mais ou menos precisos. No caso da elaboração de algoritmos precisos, permaneceu-se diante de um paradigma de ensino/aprendizagem baseado na transmissão/recepção de conhecimentos já elaborados e cuja ineficácia tem sido observada e bastante discutida na área de Ensino de Ciências (Gil Pérez, Martinez Torregrosa e Senent 1988).

Aparentemente, na maioria das vezes, os alunos não aprendem como resolver problemas; meramente memorizam soluções para situações que são apresentadas pelos professores como simples exercícios de aplicação. Isto é consequência do tipo de Ensino de Ciências ainda predominante em nossas escolas, qual seja, um ensino fundado na crença de que o conhecimento pode ser “transmitido verbalmente” e assim ser “assimilado” pelos alunos. Durante a prática tradicional de Resolução de Problemas esta situação fica bem evidenciada, pois, é comum os alunos conseguirem resolver problemas similares aos anteriores, mas fracassarem ou desistirem frente a novas situações.

Cabe ressaltar que, apesar de muitos professores afirmarem que trabalham com problemas em suas aulas, o que realmente fazem é a resolução de “simples exercícios”. Esses exercícios, normalmente trabalhados em sala de aula, ficam muito aquém dos problemas enfrentados na vida diária e é difícil apontar a contribuição que podem trazer aos alunos para ajudá-los em suas tarefas cotidianas.

Neste sentido, se faz necessária uma distinção entre o que se pode considerar um *problema* propriamente dito e o que se apresenta como um *simples exercício*. Esta diferença é apontada por vários autores que pesquisam sobre a temática de Resolução de Problemas no Ensino de Ciências (Gil Pérez e Torregrosa, 1987; Cudmani, 1998; Garret, 1995; Peduzzi, 1997; Pozo, Postigo e Crespo, 1998; entre outros).

De forma bastante genérica, pode-se afirmar que uma dada situação caracteriza-se como um problema para um indivíduo quando, ao procurar resolvê-la, ele não chega a uma solução de forma imediata ou automática. Neste caso, necessariamente, o solucionador envolve-se num processo de reflexão e de tomada de decisões culminando, usualmente, no estabelecimento de uma determinada seqüência de passos ou etapas. Por outro lado, numa atividade envolvendo apenas exercícios, o que se observa é o uso de rotinas/passos automatizados, ou seja, as situações com as quais o indivíduo se depara já são por ele conhecidas, podendo ser resolvidas por meios ou caminhos habituais.

No entanto, a distinção entre problema e exercício é bastante sutil, não devendo ser especificada em termos absolutos (Peduzzi, 1997). Para uma determinada pessoa uma situação proposta pode se constituir em um problema, enquanto que para outra, a mesma situação pode ser vista como um mero exercício. Por isso, esta distinção dependerá de cada indivíduo (de seus conhecimentos e de sua experiência) e da tarefa proposta.

A partir destas observações, defendemos que nos planejamentos escolares haja um espaço cada vez maior para atividades de Resolução de Problemas que se baseiam no tratamento de situações-problema abertas e mais próximas da realidade, ao invés delas se restringirem unicamente aos exercícios que exigem apenas a aplicação de algoritmos de resolução já decorados pelos alunos (atividades repetitivas). Partimos do pressuposto de que essas atividades didáticas, além de auxiliarem no desenvolvimento da capacidade e de autonomia dos alunos para enfrentarem situações-problema do dia-a-dia, ajudam no aprimoramento do desempenho necessário frente às exigências impostas pela sociedade atual (DCNEM, 1998).

Neste sentido, as situações-problema podem ser elaboradas tanto na perspectiva de abarcar aspectos internos à estrutura conceitual da disciplina, quanto para abordagem de fenômenos cotidianos e/ou situações históricas. Assim, além de propiciar uma forma de contextualização dos conteúdos escolares, superando seu caráter tradicional - “abstracionista”, desenvolvem a capacidade de compreender situações novas. Esta compreensão das situações novas exige uma ponte entre a teoria e a prática. Portanto, para realizar esta ponte são aproveitadas situações da vivência pessoal que contribuem para o processo de construção dos conhecimentos escolares e estes, por sua vez, auxiliarão os alunos à solucionar e/ou compreender fenômenos cotidianos e experiências pessoais.

A atividade de solucionar problemas envolve um grande grau de criatividade, pois, cada solucionador utilizará suas experiências, conhecimentos e interpretações para resolver a situação-problema em jogo. Isto exigirá a elaboração de hipóteses, estratégias ou planos a serem seguidos de forma consciente, culminando, por vezes, em resultados que necessitam de análises cuidadosas.

A dinâmica de Resolução de Problemas pode desenvolver-se tanto através de uma atividade de lápis e papel, quanto de uma atividade com uso de experimento, ou ainda, de uma atividade com uso de texto. É sempre importante que envolva situações vivenciais, mas, é necessário também que estas sejam apresentadas o mais abertas possíveis, de modo que estimulem os alunos a levantarem as “variáveis” envolvidas, os parâmetros relevantes e as possibilidades de resolução, exigindo, assim, uma mobilização dos conhecimentos necessários para o encaminhamento do processo.

Ressaltamos que para trabalhar de forma adequada com a Resolução de Problemas no Ensino de Ciências, particularmente de Física, não se pode abarcar todo o ensino sob esse enfoque. Temos sempre que discutir qual é o melhor momento e/ou qual o assunto apropriado para realizarmos uma atividade de Resolução de Problemas. Para que elas possam realmente contribuir para um ensino e uma aprendizagem mais significativa dos alunos, devem ser incorporadas de forma coerente e criteriosa nos planejamentos escolares, de modo articulado com as demais atividades didáticas.

No presente trabalho tomamos como referência uma perspectiva diferenciada de desenvolvimento de Atividades Didáticas de Resolução de Problemas (ADRP) em aulas de Física, ou seja, uma *perspectiva investigativa*, conforme discutida a seguir.

3. ATIVIDADES DIDÁTICAS DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NUMA PERSPECTIVA INVESTIGATIVA

Consultando artigos publicados sobre a temática de Resolução de Problemas, em revistas científicas da área de Educação em Ciências, encontramos vários modelos de Resolução (Polya, 1995; Wallas, 1926; Peduzzi, 1997; Gil Pérez e Martínez Torregrosa, 1987; Gil Pérez et al, 1992; e outros). Uma característica presente em todos os modelos estudados é a sua estruturação em etapas. Algumas dessas etapas são semelhantes, o que demonstra um certo consenso entre os diversos autores quanto a sua importância para o processo de resolução como um todo.

A partir de uma análise criteriosa dos vários modelos de resolução assim encontrados, escolhemos um deles para orientar a preparação de nossas atividades didáticas. Dentre todos, o modelo proposto por Gil Pérez, Martínez Torregrosa, et al (1992) nos pareceu o mais adequado até o momento. Este é um modelo de Resolução de Problemas como investigação, o qual procura favorecer uma dinâmica de sala de aula em que aspectos da investigação científica estejam presentes.

Os autores partem da idéia de que, inicialmente, não há necessidade estrita de se formular "novos problemas" ou "problemas mais complexos" além daqueles já presentes nos planejamentos elaborados e/ou nos livros didáticos adotados pelos professores. Por isso, o que eles propõem, como encaminhamento, é a transformação das situações apresentadas nos exercícios usualmente trabalhados em sala de aula em "autênticos problemas", a partir da transformação de seus enunciados. Por exemplo²:

Enunciado tradicional

Um trem de 90 m de comprimento que anda a uma velocidade de 70 km/h, atravessa um túnel em 40 s. Qual é o comprimento do túnel?

Enunciado transformado

Quanto tempo levará um trem para atravessar um túnel?

Além disso, novos problemas podem ser elaborados, com um enunciado que permita uma resolução de caráter investigativo, por exemplo:

Um turista estava olhando para o mar, da beira da praia, e percebeu que um jet ski passava de uma extremidade da praia para a outra, no intervalo entre as ondas. Qual a velocidade de propagação das ondas?

A meta principal é oferecer aos alunos uma formulação, o mais aberta possível, da situação que se quer estudar. Ao se realizar ADRPs nesta perspectiva, pretende-se que os alunos relacionem idéias de forma significativa, aproximando-os do processo de construção de conhecimentos da própria ciência, ou seja, espera-se que ao mesmo tempo em que aprendam os conteúdos conceituais relacionados à situação-problema em questão, possam perceber, ainda de forma simplificada, como é produzido o conhecimento nesta área. Isso é propiciado tanto pela forma como é apresentada a situação-problema quanto pela maneira de praticar sua resolução.

As situações-problema assim elaboradas deverão ser resolvidas com base numa seqüência de etapas formulada a partir de modificações feitas no modelo de Resolução de Problemas como Investigação de Gil Pérez et al (1992). Esta seqüência encontra-se discriminada abaixo.

1. Análise qualitativa do problema

Realizar uma análise qualitativa antes de qualquer planejamento quantitativo é fundamental para a compreensão da situação-problema que se apresenta, bem como, para evitar um "operativismo cego". Neste sentido, procura-se nesta etapa definir ou redefinir de maneira precisa a situação-problema a ser estudada.

2. Emissão de hipóteses

A partir de considerações de ordem qualitativa sobre a situação-problema em estudo, é possível passar para a formulação de hipóteses sobre ela. São as hipóteses que determinam o que deve ser considerado como "dados" necessários para sua solução, ao contrário do que acontece num estilo empirista de solução (favorecido pelo tipo habitual de enunciados) em que a tomada de dados é tida como ponto de partida.

3. Elaboração de estratégia(s) de resolução

A elaboração de estratégias de resolução supõe a explicitação de uma visão global do problema, ou seja, a sua elaboração não derivará unicamente dos princípios teóricos, mas também, da análise qualitativa e das hipóteses emitidas, bem como, da experiência e dos conhecimentos particulares. Espera-se que os alunos elaborem diferentes formas de resolução que possibilitem uma contrastação entre os processos de resolução a serem

² Este é um exemplo retirado de Gil Pérez e Martínez Torregrosa (1987). Nesta obra os autores apresentam um conjunto de 80 (oitenta) exercícios tradicionais com seus enunciados transformados.

praticados e assim, explicitem a coerência do conjunto de conhecimentos que eles dispõem. Isso é possibilitado pelo tipo de enunciado proposto, uma vez que, este não permite um simples manejo operativo de dados e incógnitas, graças a ausência explícita dos primeiros. Neste sentido, ao solicitar dos alunos a elaboração prévia de estratégias de resolução, aposta-se na necessidade de realizar o equivalente do que se faz num trabalho científico de caráter experimental, a elaboração do plano de execução do experimento, ou seja, se insiste na necessidade de ter uma visão clara do que se tenta resolver e de como fazê-lo, sem cair em mimetismos sem reflexão ou em práticas de puro "ensaio e erro".

4. *Aplicação da(s) estratégia(s) de resolução*

Esta é a etapa em que se efetua a resolução propriamente dita da situação-problema. A solução é buscada de acordo com a estratégia estabelecida na etapa anterior, chegando-se assim a um "resultado", ou seja, a uma das respostas possíveis para a situação-problema em questão.

5. *Análise do(s) resultado(s)*

A etapa de análise do(s) resultado(s) tem por objetivo contrastar e verificar as hipóteses emitidas, permitindo averiguar até que ponto a avaliação qualitativa da situação (origem de todo o desenvolvimento) estava correta e/ou a estratégia seguida estava adequada.

6. *Elaboração de síntese explicativa do processo de resolução praticado e sinalização de novas situações-problema*

Nesta última etapa do processo, espera-se que os alunos elaborem uma síntese da resolução do problema, ou seja, façam uma recapitulação dos aspectos mais importantes da resolução praticada. Também se espera que sinalizem novas situações-problema que possam surgir a partir do estudo investigativo realizado ou que sejam de seu interesse.

Esta seqüência de passos de resolução não segue a ordem tal como aparece no modelo apresentado por Gil Pérez, et al (1992). Na proposta original a primeira etapa de resolução é a seguinte: "*Considerar qual pode ser o interesse da situação problemática abordada*". Nesta etapa previa-se a formulação da situação-problema de forma conjunta com os alunos, procurando contemplar os seus interesses em relação à mesma. Na seqüência acima descrita, esta etapa não está explicitamente presente, uma vez que, consideramos que ela se configura mais como uma recomendação para o professor, quando da preparação da atividade, do que propriamente uma etapa de resolução a ser seguida pelos alunos.

O interesse dos alunos não poderá ser o único foco de atenção para a determinação das atividades didáticas, pois sempre haverá atividades que possam, numa primeira visão, parecer pouco atraentes para os alunos, embora sejam importantes e essenciais a sua formação. Este tipo de atividades deve, cedo ou tarde, ser propostas e enfrentadas pelos alunos, fazendo-os se aproximarem da realidade da vida cotidiana, uma vez que, esta não se constitui unicamente por situações e tarefas de interesse ou prazerosas (Dewey, 1980). Isso não quer dizer que não devemos considerar o interesse/ou a curiosidade dos alunos pelas atividades didáticas a serem propostas. No entanto, acreditamos que é necessário trabalhar numa permanente articulação entre interesse e esforço.

Por isso, para a definição dos assuntos/situações a serem tratados é necessário que haja um equilíbrio, através do qual, se leve em conta tanto as necessidades e os interesses mais imediatos dos alunos, estabelecidos por um processo claro e organizado, como a necessidade de se compreender um conjunto mínimo de assuntos básicos de importância justificada no âmbito interno da própria Física e na sua relação com a vivência no mundo contemporâneo.

Dessa forma, se busca garantir a compreensão geral da estrutura conceitual da Física, seu papel na formação da cultura e suas implicações na sociedade.

Assim, no caso das ADRPs praticadas de acordo com a seqüência que descrevemos, o interesse dos alunos é contemplado tanto na etapa 1 (análise qualitativa da situação-problema), em que cada aluno pode redefinir o problema, como na etapa 6, em que eles podem sugerir novas situações-problema que tenham interesse em discutir e resolver.

Outra modificação que fizemos em relação ao modelo original foi a junção das últimas duas etapas deste modelo em uma só (elaboração de síntese explicativa do processo de resolução praticado e sinalização de novas situações-problema). Esta modificação foi feita, pois, nem sempre há sugestões explícitas de novos problemas a serem resolvidos. Quando isto ocorrer estas sugestões poderão ser apresentadas imediatamente ao final da síntese da resolução.

4. POSTURA DOS PROFESSORES PARA A REALIZAÇÃO ATIVIDADES DIDÁTICAS NUMA PERSPECTIVA INVESTIGATIVA

Para o desenvolvimento, em sala de aula, de uma ADRP baseada na perspectiva investigativa, o professor precisa assumir algumas posturas em sua prática pedagógica. Inicialmente deve se abster de fornecer explicações detalhadas de uma só vez sobre os problemas apresentados. Estas devem ser reservadas apenas para a análise final de todo o processo de resolução. De modo geral ele deverá atuar como uma espécie de “diretor de investigação” durante o processo de resolução (Gil Pérez e Martínez Torregrosa, 1987). À primeira vista, pode parecer que o professor tenha diminuída a sua importância. Mas, ao contrário, nesta perspectiva ele passa a exercer uma função essencial, mediando e coordenando todo o processo de resolução.

Assim, o trabalho do professor inicia com a elaboração de problemas e/ou com a transformação dos enunciados dos exercícios tradicionais (normalmente fechados) em reais situações-problema (problemas abertos). Em seguida, já com os problemas elaborados de forma mais aberta, prepara suas Atividades Didáticas de Resolução de Problemas utilizando o modelo descrito.

Quanto à dinâmica de sala de aula, o professor deverá, preferencialmente, organizar a turma em pequenos grupos que passarão a resolver os problemas propostos seguindo as etapas do modelo. No caso de turmas com muitos alunos, sugere-se que o professor faça uma parada após cada etapa de resolução para uma discussão coletiva a fim de auxiliar os alunos em eventuais dúvidas. Após cada parada, dará seqüência ao processo de resolução até passar por todas as etapas do modelo. Caso a turma não seja tão numerosa, o professor poderá auxiliar cada um dos grupos em particular durante o processo de resolução e fazer uma discussão geral apenas ao final.

Nos auxílios a cada grupo e, também, nas sucessivas paradas após cada etapa, o professor exercerá seu papel de “diretor de investigação” ao ajudar a avaliar e validar as diferentes propostas, adaptando-as e tomando decisões junto com os alunos.

Organizar as ADRPs dessa forma não constitui uma tarefa fácil, pois, no processo de resolução estarão em jogo conteúdos de naturezas diferentes e, além disso, surgirão várias idéias e pensamentos divergentes. Mas, certamente, tudo isso contribuirá para a realização de uma Atividade Didática muito mais rica e criativa, tanto para o aluno como para o professor.

5. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

As reflexões que apresentamos neste trabalho referem-se à elaboração e a implementação de ADRPs, em sala de aula, realizadas durante o ano de 2002 e o primeiro semestre de 2003. Estas ADRPs foram elaboradas segundo critérios já discutidos e a partir de um trabalho conjunto com professores participantes do Grupo de Trabalho de Professores de Física (GTPF)³ do Núcleo de Educação em Ciências (NEC) do Centro de Educação da UFSM. O GTPF realiza encontros semanais de cerca de quatro horas de duração para o desenvolvimento de suas atividades. As atividades do GTPF se constituem basicamente na produção de materiais de ensino, que resultam em Módulos Didáticos (MDs), no uso destes em sala de aula e no acompanhamento e avaliação de todas as ações realizadas. Os MDs envolvem diferentes atividades didáticas, por exemplo, atividades com uso de experimentos, atividades com uso de analogias, atividades com uso de textos e atividades de resolução de problemas.

Dessa forma, dentre as diversas atividades desenvolvidas pelo GTPF nos interessou, em particular, acompanhar as implementações, em sala de aulas, das ADRPs incorporadas nos MDs elaborados. Para tanto, primeiramente elaboramos Atividades Didáticas baseadas em *problemas* ao invés de simples *exercícios* e seu processo de resolução procura seguir uma abordagem investigativa. As ADRPs foram elaboradas previamente e apresentadas para discussão com os professores do GTPF. As discussões foram feitas em reuniões específicas para o estudo desta temática. A participação de alguns professores do GTPF na discussão e na implementação das ADRPs, em sala de aula, se justifica pelo fato do grupo possuir como um de seus objetivos e desafios a discussão sobre situações o mais próximas possíveis da vivência cotidiana dos alunos, para serem trabalhadas numa perspectiva de Resolução de Problemas e, ainda, pelo interesse particular de alguns professores em aprofundar estudos sobre essa temática.

Estas implementações foram acompanhadas diretamente e videogravadas sempre que possível. A partir das videogravações, dos diários de campo, dos Diários da Prática Pedagógica dos professores colaboradores e da produção dos alunos realizamos a análise final. A partir desses instrumentos obtivemos várias informações que são discutidas pela equipe em diferentes trabalhos desenvolvidos sobre esta temática. Neste trabalho em específico centramos nossas observações sobre o envolvimento e o desempenho dos alunos e/ou dos grupos de alunos durante a realização destas atividades. Para isso, buscamos identificar se cada aluno ou cada grupo de alunos:

1. Seguiu as etapas de resolução propostas no modelo;
2. Realizou uma análise preliminar da situação-problema proposta;
 - a. Registrou esta análise;
 - b. Realizou esquemas/desenhos para esclarecer o problema;
3. Formulou hipóteses;
 - a. Estabeleceu as variáveis relevantes, necessárias e suficientes para resolver o problema;
 - b. Realizou estimativas das grandezas envolvidas caracterizando uma situação em particular que é a própria situação-problema;
4. Estabeleceu estratégias de resolução;

³ Para um maior detalhamento sobre a estrutura e funcionamento do GTPF ver: TERRAZZAN, Eduardo. Grupo de Trabalho de Professores de Física: articulando a produção de atividades didáticas, a formação de professores e a pesquisa em educação. In: Vianna, D. M.; Peduzzi, L. O. Q.; Borges, O. N.; Nardi, R. (Orgs.). **Atas do VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. São Paulo: SBF, 2002. (CD-Rom, arquivo: SC1_3.pdf)

- a. Estabeleceu relações entre as variáveis propostas;
- b. Propôs formas alternativas de resolução;
5. Realizou análise do resultado obtido;
 - a. Justificou e argumentou a favor de sua resolução e de seu resultado;
 - b. Expressou-se claramente/adequadamente;
 - c. Cometeu erros conceituais;
 - d. Verificou ou refutou hipóteses;
6. Realizou uma síntese da resolução praticada;
7. Indicou novas situações-problema a serem estudadas;
8. Realizou uma apresentação coerente da resolução propriamente dita;
9. Apresentou perguntas durante o processo de resolução;
10. Demonstrou interesse na atividade;
11. Aceitou e/ou argumentou as colocações/propostas dos colegas;

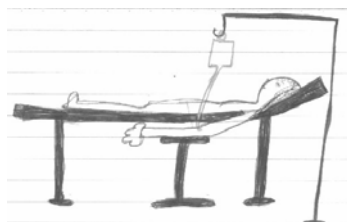
Com base nestes aspectos apontamos e comentamos alguns resultados relativos a avaliação das implementações das ADRPs em sala de aula.

6. RESULTADOS

Na seqüência apontamos, primeiramente, algumas considerações que dizem respeito a todas as ADRPs implementadas e analisadas e a seguir, apontamos ainda algumas constatações que dizem respeito a fatos isolados ocorridos durante implementações em algumas turmas. algumas.

□ *Considerações sobre todas as implementações*

- Nas primeiras ADRPs implementadas em sala de aula, nem todos os grupos de alunos passaram efetivamente por todas as etapas de resolução previstas no modelo. Os alunos que não realizaram a primeira etapa de resolução prevista obtiveram resultados bastante equivocados. Outros grupos deixaram de realizar a análise do resultado e/ou deixaram de fazer a síntese do processo de resolução praticada. Isso praticamente deixou de acontecer nas últimas implementações realizadas.
- Nas primeiras implementações, de forma geral os registros sobre a análise qualitativa foram muito sucintos ou não foram realizados. Os registros daqueles que fizeram esta tarefa, praticamente, resumiram-se a diagramas/desenhos sem nenhuma descrição complementar. Por exemplo, o desenho ao lado representa a análise qualitativa de uma



situação-problema na qual procurava-se saber qual deveria ser a altura mínima em relação ao braço de um paciente que o soro poderia ser colocado.

Além disso, alguns grupos passaram direto para a formulação de hipóteses, realizando a análise qualitativa apenas de forma oral durante as discussões internas no grupo.

No geral, em relação à análise qualitativa dos problemas, percebemos avanços significativos nas turmas em que houve um maior número implementações de ADRPs, uma vez que, passaram a contextualizar e, por vezes, a redefinir a situação-problema proposta. Como exemplo, apresentamos abaixo um extrato de uma produção escrita da análise qualitativa realizada por um grupo de alunos quando da resolução de um problema que questionava sobre qual seria o limite de carga que uma canoa poderia transportar ao atravessar um rio.

1) Num região do Amazonas um garoto morava nas margens de rio com sua família, para sustentar sua família, ele vendia peixes na cidade.

Para vender o peixe na cidade ele tinha que atravessar o rio, com sua canoa.

Num certo dia ele estava atravessando o rio e notou que tinha um excesso de carga em sua canoa e ficou preocupado com o risco da canoa afundar. Qual o limite de carga que ele poderá transportar de uma só vez?



- As hipóteses lançadas para a resolução das situações-problema foram as mais variadas possíveis. Em alguns casos estas foram pensadas e bastante discutidas internamente nos grupos, o que fez com que estes estabelecessem todas as variáveis relevantes e necessárias para resolver o problema em questão. O que pôde ser percebido, por exemplo, no problema em que se procurava saber qual seria o limite de carga que uma canoa poderia transportar ao atravessar um rio. Nesta situação-problema alguns grupos realizaram estimativas e apontaram hipóteses: “densidade da água = $1 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}^2$; $g = 10 \text{ m/s}^2$; dimensões médias da canoa = 3 m comprimento x 1 m de largura e 0,5 m de altura; volume máximo de água a ser deslocado pela canoa = ?? (este volume foi calculado a partir das dimensões da canoa); massa do garoto que guiava a canoa = 60 kg”. Em outros casos, as hipóteses foram estabelecidas de modo menos aprofundado, levando os grupos de alunos a seguirem processos de resolução equivocados, nos quais percebia-se claramente a falta de uma análise qualitativa e cuidadosa dos problemas. Isto foi percebido em algumas das resoluções da situação-problema em que se questionava sobre qual deveria ser a altura mínima em relação ao braço de um paciente que o soro poderia ser colocado. Hipóteses relacionadas a este caso: “densidade do sangue = 2 g/cm^3 ; altura da maca = 1 m do chão; pressão sanguínea = 120 torr = $1,58 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ ”.
- As estratégias de resolução foram bastante semelhantes na maioria dos casos e não houve apontamentos de outras estratégias que poderiam ser utilizadas para se resolver as situações problemas. Isto se deve em parte pela característica das situações-problema apresentadas inicialmente, que ainda se constituíam de situações bastante simples e que, por vezes, até mesmo não permitiam mais de uma forma de resolução. Mas, mesmo nas situações-problema em que havia a possibilidade de mais de uma forma de resolução os alunos seguiram uma destas sem apontar as outras possíveis.
- Na resolução propriamente dita (4ª etapa do modelo adotado) os grupos procuraram seguir as estratégias por eles elaboradas, chegando a resultados que decorriam destas e das hipóteses anteriormente estabelecidas por eles.
- A grande maioria dos grupos procurou realizar uma análise do resultado encontrado e registrá-la. Até mesmo nos casos em que no transcorrer do processo de resolução foram cometidos erros de natureza conceitual, de forma geral, a argumentação e justificação do resultado foi favorável a sua reafirmação (ex: atribuição de um valor de 300 m/s para a velocidade de propagação das ondas de rádio FM). Alguns grupos perceberam que nem todas as hipóteses levantadas na segunda etapa foram utilizadas no processo de

resolução, outros tiveram que estabelecer novas hipóteses o que despertou neles a necessidade da justificação do resultado encontrado.

- Podemos destacar ainda, que neste tipo de atividades houve um envolvimento considerável por parte dos alunos, o que foi estimulado pela atitude de questionamento em sala de aula entre o professor e os alunos, e também entre os próprios alunos, trabalhando em pequenos grupos.
- ***Considerações que se referem a implementações particulares.***
- Nas aulas em que foram realizadas paradas para uma discussão em grande grupo, após cada etapa de resolução, alguns dos equívocos sobre o processo de resolução puderam ser resolvidos já antes desta chegar ao final. Assim, os grupos tiveram a oportunidade de discutir a análise e a emissão de hipóteses dos outros grupos e compará-las com as suas. O mesmo procedimento foi adotado para as demais etapas de resolução. Isso provocou boas discussões, evitando que equívocos fossem levados até o fim do processo de resolução para serem resolvidos apenas aí.
 - Numa das turmas de 3ª série, no transcorrer da elaboração da estratégia de solução, os alunos buscaram um espelho para realizar a experimentação de suas hipóteses e elaborar sua estratégia de resolução. Este fato ajuda a deixar claro que estas atividades propiciam e desenvolvem a criatividade e iniciativa dos alunos⁴.
 - Nas aulas em que as turmas não foram divididas em pequenos grupos, alguns alunos sentiram muita dificuldade para preparar e encaminhar um plano de resolução para os problemas propostos. Dessa forma, procuraram ajuda do colega ao lado ou ficaram sem fazer nada. Isso nos faz ressaltar a importância do trabalho em grupo, particularmente para este tipo de atividade didática, ou seja, uma atividade de caráter investigativo.
- ***Considerações referentes aos professores implementadores.***
- Durante a implementação das ADRPs os professores precisam demonstrar um grande conhecimento didático para mediar as mais variadas situações e/ou discussões sobre as diferentes idéias que possam aparecer no transcorrer do processo de resolução. Nas implementações analisadas, pudemos perceber que ocorreram alguns momentos de insegurança e indecisão, por parte dos professores, durante o desenvolvimento destas atividades em sala de aula. Para tanto, temos que continuar a investir na preparação dos professores, mantendo discussões sobre aspectos teóricos relacionados a este tipo de atividade didática, bem como, sobre as vantagens e desvantagens de se trabalhar as atividades de Resolução de Problemas num enfoque investigativo. É neste sentido que parte de nossas atenções deve se voltar para buscar a superação de algumas das dificuldades que encontramos no desenvolvimento destas atividades em sala de aula.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da aparente complexidade inicial de se trabalhar as atividades de Resolução de Problemas na perspectiva de investigação, estas mostraram ser atividades didáticas adequadas para o tratamento de vários conteúdos conceituais da Física (conceitos, princípios e modelos) também para o tratamento de conteúdos procedimentais (técnicas e estratégias de resolução adotadas; argumentação oral e escrita) e atitudinais (juízos, normas e valores). Neste sentido, podemos adiantar que o ensino de caráter investigativo, a partir da resolução de situações-

⁴ O problema apresentado solicitava considerações necessárias para a instalação de um espelho de modo que uma pessoa enxergue sua própria imagem por inteiro.

problema, proporcionou aos alunos uma visão coerente, ainda que simplificada, da metodologia empregada nas atividades científicas.

Podemos sinalizar, ainda, que o trabalho em pequenos grupos deve ser explorado cada vez mais pelos professores em suas atividades didáticas, em especial, na Resolução de Problemas. Trabalhando em pequenos grupos, os alunos trocaram idéias e afirmações entre si até chegar a acordos que os levaram aos resultados dos problemas propostos. O processo de resolução foi compartilhado entre todos o que fez com que a aprendizagem ocorresse através dessa interação social.

As dificuldades enfrentadas durante o processo de Resolução dos Problemas, parecem possíveis de serem superadas através de vivências mais freqüentes com situações didáticas dessa natureza. Isto pode ser depreendido do fato de que nas turmas em que houve mais discussão e maior questionamento, por parte dos alunos, foram aquelas em que ocorreu mais de uma implementação. Neste caso, observamos, também, que os alunos praticaram resoluções mais detalhadas e aprofundadas para as situações-problema propostas.

O desenvolvimento de ADRPs numa perspectiva investigativa tem permitido aos alunos apresentarem e justificarem suas próprias resoluções, proporcionado a eles um contínuo envolvimento ao longo de todo processo. Dessa forma, além de proporcionar um melhor entendimento conceitual da Física tem contribuindo consideravelmente para a formação de uma postura autônoma de contínua busca de conhecimentos. Podemos afirmar então que as ADRPs trabalhadas nesta perspectiva, proporcionam um ambiente mais adequado para uma aprendizagem mais significativa para os alunos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, Anna Maria P. de (coord.), et al. **Termodinâmica um ensino por investigação**. São Paulo/BRA: Faculdade de Educação da USP, 1999.

CUDMANI, L. C. de. 'La resolución de problemas en el aula.' In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo/BRA, v.20, n.01, p.75-85, 1998.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**. Resolução nº 3, MEC/CNE/CEB, Brasília/BRA, 1998. (CD-Rom Diretrizes Curriculares da Educação Básica).

DEWEY, John. **Experiência e natureza: Lógica – a teoria da investigação: A arte como experiência: Vida e Educação: Teoria da vida moral**. Tradução de Murilo O. R. P. Leme, Anísio S. Teixeira e Leônidas G. de Carvalho. São Paulo/BRA: Abril Cultura, 1980. (Coleção Os Pensadores).

ESCUADERO, Consuelo. 'Resolución de problemas em física: herramienta para reorganizar significados.' In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis/BRA, UFSC, v.12 n.02, p.95-106, 1995.

GARRET, Roger M. 'Resolver problemas en la enseñanza de las ciencias.' In: **Alambique**, Barcelona/ESP, Graó, n.5, 6-15, 1995.

GIL PÉREZ, Daniel, et al. 'Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz e papel y realización de prácticas de laboratorio?' In: **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona/Valencia/ESP, UAB/UV, v.17, n.2, p.311-320, 1999.

GIL PÉREZ, Daniel; et al. 'Questionando a didática de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo.' In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis/BRA, UFSC, v.09 n.01, p.07-19, 1992.

GIL PÉREZ, Daniel; MARTÍNEZ TORREGROSA, Joaquín; SENENT PÉREZ, F. 'El fracaso em la resolucion de problemas de física: uma investigación orientada por nuevos supuestos.' In: **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona/Valencia/ESP, UAB/UV, v.6 n.2, p.131-146, 1988.

GIL PÉREZ, Daniel; MARTÍNEZ TORREGROSA, Joaquín. 'A model for problem-solving in accordance with scientific methodology.' In: **International Journal of Science Education**, Londres/UK: Taylor & Francis, v.5 n.4, p.447-455, 1983.

GIL PÉREZ, Daniel; TORREGROSA, Joaquin Martinez. **La Resolución de Problemas de Física: Una Didáctica Alternativa**. Madrid/ESP: Ministerio de Educación y Ciencia; ed. Vicens-vives, 1987.

PEDUZZI, Luiz O.Q. 'Sobre a resolução de problemas no ensino da física.' In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis/BRA, UFSC, v.14 n.3, p.229-253, 1997.

POZO, Juan Ignacio (org.). **A solução de Problemas: Aprender a resolver, resolver para aprender**. Porto Alegre/BRA: Artes Médicas, 1998.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Gómez M. A. **Aprender y Enseñar Ciencia**. Madrid/ESP: Morata, 1998.

POZO, J. I.; POSTIGO, Y.; CRESPO, M. Á. G. 'Aprendizaje de estrategias para la solución de problemas en ciencias.' In: **Alambique**, Barcelona, Graó, n.5, p.16-26, 1995.

TERRAZZAN, Eduardo. Grupo de Trabalho de Professores de Física: articulando a produção de atividades didáticas, a formação de professores e a pesquisa em educação. In: Vianna, D. M., Peduzzi, L. O. Q., Borges, O. N., Nardi, R. (orgs.), **Atas do VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, São Paulo/BRA: SBF, 2002. (CD-Rom, arquivo: SC1_3.pdf).