



Revista Electrónica de Investigación en
Educación en Ciencias

E-ISSN: 1850-6666

reiec@exa.unicen.edu.ar

Universidad Nacional del Centro de la
Provincia de Buenos Aires
Argentina

Clement, Luiz; Terrazzan, Eduardo Adolfo

Atividades Didáticas de Resolução de Problemas e o Ensino de Conteúdos Procedimentais

Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias, vol. 6, núm. 1, julio, 2011, pp. 87-102

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

Buenos Aires, Argentina

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273319419008>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Atividades Didáticas de Resolução de Problemas e o Ensino de Conteúdos Procedimentais

Luiz Clement¹, Eduardo Adolfo Terrazzan²

lclement@joinville.udesc.br, eduterra@pq.cnpq.br

¹Professor do Departamento de Física da Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville/SC, Brasil

²Professor do Centro de Educação da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, Brasil

Resumo

Neste artigo, apresentamos e discutimos alguns dos resultados alcançados por meio do estudo sobre práticas didáticas de Resolução de Problemas baseadas em situações-problema, cujos desenvolvimentos, em sala de aula, procuram seguir uma abordagem investigativa. Primeiramente, elaboramos Atividades Didáticas de Resolução de Problemas (ADRP), as quais foram posteriormente apresentadas e discutidas com os professores participantes do Grupo de Trabalho de Professores de Física (GTPF/NEC), que atuaram como colaboradores neste estudo. Estas ADRP foram implementadas em diferentes turmas do Ensino Médio, por quatro professores participantes do GTPF. A partir da análise destas implementações apresentamos os resultados e as considerações feitas sobre alguns aspectos relativos ao processo de ensino-aprendizagem, mais especificamente, sobre o ensino de conteúdos procedimentais.

Palabras clave: Resolução de Problemas; Conteúdos Procedimentais; Ensino de Física.

Didactic Activities of Solving Problems and the Teaching of Procedures Contents

Abstract

We present and discuss some of the results achieved through the study of teaching practices in problem solving based on problem-situations, whose developments in the classroom follow an investigative approach. First, we have elaborated Didactic Activities on Problem Solving (ADRP), which were subsequently presented and discussed with the members of the Working Group of Physics Teachers (GTPF/NEC) who collaborated in this study. These ADRP were implemented in different high school classes by four teachers participating in the GTPF. We present our analysis of these implementations and also some considerations about aspects of the teaching-learning process, more specifically on the teaching of procedural contents.

Keywords: Solving Problems; Procedures Contents, Physics Education.

1. INTRODUÇÃO

No ensino de Ciências e Matemática as atividades didáticas de resolução de problemas são consideradas atividades fundamentais para a promoção da aprendizagem dos alunos. Fato que leva alguns pesquisadores a atribuírem à resolução de problemas uma função de “*motor do ato de pensar*” (Vasconcelos et al, 2007). Outros autores, tais como Caballer Senabre (1994), consideram que a resolução de problemas possui um aspecto fundamental na atividade

temática de resolução de problemas no ensino de Ciências são constantes e justificáveis pela importância atribuída a essas atividades didáticas no processo de escolarização.

A importância da temática de resolução de problemas como campo de pesquisa se justifica também pelo fato de que no ensino de Física e, em geral, no ensino de Ciências e de Matemática, uma parte significativa da carga horária das aulas costuma ser dedicada para sessões de Resolução de Problemas. Isto é facilmente constatável nos sistemas

Diante disso, a temática de resolução de problemas se constituiu em um campo tradicional de pesquisa na área de educação em ciências. Estas pesquisas relativas à temática de resolução de problemas, têm como campo de investigação tanto o ensino básico quanto o ensino superior (Coronel e Curotto, 2008; Vasconcelos et al, 2007; Lopes, 2004).

Cabe adiantar aqui que apesar de vários professores mencionarem que realizam, normalmente, práticas de resolução de problemas em sala de aula, o que realmente fazem é a resolução de “exercícios”. Por outro lado, é necessário alertar também, que a distinção entre problema e exercício é muito sutil e não pode ser tomada em termos absolutos (Peduzzi, 1997). Portanto, o que começamos a problematizar aqui é a ênfase que é dada para a quantidade de resoluções em detrimento da qualidade delas, ou seja, a prioridade dada às resoluções mecânicas ao invés das resoluções que tenham um maior significado para os alunos e que propiciam realmente um pensamento reflexivo.

De forma geral, na resolução tradicional de exercícios, não costuma haver análise qualitativa, visando uma maior compreensão sobre o contexto e a Física envolvida na enunciação dos exercícios. Com isso, a resolução acaba se resumindo em simples manipulações matemáticas ou na simples enunciação de princípios e leis físicas, cujas contribuições para a vida diária dos alunos são difíceis de serem identificadas. Os exercícios/problemas/questões, assim nomeados e encontrados nos livros didáticos, não se constituem, em si mesmos, problemas para os alunos, embora alguns deles possam ter em seus enunciados situações bastante interessantes. Tais exercícios/problemas/questões podem passar a se constituir como um problema para o aluno na medida em que forem problematizados/reformulados pelo professor e inseridos em um contexto que lhes dará sentido. Dessa forma, não ficarão restritos a uma aplicação ou verificação de conhecimentos, mas sim, passarão a fazer parte do processo construtivo do saber.

Em função destas constatações realizamos um trabalho conjunto com alguns professores, objetivando produzir mudanças na forma de apresentação e de resolução dos problemas/exercícios em sala de aula e ao mesmo tempo investigar sobre todo esse processo. Partimos da ideia de que as atividades de resolução de problemas devem propiciar aos alunos o desenvolvimento de uma aprendizagem que lhes permita não apenas resolver problemas escolares, mas também, problemas cotidianos. Porém, para que isso ocorra, é preciso ensinar aos alunos, além dos conteúdos conceituais, também os conteúdos procedimentais e atitudinais, fundamentais para a resolução de problemas. Somente dessa forma pode-se almejar que os alunos desenvolvam uma autonomia maior para saber proceder e agir frente a novas situações-problema, longe ou momentaneamente afastados do olhar e da ajuda do professor. Nesse sentido, no presente artigo objetivamos apresentar e discutir alguns aspectos relativos ao ensino de conteúdos procedimentais por meio de Atividades Didáticas de Resolução de Problemas com caráter investigativo.

2. CONTEÚDOS PROCEDIMENTAIS

Os conteúdos procedimentais expressam um saber fazer, que envolve tomada de decisões e realização de uma série de ações, de forma ordenada e não aleatória, para atingir uma meta (Pro Bueno, 1995; Pozo, Postigo e Crespo, 1995; Coll e Valls, 2000). Esta definição é amparada por um entendimento comum entre vários autores sobre o que sejam os conteúdos procedimentais, pois, permite a clara identificação dos traços característicos de todo procedimento, quais sejam: a) referir-se a uma atuação; b) não ser uma atuação qualquer, mas ordenada; c) objetivar o alcance de uma meta.

Uma justificativa considerável a favor da inclusão de conteúdos procedimentais nos currículos escolares é a expectativa de que as pessoas, ao concluírem a escolarização básica, saibam fazer o maior número de atividades possíveis com o conhecimento construído ao longo de seu processo de escolarização. No entanto, para a incorporação destes conteúdos nas programações curriculares devemos atentar para uma freqüente confusão que se estabelece em relação aos conteúdos procedimentais. Estes, por vezes, são confundidos com os procedimentos de ensino utilizados pelo professor ou até mesmo, com as atividades de aprendizagem realizadas pelos alunos, que fazem parte do que podemos chamar de metodologia. O que se pretende por meio dos procedimentos é que o aluno desenvolva suas potencialidades de fazer coisas, conhecimento este que tem valor em si mesmo, não se tratando apenas de um meio para aprender noções ou conceitos, como é o caso da metodologia (Coll e Valls, 2000).

O significado de procedimento e metodologia será o mesmo somente quando o professor entender que o seu método, sua estratégia, deverá ser aprendido também pelo aluno. Isso pode ocorrer quando o professor propõe uma atividade didática na qual considera de muita valia que o aluno siga um conjunto de etapas para a realização da mesma e tem a intenção de que os alunos não só desenvolvam um conjunto de noções e conhecimentos por meio das etapas propostas, mas também que aprendam essa ordem.

No contexto em questão, Coll e Valls (2000) apresentam um conjunto de verbos denominados por eles de “*verbos procedimentais*”. Alguns deles são: *manejar, usar, construir, aplicar, coletar, observar, experimentar, elaborar, simular, demonstrar, planejar, avaliar, representar, analisar, identificar*, entre outros. Estes verbos indicam uma ação, um saber fazer, quer dizer, expressam procedimentos que são necessários em várias atividades didáticas.

Tomando como ponto de partida este conjunto de verbos, uma análise das competências e habilidades apresentadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 1999), mostra claramente que o desenvolvimento de várias delas exige a aprendizagem de procedimentos. Listamos algumas das habilidades, presentes nesse documento, em que isso fica explicitado:

procedimentos necessários para a produção, análise e interpretação de resultados, de processos e experimentos científicos e tecnológicos.

- *Analisar qualitativamente dados quantitativos representados gráfica ou algebricamente relacionados a contextos sócio-econômicos, científicos ou cotidianos.*
- *Formular questões a partir de situações reais analisadas e compreender aquelas já enunciadas.*
- *Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la.*
- *Formular hipóteses e prever resultados.*
- *Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações; identificar regularidades, invariantes e transformações.*
- *Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento.*

O mesmo cabe ao conjunto de competências e habilidades estabelecidas como base para a elaboração das provas do ENEM - Exame Nacional do Ensino Médio, instituído pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais do Brasil em 1998. Tais provas têm como objetivo avaliar o desempenho dos alunos que terminam a escolaridade básica, para aferir o desenvolvimento de competências fundamentais ao exercício pleno da cidadania (Documento Básico do ENEM, 2000).

Os procedimentos, de alguma forma, sempre fizeram parte das atividades escolares. Contudo, foram ensinados e aprendidos da mesma forma como são aprendidos outros conteúdos não previstos nos planejamentos. Porém, ao atentarmos para o que está dito nos PCN, a saber, que *“conteúdos procedimentais são abordados muitas vezes de maneira equivocada, não sendo tratados como objetos de ensino, que necessitam da interação direta do professor para serem de fato aprendidos”* (1998, p. 76), vemos reforçado, mais uma vez, nosso argumento acerca da necessidade da incorporação de conteúdos procedimentais nos currículos escolares.

Conforme Pro Bueno (1997; 1998), no caso do ensino de conteúdos procedimentais em aulas de ciências, não podemos considerar apenas a presença ou ausência destes nas programações curriculares do processo de ensino-aprendizagem; é preciso analisar também os níveis de complexidade associados a estes conteúdos. Este autor afirma ainda que é possível que se ensine procedimentos em aulas de ciências, entretanto, destaca que isso não se configura numa tarefa tão fácil quanto, por ventura, possa parecer. Por isso, estabelece três fatores a serem considerados sobre essa problemática, a saber: em que consiste o conteúdo procedimental, em que contexto vai ser utilizado e que pré-requisitos são requeridos para a sua aprendizagem.

Na tentativa de estabelecer um ordenamento para o ensino e

considerados alguns dos critérios propostos por Coll e Valls (2000), sintetizados na sequência:

- primeiramente, começar o ensino por um conjunto de procedimentos que comumente são considerados os mais básicos, os quais em geral, se fazem presentes nas atividades cotidianas dos alunos. Com isso, gradualmente podem ser incorporados ao conjunto de procedimentos básicos alguns mais complexos e específicos.
- atentar para o grau de conhecimento e prática dos alunos a respeito dos conteúdos procedimentais que serão propostos a eles. O desenvolvimento dos novos procedimentos deve tomar como ponto de partida os conhecimentos prévios dos alunos, tanto sobre o campo procedimental quanto aos conteúdos factuais e conceituais necessários para uma aprendizagem mais completa destes novos procedimentos.
- ter em mente a globalidade da tarefa educativa nas instituições escolares para incluir nos currículos certos procedimentos que não são tão evidenciados quanto outros, prevendo assim sua ordem sequencial ao longo das etapas educacionais.

O aprendizado de procedimentos não acontece de forma espontânea. Ele é possibilitado a partir de atividades didáticas cujos planejamentos contemplam indicativas claras sobre quais serão os conteúdos procedimentais a serem ensinados por meio delas. Exceto por algumas especificidades, a aprendizagem de procedimentos está estritamente vinculada com os demais tipos de conteúdos (conceituais e atitudinais), isto é, não ocorre de maneira isolada.

A aprendizagem de procedimentos acontece gradativamente, quer dizer, o aluno não aprende um procedimento por completo num primeiro momento, mas, poderá ampliar sua aprendizagem ao longo do tempo (Pozo e Crespo, 1998). Com um planejamento cuidadoso e criterioso do ensino de conteúdos procedimentais, ao longo da escolaridade, os alunos podem aprender a praticar ações cada vez mais complexas, com maior autonomia e maior grau de sociabilidade.

Estes conteúdos podem ser trabalhados nas aulas, como objetos de ensino, por meio de determinados tipos de atividades. Isso provavelmente não acontecerá mediante aulas expositivas, porém, acreditamos na possibilidade de se trabalhar conteúdos procedimentais por meio das Atividades Didáticas de Resolução de Problemas baseadas em um enfoque investigativo.

3. ATIVIDADES DIDÁTICAS DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NUMA PERSPECTIVA INVESTIGATIVA

A argumentação em torno do ensino por investigação é bastante favorável a ele, sinalizando que esta forma de ensino estimula os alunos a refletir, debater, formular questionamentos, elaborar e confirmar ou refutar hipóteses,

et al, 1992; Rodrigues e Borges, 2008; Munford e Lima, 2007; Zompero e Laburú, 2010). Além disso, o ensino por investigação procura trazer aspectos da investigação científica para o contexto escolar, principalmente resgatando o valor dos *problemas* para a construção de conhecimentos.

O ensino por investigação se fundamenta em uma visão construtivista, visando assim uma participação ativa do aluno no processo de ensino-aprendizagem. Uma das maiores influências do movimento construtivista para o contexto educacional foi a de deslocar o centro de atenção dos métodos de ensino (técnicas) para os processos de aprendizagem (Aguiar Jr, 1998).

No ensino por investigação, visando a promoção da aprendizagem, assume-se que as diferentes estratégias de ensino que poderão ser adotadas devem considerar que é fundamental ter a definição de um problema (ou uma situação-problema). Azevedo (2004) afirma “*se tivermos como objetivo um planejamento e uma proposta de ensino por investigação, não podemos utilizar o título problema inadequadamente*” (p. 19). Neste sentido, a autora sinaliza para uma distinção entre o que se pode considerar como um problema propriamente dito e o que se apresenta como um simples exercício. De maneira 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 para chegar a uma solução. Numa atividade envolvendo apenas exercícios, por sua vez, o que se observa é o uso de rotinas/passos automatizados, quer dizer, as situações com as quais o indivíduo se depara já são por ele conhecidas, podendo ser resolvidas por meios ou caminhos habituais (Gil Pérez e Martínez Torregrosa, 1987; Garret, 1995; Peduzzi, 1997; Pozo, 1998; entre outros).

Conforme já adiantado na introdução deste artigo, a distinção entre problema e exercício é bastante sutil, não podendo ser especificada em termos absolutos (Peduzzi, 1997). Para uma determinada pessoa uma situação proposta pode configurar-se em um problema, enquanto que para outra ou até para esta própria pessoa em um momento posterior, a mesma situação pode ser vista como um mero exercício. Por isso esta distinção, em última instância, dependerá de cada indivíduo (de seus conhecimentos, de sua experiência e do grupo cultural de que faz parte), da tarefa proposta e de sua atitude diante dela.

Com base nesse conjunto de argumentos, os trabalhos na área de educação científica buscaram apresentar propostas de como elaborar e desenvolver atividades didáticas com caráter investigativo. Atividades didáticas com caráter investigativo podem ser desenvolvidas por diferentes formas, ou seja, mediante uma atividade de lápis e papel - resolução de problemas (Gil Pérez e Martínez Torregrosa, 1987; Gil Pérez et al 1992); uma atividade com uso de experimento (Borges, 2002); ou ainda uma atividade com uso de texto de divulgação científica (Menegat et al, 2007). Além disso, outros tipos de atividades investigativas são possíveis, tais como: atividades teóricas, em que os alunos

frente a assuntos controversos; atividades com banco de dados, tendo como desafio a elaboração de uma argumentação baseada em evidências; atividades de simulação, explorando um fenômeno a partir de simulações em computador (Sá et al, 2007).

Tendo em vista nosso propósito de trabalhar com ADRP numa perspectiva investigativa, realizamos uma análise criteriosa de vários modelos de resolução encontrados na literatura da área de educação em ciências e matemática. Escolhemos um deles para orientar a preparação de nossas atividades didáticas. Dentre todos, o modelo proposto por Gil Pérez et al (1992) nos pareceu o mais adequado, tendo em vista se tratar de um modelo de Resolução de Problemas que se baseia numa perspectiva investigativa, procurando favorecer uma dinâmica de sala de aula em que aspectos da investigação científica estejam presentes.

Os autores partem da ideia 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 exemplo:

Enunciado tradicional

Joga-se uma pedra verticalmente para cima, com velocidade inicial de 10 m/s, em um local em que a aceleração da gravidade é igual a 9,8 m/s². Calcule a altura máxima atingida pela pedra.

Enunciado transformado

Qual a altura máxima atingida por uma bola chutada para cima?

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

Um jovem que está passeando com seu carro na cidade se distrai ao trocar o cd do aparelho de som. Quando retorna a olhar para frente vê o sinal de trânsito fechado e pedestres atravessando a rua; ele atropelará os pedestres ou não?

A meta principal é oferecer aos alunos uma formulação, o mais aberta possível, da situação que se quer estudar. Ao se realizar ADRP 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 que simplificada, como é produzido o conhecimento nesta área.

Tendo sido elaboradas as situações-problema, conforme exemplos acima, estas poderão ser resolvidas com base numa seqüência de etapas formulada a partir de pequenas modificações feitas no modelo alternativo de Resolução de

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.

Emissão de hipóteses e estimativas

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.

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 um contraste entre os processos de resolução a serem 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 aos 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".

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.

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 era adequada.

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.

A dinâmica de resolução de problemas, com enfoque investigativo, pode desenvolver-se tanto por meio 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 propicie um trabalho em grupo e que envolva situações vivenciais, as quais devem ser 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 de resolução.

4. CARACTERIZAÇÃO DO ESPAÇO E METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

As reflexões que apresentamos neste artigo referem-se à análise de um conjunto de implementações de ADRP, em sala de aula, em 05 turmas do Ensino Médio, envolvendo 04 professores. Para auxiliar na leitura e entendimento, apresentamos abaixo um quadro de caracterização dos professores colaboradores da pesquisa.

Quadro 1: Caracterização dos sujeitos envolvidos na pesquisa.

Turma	Escola	Número médio de alunos	Professor(a) Responsável	Formação Inicial	Situação Profissional	Tempo total de magistério
2ª	Colégio Estadual Manuel Ribas	35	AMB	Licenciatura em Matemática, com Habilitação em Física	Professora efetiva de Física, em Serviço	10 Anos
2ª	Colégio Estadual Manuel Ribas	40	SSFW	Licenciatura em Matemática, com Habilitação em Física	Professora efetiva de Física, em Serviço	6 anos
2ª	Escola Estadual Rômulo Zanchi	25	TBN	Licenciatura em Física incompleta	Estagiário do Curso de Licenciatura em Física, em Formação Inicial	2 anos
3ª	Escola Estadual de Educação Básica Tiradentes	30	MS	Licenciatura em Matemática, com Habilitação em Física	Professora de Física contratada, em Serviço	6 Anos
1ª		35				

As ADRP utilizadas nas intervenções didáticas realizadas foram elaboradas, segundo critérios já discutidos anteriormente, a partir de um trabalho conjunto com professores participantes do Grupo de Trabalho de Professores de Física (GTPF) da Núcleo de Educação em

professores também participavam desse grupo no período em que a pesquisa foi desenvolvida.

O GTPF realizava encontros semanais de cerca de quatro

produção de atividades didáticas, de diversas naturezas, organizadas em conjuntos chamados Módulos Didáticos (MD); (2) uso destes MD em sala de aula; (3) acompanhamento e avaliação, desenvolvida em coletivo, de todas as ações realizadas. As atividades didáticas, constituintes dos MD, baseavam-se em diferentes recursos didáticos: experimentos, analogias, textos, vídeos e atividades de resolução de situações-problema.

Dessa forma, dentre as diversas atividades desenvolvidas pelo GTPF nos interessou, em particular, acompanhar as implementações, em sala de aula, das ADRP incorporadas nos MD elaborados. Para tanto, podemos caracterizar nossa pesquisa mediante quatro etapas:

- *Etapa I – elaboração das ADRP.* Primeiramente elaboramos Atividades Didáticas baseadas em situações-problema cujo processo de resolução procura seguir uma abordagem investigativa. As ADRP 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 ADRP, 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.
- *Etapa II – implementação das ADRP em sala de aula.* Essas implementações foram realizadas em turmas de 1ª, 2ª e 3ª séries do Ensino Médio, na disciplina de Física, pelos professores colaboradores dessa pesquisa (quadro 1). As implementações foram acompanhadas diretamente e videogravadas sempre que possível.
- *Etapa III – análise das ADRP implementadas em sala de aula.* Para este trabalho utilizamos os dados coletados por meio de documentos - produção dos alunos e diários de campo; videogravações – videogravação das implementações das ADRP e entrevistas – realizadas com os professores ao término das implementações.
- *Etapa IV – entrevista com os professores colaboradores.* Ao término das implementações das

ADRP realizamos uma entrevista com cada um dos quatro professores colaboradores, com o propósito de obter as reflexões, avaliações, opiniões e sugestões deles sobre diferentes aspectos da implementação das ADRP em sala de aula.

Neste artigo, em específico, apresentamos nossas análises sobre o ensino de conteúdos procedimentais por meio destas atividades, procurando evidenciar a importância deste tipo de conteúdos e a viabilidade de fazê-lo mediante as ADRP.

5. RESULTADOS E ANÁLISE

Os resultados e análises que realizamos, para apresentar e discutir alguns dos aspectos relativos ao processo de ensino-aprendizagem de conteúdos procedimentais por meio de ADRP, serão apresentados respeitando a sequência das etapas de desenvolvimento de nossa pesquisa.

Etapa I – elaboração das ADRP: Para a elaboração dos enunciados das situações-problema tínhamos como foco possibilitar trabalhos de resolução sob diferentes caminhos, ou seja, eram elaborados na perspectiva de problemas abertos (Gil Pérez et al, 1992). As situações-problema eram elaboradas previamente pelos autores deste artigo e apresentados aos professores colaboradores nas reuniões de trabalho do GTPF, bem como, nas reuniões específicas para o estudo da temática de resolução de problemas. Nestas reuniões os enunciados eram analisados, discutidos e se faziam as adequações julgadas pertinentes, antes das situações-problema serem incorporadas aos planejamentos de aula dos professores e serem implementadas em sala de aula.

O momento de elaboração e preparação das ADRP se constituiu em uma etapa de ricas discussões, pois, a elaboração de problemas abertos era tida pelos professores como um desafio, uma aprendizagem a ser adquirida. Além disso, os professores procuravam mapear os possíveis caminhos de resolução, para assim, se sentirem mais seguros e preparados para conduzir o trabalho em sala de aula. A insegurança inicial dos professores foi sendo superada com o passar do tempo e na medida em que as primeiras ADRP foram implementadas em sala de aula. Seguem alguns exemplos de enunciados das ADRP elaboradas e implementadas em sala de aula:

Quadro 2: Exemplos de enunciação das ADRP.

Enunciado	Série	Professor responsável pela implementação
Um turista estava olhando para o mar, da beira da praia, e percebeu que um jet ski andava de uma extremidade a outra da praia exatamente no intervalo entre as ondas. Qual a velocidade de propagação das ondas?	2ª	AMB e SSFW
Uma pessoa deseja colocar na parede de seu quarto um espelho plano, de forma que pudesse enxergar sua imagem por inteiro. Para que isso seja possível quais as considerações a serem feitas na escolha e no processo de instalação desse espelho?	3ª	MS
Chuta-se uma bola verticalmente para cima. Qual será a altura máxima atingida?	1ª	MS
Duas igrejas soam seus sinos em instantes distintos. Em que localização uma pessoa deverá se posicionar para ouvir o som do sino destas duas igrejas simultaneamente?	2ª	SSFW e TBN
Ocorreu um naufrágio de um navio e não se sabe as causas do acidente. Para investigar o	2ª	AMB, TBN

Um paciente de um hospital necessita de soro. Qual a altura mínima em relação ao braço do paciente que o frasco de soro poderá ser colocado?	2ª	SSFW
Qual a velocidade máxima com que um carro poderá fazer uma curva sem derrapar?	1ª	MS
Um síndico de um prédio residencial, preocupado com a grande incidência de raios, resolveu instalar um pára-raios no prédio. Como deverá instalar o pára-raios de modo que não aumente ainda mais o perigo de incidência de raios no prédio?	3ª	MS
Um gaúcho esquentava água numa chaleira para tomar chimarrão. Quantas calorias serão necessárias para esquentar a água? E quantos gramas de gás serão necessários para o aquecimento da água?	2ª	SSFW e AMB
Quanto tempo levará a polícia para alcançar um automóvel que persegue?	1ª	MS

Os exemplos apresentados no quadro 2 formam uma amostra do tipo de enunciação das situações-problema que foram implementadas nas aulas. Estas situações-problema foram criadas/inventadas ou construídas mediante a transformação de enunciados tradicionais (fechados). É possível constatar que os problemas ainda mantêm uma estreita relação com a estrutura conceitual da disciplina de Física. Porém, a sua forma de enunciação (problemas abertos), permitiu um frutífero envolvimento, participação, criatividade e poder decisório dos alunos ao longo do processo de resolução; proporcionando-lhes a utilização e aprimoramento do corpo de conhecimento (conceitos, procedimentos e atitudes).

Etapa II – implementação das ADRP em sala de aula: As ADRP foram implementadas em aulas de Física do Ensino Médio, pelos professores colaboradores de nossa pesquisa. Nós escolhemos uma ou duas turmas de cada professor para acompanhar as implementações e videogravá-las. Além

dessas formas de coleta de dados, também analisamos a produção escrita dos alunos. Este acompanhamento ocorreu durante um ano letivo, sendo que foram implementadas em média dez ADRP em cada uma das turmas. Na sequência descreveremos de forma mais detalhada a implementação de uma ADRP, realizada numa 2ª série, pela professora identificada no quadro 1 como SSFW. Vale ressaltar que esta ADRP foi desenvolvida no último bimestre do ano letivo, ou seja, os alunos já possuíam uma familiaridade com este tipo de atividades.

Inicialmente a professora organizou a turma em pequenos grupos (3 ou 4 alunos por grupo) e apresentou a seguinte situação-problema a eles: *Um turista estava olhando para o mar, da beira da praia, e percebeu que um jet ski andava de uma extremidade a outra da praia exatamente no intervalo entre as ondas. Qual a velocidade de propagação das ondas?* Segue o extrato do registro da parte inicial da resolução encaminhada por um dos grupos (G1):

Diagrama: Um observador (turista) está na praia, olhando para o mar. Ondas estão chegando da esquerda para a direita. Um jet ski está passando entre as ondas, movendo-se da esquerda para a direita.

II = II

O observador se encontra na praia e as ondas do mar vêm em direção a ele, que observa que um jet ski passa da esquerda para a direita no mar, em linha reta perpendicular ao observador e as ondas que vêm em direção à praia.

• Δt entre duas ondas: Cada vez que a onda chega até o observador ele vê o jet ski passar para a esquerda, logo após um Δt outra onda chega até os pés e ele vê novamente o jet ski passar p/ o outro lado.

→ λ : comp. da onda: $= 25m$

→ Vel. jet ski \Rightarrow deve ser um MRU (v cte), seja ele sempre em Δt bem definido \Rightarrow

→ f_{ondas}

→ T

→ $\Delta s = 500m$

→ $v_{ondas}???$

$= 50 km/h = 14 m/s$

Figura 1

modelo de resolução que descrevemos anteriormente e que já era de conhecimento dos alunos (este modelo havia sido apresentado aos alunos no início do ano letivo, momento em que as ADRP começaram a ser implementadas).

A figura 1 retrata as duas primeiras etapas (análise qualitativa do problema e emissão de hipóteses e estimativas) da resolução feita pelo G1. Nesta parte inicial o grupo estabeleceu, via desenho, a posição e visão do turista, bem como o sentido e direção de propagação das ondas do mar. Além disso, eles estabeleceram que o movimento do jet ski era em linha reta e que ele atravessava a extensão da praia no intervalo entre uma onda e outra. Estabeleceram ainda: a distância entre uma crista de onda a outra igual a 25 m (comprimento de onda); o tipo de movimento realizado pelo jet ski - movimento retilíneo e uniforme de aproximadamente 50 km/h; e estimaram a extensão da praia em 500 m.

Desta parte inicial é possível destacar um conjunto de conteúdos procedimentais postos em ação pelos alunos, quais sejam: ilustração da situação problematizada; busca de

conhecimentos de ondulatória para modelizar a situação-problema; realização de análises e inferências ao hipotetizar e estimar o movimento realizado pelas ondas do mar e pelo jet ski; preocupação em estimar valores próximos dos reais para as grandezas físicas julgadas por eles fundamentais para a solução da situação-problema.

Ressaltamos ainda, que todos estes procedimentos se fazem presentes no processo de resolução devido a forma como a situação-problema é apresentada aos alunos (problemas abertos). No caso de enunciados tradicionais (fechados), a modelização da situação-problema e a estimativa da ordem de grandeza das variáveis necessárias à resolução já é dado nos enunciados, diminuindo significativamente as análises e discussões da Física envolvida na solução dos problemas. É possível afirmar, que grande parte dos problemas tradicionais de Física são encarados pelos alunos como problemas de pura manipulação matemática, diferentemente ao que ocorre no desenvolvimento das ADRP.

O grupo seguiu sua resolução da seguinte forma:

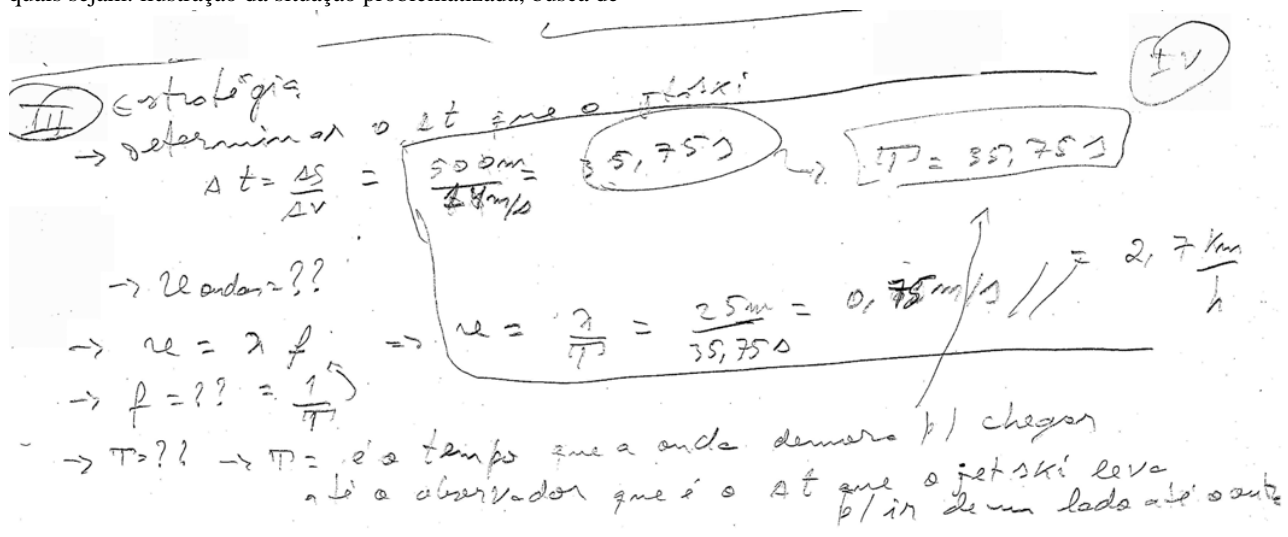


Figura 2

Esta parte do registro da resolução desenvolvida pelo G1 se refere a mais duas etapas do modelo de resolução, a saber: elaboração de estratégia(s) de resolução e aplicação da(s) estratégia(s) de resolução. A estratégia de resolução já havia sido tomada anteriormente ao grupo modelizar a situação-problema com a sua bagagem conceitual de ondulatória. No entanto, na figura 2 fica explicitado a intencionalidade dos alunos em utilizar a equação geral da ondulatória. Para tal, é interessante ressaltar a relação feita pelo grupo entre o período do movimento das ondas do mar com o tempo de necessário para o jet ski se deslocar de uma extremidade a outra. Este fato evidencia novamente um bom poder de análise e inferência, ao relacionarem o movimento destes dois entes (onda do mar e jet ski). Destacamos ainda que nesta parte da resolução mais alguns procedimentos se fizeram presentes, tais como: proposição e execução de uma estratégia de resolução; realização de cálculos; estabelecimento de relações conceituais.

resolução. No momento em que os grupos chegaram a uma possível resolução da situação-problema, a professora passou a conduzir uma análise e discussão em grande grupo. Retratamos um trecho de um diálogo entre a professora e o G1:

SSFW: qual o valor da velocidade que vocês encontraram?

G1: acho que as ondas estão indo muito devagar...

SSFW: Por que? Quanto acharam?

G1: 2,7 km/h, é igual a 0,75 m/s.... é, o mar está calmo professora.

SSFW: está mesmo.... Mas, vejam as estimativas de valores que vocês fizeram. Quais as variáveis, valores e... acho que vocês podem rever as hipóteses e valores de vocês de forma que possam chegar em um valor mais próximo da realidade. Em quais variáveis acham que podem mexer?

G1: Na distância entre uma onda e outra ou no

SSFW: Bem, analisem a resolução de vocês e vejam se conseguem melhorá-la.

G1: É professora... vamos ver se chegamos em um valor razoável.

Terminada a discussão da resolução do G1, outros grupos passaram a expor seus resultados e estratégias utilizadas para solucionar a situação-problema. Dois grupos, também com base na ondulatória, desenvolveram uma solução que os levou a um resultado próximo de 3,0 m/s para a velocidade das ondas do mar. Este resultado foi considerado razoável pelos alunos e pela professora. Tendo em vista que vários grupos chegaram em resultados considerados distantes da realidade, a professora proporcionou um tempo (em torno de 10 min) para que revissem seus processos de resolução. Passado este tempo, a professora solicitou

novamente ao G1 que descrevesse a análise que haviam feito. Vejamos a fala de um dos alunos do G1:

G1: Bem, nós queríamos chegar em 10 km/h..., 2,8 m/s. Então, fixamos o valor o período no valor que já tínhamos e calculamos o comprimento de onda. E aí professora, chegamos em 100,1 m. Achemos muito. Então, fizemos o seguinte.... mudamos as outras variáveis, veja (o aluno mostra o registro do grupo para a professora).

A professora olha rapidamente a nova resolução proposta pelo grupo e solicita que um deles vá para o quadro e registre a mudança feita nas hipóteses e indique o caminho seguido por eles para solucionar a situação-problema. Segue o extrato do registro da análise e solução proposta pelo G1:

esta veloc. das ondas é pequena, uma velocidade razoável seria de $\sim 10 \text{ km/h}$.

Para que tenhamos essa veloc. teremos que mudar as hipóteses:

$\lambda = ?$ $\sim 10 \text{ km/h} \rightarrow 2,8 \text{ m/s}$

$T = ?$

$v = \lambda f = \frac{\lambda}{T}$ fixar o $T = 35,75 \text{ s}$

$2,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{\lambda}{35,75 \text{ s}}$

$\lambda = 2,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 35,75 \text{ s}$

$\lambda = 100,1 \text{ m}$ //

este comp. de onda parece ser grande.

vamos mudar o T também:

$T = \Delta t = \frac{\Delta s}{\Delta v} = \frac{300 \text{ m}}{19,4 \text{ m/s}}$

$T = 15,46 \text{ s}$ //

$v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow 10 \text{ km/h} \approx 2,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{\lambda}{15,46 \text{ s}}$

$\lambda = 43,3 \text{ m}$ //

$T = 15,46 \text{ s}$

$v = 10 \text{ km/h} \approx 2,8 \text{ m/s}$ //

$\Delta s = 500 \text{ m} \rightarrow \Delta s = 300 \text{ m}$

$\Delta v = 50 \text{ km/h} (14 \text{ m/s}) \rightarrow 70 \text{ km/h} (19,4 \text{ m/s})$

\downarrow
Não muda a veloc. do jet ski e nem a distância que ele vai percorrer

Figura 3

A análise do(s) resultado(s) se constitui na etapa cinco do modelo de resolução utilizado pelos alunos para guiar suas

reverso, ou seja, da discussão geral da turma foi determinado que um valor razoável para a velocidade das

seria de 2,8 m/s e passou a calcular o valor das outras variáveis a partir deste valor da velocidade. Sendo assim, inicialmente resolveram não modificar o valor do período (T), pois, para o grupo estava evidente que este valor havia sido determinado a partir das estimativas da extensão da praia e da velocidade do jet ski (não queriam alterar estes valores, atribuídos inicialmente). No entanto, utilizando os valores da velocidade e período que possuíam calcularam o valor da distância entre uma onda e outra e chegaram a conclusão de que era uma distância muito grande. Este fato conduziu o grupo a alterar a estimativa para a extensão da praia e a velocidade do jet ski (estes novos valores lhes implicaram em uma nova ordem de grandeza para o período das ondas). A partir das modificações feitas, o grupo julgou que agora a solução praticada por eles estaria com um grau de razoável correspondência com uma possível situação real.

Após a discussão da análise e nova solução apresentada pelo G1, a professora perguntou se outros grupos procederam de forma diferente e se alguém queria expor sua análise e solução. Um grupo se manifestou, afirmando que para eles foi necessário alterar apenas a distância entre uma extremidade da praia a outra, pois, anteriormente haviam estimado um valor muito alto. Diante disso, a professora fez uma análise evidenciando quais as implicações e relações existentes entre a variável modificada pelo grupo com as demais variáveis envolvidas no processo de resolução. A professora finaliza a discussão desta situação-problema afirmando que são possíveis diferentes estratégias de resolução e ressalta a importância dos alunos perceberem a relação entre as diferentes variáveis físicas envolvidas, bem como, a correspondência destas com a realidade.

Nesta parte final do processo de resolução é possível destacar mais um conjunto de procedimentos que são trabalhados pelos alunos e que representam grande importância para sua aprendizagem, tais como: comparação da situação-problema com contextos reais; refutação ou modificação nas hipóteses, fazendo novas inferências; estudo de análise de relação e correspondência entre as variáveis envolvidas no processo de resolução; verbalização da resolução praticada; discussão e defesa do processo de resolução e registros escritos da resolução praticada.

Etapa III – análise das ADRP implementadas em sala de aula: A análise que realizamos das ADRP foi feita a partir das informações coletadas mediante a observação/acompanhamento das implementações; videogravações; produção dos alunos e entrevistas com os professores colaboradores. A descrição da implementação de uma ADRP que realizamos anteriormente nos permite perceber como elas foram desenvolvidas em sala de aula, bem como, evidencia o trabalho e desenvolvimento tanto de conceitos quanto de procedimentos e atitudes. Como nosso objetivo neste artigo é apresentar e discutir os aspectos relativos ao ensino de procedimentos mediante ADRP, passaremos agora a retratar uma análise específica deste tipo de saberes.

Nossa análise sobre a implementação das ADRP em sala de aula nos levou a identificar uma série de procedimentos que

destas atividades. Classificamos estes conteúdos procedimentais de acordo com sua função durante o processo de resolução das situações-problema. Para isso, adotamos um conjunto de cinco categorias apresentadas por Pozo, Postigo e Crespo (1995), quais sejam: 1) aquisição da informação; 2) interpretação da informação; 3) análise da informação e realização de inferências; 4) compreensão e organização conceitual da informação e 5) comunicação da informação.

No quadro 3 estão sintetizados os procedimentos trabalhados com as ADRP, de acordo com as categorias adotadas.

Quadro 3: Classificação dos procedimentos trabalhados nas ADRP

Categorias de Classificação	Conteúdos Procedimentais
Aquisição de informação	<ul style="list-style-type: none"> – Busca de informações (dados/fatos; leis, conceitos). – Seleção das informações. – Utilização/aplicação das informações recolhidas.
Interpretação da informação	<ul style="list-style-type: none"> – Representação gráfica ou de desenhos. – Comparação e/ou aplicação dos problemas a situações vivenciais. – Leitura cuidadosa da situação-problema. – Ativação e utilização dos conhecimentos disponíveis.
Análise da informação e realização de inferências	<ul style="list-style-type: none"> – Elaboração de hipóteses. – Atribuição de valores, por estimativa, às grandezas físicas julgadas necessárias à resolução. – Proposição, discussão e elaboração de possíveis soluções (estratégias). – Manipulação algébrica de equações. – Realização de cálculos. – Realização de análises geométricas. – Comprovação do resultado e processo de resolução praticado. – Refutação de algumas hipóteses. – Execução das estratégias de resolução elaboradas.
Compreensão e organização conceitual da informação	<ul style="list-style-type: none"> – Utilização de diferentes informações e conceitos. – Estabelecimento de relações entre os conceitos. – Verbalização da resolução praticada. – Elaboração da síntese da resolução. – Proposta de novas situações-problema.
Comunicação da informação	<ul style="list-style-type: none"> – Expressão oral: <ul style="list-style-type: none"> ▪ questionamentos; ▪ sustentação de opiniões;

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ apresentação do resultado obtido (processo de resolução); ▪ argumentação e defesa de sua resolução. <p>– Expressão escrita:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ registro escrito da resolução praticada.
--	---

Vários dos procedimentos relacionados no quadro 3 estiveram presentes (sendo trabalhados) no desenvolvimento da ADRP que descrevemos integralmente na parte anterior deste artigo. Na seqüência apresentamos um detalhamento sobre a classificação dos procedimentos que adotamos, bem como, evidenciaremos a presença dos procedimentos em outras ADRP implementadas.

As situações-problema trabalhadas nas ADRP não seguem, necessariamente, a mesma estratégia e/ou forma de resolução. Com efeito, nem todos os procedimentos relacionados nas diferentes categorias se fizeram presentes em todas as ADRP analisadas embora, certamente, foram utilizados em uma ou mais destas atividades. Ressaltamos também, que os procedimentos não estão organizados hierarquicamente, apenas estão listados e separados nas diferentes categorias.

As categorias não representam uma seqüência dos procedimentos a serem executados em uma resolução de problemas, no entanto, proporcionam uma visão sobre suas diferentes funcionalidades durante todo o processo de resolução. Como pode ser percebido nos itens acima, há procedimentos executados em diferentes momentos da resolução fazendo parte de uma mesma categoria. Por exemplo, na categoria de *análise da informação e realização de inferências*, temos procedimentos típicos da fase inicial do processo de resolução e também procedimentos de análise do resultado obtido, que são efetuados em momentos distintos, porém, possuem a mesma função, a saber, a realização de inferências a partir de uma análise.

Na categoria de *aquisição de informação* encontram-se os procedimentos executados pelos alunos para a busca e seleção de informações úteis à resolução do problema em questão. Esta busca das informações ocorreu em livros, anotações no caderno, problemas anteriormente resolvidos, entre outras fontes, e tiveram que ser selecionadas de acordo com a sua utilidade para o processo de resolução a ser praticado.

Os procedimentos listados na categoria *interpretação da informação* se referem ao entendimento das informações coletadas e utilizadas durante a resolução, bem como, à ativação e utilização de conhecimentos previamente adquiridos. O registro e/ou descrição das interpretações efetuadas se estabeleciam por diferentes formas de linguagem. Neste sentido, os grupos geralmente utilizavam diagramas e desenhos na realização da análise dos problemas e, ao mesmo tempo, procuravam relacioná-los a situações vivenciais/reais (conhecidas dos alunos), buscando

no processo de resolução da ADRP descrita anteriormente na íntegra.

Outro exemplo da identificação dos problemas a situações reais (próximas da realidade dos alunos) é percebido na análise qualitativa realizada por um grupo de alunos ao resolverem um problema que questionava sobre quantas calorias seriam necessárias para um gaúcho esquentar uma chaleira de água para chimarrão e quanto gás gastaria para isso. Este grupo, primeiramente, redefiniu o problema argumentando que um “bom gaúcho” não esquentava água de chimarrão em fogão a gás e sim, o faz num fogão a lenha ou em fogo de chão. Portanto, dever-se-ia calcular quantos quilos de lenha seriam necessários para esquentar a água na chaleira. Inclusive, o grupo representou, por meio de um desenho, uma chaleira sobre a chapa de um fogão a lenha. (Este problema abriu uma discussão sobre a tradição gaúcha, ainda mais porque foi proposto durante a semana farroupilha, semana em que as comemorações tradicionalistas se fazem intensamente presentes nas escolas gaúchas).

Na seqüência apresentamos duas representações feitas por grupos distintos, para auxiliá-los na interpretação da situação-problema. O problema questionava sobre qual seria a posição em que uma pessoa deveria se localizar para escutar, no mesmo instante, o som dos sinos de duas igrejas que não soaram simultaneamente.

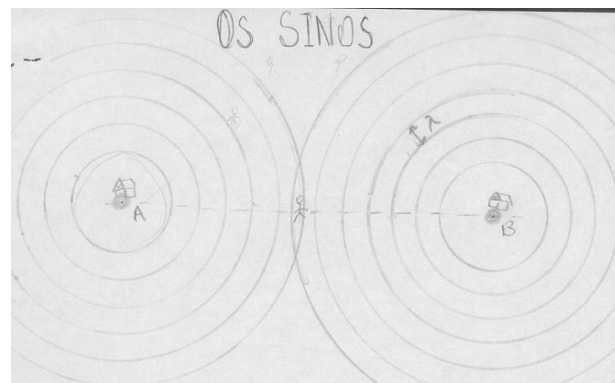


Figura 4

Na figura 4 fica evidenciado que o som dos sinos, representado pelas linhas circulares, se propaga em todas as direções; que a pessoa se localiza entre as duas igrejas sob uma linha tracejada que passa pelas mesmas e que a distância entre uma linha circular e outra pode ser representado por λ (interpretado pelo grupo como sendo o comprimento de onda).

Na figura 5, se olharmos apenas para o desenho, conseguimos concluir somente que as igrejas estão distanciadas de 500 metros, uma da outra. No entanto, a parte descritiva indica bem a interpretação dos alunos sobre a situação-problema. Além do mais, o grupo já faz algumas inferências (distância entre as igrejas não pode ser muito grande; a pessoa deve se localizar mais próximo da igreja B – indica que a igreja A tocou o sino antes, embora não esteja escrito) tomando como base a interpretação do problema.

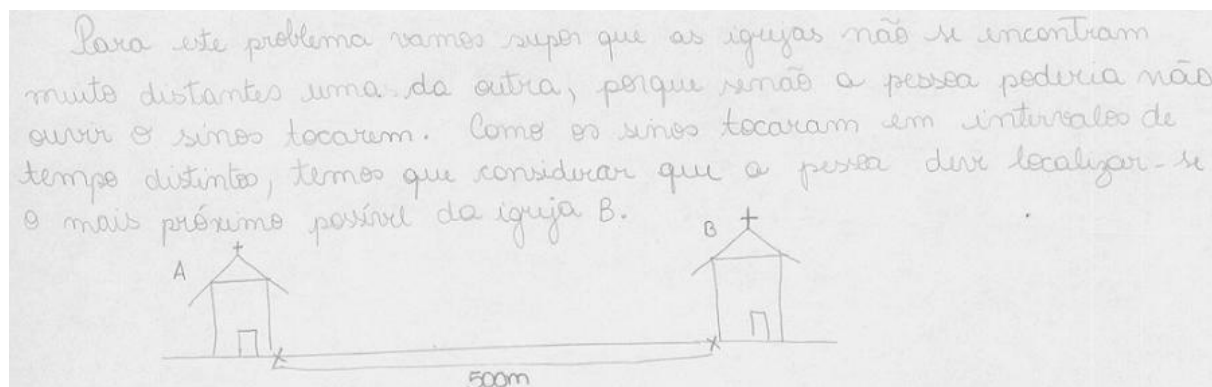


Figura 5

A vinculação a uma situação vivencial (descrita anteriormente) e as duas figuras acima, são evidências claras da execução de procedimentos ligados a categoria de *interpretação da informação* e, também, em parte da categoria *análise da informação e realização de inferências* (Figura 5).

Nas ADRP, após uma interpretação das informações (situações-problema), é possível que sejam feitas algumas inferências. Os procedimentos relacionados a estas, vários dos quais são os mais utilizados durante a resolução das situações-problema, fazem parte da terceira categoria (*análise da informação e realização de inferências*). Este é o caso de procedimentos mobilizados durante a análise dos problemas, a elaboração das hipóteses e estratégias de resolução, além da execução destas estratégias. Para a realização de inferências a linguagem matemática, nas suas diferentes formas (numérica, algébrica e geométrica), se constituiu numa ferramenta importante.

Como forma de exemplificação apresentamos, na sequência, partes das resoluções de problemas praticadas pelos alunos. Estes fragmentos de resoluções são resultado da execução dos procedimentos relacionados nessa categoria (*análise da informação e realização de inferências*):

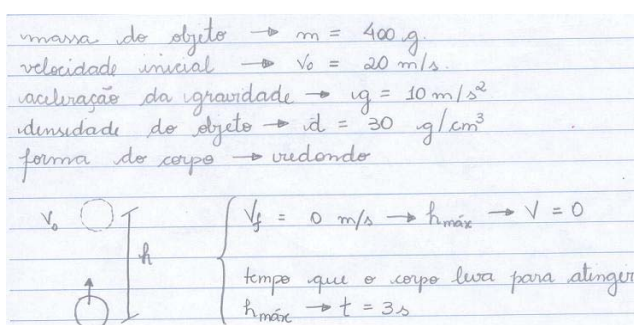


Figura 6

A figura 6 mostra o conjunto de hipóteses e estimativas feitas por um grupo de alunos para resolver um problema que solicitava a determinação da altura máxima atingida por uma bola chutada para cima. Algumas das hipóteses feitas pelo grupo não foram utilizadas na resolução, fato que gerou uma discussão entre os alunos no grupo e

propício para a ampliação da compreensão conceitual da Física envolvida nos problemas.

Este mesmo grupo de alunos resolveu o problema utilizando duas estratégias distintas: estratégia I - utilizando o princípio da conservação da energia mecânica; estratégia II - utilizando os conhecimentos da cinemática (Movimento Retilíneo Uniformemente Variado).

Resolução seguindo a estratégia I:

$$\begin{aligned}
 & E_{mi} = E_{mf} \\
 & E_{ci} + E_{pi} = E_{cf} + E_{pf} \\
 & \frac{M V_0^2}{2} + m g h_i = \frac{m v_f^2}{2} + m g h_f \\
 & \frac{M V_0^2}{2} = M g h_{\max} \\
 & \frac{(20)^2}{2} = 10 \cdot h_{\max} \\
 & 400 = 10 h_{\max} \\
 & 200 = 10 h_{\max} \\
 & h_{\max} = \frac{200}{10} = 20m
 \end{aligned}$$

Figura 7

Resolução seguindo a estratégia II:

$$\begin{aligned}
 & y = y_0 + V_0 t - \frac{g t^2}{2} \rightarrow h_{\max} = V_0 t - \frac{g t^2}{2} \\
 & V = V_0 + a t \quad h_{\max} = 20 \cdot 2 - \frac{10 \cdot 2^2}{2} \\
 & 0 = 20 - 10 t \\
 & -20 = -10 t \quad (x-1) \\
 & t = 2s \\
 & h_{\max} = 40 - 20 \\
 & h_{\max} = 20m
 \end{aligned}$$

Figura 8

A possibilidade e a utilização de diferentes estratégias de resolução é uma das características importantes deste tipo da resolução de problemas seguindo uma perspectiva investigativa, fato que se repetiu na resolução de outros problemas.

A figura 9 é um extrato da elaboração da estratégia e da resolução praticada por um grupo de alunos ao procurarem resolver o seguinte problema: *Uma pessoa deseja colocar na parede de seu quarto um espelho plano onde ela possa*

quais as considerações a serem feitas no processo de instalação desse espelho?

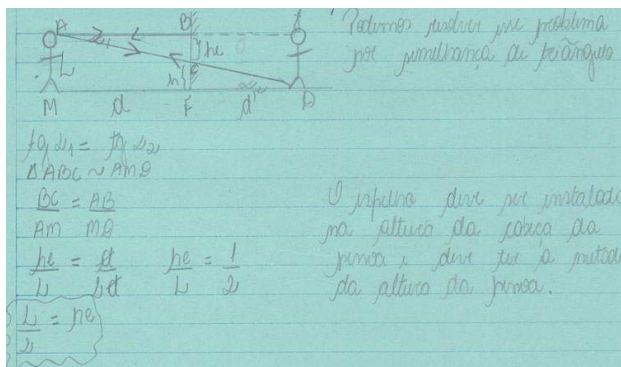


Figura 9

Percebemos que a representação esquemática e a utilização de relações geométricas se constituíram numa ferramenta fundamental para o encaminhamento da resolução deste problema, por parte dos alunos. Com a utilização destes recursos chegaram a um resultado numérico de proporção entre o tamanho da pessoa e do espelho, a partir do qual fizeram a inferência precisa de como o espelho deveria ser instalado para atender o desejo da pessoa descrito no enunciado do problema.

A categoria *compreensão e organização conceitual da informação* abarca os procedimentos relacionados às ações que auxiliam os alunos na busca de uma construção mais clara e organizada de sua compreensão conceitual. Nesse sentido, os alunos eram solicitados a verbalizar o máximo possível suas resoluções, explicando quais as relações feitas entre os conceitos utilizados. Também fez parte do processo de resolução a elaboração da síntese explicativa, na qual, os alunos sinalizavam as principais etapas da resolução praticada, bem como, apontavam novos problemas a serem resolvidos.

Transcrevemos abaixo uma síntese feita por um grupo de alunos quando resolviam uma situação-problema que solicitava a pressão exercida sobre um perito que investigava o naufrágio de um navio. Segue extrato da resolução elaborada por um grupo de alunos:

Na resolução primeiramente analisamos a situação-problema apresentada e representamos ela com um desenho e em seguida passamos para o apontamento de hipóteses que achamos necessárias para a resolver o problema. A partir das hipóteses elaboramos a estratégia de resolução. Utilizamos a lei de Stevin para calcular a pressão exercida sobre o perito e percebemos que esta lei pode ser utilizada para calcular a pressão em qualquer profundidade que o perito estiver mergulhando. A pressão variou conforme a profundidade.

Uma nova situação que pode ser discutida a partir desse problema é porque os mergulhadores precisam utilizar material de mergulho em grandes profundidades.

Na síntese transcrita é possível constatar que o grupo conseguiu compreender o que a Lei de Stevin retrata, ou seja, que a variação da pressão em um fluido em repouso é diretamente proporcional à sua profundidade (caso deste problema). O grupo apontou também para uma questão fundamental que complementa a discussão iniciada sobre a relação entre pressão e mergulho, almejando assim uma maior compreensão sobre a situação-problema em estudo.

A última categoria de classificação dos procedimentos trabalhados nas ADRP (*comunicação da informação*) compreende as duas formas de expressão trabalhadas nestas atividades, a expressão oral e a expressão escrita. Os questionamentos e a argumentação oral para defender a resolução praticada passaram a ser constantes durante as discussões entre os grupos e com o professor. Este diálogo configurou-se num contexto no qual geravam-se, defendiam-se, compartilhavam-se e discutiam-se ideias, contribuindo significativamente para a construção e organização do conhecimento dos alunos.

O registro escrito foi bastante exigido e esteve presente em todas as etapas de resolução. Ao compararmos registros de resoluções anteriores com os mais recentes, percebemos a ocorrência de um maior detalhamento e uma argumentação mais clara e coerente a favor da resolução praticada, ou seja, houve uma evolução nestes registros. Fica evidenciada assim, que a ação de registrar por escrito é um aprendizado gradual e que necessita de práticas contínuas, destacando a importância das ADRP no desenvolvimento deste aprendizado.

A aprendizagem dos diferentes procedimentos apontados não ocorreu de maneira isolada no desenvolvimento das ADRP. Estiveram sempre em discussão também os conhecimentos conceituais que eram utilizados para praticar as resoluções, melhorando assim a compreensão sobre os mesmos. Além disso, permeava ainda, no desenvolvimento das ADRP, a preocupação com o ensino de conteúdos atitudinais.

Etapas IV – entrevista com os professores colaboradores:

Ao término das implementações das ADRP realizamos uma entrevista semi-estruturada com cada um dos quatro professores colaboradores. Retrataremos aqui alguns aspectos gerais relativos à avaliação que os professores fizeram sobre o trabalho com ADRP e, em particular, sobre o ensino de conteúdos procedimentais por meio deste tipo de atividades.

Um dos questionamentos feitos aos professores procurou identificar as maiores dificuldades que eles enfrentaram para o desenvolvimento das ADRP em sala de aula. Sob este ponto, foi comum a manifestação relativa ao estranhamento inicial dos alunos com a forma de enunciação dos problemas, tendo em vista que estavam acostumados apenas com a resolução de problemas tradicionais (fechados). A professora SSFW destacou também que a autonomia e segurança dos alunos em relação às resoluções praticadas se configuraram em um processo lento e gradual e, por isso, visto por ela como

tempo que as ADRP demandavam se configurou, no início do ano letivo, em uma preocupação e dificuldade. Para eles esta preocupação foi diminuindo com o decorrer do ano, tendo em vista os resultados e discussões frutíferas que mantinham com os alunos ao longo dos processos de resolução. Para a professora MS uma dificuldade que demandou esforço para ser superada foi a de conscientizar os alunos da importância de modelizar as situações-problema e que o modelo de resolução apresentado a eles poderia auxiliá-los nesta tarefa.

É perceptível que as dificuldades iniciais dos professores estão estritamente relacionadas com o fator de novidade em trabalhar com ADRP na perspectiva investigativa. Neste aspecto, é importante ressaltar que as reuniões que mantínhamos regularmente, para a preparação e discussão das ADRP, foram determinantes para dar segurança e credibilidade aos professores.

A partir da elaboração das ADRP e das discussões mantidas com os professores durante esse processo, foram explicitadas as intenções de ensino de conteúdos procedimentais por meio destas atividades. Os professores quando questionados sobre o ensino de procedimentos mediante as ADRP afirmaram categoricamente que seus alunos aprenderam procedimentos ou, pelo menos, apresentaram uma evolução na compreensão e na capacidade de uso de vários deles em situações novas. Esta afirmação feita pelos professores foi constatada e confirmada por meio da análise das ADRP acompanhadas.

Dentre os procedimentos apontados pelos professores destacamos a: busca de informações, utilização/aplicação das informações recolhidas, representação gráfica ou de desenhos, identificação dos problemas a situações reais, utilização de linguagem matemática (numérica, algébrica e geométrica), análise das situações-problema, elaboração de hipóteses, elaboração de estratégias de resolução, execução das estratégias elaboradas, análise dos resultados, elaboração da síntese da resolução, elaboração de questionamentos, registro escrito da resolução praticada.

Ao questionarmos os professores sobre quais as evidências que os levam a afirmar que os seus alunos de fato aprenderam estes procedimentos mediante o trabalho com ADRP, eles nos descreveram alguns indicadores, quais sejam: 1) evolução significativa nas resoluções praticadas pelos alunos; 2) maior autonomia para resolver as situações-problema e 3) utilização destes conteúdos em outras atividades didáticas (Atividades com uso de Experimentos, Leitura e Discussão de Textos e na Resolução de Exercícios/Problemas tradicionais - enunciados fechados).

A avaliação global dos professores sobre o trabalho desenvolvido é bastante positiva e favorável às ADRP desenvolvidas numa perspectiva investigativa. No entanto, acreditamos que o empenho e dedicação por parte deles em participar das reuniões periódicas para a preparação e discussão das atividades foram determinantes para o bom andamento do trabalho, pois lhes proporcionou a

importância da formação dos professores, seja ela inicial ou suprida por iniciativas de formação continuada.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Apesar da aparente complexidade inicial de se trabalhar as atividades de Resolução de Problemas na perspectiva de investigação, estas se mostraram atividades didáticas adequadas para o tratamento de vários conteúdos conceituais da Física (conceitos, princípios e modelos), bem como para o tratamento de conteúdos procedimentais (técnicas e estratégias de resolução adotadas; argumentação oral e escrita) e atitudinais (juízos, normas e valores). Além disso, o ensino mediante uma abordagem investigativa, baseada na resolução de situações-problema, proporcionou aos alunos uma visão coerente, ainda que simplificada, das metodologias empregadas nas atividades científicas.

Podemos sinalizar também que para o desenvolvimento das ADRP em sala de aula, uma forma de trabalho coesa com nossos resultados consiste no professor estimular a troca de idéias e a manifestação de dúvidas entre os alunos, por meio da mediação e orientação dos pequenos grupos. Dessa forma, poderá levar perguntas que surgem num determinado grupo para os outros, provocando um debate e favorecendo uma sucessiva socialização de resultados. É por meio deste esforço do professor, em conjunto com os alunos, que estes últimos estarão se preparando para o desenvolvimento de sua autonomia, resultando numa maior participação em sua própria aprendizagem.

A superação das dificuldades enfrentadas no desenvolvimento das ADRP em sala de aula demandou tempo uma vez que haviam vários conhecimentos envolvidos e a aprendizagem destes ocorreu de forma gradual. No entanto, por meio de vivências contínuas com atividades didáticas desta natureza, foi possível observar evoluções significativas nas resoluções praticadas pelos alunos. Nas reuniões mantidas com os professores, estes também afirmaram terem percebido, ao longo do tempo, avanços nestas atividades. E, principalmente, pudemos constatar a presença contínua de conteúdos procedimentais sendo trabalhos e aprendidos pelos alunos com o desenvolvimento das ADRP.

O desenvolvimento de ADRP 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, as ADRP têm contribuído consideravelmente para a formação de uma postura autônoma de contínua busca de conhecimentos. Destacamos ainda que novas pesquisas com caráter empírico, ou seja, envolvendo o contexto escolar, se fazem necessárias para melhor delimitar a possibilidade de estender a perspectiva investigativa para outras atividades didáticas.

- AGUIAR Jr., O. (1998). O papel do construtivismo na pesquisa em ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 3 (2), 1998.
- AZEVEDO, M. C. P. S. de (2004). Ensino por Investigação: Problematizando as atividades em sala de Aula. In: CARVALHO, A. M. P. de (org.). *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática*. São Paulo: Thomson, 2004.
- BORGES, A. T. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19 (3), 291-313.
- BRASIL (1998). *Parâmetros Curriculares Nacionais (5ª a 8ª séries, Ensino Fundamental)*. Brasília/BRA: Secretaria de Educação Fundamental: MEC/SEF.
- BRASIL (1999). *Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio, parte III): Ciência da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília/BRA: Secretaria de Educação Média e Tecnológica: MEC/SEMT.
- BRASIL (2000). *Documento Básico do ENEM*. <<http://www.inep.gov.br/enem>>.
- CABALLER SENABRE, M. J. (1994). Resolución de Problemas y Aprendizaje de la Geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2 (3), 393-397.
- COLL, C.; VALLS, E. (2000). A aprendizagem e o ensino de procedimentos. In: COLL, C.; et al. *Os conteúdos na reforma: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes*. Porto Alegre/BRA: Artes Médicas.
- CORONEL, M. del V.; Curotto, M. M. (2008). La resolución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7 (2), 463-479.
- GARRET, R. M. (1995). Resolver problemas en la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 5, 6-15.
- GIL PÉREZ, D.; MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1987). *La Resolución de Problemas de Física: Una Didáctica Alternativa*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia: ed. Vicens-vives.
- GIL PÉREZ, D.; et al (1992). Questionando a didática de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 9 (1), 07-19.
- LOPES, J. B. (2004). *Aprender e Ensinar Física*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian e Fundação para a Ciência e Tecnologia.
- MENEGAT, T. M. C.; et al. (2007). Textos de divulgação científica em aulas de física: uma abordagem investigativa. In: *Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, Florianópolis/SC: ABRAPEC.
- MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. de C. (2007). Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? *Revista Ensaio*, 9 (1), 72-89.
- PEDUZZI, L. O. Q. (1997). Sobre a resolução de problemas no ensino da física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 14 (3), 220-253.
- POZO, J. I. (org.). (1998). *A solução de Problemas: Aprender a resolver, resolver para aprender*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- POZO, J. I.; CRESPO, G. M. A. (1998). *Aprender y Enseñar Ciencia*. Madrid/ESP: Morata.
- POZO, J. I.; POSTIGO, Y.; CRESPO, M. Á. G. (1995). Aprendizaje de estrategias para la solución de problemas en ciencias. *Alambique*, 5, 16-26.
- PRO BUENO, A. de (1995). Reflexiones para la selección de contenidos procedimentales en ciencias. *Alambique*, 6, 77-87.
- PRO BUENO, A. de (1997). Cómo pueden secuenciarse contenidos procedimentales? *Alambique*, 14, 49-59.
- PRO BUENO, A. de (1998). Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias?. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 21-41.
- RODRIGUES, B. A.; BORGES, A. T. (2008). O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica. *Anais do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, Curitiba: SBF.
- SÁ, E. F. de, et al. (2007). As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso especialização em ensino de ciências. *Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, Florianópolis/SC: ABRAPEC.
- SEGURA, D. de J.; MOLINA, A.; PEDREROS, R. I. (1997). *Actividades de investigación en la clase de ciencias*. Sevilla: Díada, n.14. (Coleção Investigación y Enseñanza).
- VASCONCELOS, C., et al (2007). Estado da arte na resolução de problemas em Educação em Ciência. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 235-245.
- ZOMPERO, A. de F.; LABURÚ, C. E. (2010). As atividades de investigação no Ensino de Ciências na perspectiva da teoria da Aprendizagem Significativa. *Revista Electronica de Investigacion en Educacion en Ciencias*, 5 (2), 12-19.
Disponível em <http://reiec.sites.exa.unicen.edu.ar/>

Luiz Clement

Possui graduação em Licenciatura em Física pela Universidade Federal de Santa Maria e mestrado em Educação pela Universidade Federal de Santa Maria. É Professor Efetivo da Universidade do Estado de Santa Catarina, atualmente afastado para doutoramento no Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica - PPGECT da Universidade Federal de Santa Catarina. Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Ensino de Física, atuando principalmente nos seguintes temas: Resolução de Problemas, Ensino por Investigação, Formação de Professores (inicial e continuada), Didática da Física (Materiais, Métodos, Estratégias e Avaliação).