

Formas de se ensinar e aprender investigando: análise de uma atividade didática investigativa pautada em fenômenos físicos a baixa pressão

RESUMO

Sarah Helem Tschá

sarah.helem.tsc@gmail.com

orcid.org/0000-0003-4636-4670

Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, Matemáticas e Tecnologias, Joinville, Santa Catarina, Brasil.

Luiz Clement

luiz.clement@udesc.br

orcid.org/0000-0002-4396-7735

Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, Matemáticas e Tecnologias, Joinville, Santa Catarina, Brasil.

O estudo de fenômenos físicos por meio do uso de experimentos é muito presente no contexto da Física. No entanto, alguns fenômenos requerem condições específicas para serem reproduzidos e estudados. Este artigo retrata um experimento realizado em ambiente de baixa pressão, capaz de propiciar análises singulares no contexto escolar para o Ensino de Física. Para estruturar esta atividade em sala busca-se apoio didático-metodológico no Ensino por Investigação, mais especificamente, na proposta de García e García (2000), a qual têm como ponto central o trabalho investigativo orientado por problemas, seu reconhecimento, busca de soluções e reflexões. Diante disso, tem-se como objetivo de pesquisa identificar características próprias do desenvolvimento de Atividades Didáticas Investigativas (ADI) respaldadas nesta metodologia. Para trazer evidências de aspectos investigativos presentes nas ADI, foram coletados dados de produções dos alunos, gravações de áudio e diário de bordo, advindos da implementação de uma ADI em três turmas com graduandos do Curso de Licenciatura em Física e Licenciatura em Matemática. Os resultados evidenciam semelhanças e diferenças entre percursos investigativos conduzidos com as turmas, salientando formas de se atender a perspectiva de acordo com as necessidades dos estudantes. Também é evidente a importância da intervenção do professor para o direcionamento do processo investigativo, garantindo a construção de aprendizagens. Ainda, a proposta revela elementos elencados e desenvolvidos pelos próprios alunos para construção de conhecimento, tendo como base suas concepções.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino por Investigação. Ensino de Física. Resolução de Problemas. Atividade Investigativa Experimental.

INTRODUÇÃO

Nas pesquisas brasileiras em Ensino de Ciências a perspectiva do Ensino por Investigação é, em grande parte, respaldada na proposta de Carvalho (2018), pautada nas Sequências de Ensino investigativas (SEI) e atividades experimentais investigativas, a qual desde meados de 2000 têm guiado e influenciado estudos nesse âmbito. Entretanto, Carvalho apresenta em seu trabalho notórias hipóteses sobre a implementação dessas atividades, uma delas afirma que o Ensino por Investigação no Ensino Médio, diferentemente do Ensino Fundamental, exige problemas mais complexos, e conseqüentemente, uma participação mais aguçada do professor para orientar as argumentações. Além disso, os professores de Ensino Médio não possuem contato tão próximo dos estudantes quando comparado com a relação que possuem os professores do Fundamental, principalmente nos anos iniciais (CARVALHO, 2018).

Diante das adversidades desta perspectiva para o Ensino Médio, observam-se resultados positivos ao adotar a perspectiva teórico-metodológica de García e García (2000). Ela tem sido utilizada em diferentes trabalhos de intervenção didático-pedagógica, associadas às pesquisas na área de Ensino de Física (CLEMENT, 2013; MERIZIO, 2018; STIL, 2018). Os resultados alcançados por estes trabalhos fornecem indícios para consistência desta proposta, incentivando o desenvolvimento de outras pesquisas em outras temáticas (MERIZIO, 2018).

Sendo assim, nesta pesquisa optou-se por elaborar e implementar Atividades Didáticas Investigativas (ADI) que têm como recurso didático equipamentos próprios para gerar vácuo e campânula transparente para observação de fenômenos em baixa pressão. Esta escolha foi realizada visto que o experimento possibilita o estudo de diversos fenômenos em condições singulares, enriquecendo discussões sobre fenômenos físicos. O vácuo também é amplamente encontrado no cotidiano e utilizado pela indústria, como em garrafas térmicas, ventosas, lâmpadas, entre outros (GAMA, 2002; DEGASPERI, 2002).

Frente ao exposto, este artigo tem como objetivo elucidar de que forma são realizadas ações didático pedagógicas de acordo com García e García (2000), identificando e caracterizando aspectos presentes em uma ADI desenvolvida com uso de aparato experimental próprio para o estudo de fenômenos físicos à baixa pressão.

ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E APRENDER INVESTIGANDO

O Ensino por Investigação surgiu do sistema educacional norte americano, nomeado originalmente como *"inquiry"*, investigação em inglês, e influenciou movimentos educacionais brasileiros desde a época de 1950. No Ensino de Física esta perspectiva é utilizada como princípio didático para reestruturação curricular por alguns autores (CARVALHO, 2010) ou como guia teórico metodológico de atividades específicas por outros (CARVALHO, 2010; BORGES, 2002; CLEMENT; TERRAZZAN, 2012; GARCÍA; GARCÍA, 2000; GIL PÉREZ et al., 1992; MENEGAT; CLEMENT; TERRAZZAN, 2007).

Esta perspectiva sofreu diversas críticas e reestruturações, carregando diferentes nomenclaturas e significados, entretanto, ainda existem consensos, como por exemplo, a necessidade de situações problemas (SÁ, 2009). O Ensino por

Investigação também abrange atividades com diferentes recursos didático-metodológicos, podendo ser utilizados experimentos (BORGES, 2002), problemas de lápis e papel como problemas abertos (CLEMENT; TERRAZZAN, 2012), uso de textos de divulgação científica (MENEGAT; CLEMENT; TERRAZZAN, 2007) e ainda, estudo de caso, avaliação de evidências, práticas de construção de aparatos, uso de banco de dados ou, simulação computacional (SÁ et al. 2007). Vale salientar que a flexibilização de recursos é recomendada também na proposta de García e García (2000).

A metodologia didático-pedagógica de García e García (2000), em específico, é utilizada para dar sentido e organizar as aulas, com objetivo de orientar decisões nas quais levem em conta recursos e estratégias favoráveis à investigação por meio de problemas. Para este processo de ensino é possível distinguir três momentos ou tipos de atividades presentes na perspectiva, são elas as:

Atividades que se referem à busca, reconhecimento, seleção e formulação de problema;

Atividades que possibilitam a “resolução” do problema mediante a interação entre as concepções do aluno, reveladas pelos problemas, e a nova informação procedente de outras fontes;

Atividades que facilitam a recapitulação do trabalho realizado, a elaboração de conclusões e expressão dos resultados obtidos (GARCÍA; GARCÍA, 2000, p. 29, tradução nossa).

Estes momentos não são trabalhados necessariamente em ordem, podem ser retomados e repetidos, mas devem estar presentes. Dentro do formato de Atividades Didáticas Investigativas é possível identificar estas etapas como “marcadores de um ciclo investigativo inerente ao processo de ensino-aprendizagem” (CLEMENT, 2013, p. 140).

Ressaltamos o papel dos problemas nesta metodologia como parte central pois, como afirma García e García (2000) “ele será um apoio firme para o posterior desenvolvimento da sequência de atividades e garantirá, em grande parte, a realização dos objetivos buscados através da aplicação da metodologia investigativa” (p. 40, tradução nossa). Eles também são considerados como mecanismo para interessar o aluno e provocar curiosidade, motivando-o para a construção de novas aprendizagens.

Esses problemas devem ser desafiadores e exigir “mobilização de recursos intelectuais” (GARCÍA; GARCÍA, 2000, p. 30, tradução nossa), são uma combinação dos interesses contextuais dos alunos e dos objetivos do professor para o desenvolvimento e estudo de conteúdos escolares. Por isso, precisam ser intrigantes e oferecer oportunidade de emissão de hipóteses para todos os alunos tomarem uma posição inicial, e a partir dela, elaborarem estratégias para solucionar os problemas.

As novas informações devem ser buscadas de acordo com as estratégias definidas, elas são necessárias pois o conhecimento inicial se mostra insuficiente para responder o problema. Para extraí-las podem ser utilizadas diversas fontes: livros e textos; pesquisas na internet; o professor; o contexto e outros. Vale salientar que estas novas informações são consideradas pelo autor como

conteúdos, ao menos potenciais, e sua coleta deve se ater a fontes confiáveis e não se estender demasiadamente para não fugir do foco do problema.

Para o momento de conclusão são destinadas atividades que promovam ao aluno reflexão sobre sua própria aprendizagem, a avaliação das estratégias utilizadas, e a comparação da mudança em suas concepções, visando desenvolvimento da “meta-aprendizagem” (GARCÍA; GARCÍA, 2000). A conclusão não surge como a resposta definitiva ao problema, mas sim como uma síntese, na forma de recapitulação, de tudo que foi estudado e aprendido. Outra forma de consolidar o aprendizado é por meio de problemas de aplicação, permitindo ao aluno a utilização do que foi aprendido em outros contextos e fornecendo comprovação por meio de experiência própria.

Frente a estas considerações e ainda consoante com o movimento construtivista, tal qual a proposta de García e García (2000), faz-se imprescindível para o entendimento do papel do professor o conceito de “ajuda ajustada”. Ele pressupõe que o aluno diante de um desafio, o enfrenta graças à combinação de suas próprias habilidades e capacidades, juntamente do apoio didático-metodológico do professor, o qual encaminha o aluno para a direção certa, resgatando a possibilidade de incidência de aprendizagem (CLEMENT, 2013).

MÉTODOS

Esta pesquisa se caracteriza como qualitativa de alcance descritivo, pois o enfoque é indutivo e interpretativo, e portanto, investiga os sujeitos e suas perspectivas para compreender, detalhadamente, de que maneira podem ser desenvolvidos os aspectos centrais das ADI respaldadas em García e García (2000) (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013). Para tal, foram coletados dados mediante gravações de áudio, documentos dos alunos (anotações em folhas de atividade) e notas de aula da pesquisadora. Realizou-se com este conjunto de informações uma triangulação de dados, a qual, de acordo com Sampieri, Collado e Lucio (2013), contribui para a convergência de informações e contempla uma visão mais completa e holística sobre o fenômeno pesquisado.

Sendo assim, a estrutura analítica desta pesquisa é categorizada de acordo com os momentos apresentados em García e García (2000) e aspectos centrais à cada um deles, os quais conduzem um quadro sintético ao final da análise:

- a) Apresentação e apropriação da situação-problema:** a apropriação do problema, explicitação de concepções e elaboração de hipóteses iniciais;
- b) Construção de soluções:** Elaboração de estratégias de resolução, busca de novas informações e construção de explicações;
- c) Conclusões:** recapitulação, reflexão, resolução de problemas de aplicação e/ou elaboração de relatório.

A implementação da atividade foi realizada com alunos de graduação dos cursos Licenciatura em Física e em Licenciatura em Matemática, na Universidade do Estado de Santa Catarina. Para acentuar as nuances dos percursos investigativos desenvolvidos pelos alunos, foram realizadas implementações em três turmas, nomeadas de Turma A, Turma B e Turma C.

A Turma A consiste em 4 alunos do curso Licenciatura em Física (cursando entre o segundo e quinto semestre) e 8 calouros do curso de Licenciatura em

Matemática. A Turma B, possui 8 alunos da Licenciatura em Física (cursando entre o segundo e sexto semestre). E a Turma C, 3 alunos da Licenciatura em Física (cursando entre o sexto e sétimo semestre).

Estes alunos participaram de uma pesquisa mais ampla na qual vivenciaram ao todo 5 ADI na posição de alunos, buscando resolver os problemas propostos. Entretanto, este artigo retrata a análise de apenas uma delas, denominada o Problema do Balão, com duração de duas aulas de 45 minutos, e com a seguinte enunciação:

Parte a) Você observou o que acontece ao colocar um balão em uma campânula de vácuo. Diante da observação questiona-se: Por que o balão aumenta de tamanho quando submetido à baixa pressão, inclusive podendo chegar a estourar?

Parte b) Escolha e realize uma das atividades a seguir:

1. Em seu grupo busquem ou elaborem uma proposta de equipamento, ou montagem de equipamento simples, que retrate o funcionamento dos pulmões. Delimitada a proposta de equipamento, apresentem aos colegas;
2. Em seu grupo elaborem apresentem o funcionamento e os cuidados necessários que um mergulhador deve ter para fazer um mergulho do tipo autônomo com segurança.

A observação realizada pelos alunos para condução do problema da **parte a** pode ser retratada em dois momentos na Figura 1, a da esquerda com a bomba de vácuo desligada e a da direita com a bomba de vácuo ligada.

Figura 1 – Observação do fenômeno



Fonte: A autoria própria (2022).

Ao longo da análise os alunos são identificados com um código indicando o aluno com a letra A, a letra da sua turma, e seu número, por exemplo, segundo aluno da turma C: AC2. Já a professora implementadora e pesquisadora será nomeada como P1, e o professor responsável pela disciplina de P2. Destaca-se que P2 participou de forma pontual e coerente, pois esteve presente no processo de elaboração das atividades bem como é familiarizado com o referencial teórico.

Vale salientar que esta pesquisa deriva de uma dissertação de mestrado vinculada ao Projeto de Pesquisa “Cognição, Motivação e Práticas Educativas: Relações e Implicações no Processo de Ensino-Aprendizagem de Ciências”, o qual possui Certificado de Apresentação para Apreciação Ética nº 55740416.5.0000.0118.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção do artigo é destinada à descrição da implementação da Atividade Didática Investigativa do Problema do Balão, visando esclarecer aos leitores o desenvolvimento das aulas em cada turma. Também é incluída discussão sobre a conformidade com o referencial, as suas diferentes formas de condução e relações com resultados de outras pesquisas semelhantes.

i) Apresentação e apropriação do problema

A aula iniciou com a professora apresentando os materiais utilizados no experimento: a bomba de vácuo, a campânula e o balão, sendo este último manipulado pelos alunos. A partir disso, a professora questiona o que, na concepção dos discentes, irá acontecer com o balão ao ligar a bomba de vácuo, momento no qual eles têm oportunidade de explanar suas hipóteses iniciais, tal como apresentado nas transcrições a seguir.

AB1: Eu acho que vai inflar.

P1: Todo mundo concorda que vai inflar?

AC3: Deixa eu pensar, calma. Tu vai tirar a pressão certo? E aí vai diminuir a pressão ali né?

P1: Isso.

AC3: Pressão e volume são inversamente proporcionais, então teoricamente deveria diminuir o volume.

P1: O que o pessoal acha?

AB4: Quanto mais pressão mais apertado ele vai ficar. Então eu acho que ele vai inchar, que ele vai ficar mais solto.

Nesta turma cada aluno elegeu e defendeu sua hipótese, para após confrontá-la com a observação do fenômeno, elemento essencial de acordo com García e García (2000) para posterior comparação de concepções. Merizio (2018, p.88), diante deste mesmo momento, afirma que a ação docente de estimular a discussão entre duas hipóteses diferentes, é "[...] mais efetiva do que afirmar para a equipe que a equação era válida [...], pois a equipe dialogou e buscou encontrar resposta a essa questão".

Nas demais turmas as hipóteses não foram explicitadas da mesma forma, por exemplo, na turma C os alunos apresentaram medo de responder errado. Merizio (2018) também se deparou com uma situação semelhante e, indicou que para conduzir a investigação é preciso intervenção do professor para evidenciar hipóteses e indicar equipamentos. Nesta implementação, essa intervenção do professor foi mais acentuada no momento de construção de soluções. Por outro lado, na turma A, esse momento não foi oportunizado, e as hipóteses iniciais eram acompanhadas de explicações do fenômeno já observado. Isto não impede a comparação entre explicações iniciais e finais, mas restringe sua profundidade conceitual.

Logo após a observação a professora lançou o problema aos alunos: "porque aconteceu o que foi observado?". Na turma A alguns alunos conseguiram formular justificativas, mas é preciso que ocorra assimilação de todos, sendo momento propício para formação de grupos. Na turma B os alunos, em grande grupo, tomaram a iniciativa de buscar mais informações no aparato para responder ao problema. Por outro lado, na turma C os alunos apresentaram dificuldade de

formular hipóteses explicativas. Estas situações revelam diferentes formas de necessidade de mobilização de recursos intelectuais, assim como também, de novas informações e da intervenção do professor para iniciar o processo de busca de soluções para responder o problema.

Observe também que cada turma se apropria do problema de maneira distinta. Embora a apresentação do problema tenha sido conduzida de forma muito semelhante entre as turmas B e C, elas tinham diferentes perfis, uma com alunos curiosos e outra com alunos mais tímidos. Na turma A essa distinção se fez pela própria variação na condução da atividade realizada pela professora.

ii) Construção de soluções

O processo de construção de soluções é iniciado logo após a percepção da necessidade de uma explicação fisicamente correta sobre o fenômeno observado. Na turma A, mesmo com a explicação coerente de alguns alunos, ao serem separados em grupos, eles prosseguem com discussões sobre quais são as variáveis envolvidas e as causas e efeitos destas, pois o grupo, ao tentar sintetizar uma resposta, entram em consensos e dissensos.

Na turma B, ao invés de comprovar ou refutar suas hipóteses a partir da observação do fenômeno, os alunos procuram novas informações no aparato e trazem seus conhecimentos para interpretá-los e explicá-los, tal como indicado na transcrição a seguir:

AB3: E por que ele (o balão) subiu?

AC3: Por que a mangueirinha tá ali em cima.

AB1: Quando você ligou ali, ele subiu um pouquinho, aí ele travou nas paredes e foi puxando. Como ele estava travado, não conseguiu ir pra cima mais ainda. Eu acho.

AB7: Tá, e o que aquela mangueirinha ali faz, que você ia abrir?

P1: Aqui eu abro o sistema.

AB7: Então ele deve voltar ao tamanho normal.

AC3: Eu acho que ele vai murchar mais do que o normal.

A partir deste momento foi permitida a entrada de ar na campânula e os alunos manipularam o material para confrontar suas hipóteses. Em seguida, os alunos iniciaram suas explicações, e o papel da professora nessa construção foi de questionar os termos utilizados pelos alunos, a fim de incorporar grandezas físicas e causalidades entre elas, sugerindo confronto de explicações com os demais colegas de turma. Esta ação realizada pela professora pode ser caracterizada como ajuda ajustada, pois conduz debate para apropriação de conhecimentos sem a necessidade de explicações de novos conceitos.

A turma C, por outro lado, apresenta maior dificuldade. Mesmo que os alunos tenham identificado as grandezas físicas relevantes, definições e equações físicas e testado sua hipótese sobre o fenômeno com balão de material mais frágil, ao serem questionados sobre o porquê, não conseguiram formular uma resposta. Neste momento, P2 percebeu a necessidade de uma abordagem mais diretiva e fornece uma ajuda ajustada, a qual constrói um raciocínio explicativo com os alunos, combinando os conhecimentos expostos anteriormente por eles para conduzir uma justificativa. Esta abordagem, apresentada na transcrição a seguir, foi introduzida pelo professor com perguntas específicas como:

P2: Qual é a definição de pressão?

AC1: Força sobre área.

P2: Então só existe pressão se existe força por uma área. Não existindo isso não tem pressão, por definição. Se a gente pensar internamente no balão, se a gente pensar nessas setinhas [aponta para um desenho das alunas], elas são a força de quem?

AC2: Das moléculas.

P2: Então é uma força das moléculas sobre uma área, a área do balão. Se essa força sobre área aumenta, ou, se essa força sobre área for maior do que a força externa, esse balão como é maleável pode aumentar ou diminuir. Agora vamos pensar na situação lá. Quando a P1 liga a bomba ela mexeu onde? Mexeu com a pressão, aqui [aponta para fora do balão] ou aqui [aponta para dentro do balão]?

AC1 e AC2: Em volta do balão.

P2: E o que aconteceu com ela? Ela reduziu a pressão no entorno e por que começou...

AC1: Porque a pressão interna é maior que a externa.

P2: Isso mesmo! Nesse ponto, essa pressão aqui começou a ser maior aqui dentro do que fora, e fez com que o balão fosse expandido.

Dentre os sete grupos formados com as três turmas, dois utilizaram representações gráficas para auxiliar no entendimento entre causa e efeito e para identificar a localização da força responsável pela expansão do balão. Outro grupo utilizou desenho para complementar a discussão e resposta ao problema. Na turma A, com outros dois grupos, a professora realizou desenhos para auxiliar na abstração do fenômeno. Percebe-se então o uso de representações visuais como estratégia relevante para o processo de construção de conhecimento, elencado pelos próprios alunos para abstrair as forças presentes e justificar o movimento de expansão do balão, e utilizado pela professora para auxiliar os alunos.

Em todas as turmas há movimento de incorporação de conceitos de forma progressiva, os quais partem das hipóteses iniciais e, ao longo do processo, ganham maior precisão e coerência para explicar o fenômeno. Este movimento é definido por García e García (2000) como “organização em espiral” e diz respeito a como os conceitos devem ser introduzidos: de forma progressiva e sequencial, aumentando aos poucos a amplitude conceitual (número de conceitos) e a profundidade (graus de profundidade destes conceitos).

iii) Conclusões

Para este momento a professora solicitou o registro na forma de texto em resposta ao problema da **parte a**, e mais um problema de aplicação em outro contexto (**parte b**). No Quadro 1 encontra-se uma síntese com um resumo da resposta de cada grupo ao problema da **parte a**, com exceção da turma A, cujo texto não foi alterado.

O registro escrito da resposta ao problema é proposto aos alunos assim que se agrupam, mas o início dele ocorre somente após debates entre equipes. Em contrapartida, afirmações conclusivas são verbalizadas ao longo do processo de elaboração de soluções. Isso denota a fluidez dos momentos propostos por García e García (2000), os quais reforçam que eles não são etapas, e de fato não ocorrem separadamente, mas sim progressivamente.

Observe no Quadro 1 que em apenas uma conclusão não há inclusão das grandezas físicas, pressão e força, elementos centrais para o entendimento do fenômeno e sua expressão com maior grau de rigor científico. Portanto, é possível reconhecer que, de forma geral, boa parte dos alunos conseguiram elaborar uma explicação fisicamente coerente sobre o porquê o balão expande à baixa pressão, o objetivo principal desta atividade.

Quadro 1 - Conjunto de conclusões da parte a de cada turma e grupo.

Turma A	Turma B	Turma C
<p>"O ar que está no balão tenta sair com o ar puxado pela máquina de vácuo".</p> <p>"Porque ao retirar a pressão da campânula, a energia interna dos átomos do balão fazem ele expandir, pois não há pressão externa forçando o balão a ter o seu formato inicial".</p>	<p>A pressão e o volume são grandezas inversamente proporcionais, quando a pressão diminui, o volume do balão aumenta.</p> <p>Ao retirar o ar retira-se forças externas. O ar que continua no balão causa pressão nas bordas do material elástico do balão, expandindo-o.</p> <p>Antes de ligar a bomba a pressão interna do balão e externa à ele são iguais, quando a bomba é ligada há diferença entre as pressões, e assim, a força dentro do balão se tornou maior que a força do ar, expandindo o balão.</p> <p>Inicialmente o balão está em equilíbrio entre pressões, uma vez que a pressão atmosférica diminui, o ar dentro do balão exerce uma força sobre seu material. Em contrapartida, o balão também exerce uma resistência, o que ocasiona um aumento sem ocupar todo o espaço.</p>	<p>Ao diminuir a pressão externa ao balão ele expande, pois ocorre um aumento das forças das moléculas dentro do balão. Um balão não tão elástico se rompeu ao ser submetido a baixa pressão.</p>

Fonte: Autoria própria (2022).

Após a finalização do momento próprio para a escrita, a professora solicita que os alunos escolham uma das duas propostas de problemas de aplicação. O processo de resolução deste problema é descrito na subseção a seguir.

Parte b

O problema foi entregue em uma folha e explicado aos alunos, informando também que os mesmos apresentassem o resultado para seus colegas ao final. Vale salientar que ambos os problemas exigem apropriação de conceitos sobre o funcionamento do pulmão, levando em conta o papel da diferença de pressão para a entrada de ar, fenômeno relacionado com a **parte a** do problema.

Entre o total de sete grupos analisados, quatro escolheram o problema referente ao equipamento que representa o funcionamento do pulmão. Em todas as turmas, por mais que os alunos já dispusessem de conhecimentos prévios sobre que tipo de equipamento se tratava (turma A) ou sobre os conceitos físicos de como ocorre o processo de respiração (turma B), tiveram a necessidade de buscar novas informações na internet sobre os tipos de materiais relevantes para a montagem. Neste momento eles também realizam desenhos para representar o equipamento proposto.

Dos quatro grupos, três iniciaram as propostas de equipamentos nos quais é preciso assoprar nos canudos que representam a boca, neste caso, o movimento pulmonar é semelhante, mas a funcionalidade biológica e física não é coerente. Portanto, a partir deste momento há necessidade de intervenção da professora na forma de ajuda ajustada, sendo assim, ela se apropriou do processo de construção

das propostas dos alunos e questionou sua coerência funcional. Nas turmas A e B não há necessidade de explicações pela professora, os questionamentos se mostram suficientes aos alunos que, com seus próprios conhecimentos, aprimoram sua proposta.

Já no problema do mergulhador, os alunos reconheceram que de acordo com diferentes profundidades são exercidas diferentes pressões no corpo humano. Diante disso, a busca de informações na internet se dá para incorporar efeitos biológicos e físicos dessa variação de pressão no corpo humano. Um grupo da turma B faz relações diretas do funcionamento do mergulho com o fenômeno observado na **parte a**, bem como contextualiza com histórias pessoais de conhecidos que passaram por problemas durante mergulhos.

Ao final da aula ocorreu a apresentação aos colegas sobre o resultado da **parte b** do problema. Neste momento os alunos realizaram explicações sobre o processo realizado para chegar à resposta, um grupo da turma B inclusive se dirige ao quadro para apresentar esquemas e desenhos. Este processo é delimitado por García e García (2000), e percebido por Clement (2013) em sua implementação, como de suma importância para possibilitar uma “melhor justificação das soluções praticadas, assim como, para propiciar uma reavaliação mais efetiva dos eventuais equívocos ou erros presentes nas soluções propostas” (CLEMENT, 2013, p. 254).

Nesta atividade percebe-se a mobilização de conhecimentos físicos, transpostos do que havia sido discutido anteriormente (**parte a**) para se incorporarem com novos conhecimentos sobre a estrutura biológica, o funcionamento dos pulmões e do mergulho. Também houve reestruturação de concepções, evidenciadas no momento em que os alunos aprimoraram a primeira versão do seu equipamento, o qual ocorreu mediante intervenção da professora na forma de ajuda ajustada.

Observa-se recapitulação e reflexão do processo investigativo percorrido na **parte b** do problema, entretanto, a recapitulação da **parte a** não foi adequadamente contemplada. Fato que pode ter influenciado na escassez de evidências relativas à reflexão dos alunos sobre sua própria aprendizagem. Contudo, há um momento reflexivo, iniciado por P2 e apresentado pelos alunos da turma C, logo após perceberem que o caminho que estavam tentando seguir anteriormente era “confuso”. De maneira geral, não podemos afirmar que a reflexão da **parte a** não ocorreu, pois é um processo interno, mas também não possuímos dados para descrevê-la.

Ressaltamos que não havia sido planejado o desenvolvimento de outro ciclo investigativo com a **parte b**, García e García (2000) inclusive indicam que problemas de aplicação tem como propósito a aplicação rápida, sem necessidade de novas investigações, tal como o trabalho em Merizio (2018), cujo problema de aplicação teve duração de apenas 10 minutos. Entretanto, não era esperada tal necessidade de reestruturação de concepções dos alunos sobre o funcionamento do pulmão.

Ao longo da análise descritiva foram relatadas características particulares e em comum entre as turmas, respaldadas na estrutura didático pedagógica proposta por García e García (2000). No Quadro 2 é apresentada uma síntese de como ocorreram os aspectos da investigação em cada momento para cada turma, bem como as hipóteses iniciais e explicativas levantadas.

Quadro 2 - Síntese com as características dos aspectos do processo investigativo para cada momento de García e García (2000).

Momento	Aspectos	Turma A	Turma B	Turma C
Apresentação e Apropriação da situação-problema	Apropriação do problema	Ocorreu com o reconhecimento da funcionalidade do aparato experimental. Observa-se necessidade de mobilização de recursos intelectuais ao se organizarem em equipes para registrar a explicação do fenômeno.		Ocorreu com o reconhecimento da funcionalidade do aparato experimental. Observa-se necessidade de mobilização de recursos intelectuais diante da incapacidade de formular explicações.
	Explicitação de concepções	As expectativas antes de reproduzir o fenômeno não foram explicitadas. Após a observação foram explicitadas as seguintes hipóteses explicativas:	Hipóteses anteriores à observação: - Vai diminuir porque pressão e volume são inversamente proporcionais; - Vai aumentar porque se pressionar ele fica mais apertado.	As expectativas antes de reproduzir o fenômeno não foram explicitadas. Após a observação foram explicitadas as seguintes hipóteses explicativas:
	Elaboração das hipóteses iniciais	- O ar ao sair pela bomba estimulou o balão a expandir; - O balão tentou preencher o espaço.		- O balão aumentou de tamanho e alterou a pressão interna.
Construção de soluções	Elaboração de estratégias de resolução	A estratégia para explicação do fenômeno pautou-se no conceito de pressão, mais especificamente, na diferença de pressão estabelecida quando a bomba de vácuo foi ligada.		
	Busca de novas informações	Realizada mediante discussão dos conhecimentos prévios dos alunos, dos conceitos estudados na graduação e relações com o cotidiano, e pesquisa na internet (parte b).	Realizada mediante manipulação do experimento, discussão dos conhecimentos prévios dos alunos, dos conceitos estudados na graduação e pesquisa na internet (parte b).	Realizada mediante manipulação do experimento, discussão dos conhecimentos prévios dos alunos, dos conceitos estudados na graduação e pesquisa na internet (parte b).
	Construção de explicações	Realizada mediante debate em grande grupo e depois em pequenos grupos, e durante a busca de definições e relações com o cotidiano.	Realizada mediante manipulação e reconhecimento do aparato, busca de definições, desenhos de esquemas e com auxílio de ajuda ajustada.	Realizada mediante teste de hipóteses, busca de definições, desenhos de esquemas e com auxílio de ajuda ajustada.
Conclusões	Recapitulação	Houve recapitulação durante a apresentação verbal da resolução da parte b do problema.	Houve recapitulação em discussões em pequenos grupos durante a construção de explicações e na apresentação da resolução da parte b do problema.	Foi realizada no momento de síntese escrita, indicando observações e testes de hipóteses. Houve recapitulação da parte a para interpretar o problema da parte b e na apresentação de sua resolução.
	Resolução de problema de aplicação	Utilizam os conhecimentos desenvolvidos na parte a do problema e incorporam noções biológicas sobre o funcionamento do pulmão e os cuidados com o mergulho. A atividade conduz outro ciclo investigativo.	Utilizam os conhecimentos desenvolvidos na parte a do problema e incorporam noções biológicas sobre o funcionamento do pulmão e os cuidados com o mergulho. Incluem relações com o cotidiano. A atividade conduz outro ciclo investigativo.	
	Reflexão	Realizada somente sobre o desenvolvimento da parte b do problema.		Relatada verbalmente sobre o caminho investigativo percorrido na parte a e realizada ao expor o desenvolvimento da parte b .

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo buscou-se identificar e caracterizar aspectos da investigação presentes em uma ADI, desenvolvida com uso de aparato experimental que propicia estudo de fenômenos físicos reproduzíveis à baixa pressão. Por conseguinte, foi detalhado o desenvolvimento da implementação desta atividade em três turmas e elaborado um quadro para indicar, de forma sintética, as similaridades e diferenças nos caminhos investigativos trilhados em cada turma, todos de acordo com a proposta de García e García (2000).

Ao longo desta descrição foram salientadas as formas de trabalho do professor, isto é, como apresentar atividades próprias para cada momento e seu processo de mediação. Destaca-se a importância das intervenções dos professores na forma de ajuda ajustada, as quais desempenham papel crucial no desenvolvimento do trabalho investigativo, confrontando concepções, questionando, sintetizando e apresentando novos conceitos para garantir a incidência de aprendizagem (CLEMENT, 2013).

Ainda, ao discorrer sobre o percurso investigativo, denotam-se ações importantes para a construção do conhecimento, as quais foram desenvolvidas a partir da autonomia dos alunos. Tem-se como exemplos, a investigação minuciosa do aparato pela Turma B, a relação com o contexto que as turmas fizeram, e o uso de representações visuais para estruturação e representação de suas concepções.

Contudo, estas atividades foram implementadas, majoritariamente, com alunos do curso de Licenciatura em Física, os quais já possuem pré-disposição para se engajar em atividades deste tipo e possuem bagagem conceitual mais bem desenvolvida dado o seu percurso formativo. Por outro lado, os calouros do curso de Licenciatura em Matemática apresentaram discrepantes dificuldades conceituais em comparação com os demais alunos, resultando em uma estruturação de explicações razoavelmente coerentes, mas sem rigor científico, o que indica necessidade de adaptação para implementação em outros contextos. Por exemplo, para implementá-la no Ensino Médio, sugere-se o uso de Livros Didáticos ou outros recursos como fonte de informações complementares, assim como realizado nas implementações de Clement (2013), Merizio (2018) e Stil (2018).

Este trabalho evidencia características centrais sobre uma das formas de se trabalhar com a proposta de García e García (2000) na disciplina de física, com uso de aparato experimental. As atividades de apresentação e reconhecimento da situação problema são mais diretas e, portanto, restringem outras características que poderiam ter sido atendidas de acordo com a teoria, embora tal dinâmica garanta um direcionamento mais preciso para a investigação, restrita ao fenômeno observado em aparato experimental.

Diferentes recursos podem direcionar diferentes caminhos investigativos dentro desta mesma perspectiva. Contudo, para professores que desejam se apropriar desta metodologia, orienta-se atenção e cuidado com os elementos supracitados para garantir a construção de conhecimentos. Em vista disso, sugerem-se pesquisas com diferentes recursos e em diferentes áreas do saber para esclarecer formas de se ensinar e aprender investigando, com outros jeitos de se atender aos momentos, e outros formatos de percursos investigativos.

Ways of teaching and learning by investigating: analysis of an Investigative Didactic Activity based on physical phenomena at low pressure

ABSTRACT

The study of physical phenomena using experiments is very present in the context of Physics. However, some phenomena require specific conditions in order to be reproduced and studied. This article portrays an experiment carried out in a low-pressure environment, capable of providing unique analyzes in the school context for the Physics Teaching. To structure these activities in the classroom, didactic-methodological support is sought in Teaching by Investigation, more specifically, in the proposal of García and García (2000), which have as their central point an investigative work oriented by problems, their recognition, search for solutions and reflections. In view of this, the objective of this research is to identify characteristics specific to the development of Investigative Didactic Activities (IDA) supported by this investigative methodology. To bring evidence of investigative aspects present in the IDA, data were collected from the students' productions, audio recordings and logbook, from the implementation of an IDA in three classes with undergraduates of the Degree in Physics and Degree in Mathematics. The results show similarities and differences between investigative paths conducted with the groups, highlighting ways to meet the perspective according to the needs of the students. It is also evident the importance of the teacher's intervention to guide the investigative process, guaranteeing the construction of learning. Still, the proposal reveals elements listed and developed by the students themselves for the construction of knowledge, based on their conceptions.

KEYWORDS: Inquiry. Physics Teaching. Problems Solving. Experimental Investigative Activity.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio da UDESC, FAPESC e CNPq.

REFERÊNCIAS

- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.
- CARVALHO, A. M. P. As Práticas Experimentais no Ensino de Física. *In*: CARVALHO, A. M. P. (Orgs.). **Ensino de Física**. Coleção Ideias em Ação. 2010. p. 53-78.
- CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 765–794, 2018.
- CLEMENT, L. **Autodeterminação e Ensino por Investigação: Construindo Elementos para Promoção de Autonomia em Aulas de Física**. 2013. 334 f. Tese (Doutorado) - Curso de Educação Científica e Tecnológica, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.
- CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Resolução de Problemas de Lápis e Papel numa Abordagem Investigativa. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 2, p. 98-116, 2012.
- DEGASPERI, F. T. **Modelagem e Análise Detalhadas de Sistemas de Vácuo**. Dissertação (Mestrado em engenharia Elétrica) – Universidade estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, 2002.
- GARCÍA, J. E; GARCÍA, F. F. **Aprender investigando: una proposta metodológica basada em la investigación**. 7. ed. Sevilla, ES: Díada Editora, 2000. 93 p. (Serie Práctica, n. 2. Colección Investigación e Enseñanza).
- GAMA, S. **Introdução à Ciência e Tecnologia de Vácuo**. São Paulo, SP: Ifgw Unicamp, 2002.
- GIL PÉREZ, D. et al. Questionando a didática de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 07-19, 1992.
- MENEGAT, T. M. C.; CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Textos de divulgação científica em aulas de física: uma abordagem investigativa. *In*: VI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 5., 2007. **Anais [...]**. Florianópolis, SC: ABRAPEC, 2007.
- MERIZIO, A. D. **Ensino por Investigação e Tecnologias Móveis: suportes para o ensino de Ondas Sonoras**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências, Matemáticas e Tecnologias) - Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2018.

SÁ, E. F. de. **Discursos de professores de Ciências por investigação**. 2009. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SÁ, E. F. *et al.* As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso especialização em ensino de ciências. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 7., 2007. Anais [...]* Florianópolis, SC: ABRAPEC, 2007.

SAMPIERI, S. H; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. Métodos Mistos. *In: SAMPIERI, S. H; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. Metodologia de Pesquisa*. Tradução de Daisy Vaz de Moraes. 5. ed. Porto Alegre, RS: Penso, 2013. p. 548-604. cap. 17.

STIL, R. **Potencial didático de experimentos investigativos no ensino de Física para o ensino Médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências, Matemáticas e Tecnologias) - Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2018.

Recebido: abril 2023.

Aprovado: maio 2023.

DOI: <http://dx.doi.org/10.3895/etr.v7n2.16723>.

Como citar:

TSCHÁ, S. H.; CLEMENT, L. Formas de se ensinar e aprender investigando: análise de uma Atividade Didática Investigativa pautada em fenômenos físicos a baixa pressão. **Ens. Tecnol. R.**, Londrina, v. 7, n. 2, p. 520-534, maio/ago. 2023. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/etr/article/view/16723>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Sarah Helem Tschá

Rua Paulo Malschitzki, número 200, Bairro Zona Industrial Norte, Joinville, Santa Catarina, Brasil.

Direito autoral:

Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

