

ATIVIDADE INVESTIGATIVA VIRTUAL E MATERIAL: AS ESTRATÉGIAS DOS ESTUDANTES PARA RESOLVER UMA TAREFA SOBRE PÊNDULO SIMPLES

INQUIRY ACTIVITY IN A VIRTUAL AND CONCRET ENVIROMENT: STUDENTS' STRATEGIES FOR SOLVING A SIMPLE PENDULUM TASK

Silvia Porto¹, Amanda Amantes²

¹Instituto Federal de Educação da Bahia/Departamento de Ensino/silviaporto@ifba.edu.br

²Universidade Federal da Bahia/Departamento de Física/amandaamantes@gmail.com

Resumo

Reportamos as estratégias utilizadas pelos estudantes na resolução de uma atividade investigativa sobre Pêndulo Simples em dois ambientes de ensino distintos: computacional e material. A intervenção ocorreu em dois *campus* do Instituto Federal da Bahia: Feira de Santana e Salvador. Contou com a participação de 137 estudantes do Ensino Médio Integrado dos cursos de Mecânica, Automação, Eletrotécnica e Edificações, que desenvolveram atividades e entregaram tarefas de lápis e papel. O método de análise utilizado foi a Análise de Conteúdo Explicativo. A partir dessa análise, foi construído um sistema categórico específico com quatro classes categóricas. Como resultados da análise foram encontradas diferenças em relação ao ambiente de ensino: as estratégias identificadas em função das classes categóricas apresentaram diferentes índices de frequência sendo a estratégia Avaliação de Solução a que apresentou maior índice de diferença entre os ambientes. Esse estudo é de caráter exploratório, e, portanto, apresenta limitações para inferências sobre causalidade.

Palavras-chave: Estratégias. Ambiente de ensino. Atividade investigativa.

Abstract

We report a research regarding to strategies used by students when they perform an inquiry task about Simple Pendulum content. Some students worked in a material environment, while others in a virtual environment. Research was applied at a Federal Public High School in Bahia, Brazil. The Inquiry task was carried out by 137 students, from the Mechanics, Automation, Electronics and Buildings courses. The activities required responses of pencil and paper type. We applied Explanatory Content Analysis for answers interpretation, designing a specific categorical system with four categorical classes to assess strategies. We found differences regarding to strategies used by students depending on environment, and the highest difference was found for the Solution Assessment Strategy. This study is of the exploratory type, therefore, it is not coherent to provide interpretations about causality.

Keywords: Strategies. Teaching environment. Investigative activity.

Introdução

Nesse trabalho apresentamos uma investigação sobre as estratégias utilizadas pelos estudantes para resolver uma atividade investigativa com conteúdo de Pêndulo Simples. Nosso intuito é identificar o modo *como* os estudantes operam em uma atividade dessa natureza em dois ambientes de ensino: um computacional

e o outro material. Consideramos que atividades de natureza investigativa possuem um elevado potencial na mobilização do raciocínio dos estudantes (BORGES, 2002; MILLAR, 2010). Concordamos também que, diante das diversas possibilidades de uso das tecnologias, os experimentos virtuais podem ser considerados uma ferramenta pedagógica em potencial. Contudo, é necessário verificar em que medida a aprendizagem nesse ambiente difere daquela desenvolvida no ambiente material, para que o uso de ambos seja otimizado em relação aos objetivos de ensino (WESENDONK; PRADO, 2015). Com essa perspectiva, foi elaborada uma Sequência de Ensino com Abordagem Investigativa (SEI) que foi aplicada em um ambiente computacional e em um ambiente material sendo analisada, nesse estudo, a estratégia dos estudantes para resolverem uma tarefa sobre a relação entre massa e período.

Atividades investigativas no laboratório de Física

Pesquisas têm apontado que o uso de atividades experimentais contribui significativamente para a aprendizagem de conteúdos de Física (WILCOX; LEWANDOWSKI, 2016; WESENDONK; PRADO, 2015). O tipo atividade investigativa tem se mostrado relevante para promover o envolvimento dos estudantes às tarefas científicas, visando promover a aprendizagem de conteúdos conceituais e procedimentais em um processo de construção contínuo do conhecimento científico dos estudantes (CARVALHO, 2013).

O uso da atividade investigativa independe do tipo de laboratório utilizado para a aula prática. Para essa pesquisa foi utilizado o laboratório investigativo, o qual é composto por um problema que desafia os estudantes a elencar possíveis hipóteses, levando-os a desenvolver a capacidade de observar e descrever o fenômeno observado (HOHENFELD, 2013). Especificamente no ensino de conceitos físicos, essas atividades têm apresentado muitas são as contribuições. Para Zômpero (2011), as atividades investigativas inicialmente promovem o levantamento de hipóteses e, posteriormente, o desenvolvimento de estratégias de resolução de problemas. Dos variados tipos de laboratório, dois deles foram usados nessa pesquisa: o laboratório computacional, no qual os objetos de aprendizagem são protótipos virtuais de objetos reais, por exemplo, as simulações; e o laboratório material entendido enquanto espaço em que a manipulação dos objetos de aprendizagem ocorre de modo palpável (HOHENFELD, 2013).

Coleta de dados

Os dados dessa pesquisa foram coletados no decurso de uma aula prática de 50 minutos (execução da atividade experimental, discussão entre os participantes e o professor, e registro de possíveis respostas com lápis e papel). Os estudantes resolveram uma atividade de natureza investigativa sobre Pêndulo Simples cujo objetivo foi estabelecer a relação entre massa e período. Todos os estudantes já tinham assistido à aula expositiva sobre o conteúdo de Pêndulo Simples com seus respectivos professores da disciplina de Física.

A pesquisa foi aplicada em dois *campus* do Instituto de Educação Federal da Bahia: Feira de Santana e Salvador. A intervenção com a aplicação da atividade de natureza investigativa contou com a participação de 167 estudantes de turmas do 1º e 2º ano do Ensino Médio Integrado dos cursos de: Mecânica, Edificações, Eletrotécnica e Automação. Para o *campus* Feira de Santana contou-se com a participação de 95 estudantes e no *campus* Salvador teve-se a presença de 72

estudantes. Ao todo, foram 87 estudantes no ambiente computacional e 80 estudantes no ambiente material. Entretanto, as respostas da atividade reportada nesse estudo totalizaram 137 (30 deixaram de responder). O professor iniciou a aula expondo o problema proposto no quadro branco e, em seguida, apresentou o experimento para os estudantes (*kit* concreto ou simulação). Durante a execução da atividade, o professor deu suporte técnico e de conteúdo incentivando o desenvolvimento dos procedimentos a partir de questionamentos como: “*O que acontece com o período quando variamos a massa?*”, “*Como resolveu ou está resolvendo o problema?*”. Após a conclusão dos procedimentos experimentais, os estudantes dissertaram sobre o modo *com* resolveram o problema proposto. Apesar de a execução da atividade experimental ter sido em grupo de dois até seis participantes, o registro com lápis e papel ocorreu de modo individualizado. Desse modo, ao final da coleta de dados para esta pesquisa foram recolhidos 167 planos de respostas dos estudantes sendo que, para a questão analisada, somente 137 respostas foram coletadas.

Atividade Investigativa Elaborada Para a Pesquisa

O estudo reportado nesse artigo compreende a análise de uma das tarefas de uma atividade investigativa elaborada para o estudo de conceitos relacionados a Pêndulo Simples a ser aplicada em dois ambientes distintos: computacional e material. Foi escolhida uma simulação computacional no *site* https://phet.colorado.edu/pt_BR/ que tivesse componentes a serem manipulados da mesma forma que em um experimento concreto. Isso foi feito para que pudessemos minimizar, ao máximo, as diferenças de ações para realização de um experimento específico, uma vez que a intenção é diminuir as variáveis de influência aleatórias e identificar o efeito da manipulação de objetos concretos e virtuais. Dessa forma, foram elaborados roteiros que pudessem ser aplicados igualmente nos dois ambientes e, por isso, a simulação, embora apresentasse mais recursos para serem explorados, tinha os elementos necessários para a reprodução do experimento no ambiente material.

No ambiente material foi fornecido um *kit* concreto, disponível no laboratório de Física das Instituições. No ambiente computacional foi disponibilizada para os estudantes uma simulação computacional que pode ser utilizada usando programas *off-line* em mídias de memória auxiliar. Essas simulações reproduzem um fenômeno físico natural em computador possibilitando a reprodução de leis físicas e tendo como suporte linguagens de computadores do tipo *C++*, *Java* ou *Flash*, dentre outras. Os estudantes deveriam utilizar os *kits* disponíveis em cada um dos ambientes de ensino para investigar a relação entre o período de oscilação e a massa do Pêndulo Simples. Eles deveriam fazer um registro com lápis e papel das hipóteses levantadas, do modo como resolveram o problema e, por fim, de uma possível explicação/justificativa fenomenológica para o problema proposto. O problema colocado para os estudantes foi: “*Utilizando o experimento do Pêndulo Simples, investigue a relação entre o período de oscilação e a massa do pêndulo*”. Nesse estudo, será analisada as estratégias utilizadas pelos estudantes ao responderem à questão: “*Qual o modo como resolveram ao problema proposto?*”.

Sistema Categórico

A elaboração do sistema utilizado para avaliar as estratégias foi feita em função do conteúdo reportado nas respostas fornecidas pelos estudantes usando os

recursos lápis e papel. O sistema categórico conteve quatro categorias de respostas, que correspondem à respectiva estratégia de resolução de problema associada. Esse sistema categórico está explicitado no **Quadro 01**. Para cada categoria e subcategoria elencada, foram discriminados níveis categóricos que mantêm entre si um caráter hierárquico semelhante ao modelo estabelecido pela Escala Guttman (1944). Assim, para cada nível categórico de ordem superior existe níveis categóricos de ordem inferior contemplados por ele. O número de níveis categóricos elencados (representados por rubricas) dependeu da qualidade das respostas fornecidas pelos estudantes. Uma vez elaborado o sistema categórico, procedeu-se com uma análise específica a fim de responder à seguinte pergunta:

- Existe diferença nas estratégias utilizadas pelos estudantes no modo em que resolveram o problema proposto ao utilizarem dois ambientes distintos de ensino para executarem a atividade investigativa?

Quadro 01: Sistema categórico para fazer uma análise de conteúdo das respostas fornecidas pelos estudantes sobre o modo como resolveram ao problema da relação entre a massa e o período do Pêndulo Simples

CATEGORIA	EXPLICAÇÃO DA CATEGORIA	NÍVEIS	RUBRICA
Descritiva	Avalia a descrição do procedimento relatada pelo estudante (sem entrar no mérito do conteúdo)	Descreve somente os passos que realizou, sem se referir a grandezas testadas.	RD1
		Descreve os passos e nomeia as grandezas testadas.	RD2
		Descreve os passos, nomeia e descreve as relações que foram testadas.	RD3
Procedimental	Avalia a utilização das grandezas e as variações cabíveis	Variou somente a massa ou só o tempo, ou só o ângulo.	RP1
		Variou massa e tempo (duas grandezas)	RP2
		Variou massa, tempo e ângulo (três grandezas).	RP3
Algébrica	Avalia como o estudante realizou as medidas (1)	Fez apenas uma medida do período com diferentes massas.	RAM1
		Fez várias medidas do período para uma mesma massa, com massas diferentes.	RAM2
		Fez várias medidas do período para uma mesma massa, com massas diferentes e utilizou a média.	RAM3
		Fez apenas uma medida do período com diferentes massas, utilizou a média e explicou o porquê.	RAM4
	Avalia como o estudante realizou os cálculos (2)	Realizou os cálculos para encontrar o período de massas diferentes, com uma medida do período. Raciocínio correto, resposta equivocada.	RAC1
		Realizou os cálculos para encontrar o período de massas diferentes, com várias medidas do período. Raciocínio correto, resposta equivocada.	RAC2
		Realizou os cálculos para encontrar o período de massas diferentes, com uma medida do período. Raciocínio correto, resposta correta.	RAC3
		Realizou os cálculos para encontrar o	RAC4

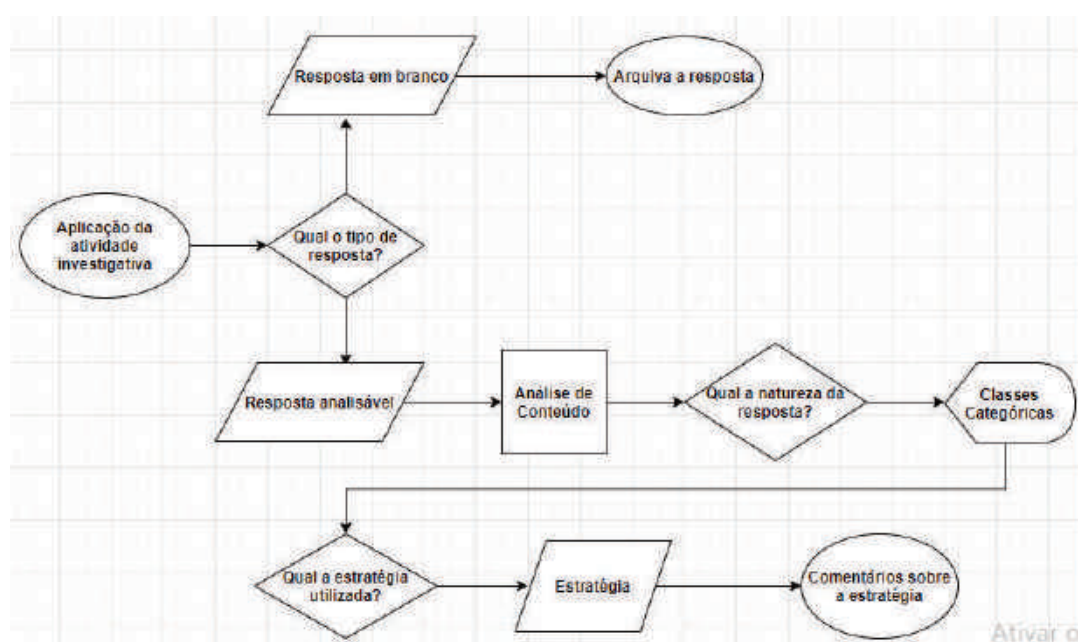
		período de massas diferentes, com várias medidas do período. Raciocínio correto, resposta correta.	
Interpretativa	Avalia como o estudante interpretou o experimento (explicar)	Somente explicitou o desafio sem fornecer explicação fenomenológica.	RI1
		Explicitou o desafio e forneceu explicações confusas e/ou equivocada.	RI2
		Retomou o desafio, explicitou corretamente a relação entre o comprimento e período de oscilação.	RI3
		Retomou o desafio, explicitou corretamente a relação entre o comprimento e período de oscilação e explicitou a independência da massa.	RI4

Fonte: Dados da pesquisa, 2019 – elaborado pelo compilador.

Análise e Resultados

Nesse trabalho apresentamos uma análise do conteúdo explicativo das respostas fornecidas pelos estudantes ao relatarem o modo como resolveram uma atividade investigativa sobre Pêndulo Simples. A **Figura 01** traz um modelo esquemático dos passos executados na análise das respostas dos estudantes.

Figura 01: Modelo esquemático dos passos executados na análise das respostas dos estudantes



Fonte: Dados da pesquisa, 2019 – elaborado pelo compilador.

Especificamente nessa análise, o tipo de estratégia utilizada pelo estudante será definida em função da classe categórica identificada a partir da análise de conteúdo aplicada nas respectivas respostas. Não será feita, nessa pesquisa, uma investigação do grau de complexidade em que cada estratégia se apresentou durante a resolução da atividade investigativa. O **Quadro 02**, a seguir, traz informações referentes aos índices de frequência das categorias elencadas no sistema categórico.

Quadro 02: Frequência dos critérios categóricos nos planos dos estudantes de acordo com o ambiente de ensino

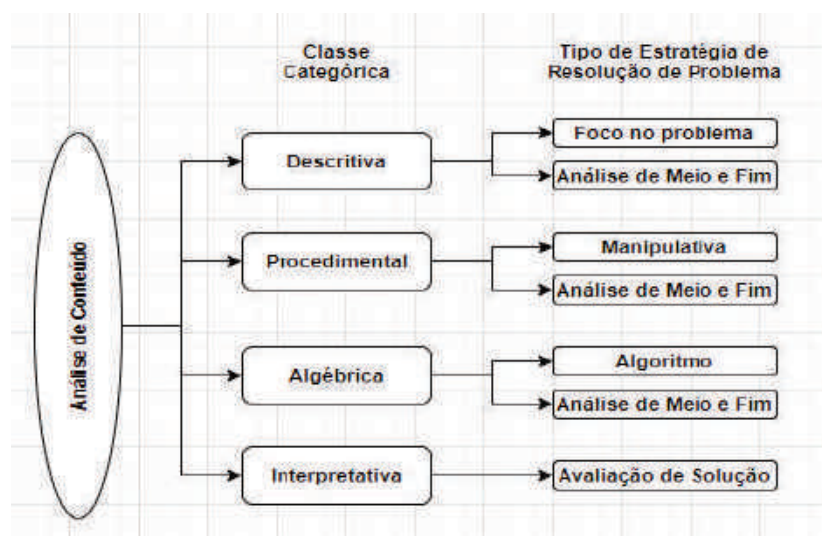
Problema	COMPUTACIONAL		MATERIAL	
	Categorias	% utilizaram	Categorias	% utilizaram
<i>“Existe diferença nas estratégias utilizadas pelos estudantes no modo em que resolveram o problema proposto ao utilizarem dois ambientes distintos de ensino para executarem a atividade investigativa?”</i>	Descritiva	74	Descritiva	82
	Procedimental	69	Procedimental	77
	Algébrica 1	49	Analítica	34
	Algébrica 2	32	Analítica	19
	Interpretativa	30	Interpretativa	4

Fonte: Dados da pesquisa, 2019 – elaborado pelo compilador.

Analisando o **Quadro 02** é possível verificar que houve maior diferença de frequência de respostas nos ambientes na classe *Interpretativa*, sendo maior a incidência no ambiente computacional. Isso é o primeiro indicativo de que esse tipo de ambiente pode favorecer maior interpretação fenomenológica do que o material. Também houve uma diferença considerável para a categoria *Algébrica*, mais contemplada no ambiente computacional. Já para as categorias *Descritiva* e *Procedimental* a maior incidência de respostas foi no ambiente material, ainda que não tenha sido muito grande a diferença e não conseguimos, por essa análise, avaliar o quão significativa foi essa diferença. Esse primeiro resultado nos indica que o ambiente material pode estar enfatizando mais alguns aspectos e habilidades no âmbito da descrição e da execução de ações procedimentais do que incentivando a interpretação e análise algébrica.

Procedendo com uma investigação do tipo de estratégia utilizada pelo estudante em função da classe categórica presente na resposta fornecida pelo mesmo, foram identificados cinco tipos de estratégias de resolução de problema: **Foco no Problema, Manipulativa, Algoritmo, Análise de Meio e Fim, e Avaliação de Solução**. A **Figura02** apresenta a correlação existente entre a classe categórica identificada e o tipo de estratégia associada.

Figura 02: Classe Categórica X Tipo de Estratégia de Resolução de Problemas



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Os estudantes que forneceram respostas de natureza **Descritiva**, 78% da amostra utilizaram a estratégia de resolução de problemas denominada de **Foco no Problema**. Essa estratégia está relacionada com o fato de o estudante fazer uma descrição, mesmo que sucinta, dos passos executados ao manipular o *kit* experimental. Os que forneceram respostas de natureza **Procedimental** apresentaram índice de frequência de 73% da amostra. Assim, um quantitativo grande de estudantes utilizou a estratégia **Manipulativa** a qual, evidencia-se no momento em que o estudante expressa um saber fazer, tomando decisões e realizando ações pensadas voltada para a resolução do problema proposto. Para buscar relações quantitativas entre as grandezas envolvidas, 68% da amostra fizeram uso de relações e expressões **Algébricas**. Do total de participantes, 42% da amostra evidenciaram como realizaram as medidas durante a atividade experimental, e 26% da amostra demonstraram como realizou os cálculos na busca por uma resposta satisfatória. Estes estudantes utilizaram a estratégia de resolução de problemas denominada de **Algoritmo**, relacionada com o modo em que o estudante procedeu com a realização das medidas experimentais e execução dos cálculos necessários durante o processo de resolução do problema. Os estudantes cujas respostas foram associadas simultaneamente às três categorias: Descritivas, Procedimental e Algébrica fizeram uso da estratégia de resolução de problema **Análise de Meios e Fim**, pois para cada uma das etapas da atividade foram tomadas decisões com o objetivo final de encontrar a resposta correta. A categoria **Interpretativa** apresentou um baixo índice de frequência, 17% da amostra. Logo, pode-se concluir que 83% dos estudantes tiveram dificuldade de utilizar a estratégia denominada de **Avaliação de Solução**, relacionada com a capacidade que o estudante tem em fazer um retrospecto com o objetivo de verificar em que medida a resposta obtida pode ser considerada como correta ou aceitável para o problema proposto.

Considerações Finais

Esse trabalho procurou investigar se existe diferença entre as estratégias de resolução de problemas pelos estudantes ao executarem uma atividade

experimental investigativa sobre Pêndulo Simples em dois ambientes distintos de ensino. Como todas as categorias tiveram índices de frequência das respostas relevantes, podemos inferir que nosso resultado reforça o argumento de que atividades investigativas proporcionam o pensar científico dos estudantes (CARVALHO, 2013). Apontamos ainda, algumas diferenças encontradas em relação ao ambiente: as estratégias diferiram em relação ao quantitativo de estudantes que as utilizaram. Ressaltamos que esse é um estudo exploratório e, portanto, limitado para aferir causalidade e evidências mais contundentes. Mesmo assim, os resultados mostram importantes indícios sobre a existência de diferenças de desenvolvimento de habilidades em distintos ambientes de ensino, o que impacta diretamente nas escolhas metodológicas para atender objetivos de ensino específicos.

Referências

- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, n.13, p. 291-313, 2002. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607/6099>. Acesso em: 02 jan. 2020.
- CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativa. In: CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de Ciências por Investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo, Cengage Learning. 2013. Disponível em: <http://www.joinville.udesc.br>. Acesso em: 08 dez. 2019.
- GUTTMAN, L. A Basis for Scaling Qualitative Data. **American Sociological Review**, n. 9, p. 139-150, 1944.
- HOHENFELD, D. P. **A Natureza Quântica da Luz nos Laboratórios Didáticos Convencionais e Computacionais no ensino Médio**. 2013. Tese (Doutorado do Instituto de Física) – Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2013.
- MILLAR, R. Practical work. In: OSBORNE J.; DILLON, J. (eds.), **Good practice in science teaching**: What research has to say. 2nd ed. Maidenhead: Open University Press, 2010.
- ZÔMPERO, A. F. Atividades Investigativas no Ensino de Ciências: Aspectos Históricos e Diferentes Abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação e Ciências**, v. 13, n. 03, p. 67-80, 2011.
- WESENDONK, F. S.; PRADO, L. Atividade didática baseada em experimento: discutindo a implementação de uma proposta investigativa para o ensino de física. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.10, n. 1, 2015.
- WILCOX, B. R.; LEWANDOWSKI, H. J. Open-ended versus guided laboratory activities: Impact on students' beliefs about experimental physics. **Phys. Rev. Phys. Educ. Res.** 12, 020132, 2016.