

DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM DE CONCEITOS FÍSICOS PELA TEORIA DE CAMPOS CONCEITUAIS: UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA COM O USO DA OFICINA “A FÍSICA DO CAMINHAR”

Learning difficulties of physical concepts by the Theory of Conceptual Fields: an investigative approach with the use of the workshop "The Physics of Walking"

Catarina de Oliveira Nunes [catarina.nunes@icen.ufpa.br]

Simone da Graça de Castro Fraiha [fraiha@ufpa.br]

Silvana Perez [silperez@ufpa.br]

Universidade Federal do Pará

R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

Recebido em: 08/09/2023

Aceito em: 16/12/2023

Resumo

Na pesquisa em ensino de Física, uso de novas metodologias para ensinar Ciências é importante para entender de que forma elas podem potencializar o aprendizado dos estudantes. Neste contexto, o uso de atividades investigativas e o enfoque STEAM vem se destacando na literatura da pesquisa na área. A fim de averiguar as potencialidades dessas abordagens para o ensino de Física em turmas de ensino médio brasileiro, a oficina intitulada “A Física do Caminhar”, apresentada deste trabalho, foi criada. Durante as implementações da oficina, são abordados conceitos matemáticos atrelados aos conceitos físicos que estão sendo trabalhados, mais especificamente o movimento do pêndulo simples e proporcionalidade. A partir dessa investigação busca-se entender as dificuldades de aprendizagem dos conceitos considerados na oficina utilizando a teoria cognitivista neopiagetiana chamada Teoria dos Campos Conceituais, proposta por Gérard Vergnaud. Os resultados são construídos por meio da análise das discussões dialéticas orais entre os participantes e os aplicadores da oficina, buscando-se indícios de se os participantes melhoraram seu domínio dos conceitos abordados, demonstrando as potencialidades do uso de abordagem investigativa e STEAM no ensino de conceitos de ciências. Neste trabalho são apresentados dados preliminares obtidos da implementação da oficina piloto “A Física do Caminhar”, para discentes de graduação do curso de licenciatura que são bolsistas de iniciação científica e de extensão.

Palavras-chaves: Ensino por Investigação; Campos Conceituais de Vergnaud; Física do Caminhar.

Abstract

In research in teaching Physics, the use of new methodologies to teach Science is important to understand how they can enhance student learning. In this context, the use of investigative activities and the STEAM approach has been highlighted in the research literature in the area. In order to ascertain the potentialities of these approaches for the teaching of Physics in Brazilian high school classes, the workshop entitled "The Physics of Walking", the focus of this work, was created. During the implementations of the workshop, mathematical concepts linked to the physical concepts that are being worked on are addressed, more specifically the movement of the simple pendulum and proportionality. From this investigation we seek to understand the root of the problem using the neopiagetian cognitivist theory called Conceptual Field Theory, proposed by Gérard Vergnaud. The results are constructed through the analysis of the oral dialectical discussions between the participants and the applicators of the workshop, seeking indications of whether the participants improved their mastery of the concepts addressed, demonstrating the potentialities of the use of investigative approach and STEAM in the teaching of science concepts. This paper presents preliminary data obtained from the implementation of the pilot workshop "The Physics of Walking", for undergraduate students of the undergraduate course who are scholarship holders of scientific initiation and extension.

Keywords: Teaching by Research; Vergnaud's Conceptual Fields; Physics of Walking.

INTRODUÇÃO:

O que se conhece hoje sobre o ensino de Ciências é o resultado de um processo de transformação longo, lento e gradual. O ensino de Física só passou a ser objeto de investigação por volta da década de 1960, após a implementação do projeto “*Physical Science Study Committee (PSSC)*” nos Estados Unidos e, em seguida no Brasil, cujo objetivo era implementar os jovens na carreira científica, onde o método de ensino encontravam-se apoiados em um ensino por transmissão de conteúdos, generalista e extremamente expositivo (ROSA; ROSA, 2012). Entretanto, a partir dos anos 1970, com o surgimento proeminente da Psicologia Cognitiva, as investigações no campo do ensino e da aprendizagem de Ciências passaram a se concentrar na compreensão dos mecanismos subjacentes ao processo de aprendizagem, ancorados na estrutura cognitiva do aluno. Através disso, teve o surgimento de novos teóricos buscando compreender a disposição do conhecimento e como ela interfere na aprendizagem. Estes pesquisadores defendem o uso de atividades investigativas no ensino, as quais devem partir de um problema, por promover o raciocínio e as habilidades cognitivas dos alunos (ZOMPERO; LABURÚ, 2010).

Visando acompanhar essas mudanças no modo de ver a Ciência e, conseqüentemente, de ensinar Ciências, os pesquisadores da área de educação científica vêm se mostrando preocupados em propor alternativas para desenvolver habilidades intelectuais e estratégias de aprendizagem, já que os estudantes precisam aprender a gerenciar sua aprendizagem como forma de ter acesso às informações e delas fazer uso (ROSA; ROSA, 2012). Atualmente, a prática da investigação é empregada no contexto educacional com objetivos adicionais, tais como fomentar o crescimento das capacidades cognitivas dos alunos, promover a execução de passos como formulação de hipóteses, registro e interpretação de dados, bem como cultivar a habilidade de argumentação (ZOMPERO; LABURÚ, 2010).

Com base nessas transformações de contexto de aulas “tradicional” para o ensino investigativo, vale ressaltar:

(...) os alunos devem não somente aprender os conceitos científicos, mas também construir habilidades cognitivas, a partir dos processos que envolvem a atividade científica, tais como: resolução de um problema, levantamento de hipóteses, análise de dados, discussão de resultados, argumentação etc. (SOLINO; FERRAZ; SASSERON, 2015, p. 4)

O avanço cognitivo dos alunos diante de um problema, seja de natureza científica ou social, frequentemente se mostra insuficiente em larga escala dentro da sociedade quando consideramos o âmbito educacional de forma global. Na realidade, há uma falta de estímulo para a abordagem científica, limitando-se apenas à conceptualização de tópicos da Física. O desenvolvimento do senso crítico dos estudantes não está sendo promovido de modo a capacitá-los a compreender profundamente o conteúdo estudado e a relacioná-lo com suas vivências diárias.

Pensando nessa problemática, o projeto de extensão “Ciências em Foco”, do Núcleo de Estudos REPENSE da UFPA, desenvolve uma sequência de oficinas de cunho investigativo e interdisciplinar, utilizando o mesmo aporte metodológico e fundamentação teórica. A primeira oficina, intitulada “Construindo um Músculo Artificial” (SILVA et al, 2022) e a segunda, “A Física do Caminhar”, tem como público alvo alunos da educação básica, especificamente alunos do Ensino Médio, que em geral apresentam dificuldades na área de Ciências Exatas e Naturais. Empregando o Ensino por Investigação e uma abordagem STEAM, a segunda oficina aqui apresentada é uma continuidade da primeira e traz o aprofundamento da discussão do conceito de proporcionalidade, em

um diálogo interdisciplinar com Física e Biologia, ao trabalhar os conceitos relacionados à física envolvida no caminhar dos humanos.

Conforme descrito por Silva et al (2022), durante as implementações da oficina sobre músculo artificial, sempre que conceitos matemáticos eram necessários para explicar comportamentos da natureza, os alunos apresentavam muita dificuldade. Por exemplo, ao abordar o conceito de “*proporcionalidade*”, grande parte dos alunos não conhecia o termo, nem mesmo a expressão matemática relacionada a ele. Essas dificuldades observadas pelos aplicadores nortearam o desenvolvimento sequencial deste trabalho. Desse modo, na oficina “A Física do Caminhar” é feita a revisitação do conceito de “*proporcionalidade*”, agora em outra situação, além de introduzir conceitos físicos envolvidos com o movimento de uma perna ao caminhar, em particular no movimento do “*pêndulo simples*”.

Para analisar os resultados de implementação das oficinas, em particular para entender as dificuldades de aprendizagem dos estudantes quando abordam grandezas proporcionais, utilizamos a “Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud”.

Vergnaud toma como premissa que o conhecimento está configurado no que ele chama de campos conceituais, cujo domínio reivindica um longo período do tempo através de experiência, maturidade e aprendizagem (MOREIRA, 2002). Assim, no contexto das oficinas, pode-se inferir que as dificuldades apresentadas pelos alunos sobre proporcionalidade estejam relacionadas à pouca experiência deles com diferentes situações para construir este conceito, situações estas muitas vezes negligenciadas durante a educação formal.

Para lidar com essa dificuldade, é importante trabalhar os elementos fundamentais que englobam esses campos conceituais em novas situações, em particular no contexto de implementações das oficinas, os quais incluem conceitos, esquemas e invariantes operatórios.

OBJETIVO GERAL

Compreender de que forma se organiza a construção do conhecimento em conceitos científicos, baseando-se na fundamentação teórica da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, a fim de identificar oportunidades de aprimorar o processo de aprendizagem de estudantes do Ensino Médio.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Compreender a relevância de uma abordagem investigativa e interdisciplinar no ensino de Ciências destinado a estudantes do Ensino Médio, visando alcançar um considerável aprimoramento em seus aspectos cognitivos;
- Trabalhar alguns conceitos físicos abordados durante a oficina “A física do Caminhar” relacionando as suas aplicabilidades no cotidiano do aluno;
- Dar continuidade a implementação de oficinas de cunho investigativo e interdisciplinar, utilizando do mesmo aporte metodológico e fundamentação teórica, propostas pelo programa de Extensão do ICEN intitulado Núcleo de Estudos REPENSE-UFPA, em particular explorando o conceito matemático de proporcionalidade;
- Analisar de que forma o conhecimento é configurado na estrutura cognitiva dos estudantes através dos conjuntos que compõe um Campo Conceitual e como as lacunas de aprendizagem se instauram neste meio;

APORTE METODOLÓGICO

A fim de averiguar as potencialidades do uso de novas abordagens – que priorizam a aprendizagem do sujeito – existe a tentativa de se ultrapassar as barreiras impostas pelo senso comum sobre as novas formas de ensinar e aprender, construindo assim, sujeitos com a capacidade de formular opiniões e senso crítico dentro de suas vivências.

Para compreender esse processo de transformação de ensinar/aprender, é necessário apoiar-se em pesquisas que são voltadas para essa temática do ensino e aprendizagem, baseadas nas estruturas cognitivas do sujeito. O desenvolvimento das atividades como a oficina “A Física do Caminhar”, tem como objetivo construir novos interesses através das vivências científicas, afastando-se assim do padrão imposto em sala de aula. Utilizamos, assim, o amparo teórico metodológico do Ensino por Investigação, da Interdisciplinaridade e da Educação STEAM.

O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Apesar de não ter um consenso sobre o termo “investigação” entre os autores que seguem esta linha de pesquisa, existem algumas características em comum que norteiam esta abordagem estudada por eles, a saber: atividades realizadas através de um problema norteador com participação ativa dos alunos a fim de resolver o problema; emissão de hipóteses de acordo com seus conhecimentos pré-existentis; reflexão e busca por informações; capacidade de argumentação, etc. (ZOMPERO; LABURU, 2010).

Sasseron (2015) e Solino (2017) defendem que o ensino por investigação não se trata de uma estratégia metodológica e sim de uma abordagem didática, pois não existe uma “receita” a ser seguida para que se chegue no conceito estudado. Essas práticas partem da ideia de como o professor atuará na construção do conhecimento dos estudantes, não comprometendo a prática investigativa feita por eles. Um exemplo do que pode ser utilizado pelo professor é a exposição de questões interessantes e desafiadoras que regem o problema abordado – fazendo com que os alunos tenham a percepção da cultura científica (CARVALHO, 2006).

Para uma compreensão mais profunda do processo investigativo de ensino em sala de aula, Zompero e Laburu (2010) enfatizam a necessidade de iniciar compreendendo que o ponto central é a apresentação do problema inicial, o qual permanece desconhecido pelos alunos. A partir da proposição desse problema, emerge um levantamento de hipóteses formuladas por eles, alinhadas com seus conhecimentos prévios. Esse processo estimula a comunicação bilateral entre aluno e professor, ampliando o engajamento e a reflexão em torno da proposta. Uma vez delineadas as hipóteses, segue-se a fase de experimentação por parte dos estudantes ou, se o problema for de natureza teórica, uma pesquisa bibliográfica é conduzida. Isso tem como objetivo avaliar todas as hipóteses previamente concebidas. Por meio da observação e análise dos dados resultantes das atividades práticas, estabelece-se uma comparação com os argumentos anteriormente propostos pelos alunos. Esse processo culmina na obtenção de uma conclusão embasada nas evidências.

O processo de desenvolvimento cognitivo advém dessa interação em conjunto de todos os presentes na atividade proposta, juntamente com as trocas de informações de conhecimentos existentes – pois cada sujeito é dotado de conhecimentos singulares de acordo com a sua vivência. Esta abordagem segundo Sasseron (2015) e Solino (2017), apud Carvalho (2013), que afirma a necessidade de:

[...] criar um ambiente investigativo em salas de aula de Ciências de tal forma que possamos ensinar (conduzir/mediar) os alunos no processo (simplificado) do trabalho científico para que possam gradativamente ir ampliando sua cultura científica, adquirindo, aula a aula, a linguagem científica (CARVALHO, 2013, p. 9).

Para que haja um aproveitamento considerável por parte dos alunos, deve-se entender que os professores precisam de um esforço contínuo para manter suas práticas didático-pedagógicas em

concordância com esta abordagem didática – sendo uma delas a responsabilidade de ser o mediador de todo o processo investigativo, sem perder seu posto de autoridade social e epistêmica (SASSERON, 2015; SOLINO, 2017).

O emprego dessas estratégias educacionais, por conseguinte, tem como objetivo fomentar uma interação mais profunda entre a cultura científica e a cultura escolar. Isso direciona para o desenvolvimento do pensamento crítico em relação aos desafios do mundo real no dia a dia, o aperfeiçoamento das habilidades argumentativas e a resolução de problemas através de interações sociais.

A INTERDISCIPLINARIDADE

Assim como o ensino por investigação ganhou relevância na literatura a partir da década de 1970, com o progresso das pesquisas no campo cognitivo da aprendizagem, a abordagem interdisciplinar também emergiu no contexto educacional nessa mesma época.

Devido aos avanços tecnológicos e científicos, por um longo período, a educação estava predominantemente focada na formação de futuros cientistas, utilizando métodos tradicionais e fixos (ROSA; ROSA, 2012). Nesse cenário, a Ciência passou a se apresentar de maneira cada vez mais fragmentada, com seus conhecimentos respectivos limitados a áreas específicas. Como Thiesen (2008), apud Pombo (2004) afirma:

[...] a ciência moderna se constitui pela adoção da metodologia analítica proposta por Galileu e Descartes. Isto é, se constituiu justamente no momento em que adoptou uma metodologia que lhe permitia “esquartejar” cada totalidade, cindir o todo em pequenas partes por intermédio de uma análise cada vez mais fina. Ao dividir o todo nas suas partes constitutivas, ao subdividir cada uma dessas partes até aos seus mais ínfimos elementos, a ciência parte do princípio de que, mais tarde, poderá recompor o todo, reconstituir a totalidade. A ideia subjacente é a de que o todo é igual à soma das partes (POMBO, 2004, p. 5-6).

No âmbito escolar, a interdisciplinaridade ainda está na sua fase primária apesar de existirem esforços para que se instaure nos currículos escolares. Isso se dá devido à grande resistência perante acomodações que se instalam nas fronteiras disciplinares, ou seja, é necessário sair da zona de conforto e ir atrás de novos desafios que batem de frente com o mecanicismo disciplinar. Este autor também afirma que o processo de ensino-aprendizagem só tem a ganhar com a perspectiva interdisciplinar, pois segundo Thiesen (2008):

(...) possibilita o aprofundamento da compreensão da relação entre teoria e prática, contribui para uma formação mais crítica, criativa e responsável e coloca escola e educadores diante de novos desafios tanto no plano ontológico quanto no plano epistemológico. (THIESEN, 2008).

Há uma demanda por revitalizar a reconexão entre as disciplinas científicas, buscando uma familiarização com a complexidade genuína dos desafios do dia a dia. Esses desafios são formados por diversas formas de conhecimento que guiam a abordagem de um problema específico. Assim, a adoção da abordagem interdisciplinar desempenha um papel importante no processo de aprendizagem individual, notavelmente cultivando o senso crítico e a compreensão do mundo.

A EDUCAÇÃO STEAM

A educação STEM (*Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática*) tem o objetivo de estreitar relações entre alunos e ciências e, conseqüentemente, instigá-los a seguir carreira científica. A ideia desse modelo é a conceitualização dessas disciplinas como uma entidade coesa, cujo ensino é construído à medida em que a aplicação de problemas do mundo real é feita (SANDERS, 2009).

Existem formas diferentes de trabalhar com a educação STEM: alguns autores defendem a conceitualização através da renovação de cada disciplina abordada, outros apoiam uma educação multidisciplinar e integrativa em que o ensino dos conteúdos seja semelhante ao tratamento delas na vida real (TOMA; GREGA, 2017). Por isso, Pitt (2009) afirma que:

[...] essa abordagem é complexa e não há consenso sobre como o conteúdo deve ser organizado, ensinado e avaliado e em que estágio educacional sua implementação seria mais conveniente e benéfica. (PITT, 2009).

Com a economia criativa ganhando um espaço considerável e grande importância no século XXI, surgiu um movimento na universidade americana *Rhode Island School of Design* (RISD) de adicionar Arte e Design ao STEM, surgindo então a sigla STEAM.

De acordo com as ideias propostas na Educação STEAM, é possível obter resultados positivos no aprendizado de um sujeito por se assemelhar a problemas reais e trazer a tecnologia e inovação para a sala de aula, explorando as habilidades de cada estudante e aprimorar também o senso crítico perante informações. Este processo requer 5 etapas básicas: 1) Investigar; 2) Descobrir; 3) Conectar; 4) Criar; 5) Refletir.

Através dessas etapas, os alunos têm a oportunidade de experimentar a cultura científica por meio da participação em atividades divertidas e interdisciplinares. Isso contribui para o desenvolvimento da capacidade crítica e da curiosidade de maneira reflexiva e interpretativa. Em essência, a abordagem STEAM aproveita os elementos do ensino investigativo e da interdisciplinaridade para elaborar projetos, workshops e tarefas escolares, com o objetivo de cultivar um processo de aprendizado menos automatizado e mais humanizado.

A TEORIA DE CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD

Baseando-se na fundamentação teórica encontrada para explicar o processo de aquisição da aprendizagem dos estudantes na aplicação da primeira oficina “Construindo um Músculo Artificial” foi mantido os estudos sobre a Teoria de Campos Conceituais, desenvolvida por Gerárd Vergnaud (MOREIRA, 2002), a fim de dar continuidade às pesquisas em busca de respostas para compreender e solucionar as dificuldades demonstradas pelos participantes das oficinas, agora desenvolvida na oficina “A Física do Caminhar”.

CAMPO CONCEITUAL

Vergnaud, discípulo de Piaget, desenvolveu a Teoria dos Campos Conceituais, uma perspectiva cognitivista da aprendizagem que transcende as concepções de seu antecessor. Segundo Moreira (2002), Vergnaud formaliza que:

O conhecimento é organizado por uma série de campos conceituais cujo domínio, por parte do sujeito, ocorre ao longo de um longo período de tempo, através de experiência, maturidade e aprendizagem. (VERGNAUD, 1982, p.40)

Além disso, esses campos são formados por um conjunto heterogêneo de uma infinidade de problemas, situações, conceitos, etc., que se conectam entre si durante o processo de aprendizagem (MOREIRA, 2002).

Então, segundo Moreira (2002), Vergnaud se baseou em três argumentos para validar o conceito de campo conceitual, sendo eles: 1) Um conceito não se forma em um só tipo de situação; 2) Uma situação não se analisa com apenas um conceito; 3) A construção de um conceito e todas as suas propriedades é feita de maneira lenta e gradual, estendendo-se por meses ou até anos, tendo desentendimentos e analogias entre situações durante o processo.

CONCEITOS

Para o Vergnaud, a definição de conceito traz uma analogia da matemática que diz que o conceito é composto de um triplete de três conjuntos. Esses conjuntos são definidos como S, I e R, representando então o conceito, por $C = (S, I, R)$. Então, por definição (MOREIRA, 2002):

- S é um conjunto de situações que dão sentido ao conceito;
- I é um conjunto de invariantes operacionais, que podem ser objetos, propriedades e relações;
- R é um conjunto de representações simbólicas.

O primeiro conjunto (S) tem como alvo o conceito; o segundo (I), o significado do conceito; o terceiro (R) é o significante do conceito através de representações. Este triplete (S, R, I) mostra que S é a realidade – conjunto de situações reais que vão formar o conceito sobre determinado assunto) – e (I, R) a representação do pensamento – o significado (I) e o significante (R) (MOREIRA, 2002).

SITUAÇÕES

A partir do conceito de campo conceitual e do conceito propriamente dito, é explicado por Moreira (2002) que cada campo conceitual é composto por uma série de situações, onde o conjunto dessas situações é que darão sentido ao conceito dos conhecimentos estudados. Essas situações são vistas como uma combinação de tarefas para as quais é imprescindível saber suas naturezas e dificuldades próprias. Faz-se necessário, então, facilitar o contato do aluno com diversas situações referentes ao conceito, de modo a abranger maiores condições de ampliação e desenvolvimento cognitivo – fazendo com que todos esses processos cognitivos e as respostas dadas pelo próprio aluno são funções das situações com as quais estão sendo apresentadas para ele (SANTANA; ALVES; NUNES, 2015).

Para que um estudante, então, domine uma situação mais simples e passe a dominar outra mais complexa, pode-se ter um tempo significativo e longo e este processo passa por:

[...] situações, palavras, algoritmos e esquemas, símbolos, diagramas e gráficos... e aprenderá, às vezes por descoberta, às vezes por repetição, às vezes representando e simbolizando, às vezes diferenciando, às vezes por redução de diferentes coisas para outras. Isso porque o panorama da aquisição do conhecimento é muito complexo [...] (VERGNAUD, 1994, p. 46).

É possível observar, então, que dentro dessa perspectiva de aquisição do conhecimento, estão envolvidas as “relações, propriedades, registros e representações” inerentes ao conceito a ser formado, utilizando-se uma gama de diferentes situações (das simples às mais complexas) para que ocorra a sua aprendizagem (SANTANA; ALVES; NUNES, 2015).

ESQUEMAS

Moreira (2002) diz que o esquema “é a organização invariante do comportamento para uma determinada situação” – maior contribuição de Piaget para esta teoria – e que o entendimento sobre esquemas “está relacionado ao entendimento dos elementos cognitivos que fazem com que a ação do sujeito seja operatória”. É neste estudo de Vergnaud (1990) que os esquemas serão importantes para “descrever e compreender os processos de resolução de problemas”, e não somente descrever problemas já conhecidos.

Segundo Moreira (2002), Vergnaud define 4 ingredientes dos esquemas, que são: 1) Metas e antecipações; 2) Regras de ação, busca por informações e controle; 3) Invariantes operatórios (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação); 4) Possibilidades de inferência (ou raciocínios).

INVARIANTES OPERATÓRIOS

Os invariantes operatórios “representam aquilo que se preserva nos conceitos e que permite que sejam reconhecidos como tais nas situações”; representando, então, o significado do conceito (CARVALHO JR.; AGUIAR JR., 2008). É possível especificar esses invariantes (expressão mais abrangente) em duas categorias: conceito-em-ação e teorema-em-ação. Essas duas expressões designam os conhecimentos contidos nos esquemas, onde o teorema-em-ação é uma proposição considerada como verdadeira sobre o real e, o conceito-em-ação, é uma categoria de pensamento considerada como pertinente (MOREIRA, 2002).

A OFICINA “A FÍSICA DO CAMINHAR”

Conforme discutido anteriormente, a exploração e o aprimoramento do ensino investigativo têm ganhado destaques significativos, impulsionados pelo avanço tecnológico e pelo desenvolvimento de estudos centrados na aprendizagem cognitiva. Sendo assim, foi desenvolvido um projeto que colocou em prática trabalhos que tem como fundamentos a abordagem investigativa, a interdisciplinaridade e a abordagem STEAM. O projeto de extensão Ciência em Foco – vinculado ao Programa de Extensão do Instituto de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal do Pará (UFPA) intitulado Núcleo de Estudos REPENSE – tem como objetivo levar alunos do Ensino Médio para realizar oficinas experimentais de Ciências em laboratórios didáticos da própria universidade. Neste processo, os licenciandos desenvolvem práticas diferenciadas para o ensino de Ciências e os alunos de educação básica vivenciam a universidade.

A primeira oficina realizada com esse propósito surgiu durante uma aula ministrada por uma professora membro do grupo REPENSE na disciplina de Laboratório Básico II no ano de 2018, onde foram utilizadas metodologias de cunho investigativo. As atividades e avaliações tinham como premissa a utilização de problemas em aberto através do *International Young Physicists' Tournament* (IYPT) (Disponível em: www.iypt.com.br, 2015).

A abordagem utilizada no contexto do laboratório envolvia a seleção de questões em aberto do IYPT, que eram então distribuídas entre grupos de estudantes. Cada equipe optava por um problema específico. A avaliação era conduzida através da identificação das dificuldades enfrentadas ao explorar os conceitos ligados a cada situação, e por meio de uma investigação sistemática, buscavam-se resultados substanciais para resolver o problema designado. Em uma dessas equipes, um problema relacionado à criação de um músculo artificial foi escolhido. Esse músculo artificial tinha como objetivo reproduzir o comportamento de um músculo humano e era construído integralmente a partir de nylon.

Em conjunto com o REPENSE, alunos da graduação – os que fizeram parte do grupo da disciplina que trabalharam com o músculo artificial – esquematizaram passo a passo a oficina intitulada “Construindo um Músculo Artificial”, a fim de obter uma construção gradativa dos conhecimentos desde conceitos básicos de Biologia e Física, bem como também a confecção dos músculos pelos próprios alunos.

Para dar continuidade às investigações e pesquisas vinculadas ao projeto de extensão, foi desenvolvida pelos alunos de graduação e membros do REPENSE uma nova oficina intitulada “A Física do Caminhar”. O propósito dessa oficina é explorar abordagens investigativas, seguindo o alicerce teórico estabelecido na primeira oficina.

Durante a implementação da oficina “A Física do Caminhar”, ocorre uma ampliação no entendimento do conceito de “proporcionalidade”, que foi abordado na oficina anterior, com a finalidade de fazer a retomada da construção do conhecimento científico, acerca dos conceitos abordados sobre proporcionalidade. Na oficina “A física do Caminhar”, é importante que os estudantes consigam identificar onde os conceitos abordados se entrelaçam com os experimentos que são realizados. Além de ser introduzido o conceito de “*pêndulo simples*”, que por sua vez, se faz

necessário para assimilações e modelos físicos que são discutidos com os estudantes ao longo da oficina. Embora essas oficinas sejam sequenciais, elas podem ser conduzidas de maneira independente. No entanto, é recomendável que os alunos que participem da segunda oficina já tenham frequentado a primeira, a fim de terem uma base prévia mais consolidada.

METODOLOGIA

O arranjo da oficina é realizado em três etapas, sendo idealizado para ser realizado em três dias diferentes. Cada etapa, com duração de 4 horas em média, é dividida em dois momentos: o primeiro momento para a abordagem teórica, onde os estudantes tem a oportunidade de trabalhar a implicação dos conceitos e as discussões levantadas ao longo da aplicação da oficina, e o segundo momento para os experimentos estipulados, onde os estudantes realizam as atividades experimentais e põem em prática o que aprenderam. Vale ressaltar que no primeiro momento, apesar de ser de cunho teórico, o foco se dá na utilização de abordagens investigativas. Concomitantemente, a parte prática também precisa de recursos metodológicos que trabalhem com a investigação

No primeiro dia (ETAPA 1), Momento I, é apresentada a temática da oficina e faz-se um levantamento de questões para compreender o que os estudantes entendem sobre conhecimento científico. No Momento II é realizado o primeiro experimento com os estudantes, denominado “O Caminhar”. No segundo dia (ETAPA 2), Momento I, é feita a retomada do DIA 1 e logo após, são realizadas discussões explorando os conceitos de: Modelos Físicos, Grandezas Físicas, Proporcionalidade, Pêndulo Simples e a relação Pêndulo e Perna; finalizando o DIA 2 com o Momento II, é realizado um experimento de medidas, utilizando o aplicativo *PhET Interactive Simulations* (Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/). O terceiro dia (ETAPA 3), no Momento I, é feita a retomada das medidas realizada pelos estudantes no experimento do DIA 2, a análise e conclusão obtida pelos participantes e por fim o Momento II, onde ocorre a explicação teórica dos conceitos que foram abordados ao longo da oficina. A Tabela 1 apresenta a esquematização da oficina:

Tabela 1: Esquematização da oficina “A Física do Caminhar”

ETAPAS	MOMENTO I	MOMENTO II
ETAPA 1	Levantamento de Questões + Apresentação de Slides	Experimento 1
ETAPA 2	Levantamento de Questões + Apresentação de Slides	Experimento 2
ETAPA 3	Levantamento de Questões + Apresentação de Slides	Experimento 3

Fonte: Próprio autor.

Nos momentos em que acontecem as atividades, são feitas perguntas direcionadas aos alunos em que é possível discutir sobre o que os estudantes entendem sobre o assunto em questão, para poder construir o conceito abordado numa abordagem investigativa.

DETALHAMENTO DA OFICINA E RESULTADOS PRELIMINARES

Inicialmente foi realizada uma aplicação piloto da oficina, para os bolsistas de graduação vinculados ao Núcleo de Estudos REPENSE, com o intuito de modelar e definir os parâmetros que poderão ser alcançados com a oficina “A Física do Caminhar”. A seguir, apresentamos o detalhamento de cada etapa, bem como os resultados preliminares.

ETAPA 1 – MOMENTO I

O momento I da Etapa 1 é dividido da seguinte forma:

- Apresentação da temática: imagens e vídeos de pessoas de diferentes alturas caminhando e diferentes tipos de objetos como movimento pendular
- Levantamento de perguntas de investigação a respeito da temática, que auxiliem os alunos a fazerem a construção do conhecimento científico;
- Apresentação de *slides* que auxiliem os alunos a responderem as questões apresentadas durante o decorrer da oficina.

ETAPA 1 – MOMENTO II

No momento II da Etapa 1 é realizado um experimento com os estudantes. Os passos dele são sugeridos como segue:

Passo 1: *Faça dupla com alguém mais baixo ou mais alto que você;*

Passo 2: *Caminhe sozinho ao lado dessa pessoa de uma ponta a outra da sala, depois caminhem de braços dados com essa pessoa (Figura 1);*

Passo 3: *Diga o que você observou;*

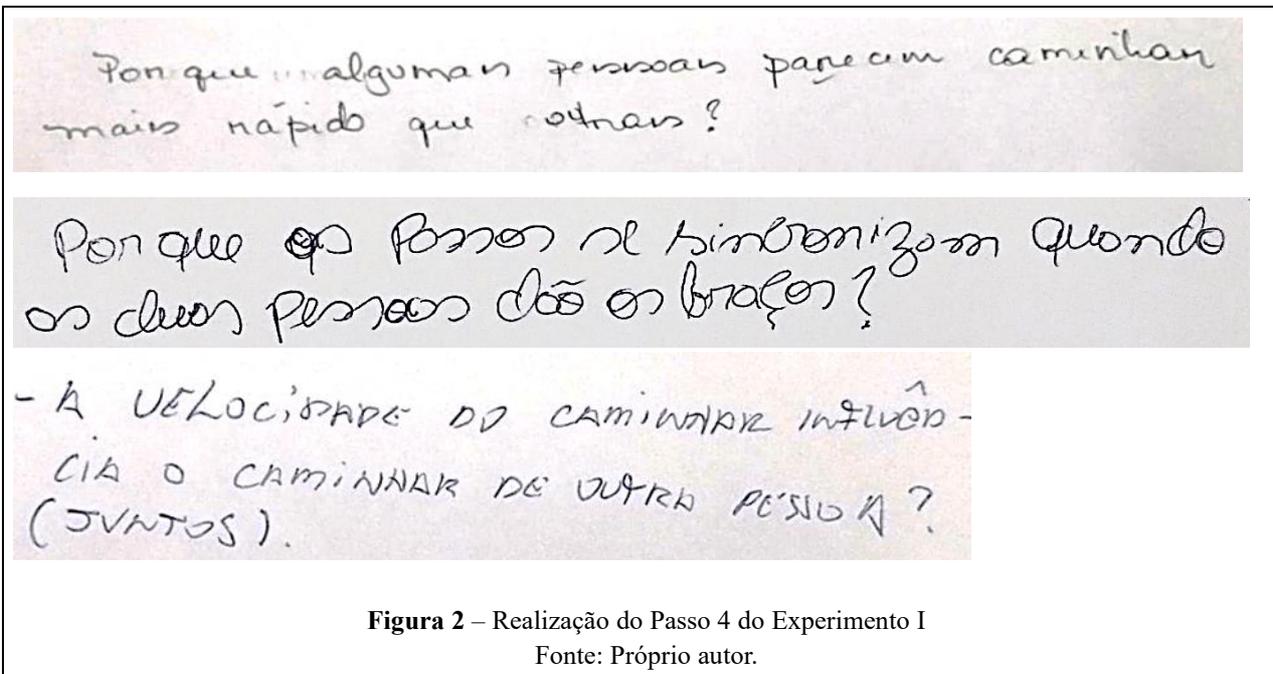
Passo 4: *Formule uma pergunta de investigação sobre que possibilite você entender o que observou na caminhada (Figura 2).*

A Figura 1 ilustra o Passo 2 do Experimento I - (*Caminhe sozinho ao lado dessa pessoa de uma ponta a outra*) e (*Depois caminhem de braços dados com essa pessoa*), respectivamente:



Figura 1 – Realização do Passo 2 do Experimento I
Fonte: Próprio autor.

A Figura 2 ilustra o Passo 4 do Experimento I - (*Formule uma pergunta de investigação sobre que possibilite você entender o que observou na caminhada*).



ETAPA 2 – MOMENTO I

Na segunda etapa novamente é retomada a questão do caminhar das pessoas de alturas diferentes, explorando o material trazido pelos estudantes e trazendo possíveis respostas para as perguntas. A seguir são apresentados slides que estimulem os alunos a responderem as questões apresentadas durante o decorrer da oficina.

No segundo momento da Etapa II, é utilizada uma simulação do Pêndulo Simples no PhET Interactive Simulations (Experimento II). É importante ressaltar optou-se em trabalhar com um simulador ao invés de um pêndulo simples “real”, devido a praticidade do aplicativo e o objetivo de explorar a ideia de grandezas proporcionais, muito facilitado pela idealização presente no aplicativo.

A Figura 3 ilustra os dados coletados pelas equipes no Experimento II

• Pêndulo 1 (0.50°)
massa: 0.5 kg
Tabela 01

H = 0.5kg L (m)	T (s)	H = 1.0(kg) L (m)	T (s)
0.2	0.8989	0.2	0.8989
0.4	1.2712	0.4	1.2712
0.6	1.5569	0.6	1.5569
0.8	1.7977	0.8	1.7977
1.0	2.0099	1.0	2.0099

Tabela 02

L (m)	T (s)	T ² /L
0.2	0.8989	4.1945
0.4	1.2712	3.178
0.6	1.5569	2.5978
0.8	1.7977	2.2471
1.0	2.0099	2.0099

Tabela 03

L (m)	T (s)	T ² /L
0.2	0.8989	4.1040
0.4	1.2712	4.020
0.6	1.5569	4.039
0.8	1.7977	4.039
1.0	2.0099	4.039

Figura 3 – Experimento II: Dados obtidos pelas equipes com o uso do simulador PhET
Fonte: Próprio autor.

ETAPA 3 – MOMENTO I

Na etapa III, Momento I, é abordado o conceito de proporcionalidade para construir uma equação matemática relacionando o quadrado do período do pêndulo simples e o seu comprimento. A seguir, é apresentada a discussão teórica desse movimento.

ETAPA 3 – MOMENTO II

Finalmente, é retomada a questão inicial da oficina, por meio do Experimento III. Para isso, o mediador propõe um modelo simplificado para o movimento da perna ao caminhar, por meio de um pêndulo simples. Propõe-se às equipes obter o período de oscilação da perna ao caminhar, e analisando os resultados, comparando-o com os valores teóricos previstos no pêndulo simples. Abaixo apresentamos uma sugestão de encaminhamento para esta etapa.

- Experimento 3: “Vamos Caminhar?”

Passo 1: *Com ajuda dos seus colegas e uma fita métrica, meça o comprimento da sua perna;*

Passo 2: *Caminhe em linha reta, sem olhar para baixo (uma contagem de 6 passos);*

Passo 3: *Com a ajuda de um cronometro, peça para um colega contabilizar o tempo que você levou para dar os 6 passos;*

Passo 4: *Com os valores obtidos, vamos fazer os cálculos.*

Os resultados obtidos para o movimento das pernas tiveram a mesma ordem de grandeza dos previstos em um modelo teórico, sendo o comprimento da perna o comprimento do pêndulo simples, embora em média os valores reais eram o dobro dos previstos no modelo. Nesse momento, é possível discutir outras possibilidades de pêndulos para melhorar o resultado, trazendo para o debate as limitações dos modelos simplificados da natureza.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A oficina “A Física do Caminhar” foi originalmente pensada para aproximar os estudantes de educação básica da Ciência, por meio da educação STEAM e do ensino por investigação, a fim de instigar os alunos a desenvolver o pensamento crítico e científico perante situações existentes em seu cotidiano. Esta oficina visa revisitar conceitos abordados na oficina “Construindo um Músculo Artificial” em especial o de proporcionalidade, em situações diferentes, agora envolvendo o movimento do Pêndulo Simples. Neste trabalho apresentamos uma implementação piloto dela, com discentes do curso de licenciatura em Física. Os resultados foram promissores e o próximo passo é implementá-la no contexto da Educação Básica.

REFERÊNCIAS

CARVALHO Jr, G. e AGUIAR Jr., O.; **Os Campos Conceituais de Vergnaud como ferramenta para o planejamento didático.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 25, n. 2: p. 207-227, ago. 2008.

CARVALHO, A. M. P. **O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas.** In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013, cap. 1, p. 1-20.

IYPT, International Young Physicists’ Tournament.; **Problemas IYPT Brasil 2015.** Disponível em: <<https://www.iypt.org/problems/>>. Acesso em: 05 de jun. de 2021.

MOREIRA, M. A.; **Aprendizagem significativa em mapas conceituais.** Textos de Apoio ao Professor de Física 24 (6), 2013.

MOREIRA, M. A; **A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Pesquisa nesta Área**; *Investigação em Ensino de Ciências*, V7(1), pp. 7-29, 2002.

ROSA, Cleci Werner; ROSA, Álvaro Becker. **O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais**. *Revista Ibero-americana de Educação*, [s. l.], v. 58, n. 2, p. 1-24, 2012.

SASSERON, L. H. **Interações discursivas e investigação em sala de aula: O papel do professor**. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) *Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013, cap. 3, p. 41-61.

SANDERS, M. (2009). **STEM, STEM Education, STEM Mania**. *Technology Teacher*, 68(4).

SILVA, A. C. S.; FRAIHA, S. G. C.; BARAUNA, F.; PEREZ, S.; CALDAS, P. H. L. **Dificuldades de aprendizagem de conceitos científicos na perspectiva da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud: um estudo de caso em uma oficina sobre o funcionamento de um músculo artificial**. *Experiências em Ensino de Ciências (UFMT)*, v. 17, p. 12-33, 2022.

SOLINO, A. P.; FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H.; **Ensino por investigação como abordagem didática: desenvolvimento de práticas científicas escolares**. XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física, p. 1-6, 2015.

SANTANA, Eurivalda; ALVES, Alex Andrade; NUNES, Célia Barros.; **A Teoria dos Campos Conceituais num Processo de Formação Continuada de Professores**. *Bolema*, Rio Claro, v. 29, n. 53, p. 1162-1180, dez. 2015.

THIESEN, J. S.; **A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem**. *Revista Brasileira de Educação* v. 13 n. 39 set./dez. 2008.

TOMA, Radu Bogdan; GRECA, Ileana M., **The Effect of Integrative STEM Instruction on Elementary Students' Attitudes toward Science**. Department de Didácticas Specifics, Universidad de Burgos, SPAIN. December, 2017.

VERGNAUD, G. et al. **Epistemology and psychology of mathematics education**. In Nesher, P. & Kilpatrick, J. (Eds.) **Mathematics and cognition: A research synthesis by International Group for the Psychology of Mathematics Education**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

VERGNAUD, G.; **Multiplicative structures**. In Lesh, R. and Landau, M. (Eds.) **Acquisition of Mathematics Concepts and Processes**. New York: Academic Press Inc. pp. 127-174, 1983.

ZOMPERO, A. F., & LABURÚ, C. E. **As atividades de investigação no Ensino de Ciências na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa**. *Revista Electrónica de Investigación em Educación en Ciencias*. V.5, n. 2, 2010.