



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM BASEADA EM METODOLOGIAS DE APRENDIZAGEM ATIVA PARA ENSINAR ESTÁTICA

ANALYSIS OF A TEACHING-LEARNING SEQUENCE BASED IN ACTIVE LEARNING TO TEACHING STATIC

Carla Dayane de Andrade¹, Celso José Viana-Barbosa^{1,2}

¹ Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal de Sergipe (UFS), carladayaneandrade@hotmail.com.

² Departamento de Física Campus Itabaiana, Universidade Federal de Sergipe (UFS), cjvianna@academico.ufs.br

Resumo

O ensino de física na educação básica tem priorizado um aprendizado baseado na automatização ou memorização, quando na verdade deve ser valorizada a construção do conhecimento por meio do protagonismo estudantil. Este trabalho tem como objetivo analisar uma Sequência de Ensino-Aprendizagem (SEA) baseada na utilização de metodologias de aprendizagem ativa, para promover o ensino de estática dos corpos rígidos. O referencial teórico pedagógico apoiou-se na Teoria da Aprendizagem Significativa que auxiliou na construção de materiais e na utilização das estratégias que conduziram a uma aprendizagem potencialmente significativa. A Tabela de Taxonomia de Bloom Revisada foi utilizada na sequência de ensino-aprendizagem para classificar os objetivos de aprendizagem e questões utilizadas no pré e pós-teste. O caminho metodológico adotado na SEA, foi pautado na utilização integrada dos métodos Ensino sob Medida (EsM) e Instrução por Colegas (IpC), seguida da resolução de Problemas Ricos em Contexto (PRC). A SEA foi estruturada em cinco encontros presenciais e aplicada em quatro turmas do primeiro ano da escola, que foram divididas em uma turma de controle e três turmas experimentais, sendo coletados dados referentes à pré e pós-testes e resolução de problemas ao longo da SEA. Após a análise dos resultados, observou-se que as turmas que participaram da SEA apresentaram um melhor nível de formalização nas respostas quando comparadas as da turma de controle. A SEA mostrou-se essencial para despertar nos alunos a criticidade e a curiosidade no processo de construção do conhecimento.

Palavras-Chave: Estática, aprendizagem ativa, sequência de ensino-aprendizagem.

Abstract

The physics teaching in basic education has prioritized learning based on automation or memorization, when in fact the construction of knowledge through student protagonism should be valued. This work aims to analyze a Teaching-Learning Sequence (TLS) based on the use of active learning, to promote the teaching of rigid bodies statics. The pedagogical theoretical framework was supported by the Meaningful Learning Theory, which helped in the construction of materials and in the use of strategies that led to potentially meaningful learning. The Revised Bloom Taxonomy Table was used in the teaching-learning sequence to classify the learning objectives and questions used in the pre- and post-test. The methodological path adopted at TLS was based on the integrated use of the Just-in-Time Teaching (JiTT) and Peer Instruction (PI) methods, followed by the resolution of Context Rich Problems (CRP). The TLS was structured in five face-to-face meetings and applied in four classes of the first year of the school, which were divided into a control group and three experimental groups, being collected data referring to pre and post-tests and problem solving



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

throughout the TLS. After analyzing the results, it was observed that the groups that participated in the TLS presented a better level of formalization in the answers when compared to the control group. The TLS proved to be essential to awaken criticality and curiosity in students in the knowledge construction process.

Keywords: Static, active learning, teaching-learning sequence.

Introdução

Este artigo apresenta a análise da aplicação de uma Sequência de Ensino-Aprendizagem (SEA) elaborada para ensinar os conceitos referentes à estática dos corpos rígidos, desenvolvida no âmbito do programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como proposta de aplicar combinações de metodologias de aprendizagem ativa no Ensino Médio (ANDRADE, 2022).

O ensino de Física na educação básica frequentemente tem se baseado na prática tradicional, priorizando o ensino pela repetição e memorização. Desta forma, os conceitos, leis e fórmulas apresentadas aos estudantes, de maneira desarticuladas, não geram significado. A consciência crítica em relação as limitações do modelo de ensino tradicional e a necessidade de mudança no processo de ensino-aprendizagem viabilizaram a utilização de metodologias de aprendizagem ativa no ensino de Física. Nestas metodologias o processo pedagógico está centrado na figura do estudante, conduzindo-o a uma aprendizagem potencialmente significativa.

O produto educacional analisado neste trabalho trata-se de uma Sequência de Ensino-Aprendizagem baseada na utilização de metodologias de aprendizagem ativa, para facilitar o entendimento de conceitos de centro de gravidade, condições de equilíbrio e estudo das alavancas. Para aplicar as metodologias integradas Instrução por Colegas e Ensino Sob Medida, elaborou-se um conjunto de materiais, tais como textos, tarefas de leitura (TL), testes conceituais (TC). Na aplicação dos PRC foram utilizados problemas reais de Física resolvidos em grupos colaborativos.

O produto educacional gerou diferentes subprodutos como: questões para serem usadas como pré-teste, material para leitura prévia, tarefas de leitura, testes conceituais e problemas ricos em contexto com suas respectivas soluções e tutorial para uso da simulação do PhET. A aplicação do produto foi feita em 5 encontros, divididos em diferentes momentos.

1. Fundamentação Teórica

1.1 SEQUÊNCIAS DE ENSINO APRENDIZAGEM

Nos anos setenta e início dos anos oitenta, muita importância foi dada à investigação sobre concepções espontâneas e formas comuns de raciocínio dos alunos. A questão então levantada era: como levar em conta esses elementos de informações para o ensino? Tentando dar respostas a esta importante questão, muitas sequências de ensino-aprendizagem foram desenvolvidas e experimentadas em salas de aula (MÉHUT, 2005).

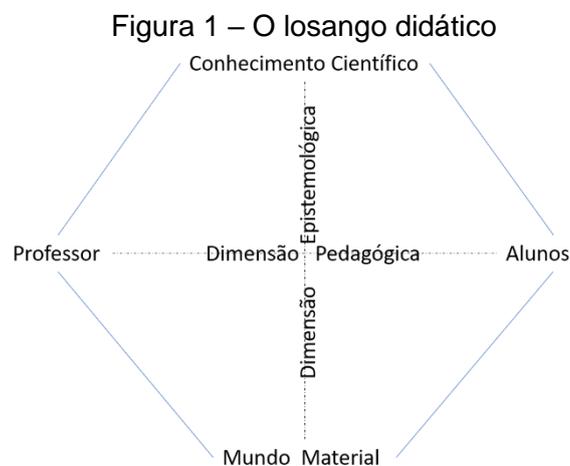
Segundo Méhut e Psillos (2004), uma Sequência de Ensino-Aprendizagem (SEA) é tanto uma atividade de pesquisa de intervenção quanto um produto, como um pacote de unidade curricular tradicional que inclui atividades de ensino-aprendizagem bem pesquisadas e empiricamente adaptadas ao raciocínio do aluno. Às vezes, as diretrizes de ensino que abrangem as reações esperadas dos alunos também são incluídas.

Uma característica distintiva de tais atividades e produtos investigativos é seu caráter dual que envolve pesquisa e desenvolvimento, visando uma estreita ligação entre o ensino e a



aprendizagem de um determinado tópico. As sequências de ensino deste tipo baseiam-se na tradição da investigação-ação, sendo utilizadas tanto como ferramentas de investigação como inovações que visam o tratamento de problemas de aprendizagem relacionados com tópicos específicos.

Considerações que de uma forma ou de outra parecem influenciar o desenvolvimento de tais SEA incluem pesquisas sobre as concepções dos alunos, características do domínio científico específico, pressupostos epistemológicos, perspectivas de aprendizagem, abordagens pedagógicas atuais e características do contexto educacional. Tentando organizar essa massa difusa de considerações, Méhut e Psillos (2004), propõem o uso de um 'losango didático' de dois eixos, conforme apresentado na figura 1.



Fonte: Adaptado de Méhut (2005).

Neste esquema, o eixo vertical representa a dimensão “epistemológica” (ou seja, como o conhecimento funciona com relação ao mundo material) e o eixo horizontal a dimensão “pedagógica” (ou seja, as escolhas sobre os respectivos papéis a serem desempenhados pelo professor e pela turma).

Para viabilizar o desenho da SEA na abordagem construtivista integrada, Méhut (2005) resgata a ferramenta metodológica da engenharia didática que considera três dimensões de análise *a priori*: i) Dimensão epistemológica que analisa o conteúdo a ser aprendido, os problemas que eles podem responder, sua gênese histórica; ii) Dimensão psicocognitiva que analisa as características cognitivas dos alunos; iii) Dimensão didática que analisa as dificuldades devido ao funcionamento da instituição de ensino (programas, horários e assim por diante).

No aspecto *a posteriori*, é destacada a importância em validar a sequência de ensino-aprendizagem. A validação pode acontecer de duas maneiras, sendo elas: externa, ou comparativa, e interna. No caso de uma validação através de avaliação comparativa, são utilizados procedimentos do tipo pré-teste/pós-teste, cujo objetivo é comparar os efeitos de uma pesquisa baseada em uma sequência de ensino-aprendizagem e as que utilizam o ensino tradicional.

Para a validação interna, deve ser realizada uma análise que compara os resultados obtidos com a aplicação da SEA com os objetivos esperados. Para isto, é necessário levar em conta os caminhos da aprendizagem desenvolvido pelos alunos. Esta abordagem inclui verificar quais conhecimentos os alunos precisaram desenvolver, levar em consideração as dificuldades dos alunos e o raciocínio que eles utilizam. Cabe destacar que as maneiras utilizadas para validar a sequência de ensino-aprendizagem são complementares entre si.



Os objetivos de aprendizagem da SEA foram definidos a partir da Taxonomia de Bloom Revisada (KRATHWOHL, 2002). Esses objetivos de aprendizagem deveriam ser alcançados pelos alunos durante a aplicação do produto e na classificação de cada questão proposta no pré-teste e pós-teste, respeitando a hierarquia do conhecimento cognitivo.

1.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) está vinculada ao desenvolvimento desta sequência de ensino-aprendizagem. Ela foi apresentada por David Paul Ausubel (1918-2008) e passou a ser considerada um dos pilares do construtivismo. Esta teoria tem o foco voltado para uma aprendizagem cognitiva, ou seja, explicar o processo de aprendizagem através de uma visão cognitivista. Para Moreira (1999, p.151), “aprendizagem cognitiva é aquela que resulta no armazenamento organizado de informações na mente do ser que aprende, e esse complexo organizado é conhecido como estrutura cognitiva.”

Na teoria da aprendizagem significativa é proposto que a formação de novos conceitos pode ser obtida através da assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa de conceitos. Com relação aos tipos de aprendizagem significativa elas podem ser: representacional (por recepção), de conceitos e proposicional.

A aprendizagem por recepção se dá quando atribuímos significados a símbolos ou palavras unitárias, estes símbolos nem sempre são palavras. Para Ausubel (2003), a aprendizagem ocorre sempre que o significado dos símbolos arbitrários se equipara aos referentes (objetos, acontecimentos, conceitos) e tem para o aprendiz o significado, seja ele qual for, que os referentes possuem. Desta forma os nomes dos conceitos são adquiridos por aprendizagem representacional.

Na aprendizagem de conceitos, os conceitos são representados por símbolos individuais e quando combinamos as palavras (equivalente a um conceito), gerando uma frase, a aprendizagem do significado da ideia contida nesta frase promove a aprendizagem conceitual.

Em representações verbais a aprendizagem representacional e a conceitual são pré-requisitos para que ocorra a aprendizagem proposicional, neste tipo de aprendizagem o conceito se designa pelo mesmo signo ou símbolo. Segundo Ausubel (2003), o objeto da atividade de aprendizagem é aprender o significado das ideias presentes nas proposições verbais, exigindo um maior nível de abstração por parte do indivíduo, ou seja, não se trata apenas de aprender o que as palavras representam sejam elas unitárias ou combinadas.

Segundo Moreira (1999), algumas condições são necessárias para a ocorrência da aprendizagem significativa. A primeira é que o material a ser aprendido seja relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz, a outra diz que o aluno deve demonstrar interesse em incorporar o material à sua estrutura cognitiva de maneira substantiva e não arbitrária, estas condições não podem ser dissociadas, ou seja, a existência de somente uma delas não garante a ocorrência de uma aprendizagem significativa. Ausubel afirma que a aprendizagem significativa não deve ser tratada como sinônimo de material potencialmente significativo, este por sua vez é caracterizado como um dos elementos que viabilizam a obtenção de uma aprendizagem significativa.

Segundo Ausubel (2003, p.106), “No processo de assimilação sequencial de novos significados, a partir de sucessivas exposições a novos materiais potencialmente significativos, resulta na diferenciação progressiva de conceitos ou proposições”. O resultado disto é a existência de ancoragens para aprendizagens significativas que venham a ser desenvolvidas.

Ausubel (2003) aponta que quando se programa a matéria de acordo com o princípio da diferenciação progressiva, deve ser apresentado inicialmente as ideias mais gerais e inclusivas da disciplina, para depois de maneira progressiva detalhá-las. Esta é a ordem apontada como natural para adquirir a consciência cognitiva. Isto remete a forma como o indivíduo organiza o conteúdo em



seu intelecto, de maneira hierárquica, ou seja, das ideias mais inclusivas para as menos inclusivas. Já o princípio da reconciliação integradora sugere que para facilitar o ensino expositivo o professor e/ou o material devem prever as semelhanças e diferenças entre novas ideias e ideias relevantes existentes, já estabelecidas nas estruturas cognitivas dos aprendizes, e em seguida contra-atacar de maneira explícita.

Visto que os organizadores prévios facilitam a aplicação dos princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora, procurou-se desenvolver no produto educacional materiais que fossem potencialmente capazes de permitir que o aluno alcance uma aprendizagem significativa. O papel do professor é reforçado no sentido de que ele deve ser capaz de selecionar e disponibilizar para os alunos organizadores prévios eficazes no processo de aprendizagem. Um exemplo de ferramenta que foi utilizada como uma tentativa de aplicar estes princípios são os Mapas Conceituais (MC).

1.3 METODOLOGIAS DE APRENDIZAGEM ATIVA

Segundo Meltzer e Thornton (2012), a aprendizagem ativa oferece potencial significativo para a aprendizagem quando comparado a instrução tradicional baseada apenas na exposição. Os métodos aparecem de formas diversificadas, incorporando técnicas como: o registro de dados em tempo real, investigação guiada, simulações computacionais interativas e solução estruturada de problemas.

O método Peer Instruction, traduzido como Instrução pelos Colegas (IpC), foi desenvolvido no início da década de noventa por Eric Mazur (MAZUR, 2015). De modo geral, o método busca promover a aprendizagem com foco no questionamento, para que os alunos passem mais tempo em classe pensando e discutindo ideias sobre o conteúdo, do que passivamente assistindo exposições orais por parte do professor.

Outro método de aprendizagem ativa é o Just-in-time Teaching, na versão traduzida conhecemos como Ensino sob Medida (EsM). Este método foi criado em 1999 por Gregor Novak, professor da Universidade de Indiana (EUA), e colaboradores. A característica peculiar deste método é que o professor pode utilizar as dificuldades dos alunos para preparar suas aulas. Desta forma, cabe observar que o método prioriza identificar o conhecimento prévio da turma para a qual será ministrada a aula.

Segundo Ambrose e colaboradores (2010), ações como pequenos avisos e lembretes simples permitem aos instrutores ativar o conhecimento prévio relevante para que os alunos se baseiem nele de forma mais eficaz. Utilizar as dificuldades manifestadas pelos alunos também auxilia na identificação dos conhecimentos prévios.

Araújo e Mazur (2013) afirmam que a combinação dos métodos IpC e EsM e a utilização de recursos tecnológicos permitem aos professores avaliar a compreensão dos alunos antes da aula, os conceitos durante a aula e postar informações e perguntas adicionais online para que os alunos possam revisar após a aula. Reforça também que a interação da tecnologia com a pedagogia (métodos combinados IpC e EsM) agiliza o *feedback* para os professores e alunos sobre a compreensão do conceito estudado. Isto faz com que o tempo de aula seja melhor utilizado, permitindo trabalhar conceitos mais difíceis a partir do que os alunos já sabem. Os métodos combinados podem ser adaptados para vários perfis de turmas e disciplinas, facilitando a sua aplicação.

Apesar da combinação destes métodos se mostrar eficaz no ganho de entendimento conceitual, é importante compreender que eles possuem limitações, visto que o IpC foca em testes conceituais, que apesar de gerar entre os alunos reflexões importantes, não permite aos alunos desenvolverem habilidades na resolução de problemas quantitativos. Isto é reforçado por Araújo e



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

Mazur (2013) quando sugerem como alternativa para superar essa limitação que o professor intercale as aulas com resolução de problemas em pequenos grupos, de modo que os alunos possam se engajar cognitivamente na busca das soluções. Com esta prática, tem-se o aluno no centro do processo e o professor auxiliando, tirando dúvidas que os grupos possam ter. Baseando-se neste raciocínio, foram propostos Problemas Ricos em Contexto para incentivar nos alunos o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas.

Segundo Heller e Heller (2010), os Problemas Ricos em Contexto foram desenvolvidos para encorajar os alunos a se envolverem na solução de problemas reais. Eles apontam que estes problemas tem como objetivo dar aos alunos a prática de incorporar a física em seus conhecimentos existentes. Quando os alunos conseguem compreender a física básica envolvida o problema se torna de fácil solução, pois ele consegue tomar e vincular decisões de forma lógica e organizada.

Utilizar os PRC em grupos colaborativos serve de incentivo para que os alunos resolvam problemas individuais de maneira lógica e completa. A harmonia e organização do grupo é essencial para que os alunos desenvolvam as habilidades colaborativas. Para evitar conflitos internos, é sugerido que cada membro desempenhe uma função. Neste sentido, Heller e Heller (2010) estruturam as funções de **Gerente** (projeta os planos de ação), **Escrivão/Verificador** (organiza e escreve o que foi feito), **Cético** (questiona passos e planos). O **Entusiasta/Resumidor** é quem motiva o grupo, mas esta função pode ser desempenhada por todos os membros do grupo, sendo esta função opcional, utilizada apenas quando o número de alunos por grupo for igual a 4.

Segundo Heller e Heller (2010), para que os alunos resolvam problemas como uma ferramenta para aprender física, é necessário utilizar uma estrutura de resolução que enfatize a aplicação de conceitos fundamentais e a conexão dos conceitos com o conhecimento existente. Nesta estrutura os autores sugerem uma solução em cinco passos, sendo eles: foco no problema, descrevendo a Física, planejando a solução, executando o plano e avaliando a resposta. "Cada passo consiste de ações específicas que levam o aluno a decisões que confrontam suas dificuldades e orienta-os para o próximo ponto de decisão na solução" (HELLER; HELLER, 2010, p.43)

2. Métodos e Materiais

O presente estudo se deu durante a aplicação do produto educacional desenvolvido no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). O produto educacional foi aplicado em um Colégio Estadual do interior da Bahia. Trata-se da única instituição pública desse município que oferta vagas para a etapa do Ensino Médio, por esta razão, a escola recebe a maior parte do alunado da zona rural.

Durante o estudo foi utilizado o delineamento quase-experimental de grupo de controle do tipo pré-teste e pós-teste. Os estudantes da primeira série do ensino médio foram organizados em dois grupos: o experimental e o grupo de controle. No grupo experimental foram observadas três turmas 1A, 1C e 1D com um total de 53 alunos e para grupo de controle foi utilizada a turma 1B, com 21 estudantes. É importante ressaltar que a turma de controle foi selecionada mediante sorteio. Foram usadas três turmas experimentais para melhorar os ajustes da SEA em cada etapa da aplicação.

Os estudantes do grupo de controle responderam ao teste diagnóstico (pré-teste) e as sete aulas (cada aula com duração de 50 minutos) no formato do ensino tradicional - exposição de conteúdo seguido de resolução de exercícios sobre estática dos corpos rígidos - no final, responderam ao pós-teste. Os estudantes das turmas do grupo experimental também responderam a avaliação diagnóstica, mas a abordagem do conteúdo aconteceu mediante a aplicação da SEA, estruturados em cinco encontros presenciais (totalizando sete horas aula). A abordagem do



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

conteúdo de estática dos corpos rígidos ocorreu baseada na utilização de metodologias de aprendizagem ativa, do primeiro ao terceiro encontro foi aplicada a integração dos métodos EsM e IpC, no quarto encontro foi realizada a resolução de PRC em pequenos grupos colaborativos.

2.1. A Sequência de Ensino-Aprendizagem

Nesta seção é apresentada a sequência dos encontros e as estratégias que foram utilizadas para o ensino de estática, abordando as temáticas: centro de gravidade, momento de uma força, condições de equilíbrio dos corpos e máquinas simples.

Tabela 1 - Implementação da Sequência de Ensino Aprendizagem

Encontro 1	Tempo	Atividade	Conteúdos	Objetivos
1º Momento	40 min/aula	Apresentação da proposta e realização do pré-teste, os alunos respondem individualmente e depois discutem com professor e colegas	Revisando as Leis de Newton	Verificar o conhecimento prévio dos alunos sobre as aplicações das leis de Newton
2º Momento	40 min/aula	Construir diagrama de corpo livre para situações propostas, seguida de discussão	Entendimento do conceito de força	Verificar o entendimento sobre a construção de diagramas de corpo livre
3º Momento	20 min/aula	Propor para casa a construção de Mapa Conceitual	Aplicações das Leis de Newton.	Ativar o conhecimento prévio
Encontro 2	Tempo	Atividade	Conteúdos	Objetivos
1º Momento	10 min/aula	Breve exposição baseada nas dificuldades apresentadas na TL	Centro de Gravidade	Despertar a curiosidade na resolução de problemas
2º Momento	15 min/aula	Aplicação do método integrado (IpC) e (EsM) exposição oral seguida de teste conceitual (TC)	Centro de Gravidade; momento de uma força	Relacionar os conceitos novos aos já existente
3º Momento	15 min/aula	Aplicação do método integrado (IpC) e (EsM)	Condições de equilíbrio	Relacionar os conceitos novos aos já existente
4º Momento	10 min/aula	Orientação para que previamente os alunos leiam o material disponível e respondam as TL	Estudo do funcionamento das alavancas	Analisar o funcionamento e identificar os tipos de alavancas
Encontro 3	Tempo	Atividade	Conteúdos	Objetivos
1º Momento	20 min/aula	Discussão de algumas questões da TL previamente enviada pelos alunos através do Google formulário ou presencial	Estudo do funcionamento das alavancas	Analisar o funcionamento e identificar os tipos de alavancas



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

2º Momento	10 min/aula	Se necessário aplicar o TC	Estudo do funcionamento das alavancas	Analisar o funcionamento e identificar os tipos de alavancas
3º Momento	20 min/aula	Orientação para desenvolver a tarefa com o simulador PhET	Lei das alavancas	Analisar o funcionamento e identificar os tipos de alavancas
Encontro 4	Tempo	Atividade	Conteúdos	Objetivos
1º Momento	50 min/aula	Resolvendo problemas ricos em contexto (PRC)	Centro de gravidade, momento de uma força e condições de equilíbrio	Desenvolver a formalização dos conceitos através da resolução de problemas
Encontro 5	Tempo	Atividade	Conteúdos	Objetivos
1º Momento	50 min/aula	Aplicação do pós-teste	Centro de Gravidade; momento de uma força e condições de equilíbrio	Verificar o desenvolvimento dos alunos baseado nas respostas
2º Momento	50 min/aula	Discussão e feedback para os alunos	Centro de Gravidade; momento de uma força e condições de equilíbrio	Avaliar as respostas

Fonte: ANDRADE (2022).

2.2. Estrutura dos Encontros

Encontro 1

Um importante pré-requisito para estudar estática é o conhecimento das aplicações das leis de Newton, principalmente pelo fato de que os alunos necessitam lembrar o conceito de força e serem capazes de representar as forças em diagramas de corpo livre. Foi aplicado um pré-teste contendo 10 questões de múltipla escolha que foram previamente selecionadas. As questões que foram utilizadas para construir o teste diagnóstico (pré-teste) foram retiradas do Force Concept Inventory (FCI), que se encontra disponível no livro "Peer Instruction: A revolução da aprendizagem ativa" (MAZUR, 2015). Em seu livro, Mazur explica que se trata de um teste de múltipla escolha elaborado para avaliar a compreensão dos estudantes sobre os conceitos fundamentais da mecânica newtoniana, dentre as funções de utilização do FCI está a avaliação da eficácia do ensino. Para realizar o ordenamento das questões do FCI foi utilizada a tabela de classificação dos objetivos da Taxonomia de Bloom Revisada (KRATHWOHL, 2002). O pré-teste também foi utilizado como uma estratégia para identificar os subsunçores relevantes à aprendizagem.

Encontro 2

Com as bases revisadas sobre as leis de Newton foi iniciado o estudo sobre estática. Nesta aula, foram introduzidos alguns elementos conceituais: centro de gravidade, momento de uma força e as condições de equilíbrio estático. Neste momento inicial da aula foram apresentadas algumas



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

demonstrações (como o pássaro equilibrista, o desafio dos pregos e dos talheres) com a finalidade de iniciar as discussões sobre centro de gravidade e equilíbrio estático.

Seguindo os passos da IpC foi realizada uma breve exposição oral (10 min) sobre os conceitos de centro de gravidade e momento de uma força. A natureza das questões conceituais permitiu aos alunos realizarem a identificação do centro de massa dos objetos propostos e relacioná-lo com o momento de uma força que atua sobre ele. No momento de discussão foi tratado com os alunos porque as concepções alternativas, exposta por eles, sobre o tema não se sustentam. Completando esta etapa foi realizada mais uma breve exposição oral, sobre as condições para que um corpo se mantenha em equilíbrio e as expressões matemáticas que as envolve. Por exemplificação essas condições foram aplicadas aos conceitos anteriormente estudados.

Encontro 3

Os alunos tiveram acesso aos materiais de leitura e testes de leitura com antecedência a data em que ocorreu o terceiro encontro. Para desenvolver esta etapa o aluno recebeu um roteiro, contendo as informações necessárias para que eles testassem o simulador. Ele serviu de base durante a utilização do mesmo. É através do entendimento do roteiro que os alunos puderam pensar nos problemas propostos. Para esta prática foi necessário que o aluno tivesse acesso à internet para fazer a utilização da plataforma do PhET. Os alunos foram observados durante a discussão em sala sobre a prática no simulador.

Encontro 4

Nesta aula foi proposto que os grupos resolvessem o PRC, cujo número foi sorteado na aula anterior. Esta metodologia foi utilizada como proposta para estimular o raciocínio dos alunos e desenvolver suas habilidades em solucionar problemas. A intenção aqui não é que o professor resolva questões no quadro, enquanto os alunos apenas observam, mas sim estimular a formação de grupos de 3 a 4 alunos para que eles sejam desafiados a resolvê-los, ou seja, o aluno é colocado no centro do processo, enquanto o professor executa o papel de mediador, circulando entre os grupos e tirando dúvidas específicas dos seus alunos.

Encontro 5

Neste encontro foi aplicado o pós-teste. Após a realização do pós-teste e análise das respostas apresentadas, foi estudado e exposto para os alunos os erros cometidos por eles e assim fornecido um *feedback* da possível evolução conceitual dos alunos no decorrer da aplicação do produto educacional.

3. Resultados e Discussões

Pré-teste e Pós-teste

A aplicação do pré-teste teve como objetivo identificar o conhecimento prévio dos estudantes sobre as leis de Newton. Na figura 2, é possível observar um resumo do percentual de acerto por questão, gerado com a aplicação do pré-teste em cada turma. Isto permitiu realizar uma avaliação quantitativa sobre o percentual de acertos em cada turma e para cada questão.



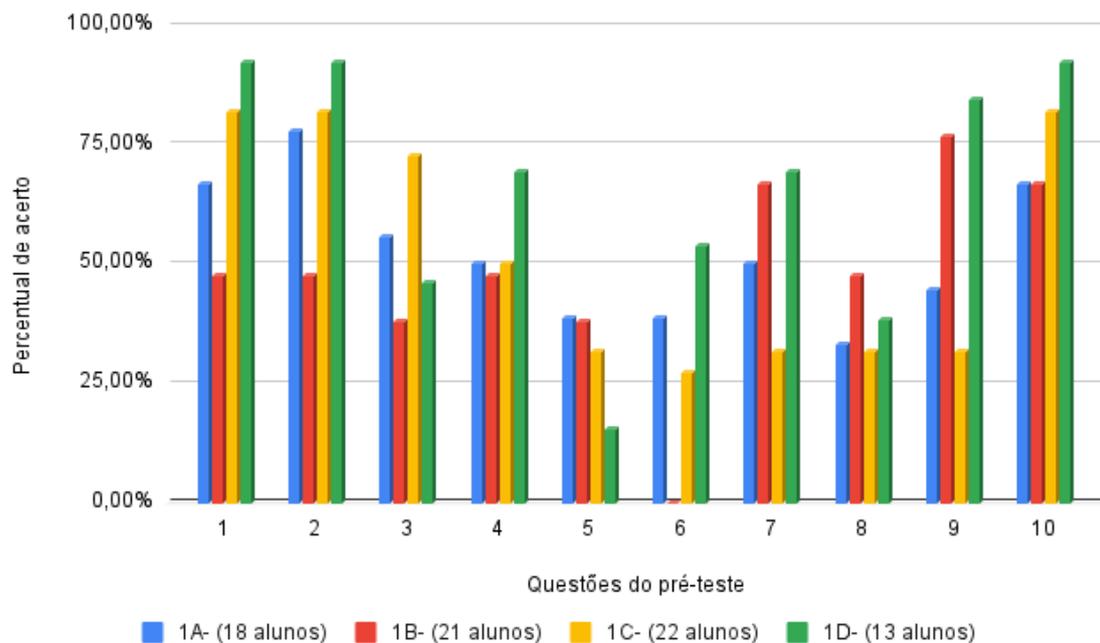
Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

Figura 2 – Resultado do pré-teste.



Fonte: ANDRADE (2022).

De acordo com a tabela de classificação da taxonomia de Bloom, para as questões 1 e 2, era esperado que os alunos lembrassem as leis de Newton; na questão 3 era esperado que os alunos identificassem qual lei de Newton se aplica na questão; na questão 4 era esperado que os alunos lembrassem e compreendessem a relação da força com o movimento; na questão 5 era esperado que os alunos compreendessem quais as forças estão agindo sobre o corpo apresentado na questão; na questão 6 era esperado que os alunos fossem capazes de relacionar a força com o movimento; as questões 7, 8 e 9 os alunos deveriam relacionar a interação entre força e movimento; na questão 10 era esperado que os alunos identificassem os tipos de forças agindo em um corpo.

Observa-se pela figura 2 que a turma D apresenta uma maior capacidade de lembrar e compreender as leis de Newton, enquanto que as outras turmas não mantiveram um padrão de acerto para todas as questões, sendo que a turma de controle (1B) apresentou um desempenho inferior nas questões de 1 a 6, comparado com as outras turmas, mas um desempenho melhor ou igual nas questões restantes.

Na análise das respostas das questões 1 e 2 foi identificada uma concepção alternativa, associando a intensidade da força aplicada a massa dos corpos, acreditando que aquele que possui maior massa deveria desenvolver uma intensidade de força maior. Segundo Ambrose e colaboradores (2010), isto pode significar que o aluno não possui um conhecimento prévio ou que este foi ativado de maneira inadequada ou imprecisa.

Com base na tabela bidimensional de classificação da Taxonomia de Bloom Revisada, os objetivos de aprendizagem das questões apresentadas no pós-teste possuem um maior nível de formalização quando comparadas ao pré-teste. O pós-teste é formado por 5 questões conceituais e um PRC, avaliando assim os objetivos de aprendizagem propostos na SEA. Segundo Mèheut (2005), é possível realizar a validação externa da sequência de ensino-aprendizagem comparando os efeitos da pesquisa baseada em uma sequência de ensino-aprendizagem e as que utilizam o



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

ensino tradicional. Neste caso, a validação externa ocorreu comparando as respostas do pós-teste das turmas do 1 A, C e D (aplicação da sequência de ensino-aprendizagem) com as do 1B (grupo de controle).

Um ponto verificado entre as respostas apresentadas pelos alunos das turmas experimentais é que eles relacionaram a massa da alavanca, nos cálculos para analisar as condições de equilíbrio, enquanto que os alunos do grupo de controle (turma 1B) não conseguiram articular que o peso da alavanca deve ser considerado para garantir o equilíbrio da mesma. Apesar de terem desenvolvido PRC em grupos colaborativos, muitos alunos não conseguiram desenvolver individualmente todas as etapas propostas no problema durante a realização do pós-teste.

Nas respostas apresentadas pelos alunos do grupo de controle houve uma maior dificuldade de estruturar as respostas das questões conceituais, comparadas ao grupo experimental. Na primeira questão do pós-teste foi possível observar a dificuldade dos alunos em representar os vetores com as forças que atuavam sobre a barra. Os alunos do grupo de controle apresentaram também muita dificuldade para resolver o PRC proposto no pós-teste, a maior parte do grupo de controle não conseguiu desenvolver nenhum dos passos, diferentemente do grupo experimental em que a maioria dos alunos conseguiu iniciar o problema.

Resolução de Problemas Ricos em Contexto

No quarto encontro, foram montados grupos colaborativos e apresentados aos alunos os PRC que cada grupo deveria responder. Os problemas foram adaptados de Heller e Heller (2010). Os conceitos envolvidos em cada PRC foram:

- PRC 1: força, torque e centro de massa.
- PRC 2: força, torque, decomposição de vetores.
- PRC 3: força, torque e Cinemática.

Cabe ressaltar que o método de resolução de problemas ricos em contexto foi apresentado aos alunos anteriormente à aplicação do produto educacional, envolvendo outros conteúdos trabalhados durante o ano letivo. Cada grupo recebeu o problema, cujo número havia sido sorteado no encontro anterior, e definiram internamente as funções que cada aluno desempenharia. As funções desenvolvidas pelos componentes dos grupos serviram para motivá-los e para evitar conflito.

Na turma 1A foram formados quatro grupos colaborativos, dos quatro grupos o G2 foi o que mais apresentou dificuldades em representar o diagrama do PRC 1, isto dificultou o desenvolvimento dos passos seguintes e o grupo alegou não ter finalizado a solução devido à falta de tempo.

Na turma do 1C foram formados cinco grupos. Os grupos G1 e G5 conseguiram chegar até o quarto passo, mas não conseguiram dar significado a resposta obtida. O G3 e G4 não conseguiram representar o diagrama por completo. O grupo G2 finalizou o problema, mas a explicação para o resultado obtido apresentou-se de maneira superficial.

Na turma do 1D, os grupos G1 e G3 chegaram no passo de representação do diagrama, mas não conseguiram finalizar a solução do problema. O grupo G1 conseguiu chegar no passo 2 representando parcialmente as equações a serem utilizadas.

Como dito anteriormente, no pós-teste a maioria dos estudantes das três turmas anteriormente citadas conseguiu iniciar o problema, fazendo os dois primeiros passos da resolução, mas nem todos conseguiram finalizar todos os cinco passos.



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

4. Considerações Finais

Após a realização do pré-teste e a análise quantitativa, nem todos os alunos apresentaram subsunçores sobre o entendimento de forças, desta forma foram propostas tarefas para que os alunos pudessem ativar o conhecimento prévio de maneira precisa e suficiente, como a construção de diagrama de corpo livre e a construção de Mapas Conceituais. Os materiais disponibilizados, como os textos e tarefas de leitura, abordando centro de gravidade, momento de uma força e condições de equilíbrio, serviram para ativar o conhecimento prévio dos estudantes. Em sala de aula com as breves exposições orais e realização de testes conceituais, como previsto no método integrado do EsM e IpC, os estudantes puderam relacionar e interagir as novas ideias com as que já existiam em sua estrutura cognitiva. A formação dos grupos para discussão favoreceu a interação entre as ideias antigas e novas, momento este em que muitas concepções alternativas (conhecimento prévio impreciso) podem ser modificadas na estrutura cognitiva dos estudantes. As respostas fornecidas nos testes de leitura comprovam que a maioria dos estudantes do grupo experimental desenvolveu os subsunçores necessários para o entendimento das condições de equilíbrio e o funcionamento das alavancas. No momento em sala com a apresentação de novas ideias é possível atentar que parte dos alunos consegue modificar esses subsunçores. A utilização das simulações interativas do PhET também oportunizou compreender a extensão do conhecimento prévio dos estudantes.

Os alunos do grupo experimental tiveram um melhor desempenho no pós-teste que os alunos do grupo de controle, ou seja, a SEA mostrou uma melhora no rendimento escolar do grupo experimental. A nossa hipótese inicial foi confirmada, pois era esperado que ao usarmos diferentes metodologias de aprendizagem ativa, com atividades baseadas nas respostas de conhecimento prévio dos alunos e diferentes *feedbacks* ao longo da SEA, teríamos no final um melhor aproveitamento do que as aulas tradicionais fornecem, concordando assim com resultados da literatura mundial (MELTZER; THORNTON, 2012). Entretanto, ao analisar as respostas do pré-teste e pós-teste apenas dos estudantes do grupo experimental pudemos ver a evolução da maioria dos alunos nas três turmas experimentais. Além de poder acompanhar as discussões e exposições de ideias deles durante a aplicação das questões conceituais, as quais foram ficando mais elaboradas durante a aplicação da SEA.

A metodologia IpC já está cada dia mais difundida nas escolas brasileiras, entretanto a resolução de PRC em grupos colaborativos ainda não é tão conhecida pelos professores de física. Apesar de ser algo que demanda tempo para que os alunos consigam aprender todos os passos da resolução e demanda muito trabalho por parte dos professores para que eles possam trabalhar de forma colaborativa, é uma metodologia que realmente complementa a IpC, permitindo aos alunos resolver problemas ao invés de exercícios de aplicação de fórmulas. Nossos próximos trabalhos de pesquisa devem ser direcionados para melhorar a aplicação dos PRC em turmas de física do ensino médio.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES). Agradecemos também as sugestões dos árbitros para melhoria da apresentação desse trabalho.



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

Referências

AMBROSE, S. A.; BRIDGES, M. W.; DIPIETRO, M.; LOVETT, M. C.; NORMAN, M. K. **How Learning Works: Seven Research-Based Principles for Smart Teaching**, Jossey-Bass, 2010.

ANDRADE, C., D. **ESTÁTICA: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM BASEADA EM METODOLOGIAS DE APRENDIZAGEM ATIVA**. 2022. 131f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal de Sergipe, UFS, São Cristóvão.

ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Vol. 30, n. 2, p. 362-384, 2013.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, v. 1, 2003.

HELLER, K.; HELLER, P. **Cooperative problem solving in physics a user's manual**. In: Tersedia: <http://www.aapt.org/Conferences/newfaculty/upload/Coop-Problem-Solving-Guide.pdf>, 2010

KRATHWOHL, D. R. **A revision of bloom's taxonomy: An overview**. Theory into practice, Taylor & Francis, v. 41, n. 4, p. 212–218, 2002.

MAZUR, E. **Peer Instruction: a revolução da aprendizagem ativa**, Penso Editora, 2015.

MÉHEUT, M. **Teaching-learning sequences tools for learning and/or research**. In: BORESMA, K; et al (eds.) Research and Quality of Science Education. Holanda: Spring, p. 195-207, 2005.

MÉHEU; M.; PSILLOS, D, Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**, v.26, n 5, p. 515-652, 2004, <https://doi.org/10.1080/09500690310001614762>.

MELTZER, D. E.; THORNTON, R. K. Resource letter ALIP–1: Active-learning Instruction in Physics. **American Journal of Physics**, v. 80, n. 6, p. 478–496, 2012. <https://doi.org/10.1119/1.3678299>

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**, Editora pedagógica e universitária, São Paulo, 1999. v. 2