



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Rodrigo de Melo Monteiro

**UTILIZAÇÃO DA IMPRESSÃO 3D COMO
FERRAMENTA NO ENSINO DA FÍSICA:
CONSTRUÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM
PARA O ENSINO DE MECÂNICA NO ENSINO MÉDIO**

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Francisco Pereira

Maringá, 17 de abril de 2023



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Rodrigo de Melo Monteiro

**UTILIZAÇÃO DA IMPRESSÃO 3D COMO
FERRAMENTA NO ENSINO DA FÍSICA:
CONSTRUÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM
PARA O ENSINO DE MECÂNICA NO ENSINO MÉDIO**

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Francisco Pereira

Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Licenciatura em Física.

Maringá, 17 de abril de 2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela coragem e sabedoria para superar cada obstáculo ao longo desta jornada e pela oportunidade concedida em adquirir novos conhecimentos.

Aos meus pais Vera e Edivino e ao meu irmão por todo apoio, amor, carinho, incentivo, apoio e dedicação concedidos nas minhas escolhas.

Aos professores do ensino fundamental e médio, nas escolas das quais estudei pela formação educacional e pessoal.

Aos professores da graduação em Física, por todo o conhecimento que foi transmitido ao longo destes anos, em especial (em ordem alfabética): Daniel Gardelli e Luciano Carvalhais.

Aos amigos da graduação (em ordem alfabética): Cristian, Luana, Matheus e Tolardo, por toda a ajuda nos estudos, momentos de descontração, e principalmente pela amizade e companheirismo.

Aos meus grandes amigos (em ordem alfabética): Alana, Andrea, Fernando, João Paulo, Lucas, Pedro, Marcela, Saraiva, Rafaela, Samara e Vinícius, pela parceria e cumplicidade ao longo desses anos.

Aos amigos do trabalho (em ordem alfabética): Andressa, Cássia, Eduardo, Flávia, Danilo, Gisely, Gustavo, Jaqueline, Jéssica, Lorena, Rogener, Talita, Thaís, Saleta, Silvana e Vivian, pelos conselhos, ajuda e parceria.

A Exateria, que através da música e da amizade me proporcionaram grandes momentos.

Ao Colégio CCIM, por todo o apoio nestes anos, em especial as coordenadoras Neiva e Simone.

Ao Colégio Axia, por todo o apoio nestes anos, em especial a coordenadora Juliana.

Ao Colégio Marista, por todo o apoio nestes anos, em especial ao coordenador Lucas.

A todos os meus alunos e ex-alunos, por me proporcionarem a gratidão e honra em exercer o dom de ensinar os conhecimentos da ciência, como também na troca de aprendizado sobre a vida.

E quero agradecer em especial o meu orientador Ricardo Francisco Pereira pelos diversos conselhos, pelas orientações na pesquisa, inspiração profissional e por todo o conhecimento que me foi repassado neste período.

À FINEP, CNPq, CAPES e Fundação Araucária pelo apoio financeiro.

Muito Obrigado!

“A alegria não chega apenas no encontro do achado, mas faz parte do processo da busca. E ensinar e aprender não podem dar-se fora da procura, fora da boniteza e da alegria”.

(Paulo Freire)

RESUMO

Atualmente, discute-se a respeito das dificuldades que um professor de Física encontra para tornar o ensino desta disciplina mais interessante e acessível aos alunos, na tentativa de propiciar uma verdadeira aprendizagem ativa. Para contornar as dificuldades e levar aos alunos uma apropriação do conhecimento, é necessário que as práticas educacionais incluam diferentes recursos em sala de aula, entre elas a tecnologia de impressão 3D. O objetivo deste estudo foi proporcionar aos alunos um desenvolvimento intelectual e contextualizado dos fenômenos físicos envolvendo a Mecânica, por meio da utilização da tecnologia de impressão 3D, como um recurso de ensino, na sala de aula. Neste trabalho, investigamos a utilização da tecnologia de impressão 3D como recurso didático nas aulas de Física, a partir do desenvolvimento de três propostas de atividades abordando conteúdos de Dinâmica e Energia, conceitos envolvendo a área de Mecânica, a partir de material produzido por impressão 3D. Essas atividades foram executadas com 157 alunos da 1ª série do Ensino Médio, de duas escolas particulares no município de Maringá (PR). O estudo consistiu no desenvolvimento e aplicação de três kits de peças produzidas por impressão 3D, nos quais foram trabalhados os conteúdos: Máquina de Atwood, Colisões e Conservação da Energia Mecânica. Para a verificação da impressão 3D, como um recurso de ensino viável para o aprendizado dos conhecimentos de forma cognitiva e significativa, os alunos responderam a um questionário em que foi possível analisar e refletir a respeito do potencial que a impressão 3D traz como recurso de ensino, para propiciar uma aprendizagem ativa por parte dos alunos em relação a disciplina de Física.

Palavras-chave: Recurso de ensino; tecnologia; impressão 3D.

ABSTRACT

Currently, the challenges that Physics teachers face in making the teaching of this discipline more engaging and accessible to students are widely discussed. In an effort to promote genuine active learning and overcome these challenges, it is necessary for educational practices to incorporate various resources in the classroom, including 3D printing technology. The objective of this study was to facilitate a contextualized and intellectually stimulating understanding of physical phenomena in Mechanics for students through the application of 3D printing technology as a teaching resource in the classroom. This research investigated the effectiveness of 3D printing technology as a pedagogical tool for teaching Physics, by developing three different activities related to Dynamics and Energy. Specifically, the activities explored the topics of Atwood's Machine, Collisions, and Conservation of Mechanical Energy, using materials produced by 3D printing technology. The activities were carried out with 157 first-year high school students from two private schools in Maringá, located in the state of Paraná, Brazil. The study comprised the development and implementation of three kits of parts produced by 3D printing technology. To evaluate the suitability of 3D printing technology as a pedagogical tool for promoting meaningful and cognitive learning, the students completed a questionnaire, which provided a basis for analysis and reflection on the potential of 3D printing technology as a teaching resource to facilitate active learning in Physics.

Keywords: Pedagogical tool; technology; 3D printing.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1 Problemas e desafios no ensino de Física	12
2.2 A tecnologia de impressão 3D	16
3. PROCEDIMENTOS MEDODOLÓGICOS	21
3.1 Contexto	21
3.1.1 Aspectos descritivos da série do Ensino Médio	21
3.1.2 Escolha dos conteúdos	22
3.1.3 Elaboração dos kits	22
3.1.3.1 Kit da Máquina de Atwood	23
3.1.3.2 Kit de Colisões	25
3.1.3.3 Kit de Conservação da Energia Mecânica	26
3.1.4 Planejamento da proposta de atividade	26
3.1.4.1 Proposta de atividade: Máquina de Atwood	27
3.1.4.2 Proposta de atividade: Colisões	32
3.1.4.3 Proposta de atividade: Conservação da Energia Mecânica	38
3.1.5 Aplicação dos kits	40
3.1.6 Avaliação	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 Avaliação dos kits de impressões 3D da Máquina de Atwood e Colisões aplicados aos alunos das 1ª séries A e B do Ensino Médio do Colégio A	44
4.2 Avaliação dos kits de impressões 3D da Conservação da Energia Mecânica aplicados aos alunos das 1ª séries A, B e C do Ensino Médio do Colégio B	52
CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
REFERÊNCIAS	61
ANEXO	67

1. INTRODUÇÃO:

Atualmente discute-se a respeito das dificuldades que um professor de Física encontra para tornar o ensino desta disciplina mais interessante e acessível aos alunos, na tentativa de propiciar uma verdadeira aprendizagem ativa para os alunos e tentar diluir um dos principais problemas enfrentados pelos professores de Física, que é o desinteresse dos alunos, porque eles normalmente não conseguem relacionar o que é ensinado em sala de aula com fatos do cotidiano. Diante deste contexto Pereira, Santos e Sousa (2019) discutem os inúmeros problemas que o ensino de Física enfrenta, relacionado ao desinteresse dos alunos em aprender os conteúdos e aplicabilidades que regem esta disciplina, como também o tempo para o aprendizado em sala de aula para esta disciplina ser insuficiente.

Um importante desafio a ser enfrentado no âmbito educacional é a motivação dos alunos, em que possui implicações diretas na qualidade do envolvimento do aluno com o processo de ensino e aprendizagem. Este envolvimento traz como resultado um aluno motivado que busca novos conhecimentos e oportunidades, que se mostra envolvido com o processo de aprendizagem, como também se envolve nas tarefas com entusiasmo e com disposição para novos desafios (ALCARÁ; GUIMARÃES, 2017).

Estudos reconhecem que o processo motivacional tem sido um elemento essencial da aprendizagem como também um fator decisivo do desempenho escolar dos estudantes. Desta forma, entender o processo motivacional é importante, pois com o avanço da idade e chegada à adolescência, a motivação escolar tende a diminuir com o desenvolvimento e assim acaba gerando menor engajamento dos alunos em suas atividades acadêmicas e, como consequência, temos um declínio no desempenho acadêmico destes estudantes (PAIVA *et al.*, 2018).

Em se tratando do ensino de Ciências, outro fator que desmotiva o aluno a se interessar pela disciplina é a dinâmica das aulas nos moldes tradicionais, sem uma contextualização prática dos conceitos trabalhados, se colocando distante da sua realidade, pois o aluno contemporâneo está imerso em um mundo rápido e acessível de informações, sendo mais interessante que a aula tradicional e desta forma, torna-se difícil manter sua atenção e interesse nas aulas, que ocorre devido a superficialidade de informações que eles tem a sua disposição e não os motiva a

investigar, pesquisar e buscar explicações para os fenômenos. Assim, um dos grandes desafios que o professor encontra no ensino de ciências (Ciências, Física, Química e Biologia) é tornar o ensino-aprendizagem de ciências significativo aos alunos, com apropriação de conceitos e conhecimentos úteis à vida cotidiana (SILVA; FERREIRA; VIEIRA, 2017).

Soma-se a este contexto, o período da pandemia que ocorreu entre março de 2020 e abril de 2021 em que os alunos ficaram mais dependentes da tecnologia (celulares, tablets, computadores, ...) e por ficarem um bom tempo em casa, sem poder sair, encontraram nas redes sociais e internet uma forma de continuarem conectados com o mundo e assim, quando retornaram para a sala de aula, sofreram com a falta de concentração nas aulas, o que reflete diretamente em seu desempenho escolar. Acredito que passado o período 2020-2021 que alternou entre ensino remoto e depois ensino híbrido, a “lacuna” promovida neste período, poderia ter sido um divisor de águas, no sentido de que com “mais tempo” e praticamente em casa, o aluno deveria aprender mais e com tempo para estudar, mas infelizmente não cabe neste trabalho discutir as “sequelas” do ensino remoto e híbrido, mas a lembrança é válida.

Visando superar as dificuldades e a abstração dos conceitos científicos de Física, como também seu formalismo matemático e que isso possa levar os alunos a uma apropriação do conhecimento, é necessário que as práticas educacionais incluam diferentes tecnologias em sala de aula, porque elas atraem a atenção dos alunos, auxiliando o professor no desenvolvimento de novas formas de aplicar os conteúdos de maneira lúdica e prática, estimulando assim, a criatividade dos estudantes (NETO; LOUBET; ALBUQUERQUE, 2019). Nesse sentido, acreditamos que a tecnologia da impressão 3D, é um recurso que tem potencial para a produção de materiais que contribuam no ensino e aprendizagem da Física, possibilitando uma compreensão melhor do conteúdo por meio do manuseio e exploração desses materiais (BASNIAK, 2017).

Pensando em propiciar um ensino-aprendizagem com sentido para os alunos, é importante que o professor continue aprimorando suas práticas educativas, com o auxílio desta ferramenta inovadora na sala de aula, a impressão 3D, que possibilita a criação de materiais a serem utilizados em atividades práticas (AGUIAR, 2016). A princípio, não é necessário o professor domine a impressão 3D e nem a escola ter

impressoras 3D, eles podem simplesmente pedir para alguém imprimir as peças ou comprá-las de algum lugar, o que obviamente representará um certo custo.

O presente trabalho, tem como objetivo proporcionar aos alunos um desenvolvimento intelectual e contextualizado dos fenômenos físicos envolvendo a Mecânica, por meio da utilização da tecnologia de impressão 3D, como um recurso de ensino, na sala de aula.

Para a investigação deste recurso de ensino, será utilizado três kits de peças produzidas por impressão 3D, na qual foi sugerida três propostas de atividades, com a utilização destas peças, como ferramentas de demonstrações e explicações de conteúdos de Dinâmica e Energia, conceitos envolvendo a área da Mecânica no primeiro ano do Ensino Médio.

Como investigação e validação do aprendizado por parte dos alunos, foi aplicado no Colégio A um questionário contendo oito perguntas fechadas e uma pergunta aberta, e no Colégio B um questionário contendo sete perguntas fechadas e uma pergunta aberta, com o intuito de avaliar a aprendizagem dos conteúdos e o conjunto de peças produzidas por impressão 3D.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Problemas e desafios no ensino de Física

Atualmente, discute-se muito a respeito das dificuldades encontradas no ensino de Física, repensado dentro de suas propostas pedagógicas, para que se alcance um desenvolvimento ativo da aprendizagem para os alunos. Esse pode ser considerado o maior desafio na atualidade.

Para Moreira (2017), o ensino de Física na Educação Brasileira Contemporânea, depara-se com alguns problemas que influenciam na falta de motivação para a aprendizagem, tais problemas por exemplo, estão relacionados com a falta e despreparado dos professores, as más condições de trabalho (salário atrasado, direitos arrancados, sala de aulas abarrotadas ou inadequadas em relação a estrutura, entre outras), redução da carga horária para a disciplina de Física no Ensino Médio ao longo dos anos, a progressiva perda da identidade da Física no currículo, e assim, abordando uma ciência acabada, como também promovendo um ensino desatualizado quando pensado em termos de conteúdos e tecnologias, estimulando uma aprendizagem mecânica com foco no treinamento para as provas e vestibulares e com o ensino focado na avaliação.

Em seus estudos a respeito dos desafios atuais no ensino de Física, Nesi *et al.* (2021), comentam que nas últimas décadas foram definidas políticas públicas que visam discutir a práxis escolar, e a respeito destas políticas expõem:

“(…) pode-se afirmar que os efeitos provocados por esses encaminhamentos não permitiram muitas alterações no espaço escolar, em virtude de vários fatores, a destacar: a formação inadequada dos profissionais, os conteúdos curriculares desatualizados, poucos investimentos na estrutura de laboratórios físicos e virtuais, o distanciamento da tecnologia aliada à educação, os problemas curriculares, a configuração e a quantidade de alunos no espaço da sala de aula”.

É comum nos cursos de licenciatura, como também nos cursos de formação de professores, discutir sobre os moldes do ensino tradicional (quadro e giz, memorização de conteúdos e treinamento de exercícios), fatores que contribuem para a falta de interesse por parte dos alunos em se interessar no processo de ensino/aprendizagem. De acordo com Silva, Sales e Castro (2019), este modelo de ensino passivo/expositivo de aprendizagem, sendo atualmente o modelo mais

aplicado nas salas de aula do Brasil, é uma das razões que contribuem para a desmotivação dos alunos, por estar centrado no professor que utiliza métodos para resoluções de exercícios e memorização de fórmulas matemáticas.

Para que os conhecimentos científicos possam acompanhar a evolução da sociedade, é necessário proporcionar um novo direcionamento das ações curriculares, com mudanças que devem começar desde a formação inicial estabelecida pelas Universidades, como a formação continuada dos profissionais que se encontram em exercício, em um cenário no Ensino de Física que atravessa a Educação Básica, chegando no Ensino Superior e a Pós-Graduação, em seus diferentes níveis (NESI *et al.*, 2021).

A capacidade de compreensão da leitura por parte dos alunos, a dificuldade que professores de Física encontram em construir o conhecimento junto com seus alunos, de maneira prazerosa e contextualizada, a falta de conhecimentos conceituais na disciplina, como também a falta de habilidade com as ferramentas matemáticas, e o fato de o conteúdo de Física ser muito extenso nas séries do Ensino Médio, são algumas das dificuldades que os alunos se deparam em relação ao ensino de Física (ANTONOWISKI; ALENCAR; ROCHA, 2017).

Outra dificuldade é a transição dos alunos do Ensino Fundamental para o Ensino Médio, onde eles acabam se deparando com uma realidade diferente da qual estavam habituados. Decorrente do fato que a Física apresentada ao aluno no 9º ano, compartilha espaço nas divisões de aula, com a Química, faltando assim tempo hábil para o contato do estudante com o estudo dos conteúdos dessa área do conhecimento e assim, os alunos ao se depararem com o formalismo matemático presente na disciplina de Física no Ensino Médio, apresentam muitas dificuldades além do pouco tempo destinado para poder apresentar a Física ao aluno, o profissional que fica a cargo de ministrá-la, quase sempre, não é formado nessa área (FERREIRA *et al.*, 2013).

Segundo Melo, Campos e Almeida (2015) pensando na formação dos professores da área de Matemática e Ciências da Natureza e de acordo com o último senso em 2019, o Brasil forma um número pequeno de professores de Física em comparação aos docentes graduados em Biologia, Química e Matemática e como decorrência desde fato, o aluno do ensino fundamental acaba tendo o seu primeiro contato com disciplina de Física quase sempre por licenciados em outras áreas como os formados em Ciências. Ainda de acordo com os autores, não se pode duvidar que

os alunos percebam que o professor formado em Biologia, por exemplo, não apresente grande entusiasmo em relação ao ensino de Física, como também um professor formado em Matemática, apresente maior resistência ao ensino de Física optando assim, por disponibilizar maior tempo de seu trabalho ao conteúdo da disciplina na qual se graduou. Como resultado, pode contribuir para que o discente apresente uma aversão à disciplina de Física.

Uma reportagem que mostra a situação da formação de professores de Física é abordada:

“Outro fato que caracteriza a situação da formação de professores de Física é apresentado pela Folha de São Paulo, em 17 de maio de 2019, na página da Educação, intitulada “*Quase 50% dos professores não têm formação na matéria que ensinam*”, traz referência às lacunas que existem na formação de profissionais para atuar no ensino brasileiro. No que se refere à formação em Física, apenas 27% dos professores que lecionam Física no Brasil têm formação na área. Esse percentual representa dificuldades maiores a serem superadas para a qualificação dos professores (NESI *et al.*, 2021).”

Um ponto importante a respeito das dificuldades encontradas no ensino de Física, está relacionado ao papel do professor como a utilização contínua das metodologias tradicionais que pode estar relacionado com a falta de conhecimento em determinado assunto decorrente de um ensino precário durante a sua formação, falta de motivação relacionada à desvalorização profissional, como também a falta de recursos para melhor ensinar os alunos a respeito dos diversos fenômenos da Física, o que acaba resultando na falta de interesse por parte dos alunos em relação à disciplina de Física culminando na dificuldade da aprendizagem dos alunos (SILVA *et al.*, 2018).

A falta de atividades experimentais na condução das aulas de Física é um fator que acaba gerando maior dificuldade no aprendizado desta disciplina, sendo relacionada a cultura quase sempre por professores em acreditar que as aulas práticas devam ocorrer em laboratórios sofisticados e que a falta dos mesmos inviabiliza os procedimentos práticos na escola. É importante que o professor esteja atento para as possibilidades de inserir os discentes em contextos experimentais, mesmo que a escola não ofereça um espaço próprio, utilizando de materiais de baixo custo, como uma alternativa para a condução desta prática na disciplina de Física (BORGES, 2002).

Um ponto que deve ser considerado no ensino de Ciências, para um melhor envolvimento e interesse dos alunos é a avaliação. Esta não deve constituir fator de desestímulo como sendo apenas um instrumento classificatório ou de inibição como um elemento gerador de fracasso aos estudantes, não pode ser assumida como sendo o ponto mais importante dos processos de ensino e de aprendizagem (FERREIRA *et al.*, 2013).

Para Filho e Silva (2002), a avaliação deve ser um requisito que promova o melhoramento da qualidade de ensino, sendo um instrumento de *feedback* tanto para os professores quanto para os alunos. Para avaliar se um aluno está conseguindo aprender sobre um determinado conceito, a utilização de instrumentos de avaliação deve permitir que o aluno mostre um conjunto de habilidades que correspondam a ter aprendido aquele conceito.

Entre os desafios encontrados no ensino de Física, está em entender como se ensina e aprende Física e de acordo com Moreira (2021, p. 1), “ensinar e aprender Física envolve conceitos e conceitualização, modelos e modelagem, atividades experimentais, competências científicas, situações que façam sentido, aprendizagem significativa, dialogicidade e criticidade, interesse”.

Diante dos contextos abordados, ensinar Física se torna um grande desafio, e é preciso e importante incorporar as tecnologias, assim como os aspectos epistemológicos, históricos, sociais e culturais. A Física pode ser apaixonante desde que consigamos melhores condições de trabalho para os professores, deixar de lado o ensino para testagem, como também o modelo da narrativa, o quadro e giz e o livro texto (Moreira, 2017).

Na sociedade da informação, o papel tradicional do professor “transmissor de informação” entrou em crise em um mundo interconectado e tecnológico, desta forma, a interatividade no ensino aumenta quando o professor entende que as tecnologias podem favorecer e estimular a aprendizagem, desde que ele envolva os alunos em investigações autênticas, com raízes nos fenômenos da vida cotidiana. Para que eles possam realizar tarefas desafiadoras, é importante que o docente forneça os suportes tecnológicos necessários para a sua realização (NETO, 2020).

É notório, que os professores devam buscar metodologias que visam o interesse dos alunos, para que eles possam se adequar mais nos processos de aprendizagem é um desafio para os educadores e no cenário atual, com o avanço das tecnologias, a tecnologia de impressão 3D vem de encontro a uma inovação que

possibilita novas experiências dentro e fora da sala de aula e vem sendo um atrativo no ambiente educacional, auxiliando no processo de ensino-aprendizagem (SENA, 2022).

2.2 A tecnologia de impressão 3D

A primeira impressora 3D foi desenvolvida em 1984 por Charles Hull, cofundador e atual vice-presidente executivo e diretor de tecnologia da 3D Systems. Esta tecnologia é utilizada para facilitar o desenvolvimento de objetos próximos a realidade a partir de um modelo virtual (PINHO, 2021).

A impressão 3D é também conhecida como manufatura aditiva ou prototipagem rápida, que privilegia a confecção de artefatos e objetos pela própria pessoa. Seu nome tem origem devido a um determinado objeto ser “impresso”, ou seja, fabricado por um determinado equipamento, em um processo de deposição de camada por camada de um determinado material, até que assuma a forma física desejada (ASSIS, 2018).

Para Kotz, Kovatli e Locatelli (2019) a impressão 3D é uma tecnologia que permite a transformação da maneira com a qual são desenvolvidos os objetos. Esse processo consiste em um modelo digital tridimensional produzido em um computador e então é criado fisicamente pela impressora 3D a partir da deposição de sucessivas camadas de material. Tem várias tecnologias diferentes na impressão 3D, o uso de filamentos termoplásticos, resinas, pó, deposição de metal etc.

Pensando nas vantagens da utilização da impressão em 3D, encontram-se a possibilidade de fabricação de objetos sob medida, grande flexibilidade quanto ao design adotado, matéria-prima de baixo custo e com perdas mínimas de resíduos. Tornando-se assim uma tecnologia enriquecedora para o processo educativo no desenvolvimento de uma aprendizagem criativa (LOPES, 2018).

A possibilidade de construção de materiais concretos pela impressora 3D, proporciona ao aluno compreender melhor os conteúdos, que antes eram somente vistos por imagens ou livros (TOLEDO *et. al.*, 2019), como também se torna uma ferramenta para o professor realizar experimentos em sala de aula, sem se preocupar com a falta de materiais ou laboratórios para a realização de experimentos, um dos problemas enfrentados pelos educadores. Para Pinho (2021, p. 4):

“A impressão 3D é relacionada com uma aprendizagem ativa, onde consegue trazer para a realidade materiais didáticos com diferentes formas, para que possa ser explicada ao tocar e manusear. Demonstra resultados, formas, informações dentre outras possibilidades. Ela possibilita trazer através do tato dos alunos os elementos e conteúdos expostos na teoria dentro da sala de aula”.

Atualmente existem inúmeros projetos no mundo voltados para a aplicação de experimentos utilizando impressão 3D nas escolas que procuram desenvolver metodologias e criar equipamentos favoráveis ao ensino de Física, onde os alunos se beneficiam da inclusão da impressão 3D para resolver problemas envolventes além do livro didático (HIGH SCHOOL MAKER, 2017).

Os recursos de ensino são todos os recursos e materiais que o professor utiliza com o objetivo de auxiliar e facilitar a aprendizagem, pois eles ajudam na comunicação, na compreensão e na estruturação da aprendizagem cognitiva. Quando o professor usa um recurso de ensino adequado para um determinado assunto a ser trabalhado com os alunos, desperta o interesse deles e torna a aula mais dinâmica e permite uma melhor compreensão do assunto em estudo (FERREIRA, 2017 apud KARLING, 1991). De acordo com Silva e Victor (2016), a importância da utilização dos materiais didáticos no processo de ensino aprendizagem está na possibilidade de o aluno visualizar e construir significados de modo a conduzi-lo ao raciocínio e a sua utilização permite ao professor explorar diversas possibilidades, como relacionar informações, buscar soluções para problemas apresentados, comparar resultados e depois chegar à abstração.

Para Calazans e Martins (2021), os profissionais da educação têm visto nas tecnologias uma possibilidade de atrair a atenção dos alunos e com isso efetivar um processo de ensino e aprendizagem. Como hoje muito dos alunos tem acesso a vários recursos tecnológicos (celulares, tablets, computadores, entre outros), trazer estes recursos para junto da educação contribuem para potencializar o ensino, pois os alunos podem refletir a respeito do uso da tecnologia na sociedade.

Entre os diversos materiais didáticos, as que envolvem as Tecnologias Educacionais são promissoras no processo de ensino e aprendizagem e uma tecnologia que vem sendo empregada cada vez mais na educação é a impressão 3D, que produz objetos que podem ser usados para testes reais e funcionais e assim, potencializando o processo de ensino (SANTOS; ANDRADE, 2020).

Uma das dificuldades encontradas pelos professores no ensino de Física, diz respeito as atividades experimentais e as dificuldades para implementá-las, como a falta de recursos materiais para fazer as atividades. A tecnologia de impressão 3D, tem potencial para contornar esta problemática, Aguiar (2016, p. 24) expõe que:

“Nesse cenário de dificuldade material para a realização de experimentos, a tecnologia de impressão 3D oferece uma importante contribuição para amenizá-lo. Se houver professores, licenciandos e demais interessados da comunidade sabendo como criar instrumentos didáticos para o ensino, essas pessoas podem compartilhar via internet os modelos 3D desses experimentos.”

Existem atualmente, vários trabalhos que visam a criação de equipamentos que sejam favoráveis ao ensino de Física, e devido as impressoras 3D apresentarem as características de possibilitar a fabricação de objetos tridimensionais com detalhes complexos, onde o criador não necessita de habilidades de manufatura e fazer o uso de inúmeras ferramentas e recursos, faz com que os educadores facilmente consigam produzir seus modelos físicos (EVANGELISTA; OLIVEIRA, 2021).

Para Becker (2019), a real situação colocada atualmente pelos alunos a respeito da imagem da Física como uma disciplina difícil, é consequência da maneira tradicional como ela é apresentada em sala de aula, onde se faz necessário decorar equações, muitas vezes sem relação com o cotidiano, gerando uma desmotivação nos alunos. A utilização da impressão 3D no ensino de Física, possibilita um melhor entendimento do conteúdo e desenvolvimento cognitivo. Pois a ciência é um processo de representação do mundo e a utilização da impressão 3D como ferramenta representativa do método de transposição didática se torna uma possibilidade.

Neto, Loubet e Albuquerque (2019) em seu estudo utilizaram a impressora 3D como uma proposta de intervenção que ocorreu através de atividades práticas voltadas para a área de ciências exatas e suas tecnologias, permitindo a união entre teoria e prática e colocando o aluno como membro efetivo na construção do conhecimento. Os materiais didáticos confeccionados foram associados os conteúdos trabalhados em cada ano do Ensino Médio, para a turma de 1ª série foi confeccionado um Pêndulo de Newton, para discutir a respeito da Conservação da Quantidade de Movimento e Conservação da Energia, para a turma de 2ª série foi confeccionado uma Associação de Espelhos Planos, para abordar ondulatória e óptica e para a turma de 3ª série foi confeccionado um Motor elétrico para trabalhar os conceitos da teoria do

Eletromagnetismo. Como resultado foi evidenciado que o uso de materiais didáticos e o desenvolvimento de atividades práticas em sala de aula fortalecem e favorecem o processo de ensino e aprendizagem.

A utilização da impressão 3D como ferramenta na construção do conhecimento, por meio da elaboração e construção de materiais didáticos na área da Educação possui diversas aplicações tanto em escolas como em Universidades. Em um estudo na área de Ciências, Ferreira e Martins (2022) desenvolveram e implementaram um material didático 3D, em que avaliaram e discutiram a respeito das potencialidades da utilização da tecnologia 3D em um modelo anatômico do sistema circulatório construído por prototipagem, em uma turma de uma escola pública, os resultados do estudo mostraram que o material desenvolvido apresentou um grande potencial pedagógico.

O fato das impressoras 3D oferecerem uma diversidade de aplicações faz com que elas venham ganhando espaço no cenário nacional e internacional. Devido a sua variedade de aplicações oferecidas, possibilitou o desenvolvimento de peças que podem ser usadas em vários tipos de projetos. Uma aplicação que mostra a sua diversidade, foi realizada por um aluno do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da USP, que construiu um drone em que as partes da sua estrutura foi feita a partir da impressão 3D, e como resultado sendo atualmente 100% funcional (FONTES, 2015).

A impressão 3D está chamando a atenção no campo da saúde decorrente dos seu avanço e potencial para melhorar o tratamento de certas condições médicas. A tecnologia pode criar objetos que correspondam especificamente à anatomia de um paciente e com isto ajudar a planejar uma cirurgia, como também para produzir componentes de próteses específica para o paciente de acordo com a sua anatomia (SELBETTI, 2022).

Ao refletir sobre a comunicação e a educação, temos que ambas se estruturam a partir de códigos de linguagem que são compartilhados pelos sujeitos envolvidos no processo educativo e comunicacional. Quando pensamos a respeito do universo das pessoas que possuem baixa visão ou com deficiências visuais, o toque e o sentido tátil passam a ser o meio onde ocorre a percepção e a interpretação de mundo (SOBRAL; CAVALCANTI; EVERLING, 2015). Estudos mostram que a utilização de tecnologia de impressão 3D é uma importante ferramenta na construção de materiais que auxiliam o processo de ensino-aprendizagem de estudantes com deficiência

visual, se mostrando uma aliada na Educação como também no contexto de inclusão (PIRES; JÚNIOR, 2021).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa realizada possui caráter qualitativo e quantitativo. O ponto de vista do indivíduo é o elemento principal de pesquisas qualitativas e quantitativas. A diferença ocorre que na pesquisa qualitativa é considerada a proximidade com o sujeito enquanto na pesquisa quantitativa são usados materiais e métodos precisos. No estudo que envolve a pesquisa qualitativa, esta consiste em analisar, observar, descrever e realizar práticas interpretativas de um fenômeno a fim de compreender seu significado. Sendo como um processo adaptado, não padronizado ao objeto de estudo, que possui caráter comunicativo e está inserida no contexto de métodos e técnicas que respaldam um caráter processual e reflexivo. Enquanto a pesquisa quantitativa o interesse do pesquisador está em dimensionar, analisar e avaliar a aplicabilidade de recursos ou técnicas ou até mesmo introduzir uma variável na coleta de dados para um registro quantitativo. Tem como baseamento a avaliação de uma teoria, mesclada por variáveis e dados quantificados e registrados em números que são apresentados de forma estatística para determinar se as generalizações previstas na teoria se sustentam ou não. (RODRIGUES; OLIVEIRA; SANTOS, 2021).

3.1 Contexto

As peças produzidas pela impressão 3D foi o recurso utilizado neste estudo e foram fornecidas pelo professor e orientador Ricardo Francisco Pereira que trabalha com esta linha de pesquisa.

O trabalho foi organizado em seis etapas, sendo elas: 1) aspectos descritivos da série do Ensino Médio, definição da série que seria aplicada a pesquisa; 2) escolha dos conteúdos, que seriam trabalhados os kits com as peças produzidas pela impressão 3D, de acordo com o planejamento dos conteúdos programados para as turmas; 3) elaboração dos kits, para a aplicação do material em sala; 4) planejamento das proposta de atividades, para inclusão dos kits na contextualização do conteúdo em sala; 5) aplicação dos kits durante a aula; 6) avaliação, para verificar a percepção dos alunos acerca da viabilidade do uso do material produzido em sala de aula.

3.1.1 Aspectos descritivos da série do Ensino Médio

A primeira etapa consistiu na escolha da série para a aplicação dos kits com peças de impressão 3D, a pesquisa foi realizada com 157 alunos da 1ª série do Ensino Médio do Ensino Regular, sendo dois kits com as peças produzidas por impressão 3D aplicados no Colégio A, para 64 alunos e um kit com as peças produzidas por impressão 3D aplicado no Colégio B, para 93 alunos, duas instituições de Ensino Privado, localizadas no município de Maringá, na cidade da região Norte do Estado do Paraná. A escolha dos Colégios se deu pelo fato do autor e pesquisador do trabalho ser professor e lecionar nestas instituições, e assim, possibilitar a aplicação, investigação e análise dos resultados. Os dados referentes aos participantes e aos Colégios, foram mantidos anônimos. A escolha da série se deu pelo fato de serem alunos que fizeram a transição do Ensino Fundamental para o Ensino Médio, se deparando com a disciplina de Física separada da disciplina de Ciências, impactando na forma como era vista anteriormente de modo que possam mudar suas visões e concepções a respeito da disciplina de Física e possibilitar ao aluno uma compreensão do método científico através de um experimento didático.

3.1.2 Escolha dos conteúdos

A segunda etapa consistiu na escolha dos conteúdos que seriam trabalhados com as peças produzidas pela impressão 3D, para isto, foi analisado o planejamento dos conteúdos programados das turmas, de modo a obter uma boa funcionalidade da pesquisa, contemplando um tema da componente curricular das turmas que seriam trabalhados no período do 3º trimestre e assim, poder trabalhar a teoria e a prática dentro da disponibilidade de tempo e contexto das aulas, para que fosse possível avaliar a utilização deste recurso de ensino em sala de aula. Para as duas turmas de 1ª série do Colégio A, foram escolhidos os temas Máquina de Atwood¹ para melhor compreensão dos conceitos e na construção das equações matemáticas envolvendo

¹ “A máquina de Atwood é um equipamento que permite o estudo das leis do movimento dos corpos em queda, bem como a determinação experimental da aceleração da gravidade. Inventada por George Atwood (1746-1807), sua descrição aparece, pela primeira vez, em “A Treatise on the Rectilinear Motion and Rotation of Bodies”, publicado em 1784. Esse instrumento consiste basicamente em dois corpos, de mesma massa, conectados por um fio inextensível e de massa desprezível, que passa por uma polia, projetada para girar de uma forma que o atrito com seu eixo seja também desprezível. Nessas condições, as massas permanecem em equilíbrio, em quaisquer posições em que sejam colocadas. Sobrecarregando-se, porém, um dos corpos, com um corpo de massa muito menor, o equilíbrio é rompido e o sistema adquire movimento vertical uniformemente acelerado (DION, *et al.*, 2001)”.

as aplicações das leis de Newton, e Colisões para uma melhor análise das interações entre corpos e da energia envolvida nelas. Para as três turmas de 1ª série do Colégio B, foi escolhido o tema Conservação da Energia Mecânica para permitir uma análise da energia dissipada em sistemas não conservativos. Para poder associar as situações do cotidiano inseridas nestes temas, e trazer a Física para uma realidade próxima aos alunos.

3.1.3 Elaboração dos kits

A terceira etapa consistiu na elaboração de três kits utilizando as peças da impressão 3D, sendo um kit para cada um dos conteúdos escolhidos para ser trabalhado nas aulas, e desta forma poder avaliar e analisar o potencial pedagógico da impressão 3D no ensino de Física. No anexo, estarão indicados os links para acessar e baixar os modelos para serem impressos.

3.1.3.1 Kit da Máquina Atwood

As peças de impressão 3D e materiais utilizados para a elaboração do kit da Máquina Atwood são:

- 2 bloquinhos sólidos, de impressão 3D (1);
- 1 objeto cilíndrico (2);
- 2 objetos com ganchos, de mesma massa (3);
- 1 polia fixa com gancho, de impressão 3D (4);
- 1 suporte com polia fixa na extremidade de impressão 3D (5);
- 1 prendedor de mesa, de impressão 3D (6);
- 1 pedaço de barbante (7).

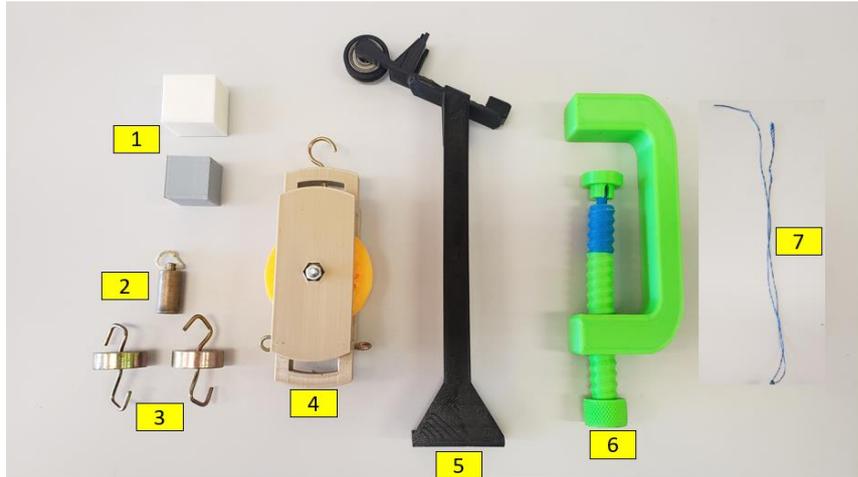


Figura 1: Kit Máquina de Atwood.

Como complemento na contextualização do conteúdo em relação a construção das equações matemáticas envolvidas no experimento realizado, foram produzidas algumas setas que representassem os vetores, para uma melhor visualização das grandezas vetoriais que necessitam de módulo (tamanho) direção e sentido, para descrever os movimentos e as causas dos movimentos dos corpos, conforme a figura 2:

- vetor velocidade (roxo);
- vetor força resultante (preto);
- vetor aceleração (amarelo);
- vetor força peso (azul e verde);
- vetor força de tração (vermelho).

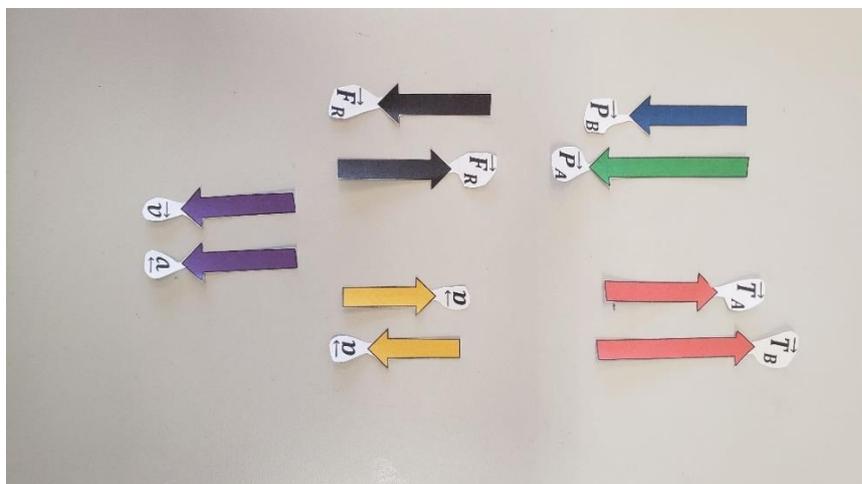


Figura 2: Vetores – Máquina de Atwood.

3.1.3.2 Kit de Colisões

As peças de impressão 3D e materiais utilizados para a elaboração do kit de Colisões são:

- 4 trilhos, de impressão 3D (1);
- 4 carrinhos, de impressão 3D e com rodas de rolamentos (2);
- 2 encaixes para os carrinhos, de impressão 3D e com velcro nas extremidades (3);
- 1 encaixe para os carrinhos, de impressão 3D e com ímã na extremidade (4).

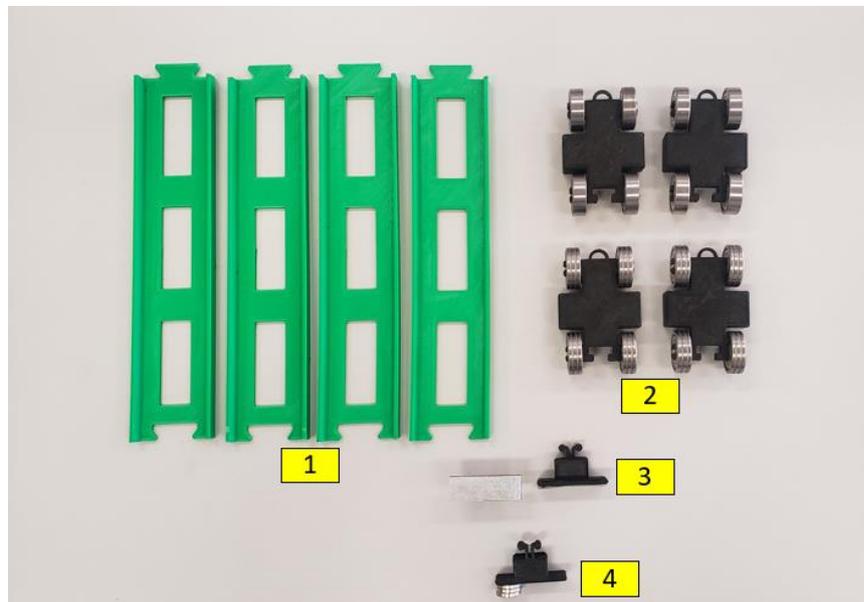


Figura 3: Kit Máquina de Colisões.

Assim como para o kit da Máquina de Atwood, também foi feito um complemento na contextualização do conteúdo em relação a construção das equações matemáticas envolvidas no experimento realizado, foram produzidas algumas setas que representassem os vetores, para uma melhor visualização das grandezas vetoriais que necessitam de módulo (tamanho) direção e sentido do movimento envolvidas nas Colisões, conforme a figura 4:

- vetor velocidade (verde, vermelho e marrom).

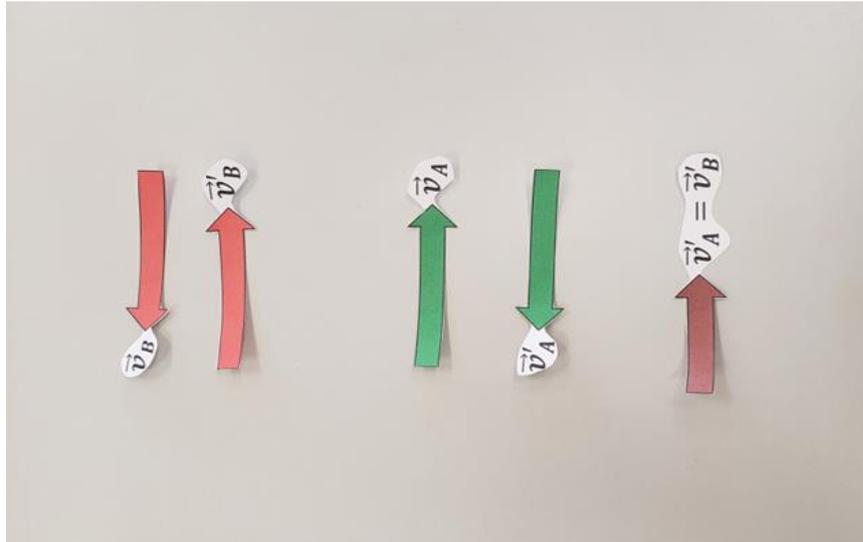


Figura 4: Vetores – Colisões.

3.1.3.2 Kit de Conservação da Energia Mecânica

A peça de impressão 3D e material utilizado para a elaboração do kit de Conservação da Energia Mecânica são

- 1 pista, de impressão 3D (1);
- 1 bola de borracha (2).

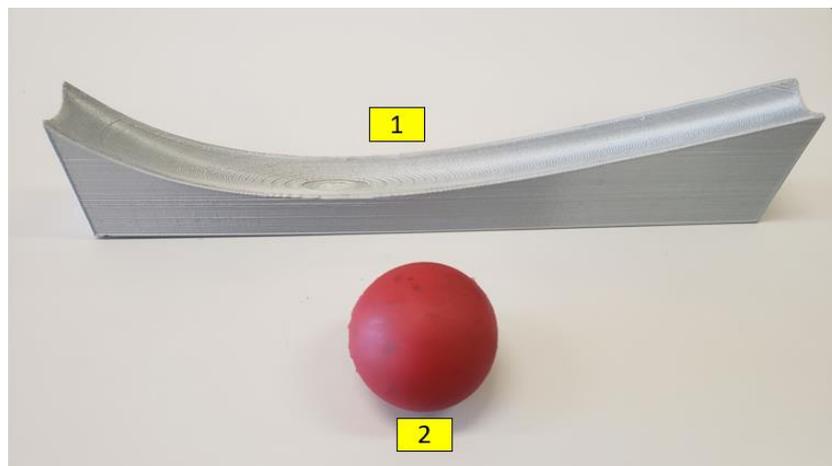


Figura 5: Kit Conservação da Energia Mecânica.

3.1.4 Planejamento das propostas de atividades

A quarta etapa consistiu na elaboração do planejamento das propostas de atividades para a condução da aulas, com a utilização dos kits de impressão 3D como um recurso de ensino na aprendizagem cognitiva dos alunos. A proposta da atividade

será desenvolvida em quatro momentos: Introdução, Desenvolvimento, Conclusão e Avaliação.

3.1.4.1 Proposta de atividade: Máquina de Atwood

Para elaboração da proposta de atividade, levamos em consideração, os conteúdos trabalhados pelo professor nas aulas no decorrer do ano, envolvendo a Dinâmica do movimento dos corpos, como os conceitos de Força, Força resultante, os tipos de forças na Mecânica, Leis de Newton, aplicação das Leis de Newton (Sistemas de Corpos, Plano inclinado e Polias), em que os alunos já estariam familiarizados com os conceitos, grandezas vetoriais e escalares, envolvidas na Dinâmica do movimento dos corpos. A proposta de atividade para duas aulas foi desenvolvida de modo que seja flexível, conforme a interação dos alunos.

Ao escolher o tema Máquina de Atwood para ser trabalhado com as peças de impressão 3D, o objetivo foi permitir uma visualização na prática do fenômeno acontecendo e assim poder discutir as grandezas e as causas envolvendo o movimento dos corpos e a partir da discussão dos conceitos, poder fazer a transposição para a lousa, e deste modo conduzir a construção das equações matemáticas, para que os alunos pudessem compreender de maneira criativa e dinâmica a modelagem matemática a partir de um fenômeno da Física com o objetivo de propiciar uma aprendizagem ativa.

A proposta de atividade começa com a retomada de alguns tópicos, por meio de questionamentos aos alunos, envolvendo as grandezas envolvidas no movimento dos corpos como a velocidade e aceleração, a Força como causa do movimento e os tipos de forças na Mecânica e na sequência, apresentar as peças de impressão 3D aos alunos, para que eles possam visualizar e se familiarizar com elas.

Para o desenvolvimento da aula, realizamos a montagem da Máquina de Atwood, seguindo os passos: primeiramente montar o suporte do aparato para a prática a ser realizada, utilizando os dois bloquinhos sólidos, de impressão 3D, para aumentar a estrutura e permitir melhor visualização do fenômeno, o suporte com a polia fixa na extremidade, de impressão 3D, e o prendedor de mesa, de impressão 3D, conforme a figura 6.



Figura 6: Máquina de Atwood – Suporte do aparato para a prática.

Em seguida prender um pedaço do barbante no gancho da polia fixa, de impressão 3D, conforme a figura 7.



Figura 7: Máquina de Atwood – Barbante preso a polia fixa com gancho.

Após prender a polia fixa com gancho, de impressão 3D, no suporte do aparato montado, conforme a figura 8.



Figura 8: Máquina de Atwood – Polia fixa com gancho preso ao suporte.

Em seguida, apoiar um fio inextensível (pedaço do barbante) na polia fixa com gancho, conforme a figura 9.

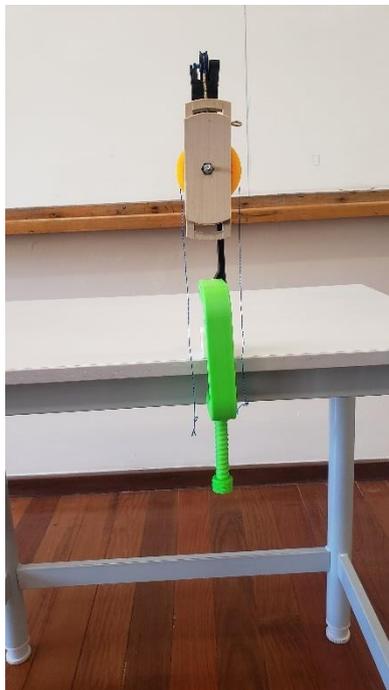


Figura 9: Máquina de Atwood – Fio inextensível apoiado na polia fixa com gancho.

Depois de concluída a montagem final do aparato, inicia-se a discussão do tema Máquina de Atwood: pegar os dois objetos com ganchos, de mesma massa e

fazer o questionamento aos alunos sobre o que aconteceria se prendesse um em cada extremidade do fio. Após ouvir os questionamentos, solicitar à um aluno para colocar os dois objetos, um em cada extremidade do fio e soltá-los ao mesmo tempo, depois solicitar ao mesmo aluno que puxe algum dos objetos e mude a disposição dos mesmos, conforme as figuras 10 e 11.

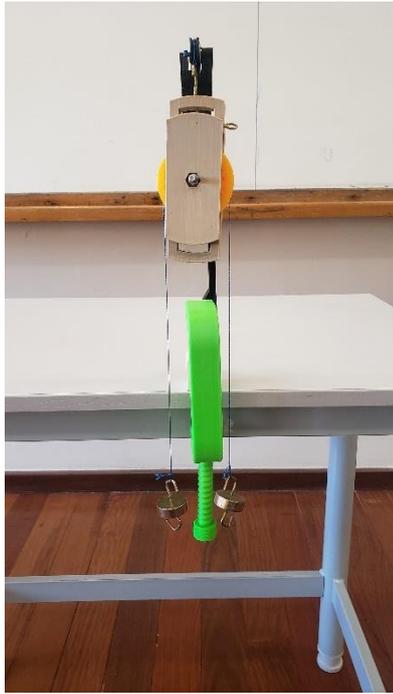


Figura 10: Aplicação da Máquina de Atwood, com os dois objetos com ganchos, de mesma massa, um em cada extremidade do fio.

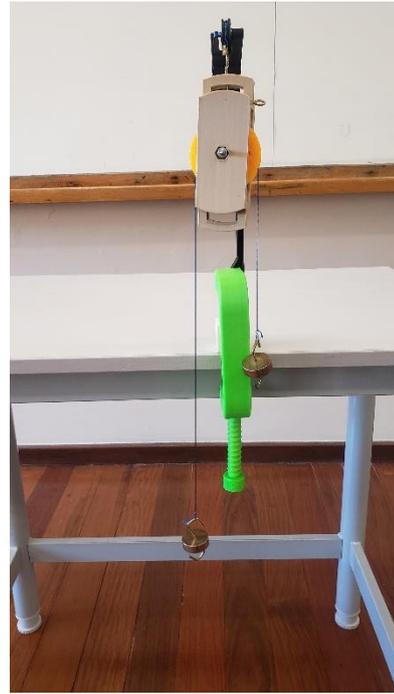


Figura 11: Aplicação da Máquina de Atwood, com os dois objetos com ganchos, de mesma massa, um em cada extremidade do fio, com disposições diferentes.

Na sequência, questionar aos alunos sobre o porquê não ocorreu o movimento dos objetos, abordando assim, o equilíbrio estático entre os corpos e a força resultante igual a zero nos dois objetos. Em seguida, questionar aos alunos o que aconteceria se coloca-se em um dos objetos com gancho com a mesma massa, o objeto cilíndrico. Após ouvir os questionamentos, pedir à um aluno colocar objeto cilíndrico em um dos objetos com gancho a sua escolha e soltá-lo, conforme a figura 12.

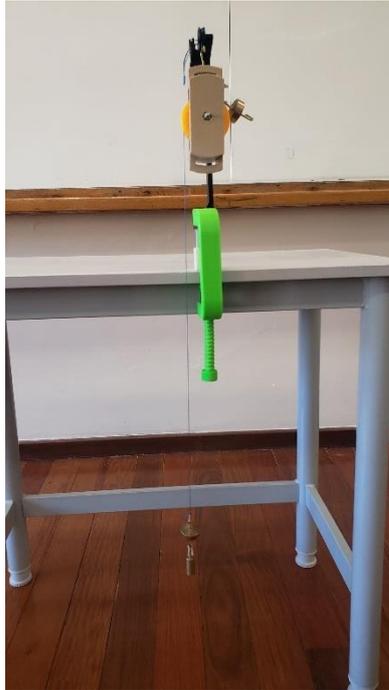


Figura 12: Aplicação da Máquina de Atwood, com objetos de massas diferentes, um em cada extremidade do fio.

Encerrada a demonstração, questionar aos alunos sobre o movimento que ocorreu, abordando assim, o equilíbrio dinâmico entre os corpos, e a força resultante diferente de zero nos dois objetos.

Para complementar a conceitualização do fenômeno realizado a partir da análise vetorial, utilizar os vetores e realizar a descrição das grandezas vetoriais envolvidas no movimento e na causa do movimento, isto deve ocorrer através de questionamentos aos alunos, sobre quais os tipos de forças da mecânica estão envolvidas neste experimento, como também a percepção do movimento, conforme a figura 13.

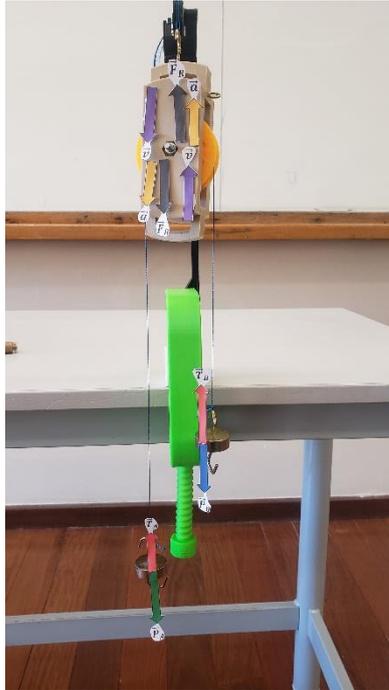


Figura 13: Discussão do movimento e causa do movimento observado na Máquina de Atwood.

Encerrada a explicação do experimento envolvendo a Máquina de Atwood, fazer a transposição do experimento, para a lousa e construir com os alunos a modelagem matemática, a partir desta aplicação das leis de Newton.

Para a conclusão da aula, deixar os alunos terem contato com o experimento, para que possam manipular na prática o que foi discutido em aula.

Para avaliação dos alunos, o professor pode realizar através da sua observação e a participação dos alunos na aula.

3.1.4.2 Proposta de atividade: Colisões

Para elaboração desta proposta de atividade, seguiu-se a mesma linha de raciocínio utilizado para a Máquina de Atwood, levou-se em consideração, os conteúdos trabalhados pelo professor, envolvendo a Dinâmica Impulsiva como os conceitos de Impulso, Quantidade de Movimento ou Momento Linear, Conservação da Quantidade de Movimento (termo que adotaremos neste estudo) ou Conservação do Momento Linear e Conservação da Energia Mecânica, em que os alunos já estariam familiarizados com os conceitos, grandezas vetoriais e escalares, trabalhados em conteúdos anteriores. A proposta de atividade para duas aulas,

abordará as Colisões Unidimensionais e foi desenvolvida de modo que seja flexível, conforme a interação dos alunos.

Ao escolher o tema Colisões para ser trabalhado com as peças de impressão 3D, o objetivo era poder permitir uma visualização na prática do fenômeno acontecendo e assim, trazer para uma realidade mais concreta e menos abstrata para discutir os três tipos de Colisões² e, a partir da discussão dos conceitos, poder fazer a transposição para a lousa e diferenciá-las conforme as suas características, também proporcionando uma aprendizagem ativa.

Para a condução da aula, na introdução, fazer a retomada do conceito da Conservação da Quantidade de Movimento e a Conservação da Energia Mecânica, através de questionamentos aos alunos, enquanto passa as peças de impressão 3D aos alunos, para que eles possam visualizar e se familiarizar com elas.

Na sequência, para o desenvolvimento da aula, realizamos a montagem da pista unidimensional, seguindo os passos: montar a pista unidimensional sobre a mesa utilizando os quatro trilhos, de impressão 3D, conforme a figura 14.



Figura 14: Colisões: Montagem da pista unidimensional.

² No estudo de colisões, costuma-se fazer uso do conceito de coeficiente de restituição (e), para classificar os tipos de colisões. Essa classificação é pertinente na dinâmica de sistemas de partículas, favorecendo uma compreensão dos tipos de colisões. De acordo com o coeficiente de restituição, podemos classificar as colisões como:

- $e = 0$: colisão inelástica;
- $0 < e < 1$: colisão parcialmente elástica;
- $e = 1$: colisão perfeitamente elástica. (FILHO; KAMASSURY; MEIRA, 2017).

Em seguida colocar dois carrinhos, de impressão 3D com rodas de rolamentos, um em cada extremidade da pista unidimensional, conforme a figura 15.

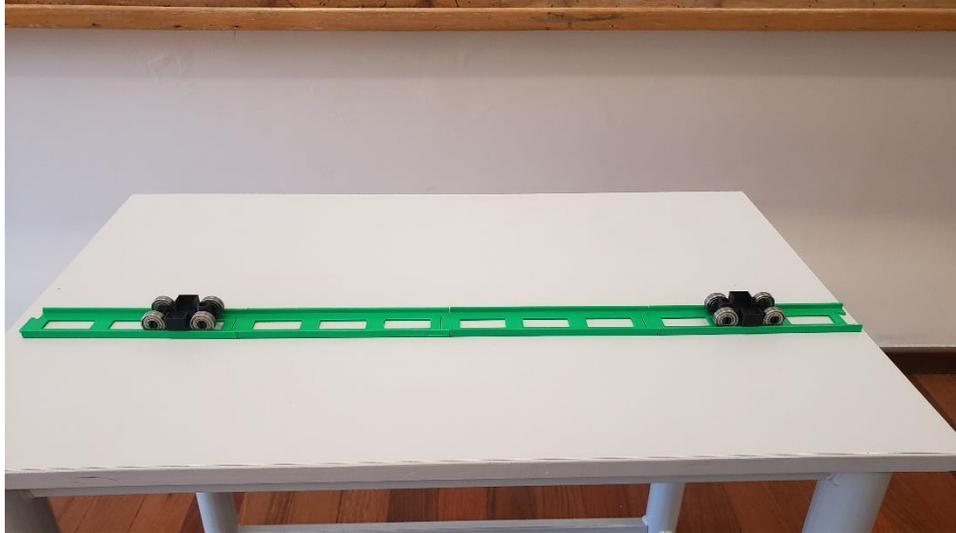


Figura 15: Colisões: Dois carrinhos, de impressão 3D com rodas de rolamentos, um em cada extremidade da pista unidimensional.

Após solicitar que um aluno, movimente os dois carrinhos, de modo que eles se colidam, conforme a figura 16 e 17.

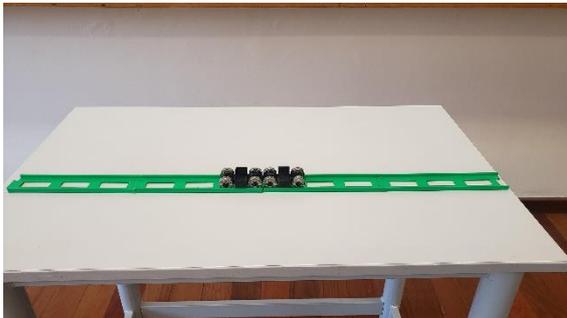


Figura 16: Colisões: Carrinhos durante colisão.



Figura 17: Colisões: Carrinhos após a colisão.

Questionar aos alunos o que eles observaram antes, durante e após a colisão dos carrinhos, em seguida fazer a conceitualização do fenômeno observado, e utilizar os vetores, para desenvolver a descrição do movimento antes e após a colisão, conforme figura 18.

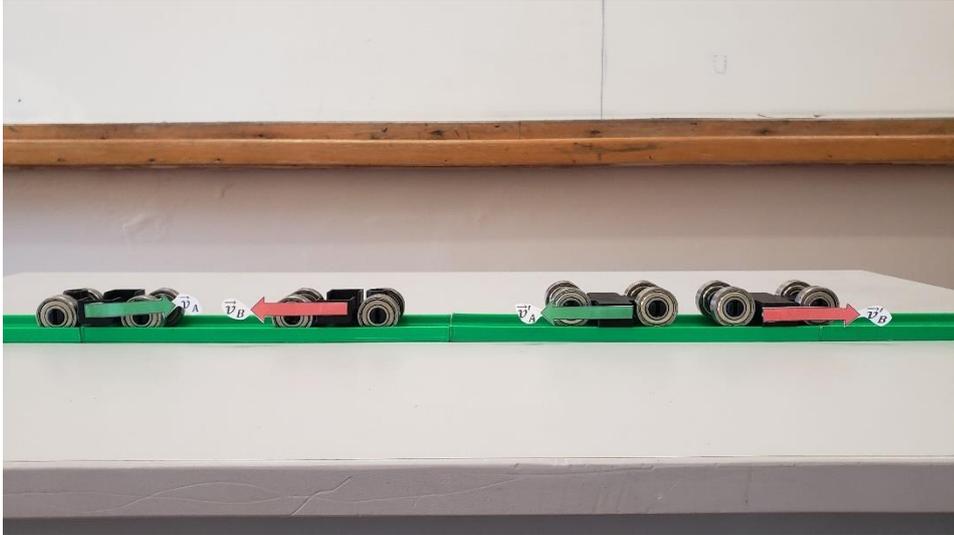


Figura 18: Colisões: Descrição do movimento antes e após a colisão dos carrinhos.

Em seguida, fazer a transposição para a lousa e seguir com a explicação do movimento observado neste tipo de colisão, que envolve os tipos: Colisão Perfeitamente Elástica e Colisão Parcialmente Elástica. Abordar as características de cada um desses tipos de Colisões, discutir sobre a Conservação da Quantidade de Movimento, o sinal envolvendo o sentido da velocidade na construção da equação matemática e a Conservação da Energia Cinética nos dois tipos.

Prosseguindo com as demonstrações, pegar os dois encaixes para os carrinhos de impressão 3D com velcro nas extremidades e encaixar nos dois carrinhos com rodas de rolamentos, conforme a figura 19.

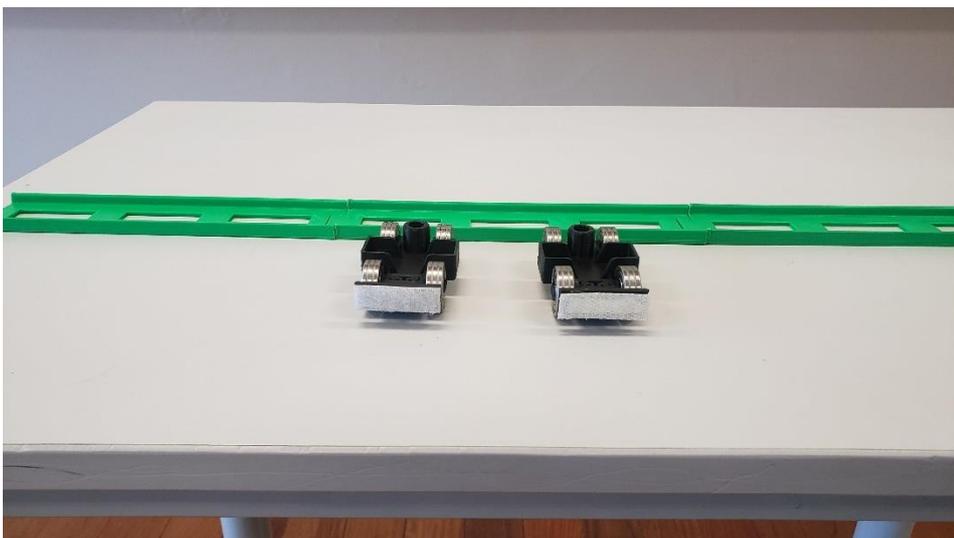


Figura 19: Colisões: Carrinhos com o encaixe de velcro.

Após solicitar que um aluno, coloque os carrinhos novamente na pista unidimensional, sendo um deles na extremidades da pista e o outro na metade da pista, peça que ele movimente o carrinho da extremidade na direção do carrinho parado na metade da pista, de modo que eles colidam, conforme a figura 20 e 21.



Figura 20: Colisões: Carrinhos durante a da colisão.



Figura 21: Colisões: Carrinhos após a colisão.

Da mesma forma que foi realizada no experimento anterior, questionar os alunos o que eles observaram antes, durante e após a colisão dos carrinhos, em seguida fazer a conceitualização do fenômeno observado e utilizar os vetores para desenvolver a descrição do movimento antes e após a colisão, conforme figura 22.

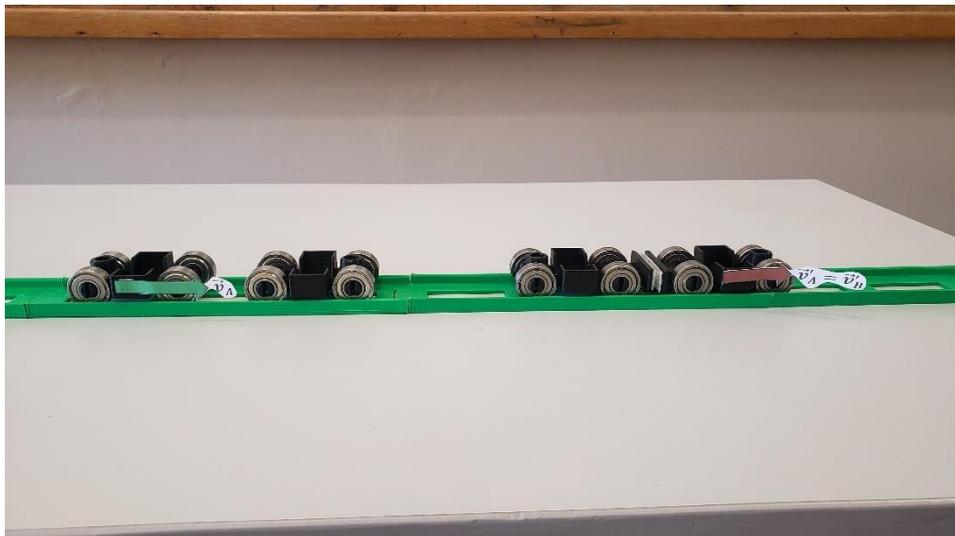


Figura 22: Colisões: Descrição do movimento antes e após a colisão dos carrinhos.

Seguindo o mesmo raciocínio do experimento anterior, fazer a transposição para a lousa e promover a explicação do movimento observado neste tipo de Colisão, que envolve a Colisão do Tipo Inelástica, abordando também as características deste tipo de Colisões, discutir sobre a Conservação da Quantidade de Movimento, o sinal

envolvendo o sentido da velocidade na construção da equação matemática e a Conservação da Energia Cinética neste tipo de colisão.

Para complementar a Colisão Inelástica, quando não ocorre o movimento após a colisão, ou seja, os carros, se colidem e param imediatamente, utilizar o encaixe para os carrinhos, de impressão 3D com ímã na extremidade e encaixar em um dos carrinhos de impressão 3D, para observar que após a colisão os carrinhos permaneceram praticamente na mesma posição da colisão, evidenciando a máxima perda de Energia Cinética. Solicitar que um aluno, coloque os carrinhos novamente um em cada extremidade da pista e peça que ele movimente os carrinhos, de modo que eles se colidam, conforme a figura 23 e 24.



Figura 23: Colisões: Carrinhos durante a colisão.



Figura 24: Colisões: Carrinhos após a colisão.

Da mesma forma que foi realizada no experimento anterior, questionar os alunos o que eles observaram antes, durante e após a colisão dos carrinhos, em seguida, fazer a conceitualização do fenômeno observado, e utilizar os vetores para desenvolver a descrição do movimento antes e após a colisão, conforme figura 25.

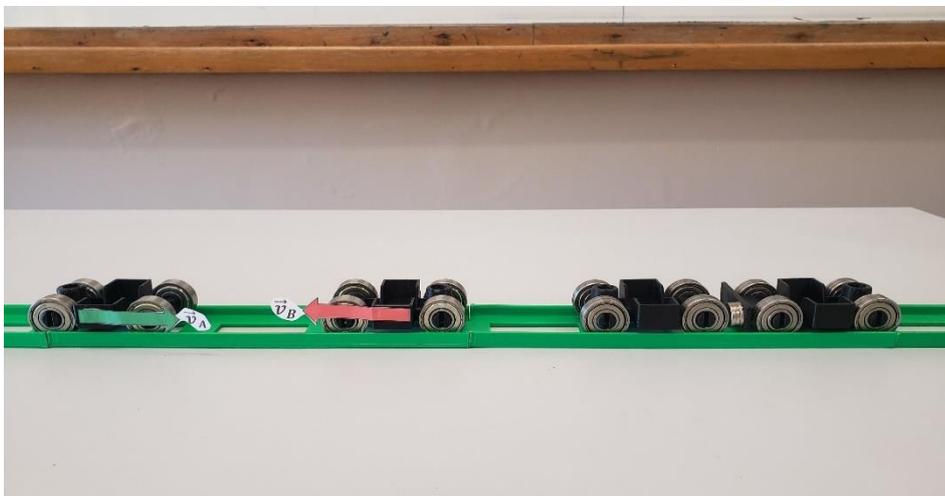


Figura 25: Colisões: Descrição do movimento antes e após a colisão dos carrinhos.

Para a conclusão da aula, também realizamos os mesmos passos realizados para a Máquina de Atwood, deixar os alunos terem contato com o experimento, para que possam manipular na prática o que foi discutido em aula.

Para avaliação, o professor pode realizar através da sua observação e a participação dos alunos na aula.

3.1.4.2 Proposta de atividade: Conservação da Energia Mecânica

Para elaboração da proposta de atividade, tendo a Conservação da Energia Mecânica como tema escolhido, segue a mesma linha de raciocínio utilizado para a Máquina de Atwood e Colisões, levamos em consideração, os conteúdos trabalhados pelo professor, envolvendo Trabalho, Forças Conservativas e Não Conservativas, Potência, Energia, Tipos da Energia Mecânica (Energia Cinética, Energias Potenciais: Gravitacional e Elástica), os Teoremas envolvendo estas energias e Sistemas Conservativos. A Proposta de atividade para uma aula abordará Sistemas não Conservativos e foi desenvolvida de modo que permita a interação dos alunos.

Ao escolher o tema Conservação da Energia Mecânica para ser trabalhado com as peças de impressão 3D, o objetivo foi permitir uma visualização na prática do fenômeno acontecendo e trazer para uma realidade mais concreta e a partir da discussão dos conceitos, fazer a transposição para a lousa, proporcionando uma aprendizagem ativa.

Na introdução da aula, fazer a retomada do conceito de Energia por meio de questionamentos aos alunos, enquanto apresenta a peça de impressão 3D para que eles possam visualizar e se familiarizar com ela. Na sequência, realizar questionamentos sobre a percepção da textura e forma da pista de impressão 3D que eles tiveram contato anteriormente, junto com a bolinha de borracha, conforme a figura 26.



Figura 26: Conservação da Energia Mecânica: Pista de montagem 3D e a bolinha de borracha.

Em seguida promover um desafio aos alunos da seguinte forma: pedir que eles ao soltarem a bolinha de borracha de uma das extremidades da pista, que ela retorne a sua posição inicial, sem utilizar força, conforme as figuras 27 e 28.

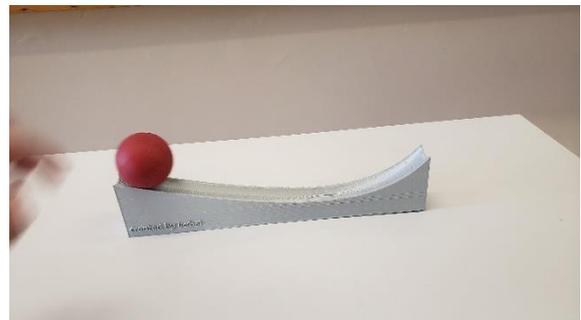
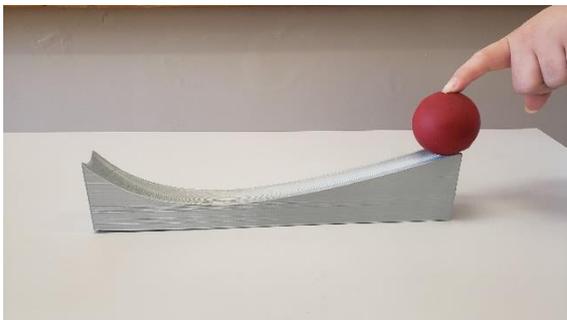


Figura 27 (esquerda) e 28 (direita): Conservação da Energia Mecânica: Desafio da bolinha de borracha.

Questionar os alunos o porquê não ser possível fazer a bolinha retornar a sua posição inicial e em seguida, fazer a transposição para a lousa e seguir com a explicação da Conservação da Energia Mecânica em Sistemas não Conservativos, abordando a energia dissipada durante o movimento, através do atrito com a pista e a resistência do ar.

Para a conclusão da aula, realizamos os mesmos passos das atividades da Máquina de Atwood e Colisões, deixando os alunos terem contato com o experimento, para que possam manipular na prática o que foi discutido em aula.

Para avaliação, o professor pode realizar através da sua observação e a participação dos alunos na aula.

3.1.5 Aplicação dos kits

A quinta etapa consistiu na aplicação dos kits que ocorreu durante o 3º trimestre do ano letivo de 2022, ocorrendo em duas aulas da disciplina de Física com duração de 50 min. Desta forma, ocorreram nos dias em que seria abordado os temas propriamente dito, dentro do planejamento programático das turmas e assim, foram sendo inseridos os kits para a contextualização e a discussão do fenômeno que era simulado, de acordo com as propostas de atividades.

3.1.6 Avaliação

A sexta etapa consistiu na avaliação das peças de impressão 3D como um recurso de ensino que contribui para uma aprendizagem ativa para os alunos a partir da percepção dos alunos. Para isto, elaboramos um formulário no *google forms*, sem a identificação dos alunos, com questionamentos a respeito da experiência que eles tiveram no contato com as peças de impressão 3D. Para a realização do estudo, os alunos não foram informados que se tratava de uma pesquisa, para que não houvesse uma avaliação parcial das suas percepções, deste modo o projeto foi desenvolvido, dentro da rotina normal de aula dos alunos.

Os kits de impressão 3D, foram inseridos aos alunos de forma natural, como um novo recurso de ensino utilizado pelo professor para desenvolver suas aulas. No momento da avaliação dos kits e do recurso de ensino, o professor informou aos alunos que este estava analisando novas formas de conduzir o conhecimento nas aulas de Física para saber deles, sobre o que eles acharam deste recurso de ensino e se era viável a sua utilização para uma aprendizagem ativa, da parte deles.

O formulário de avaliação aplicado no Colégio A era composto de oito perguntas fechadas e uma pergunta em aberto e no Colégio B era composto de sete perguntas fechadas e uma aberta, com o intuito de avaliar a aprendizagem dos conteúdos e o conjunto de peças produzidas por impressão 3D.

O quadro 1, apresenta o formulário de avaliação aplicado para as turmas de 1ª séries do Colégio A, em que foram trabalhados os kits de peças de impressões 3D para os conteúdos: Máquina de Atwood e Colisões.

Quadro 1: Formulário de avaliação dos kits de peças de impressões 3D para os conteúdos: Máquina de Atwood e Colisões

Perguntas	Fechada: opções de respostas	Aberta
Qual turma você estuda?	<input type="checkbox"/> 1ª série A <input type="checkbox"/> 1ª série B	N/A
Anteriormente você já teve algum contato com peças impressas ou impressoras 3D?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	N/A
Como você classifica as peças impressas em 3D, com relação ao tamanho, forma e o visual das peças?	<input type="checkbox"/> Ótima <input type="checkbox"/> Boa <input type="checkbox"/> Mais ou menos <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Péssima	N/A
De um modo geral, qual foi a sua primeira “impressão” sobre as peças impressas 3D apresentadas pelo professor?	<input type="checkbox"/> Ótima <input type="checkbox"/> Boa <input type="checkbox"/> Mais ou menos <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Péssima	N/A
Sobre a atividade de Máquina de Atwood, o conjunto de peças impressas por impressora 3D lhe ajudou na compreensão da Física envolvida?	<input type="checkbox"/> Muito <input type="checkbox"/> Pouco <input type="checkbox"/> Bastante	N/A
Sobre a atividade de Colisões, o conjunto de peças impressas por impressora 3D lhe ajudou na compreensão da Física envolvida? ³	<input type="checkbox"/> Muito <input type="checkbox"/> Pouco <input type="checkbox"/> Bastante	N/A
O quanto você se sentiu interessado (a) nas atividades com as peças impressas 3D?	<input type="checkbox"/> Muito <input type="checkbox"/> Pouco <input type="checkbox"/> Bastante	N/A
Comparando a forma que normalmente você aprende física em	<input type="checkbox"/> Legal, ajudou demais.	N/A

³ A classificação pelos alunos a respeito da compreensão dos conteúdos seguiu a quantificação:

- Muito = média compreensão do conteúdo;
- Pouco = pouca compreensão do conteúdo;
- Bastante: grande compreensão do conteúdo.

sala de aula, como você classifica a atividade envolvendo as peças impressas 3D? ⁴	() Nada demais, nem ajudou e nem atrapalhou. () Ruim, ficou difícil demais.	
Na sua opinião, quais vantagens que o uso das peças 3D tem e que pode ajudar no Ensino de Física? Explique a sua resposta.	N/A	Os alunos opinariam segundo as suas palavras sobre a experiência deles com as peças dos kits.

O quadro 2, apresenta o formulário de avaliação aplicado para as turmas de 1ª séries do Colégio B, em que foi trabalhada a peça impressa do conteúdo: Conservação da Energia Mecânica.

Quadro 2: Formulário de avaliação dos kits de peças de impressões 3D com o conteúdo: Conservação da Energia Mecânica

Perguntas	Fechada: opções de respostas	Aberta
Qual turma você estuda?	() 1ª série A () 1ª série B () 1ª série C	N/A
Anteriormente você já teve algum contato com peças impressas ou impressoras 3D?	() Sim () Não	N/A
Como você classifica as peças impressas em 3D, com relação ao tamanho, forma e o visual das peças?	() Ótima () Boa () Mais ou menos () Ruim () Péssima	N/A
De um modo geral, qual foi a sua primeira “impressão” sobre as peças	() Ótima () Boa () Mais ou menos	N/A

⁴ A classificação pelos alunos a respeito do interesse em prestar a atenção nas aulas:

- Muito = médio interesse;
- Pouco = pouco interesse;
- Bastante: grande interesse.

impressas 3D apresentadas pelo professor?	() Ruim () Pésima	
Sobre a atividade de Conservação de Energia, o conjunto de peças impressas por impressora 3D lhe ajudou na compreensão da Física envolvida? ⁵	() Muito () Pouco () Bastante	N/A
O quanto você se sentiu interessado (a) nas atividades com as peças impressas 3D? ⁶	() Muito () Pouco () Bastante	N/A
Comparando a forma que normalmente você aprende física em sala de aula, como você classifica a atividade envolvendo as peças impressas 3D?	() Legal, ajudou demais () Nada demais, nem ajudou e nem atrapalhou () Ruim, ficou difícil demais	N/A
Na sua opinião, quais vantagens que o uso das peças 3D tem e que pode ajudar no Ensino de Física? Explique a sua resposta.	N/A	Aberta para os alunos opinarem, segundo as suas palavras sobre a experiência deles com as peças.

⁵ A classificação pelos alunos a respeito da compreensão dos conteúdos seguiu a quantificação:

- Muito = média compreensão do conteúdo;
- Pouco = pouca compreensão do conteúdo;
- Bastante: grande compreensão do conteúdo.

⁶ A classificação pelos alunos a respeito do interesse em prestar a atenção nas aulas:

- Muito = médio interesse;
- Pouco = pouco interesse;
- Bastante: grande interesse.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aplicação dos kits produzidos por impressão 3D como um recurso de ensino, aplicamos um questionário aos alunos para avaliar a aprendizagem dos conteúdos pelos mesmos e o material didático utilizado.

4.1 Avaliação dos kits de impressões 3D da Máquina de Atwood e Colisões aplicados aos alunos das 1ª séries A e B do Ensino Médio do Colégio A.

A primeira pergunta teve como objetivo identificar a série na qual o aluno encontrava-se matriculado, a fim de se analisar a sua interação com o conteúdo analisado e o recurso aplicado, produzido especificamente para esta série, com um maior número de dados, o gráfico 1 apresenta a participação dos alunos que responderam ao questionário da avaliação, na qual 61,1% pertenciam a 1ª série A e 38,9% a 1ª série B.

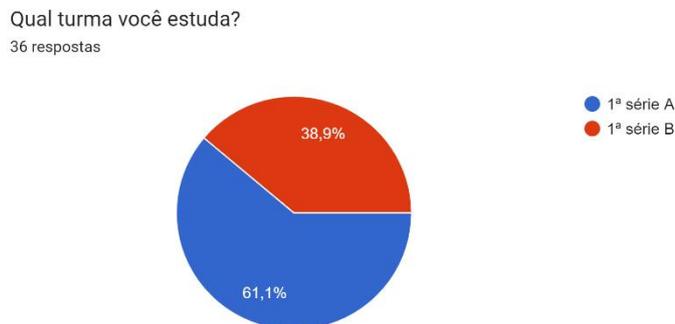


Gráfico 1: Participação das turmas no questionário de avaliação.

A segunda pergunta buscou identificar se os alunos já tiveram algum contato com as peças de impressão 3D, durante esta etapa foi possível deparar com alunos que identificaram as peças utilizadas como sendo da impressão 3D, antes mesmo do professor comentar a respeito. O gráfico 2 revela que 58,3%, a maior parte dos alunos nunca tiveram contato com as peças de impressão 3D.

Anteriormente você já teve algum contato com peças impressas ou impressoras 3D?
36 respostas

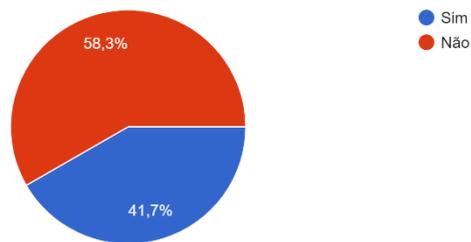


Gráfico 2: Contato dos alunos com as peças de impressão 3D.

A terceira pergunta buscou a avaliação dos alunos em relação aos aspectos das peças de impressão 3D, como seu tamanho, forma e o visual. O gráfico 3 revela que 94,4%, a maior parte dos alunos avaliaram positivamente as peças de impressão 3D, sendo 58,3% avaliadas como ótima e 36,1% como boa e 5,6% avaliadas como mais ou menos.

Esta pergunta tinha como objetivo analisar a receptividade dos alunos em relação aos materiais apresentados, para que durante o desenvolvimento da aplicação dos kits ocorresse uma melhor interatividade com os alunos para que eles tivessem uma experiência positiva na proposta realizada.

Como você classifica as peças impressas em 3D com relação ao tamanho, forma e o visual das peças?
36 respostas

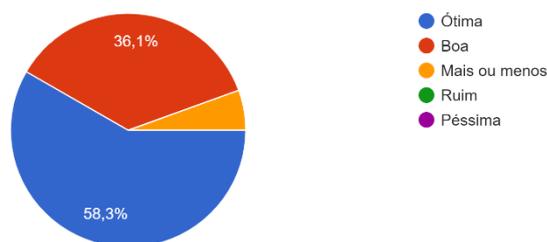


Gráfico 3: Avaliação dos aspectos das peças de impressão 3D.

A quarta pergunta buscou a avaliação dos alunos em relação a utilização dos kits de impressão 3D para a conceitualização dos temas abordado. O gráfico 4, revela que 97,2%, quase a totalidade dos alunos, sendo que 25% tiveram uma boa e a maioria com 72,2% uma ótima aceitação da utilização das peças de impressão 3D e 5,6% avaliadas como mais ou menos.

Esta pergunta tinha como objetivo analisar o potencial pedagógico das impressões 3D, de modo a analisar se a proposta de atividade realizada foi adequada ao conteúdo escolhido como também a expectativa da sua utilização como uma forma de despertar o interesse dos alunos através de uma aula dinâmica e assim, promover uma aprendizagem ativa.

De um modo geral, qual foi a sua primeira “impressão” sobre as peças impressas 3D apresentadas pelo professor?

36 respostas

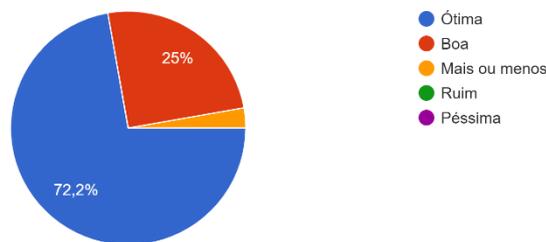


Gráfico 4: Aceitação da utilização das peças de impressão 3D.

A quinta pergunta buscou identificar se os alunos conseguiram obter compreensão satisfatória do conteúdo trabalhado sobre a Máquina de Atwood, através da utilização dos kits de impressão 3D. O gráfico 5, revela que 86,1%, a maior parte dos alunos, conseguiram obter uma compreensão satisfatória do conteúdo trabalhado, em que 61,1% considerou que ajudou muito e 25% considerou que ajudou bastante, e uma pequena parte dos alunos, sendo 13,9%, não alcançaram suas expectativas na compreensão do conteúdo com a utilização das peças de impressão 3D. De acordo com estes dados, em uma aula posterior, o professor, voltou com o tema buscando suprir quaisquer dúvidas que ficaram sobre o conteúdo.

Esta pergunta serviu de orientação para buscar solucionar falhas durante o desenvolvimento da aula e desta forma melhorar a condução da mesma.

Sobre a atividade da Máquina de Atwood, a peça impressa por impressora 3D lhe ajudou na compreensão da Física envolvida?

36 respostas

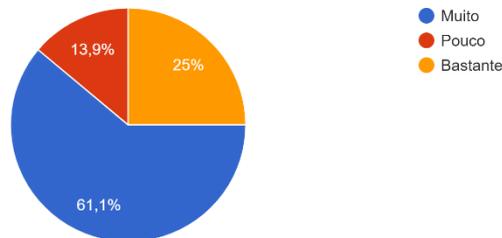


Gráfico 5: Compreensão do conteúdo trabalhado sobre Máquina de Atwood com a utilização das peças de impressão 3D.

A sexta pergunta buscou identificar se os alunos conseguiram obter compreensão satisfatória do conteúdo trabalhado sobre as Colisões através da utilização dos kits de impressão 3D. O gráfico 6, revela que 94,5%, a grande maioria dos alunos, conseguiram obter uma compreensão satisfatória do conteúdo trabalhado, em que 63,9% considerou que ajudou muito e 30,6% considerou que ajudou bastante, e uma pequena parte dos alunos, sendo 5,5%, não alcançaram suas expectativas na compreensão do conteúdo com a utilização das peças de impressão 3D. Assim como com a atividade com as peças da Máquina de Atwood. Em uma aula posterior, o professor voltou com o tema buscando suprir as dúvidas que ficaram sobre o conteúdo.

Assim como na pergunta 5, essas respostas serviram de orientação para buscar solucionar falhas durante o desenvolvimento da aula e desta forma melhorar a condução da mesma.

Sobre a atividade de Colisões, o conjunto de peças impressas por impressora 3D lhe ajudou na compreensão da Física envolvida?

36 respostas

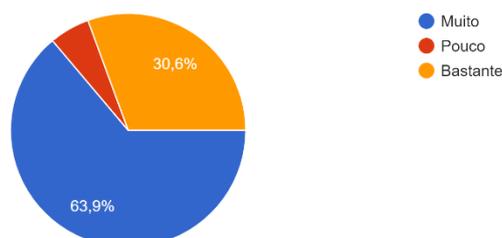


Gráfico 6: Compreensão do conteúdo trabalhado sobre Colisões com a utilização das peças de impressão 3D.

Comparando as duas atividades realizadas, observa-se que para a abordagem dos conteúdos de Colisões, obteve-se um melhor resultado e questionando aos alunos sobre uma dificuldade que interferiu na compreensão dos conceitos, a análise vetorial é um tópico que ainda traz confusões aos alunos, fazendo com que o tema sobre Colisões tivesse melhor compreensão na abordagem.

A sétima pergunta buscou identificar se a utilização das peças de impressões 3D como um recurso de ensino e com aprendizagem ativa, possibilita ao aluno um interesse maior nas aulas de Física.

O gráfico 7 revela que 97,2%, quase a totalidade dos alunos que responderam ao questionário, 61,1% se sentiram muito e 36,1% se sentiram bastante interessados em prestar atenção nas aulas, enquanto 2,8% dos alunos se sentiram pouco interessados em prestar atenção na aula. Esta pergunta tinha o mesmo objetivo da pergunta número 4, que era analisar o potencial pedagógico da impressão 3D como um recurso de ensino nas aulas de Física, promovendo uma aprendizagem ativa para os alunos.

Refletindo sobre esses resultados, relacionamos ao trabalho de Becker (2019), mostrando que a utilização da impressão 3D no ensino de Física possibilita um melhor entendimento do conteúdo e desenvolvimento cognitivo, pois a Ciência é um processo de representação do mundo, e a utilização da impressão 3D como ferramenta representativa do método de transposição didática, se torna uma possibilidade.

O quanto você se sentiu interessado(a) nas atividades com as peças impressas 3D?
36 respostas

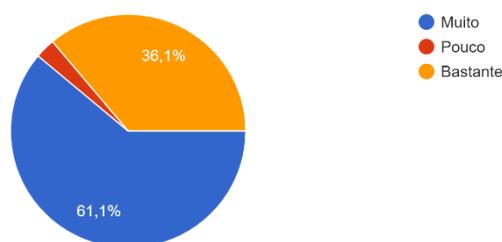


Gráfico 7: Motivação dos alunos com a utilização das peças de impressão 3D nas aulas de Física.

A oitava pergunta buscou a identificar se a utilização de peças de impressões 3D, como um recurso de ensino de aprendizagem ativa para os alunos contribui para

a melhor compreensão dos conteúdos na disciplina de Física, comparado as aulas tradicionais utilizando a lousa. O gráfico 8 revela que 94,4% a grande maioria dos alunos que responderam ao questionário indicaram que este recurso de ensino é legal e ajudou demais na aprendizagem, enquanto 5,6% não acharam nada demais, nem ajudou e nem atrapalhou.

O objetivo dessa pergunta foi o de investigar a relação entre os conteúdos trabalhados e a utilização dos modelos em 3D na aprendizagem dos alunos. Os resultados mostraram ser muito promissor o uso das impressões 3D para promover uma aprendizagem mais ativa em sala de aula, com um grande reconhecimento por parte dos alunos.

Comparando com a forma que normalmente você aprende Física em sala de aula, como você classifica a atividade envolvendo as peças impressas 3D?
36 respostas

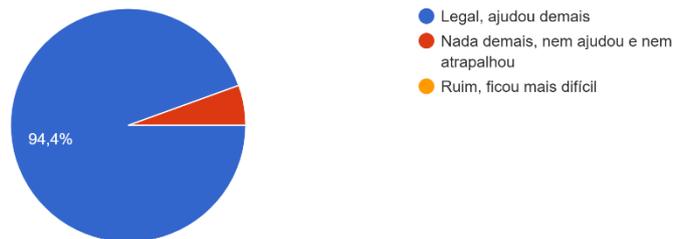


Gráfico 8: Aprendizagem dos alunos com as peças de impressão 3D.

A nona pergunta, que foi uma pergunta em aberta, buscou identificar se estes materiais facilitam a aprendizagem ativa por parte dos alunos em relação aos conceitos discutidos nas aulas de Física. Esta pergunta tinha como objetivo analisar se os alunos responderam ao questionário de forma espontânea e sem intimidação durante a sua avaliação, e desta forma ser possível uma exploração real dos efeitos das atividades realizadas e com isso ser possível uma avaliação destes materiais como um potencial pedagógico para uma aprendizagem ativa por parte dos alunos.

Na sequência, destacamos algumas das respostas dos alunos participantes desta pesquisa.

Alunos da 1ª série A:

“Podendo ser impressa qualquer modelagem feita no computador facilita o aprendizado com a versatilidade para o uso em diversas aplicações”. (Aluno 1A);

“Colocar em prática a teoria que vemos nos livros, para termos certa noção do que acontece de verdade”. (Aluno 2A);

“Ajudam mostrando os conteúdos na prática de maneira lúdica e divertida”. (Aluno 3A);

“Acredito que com as peças 3D nos conseguimos ver realmente na prática os conteúdos estudados,além da aula ser mais interessante”. (Aluno 4A);

“Esse mecanismo ajuda a criar um cenário de como a física se aplica na realidade, embora não seja com precisão, já ajuda a monitorar um conhecimento fora do caderno”. (Aluno 5A);

“Ajuda muito, pois nos mostra na prática como são os movimentos, colisões etc, além de ser muito legal.” (Aluno 6A);

“é melhor de entender, e ajuda a prestar atenção”. (Aluno 7A);

“gosto de ter representações físicas dos elementos para poder entender melhor os desenhos e as contas, além disso, deixa tudo mais interessante” (Aluno 8A);

“com as peças 3d nós conseguimos visualizar melhor os conceitos físicos, se torna mais “real”, “palpavel” o aprendizado”. (Aluno 9A);

“Eh mais facil para compreender, no nosso imaginario eh diferente da vida real, quando o professor passa o conteudo no quadro penso uma coisa, quando vejo na minha frente e diferente e mais facil de entender, lem de ser mais dinamico e divertido, o unico problema eh que as vezes eh meio dificil de ver, ja que ha diferentes angulos, talvez se fossemos mais perto para enxergar seria melhor. Mas sobreudo gosto da iniciativa e aprecio sua vontade de fazer os alunos entenderem o conteudo.” (Aluno 10A).

Alunos da 1ª série B:

O melhor entendimento de questões que são mais práticas”. (Aluno 1B);

“traz o ensino para uma dimensão prática, quando se pode tocar e ver é mais fácil de entender”. (Aluno 2B);

“Pode ajudar para ampliar o entendimento do conteúdo”. (Aluno 3B);

“Muito vantajoso, pois conseguimos observar como se fosse realidade”. (Aluno 4B);

“É uma forma relativamente fácil de adquirir recursos para uma aula mais prática e é muito interessante visualmente para facilitar o entendimento do conteúdo”. (Aluno 5B);

“A impressão 3D permite a produção de peças complexas, muitas das quais não podem ser produzidas por outros métodos de fabricação. Nesse caso, muito do que já foi aprendido durante o ano, se tivesse sido explicado somente por meio de esquemas e vídeos complexos, e não de uma

maneira simples como foi com as peças 3D, poderia sim ter dificultado nosso entendimento da teoria.” (Aluno 6B).

De acordo com as declarações dos alunos, foi possível analisar e refletir sobre a impressão 3D, como um recurso de ensino importante para se utilizar em sala de aula. Pensando nas mudanças que a escola precisa passar para que o conhecimento seja mais aproveitado pelos alunos, e estes possam alcançar um desenvolvimento cognitivo que os prepara para a vida adulta, as falas dos alunos apontam esta necessidade, entre estas mudanças, como discutido na fundamentação teórica, está em despertar o interesse dos alunos em aprender e não encarar a escola como sendo algo “chato” que são “obrigados” a frequentar, como pode ser observado nas falas de alguns alunos, como por exemplo: *“Ajudam mostrando os conteúdos na prática de maneira lúdica e divertida” (Aluno 3A)* e *“gosto de ter representações físicas dos elementos para poder entender melhor os desenhos e as contas, além disso, deixa tudo mais interessante” (Aluno 8A).*

É necessário que a aprendizagem se torne ativa para os alunos e que ela possa trazer uma vivência na prática e não somente no imaginário. Os próprios alunos mostraram isso em suas respostas, como por exemplo: *“com as peças 3d nós conseguimos visualizar melhor os conceitos físicos, se torna mais “real”, “palpável” o aprendizado” (Aluno 9A)* e *“Esse mecanismo ajuda a criar um cenário de como a física se aplica na realidade, embora não seja com precisão, já ajuda a monitorar um conhecimento fora do caderno” (Aluno 5A).* Isso corrobora com Moreira (2021) a respeito de como ensinar e aprender Física, mostrando que isto envolve conceitos e conceitualização, modelos e modelagem, atividades experimentais, competências científicas, situações que façam sentido, aprendizagem significativa, dialogicidade e criticidade, interesse.

Uma observação bastante interessante a respeito do desenvolvimento de atividades experimentais na escola foi a do aluno que disse: *“É uma forma relativamente fácil de adquirir recursos para uma aula mais prática e é muito interessante visualmente para facilitar o entendimento do conteúdo” (Aluno 5B).* Esse aluno aponta que é possível encontrar possibilidades para desenvolver aulas práticas que tragam uma experiência e vivência para o aluno, sem precisar de materiais de altos custos ou de espaço próprio para o desenvolvimento de atividades experimentais, como apontado por Borges (2002), destacando a

importância que o professor esteja atento para as possibilidades de inserir os discentes em contextos experimentais, mesmo que a escola não ofereça um espaço próprio, utilizando de materiais de baixo custo, como uma alternativa para a condução desta prática na disciplina de Física.

4.2 Avaliação dos kits de impressões 3D da Conservação da Energia Mecânica aplicados aos alunos das 1ª séries A, B e C do Ensino Médio do Colégio B.

A avaliação seguiu a mesma perspectiva da avaliação realizada com as turmas de 1ª série do Colégio Marista.

A primeira pergunta teve como objetivo identificar a série na qual o aluno encontrava-se matriculado, a fim de se analisar a sua interação com o conteúdo analisado e o recurso aplicado, produzido especificamente para esta série, com um maior número de dados, o gráfico 9, apresenta a participação dos alunos que responderam ao questionário da avaliação, na qual 27,1% pertenciam a 1ª série A, 29,2% a 1ª série B e 43,8% a 1ª série C.

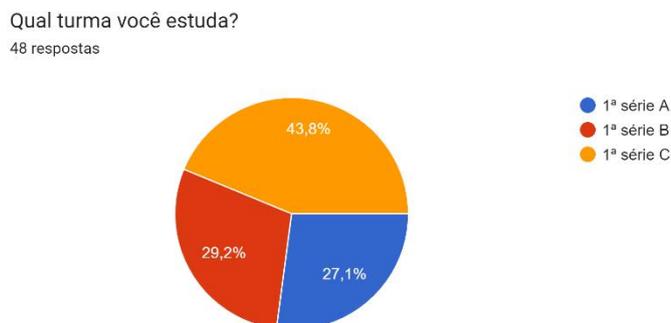


Gráfico 9: Participação das turmas no questionário de avaliação.

A segunda pergunta buscou identificar se os alunos já tiveram algum contato com as peças de impressão 3D, durante esta etapa foi possível deparar com alunos que identificaram as peças utilizadas como sendo da impressão 3D, antes mesmo do professor comentar a respeito. O gráfico 10 revela que 75%, a maior parte dos alunos, nunca tiveram contato com as peças de impressão 3D.

Anteriormente você já teve algum contato com peças impressas ou impressoras 3D?
48 respostas

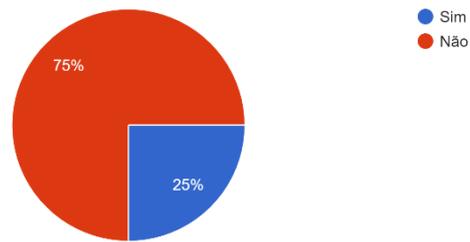


Gráfico 10: Contato dos alunos com as peças de impressão 3D

A terceira pergunta buscou a avaliação dos alunos em relação aos aspectos das peças de impressão 3D, como seu tamanho, forma e o visual. O gráfico 11 revela que 95,9%, a maior parte dos alunos avaliaram positivamente as peças de impressão 3D, sendo 56,3% avaliadas como ótima e 39,6% como boa, enquanto 4,1% avaliadas como mais ou menos, assim como ocorreu com as turmas de 1ª séries do Colégio A, que também avaliaram positivamente as peças de impressão 3D.

Como você classifica as peças impressas em 3D com relação ao tamanho, forma e o visual das peças?
48 respostas

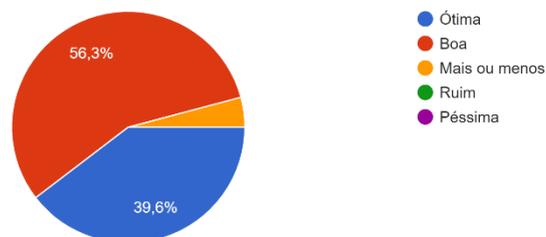


Gráfico 11: Avaliação dos aspectos das peças de impressão 3D.

A quarta pergunta buscou a avaliação dos alunos em relação a utilização dos kits de impressão 3D para a conceitualização do tema abordado, o gráfico 12, revela que 97,9%, quase a totalidade dos alunos, sendo que 50% tiveram uma boa e a 47,9% uma ótima aceitação da utilização das peças de impressão 3D, 3D e 2,1% avaliadas como mais ou menos, diferente de como ocorreu com as turmas de 1ª séries do Colégio A. O que pode ter ocorrido, é que para o kit da Conservação da Energia Mecânica, tínhamos somente uma peça de impressão 3D envolvida, ao contrário dos kits da Máquina de Atwood e Colisões, terem mais peças de impressão 3D, e, os

alunos terem observado a aplicação deste recurso de ensino, em dois conteúdos distintos.

De um modo geral, qual foi a sua primeira "impressão" sobre as peças impressas 3D apresentadas pelo professor?

48 respostas

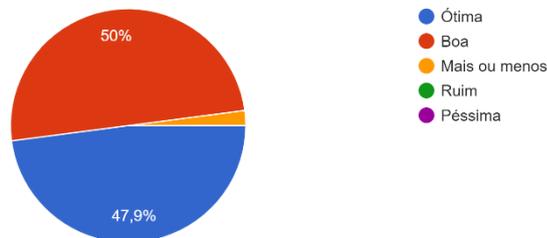


Gráfico 12: Aceitação da utilização das peças de impressão 3D.

A quinta pergunta buscou identificar se os alunos conseguiram obter uma compreensão significativa do conteúdo trabalhado sobre a Conservação da Energia Mecânica, através da utilização dos kits de impressão 3D. O gráfico 13 revela que a maior parte dos alunos, sendo 64,6% ajudou muito e 20,8% ajudou bastante, conseguiram obter uma compreensão satisfatória do conteúdo trabalhado e que uma pequena parte dos alunos, sendo 14,6%, não alcançaram suas expectativas na compreensão do conteúdo com a utilização das peças de impressão 3D, os dados mostram uma similaridade com os dados obtidos com as turmas de 1ª séries do Colégio A. A partir desses dados, assim como foi feito com o experimento da Máquina de Atwood e Colisões no Colégio A, em uma aula posterior, foi retomado o tema buscando suprir as dúvidas que ficaram sobre o conteúdo.

Sobre a atividade de Conservação de Energia, o conjunto de peças impressas por impressora 3D lhe ajudou na compreensão da Física envolvida?

48 respostas

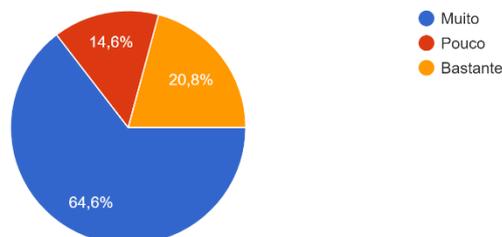


Gráfico 13: Compreensão do conteúdo trabalhado sobre Conservação da Energia Mecânica com a utilização das peças de impressão 3D.

A sexta pergunta buscou a identificar se a utilização de peças de impressões 3D como um recurso de ensino de aprendizagem ativa para os alunos possibilita ao aluno um interesse maior nas aulas de Física. O gráfico 14 revela que 85,4%, em porcentagem menor comparado ao Colégio A, a grande maioria dos alunos que responderam ao questionário, 50% se sentiram muito e 35,4% se sentiram bastante interessados em prestar a atenção nas aulas, mas uma parcela um pouco maior, comparado as turmas de 1ª séries do Colégio A, aponta que 14,6% dos alunos não se sentiram interessados em prestar a atenção nas aulas. O que pode ter ocorrido, da diferença na quantidade de peças impressas e mais utilizações de kits nas aulas no Colégio A.

O quanto você se sentiu interessado(a) nas atividades com as peças impressas 3D?
48 respostas

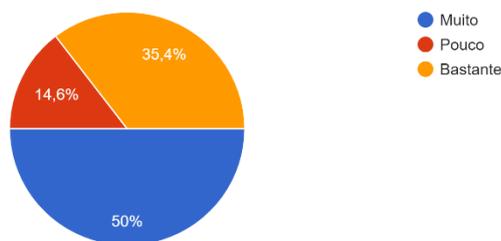


Gráfico 14: Motivação dos alunos com a utilização das peças de impressão 3D nas aulas de Física.

A sétima pergunta buscou a identificar se a utilização de peças de impressões 3D como um recurso de ensino de aprendizagem ativa para os alunos contribui para a melhor compreensão dos conteúdos na disciplina de Física comparado as aulas tradicionais utilizando a lousa. O gráfico 15 revela que 85,4% em porcentagem menor que o Colégio A, a grande maioria dos alunos que responderam ao questionário indicaram que este recurso de ensino é legal e ajudou demais na aprendizagem, enquanto 12,5% não acharam nada demais, nem ajudou e nem atrapalhou e 2,1% (um aluno), apontou que considerou ruim, ficou mais difícil. No questionário individual, observou-se que este aluno comentou na questão em aberto: “*eu não entendo nd de nenhum jeito*”. Mostrando a importância do professor em buscar alternativas, na melhor percepção e compreensão na disciplina de Física.

Comparando com a forma que normalmente você aprende Física em sala de aula, como você classifica a atividade envolvendo as peças impressas 3D?

48 respostas

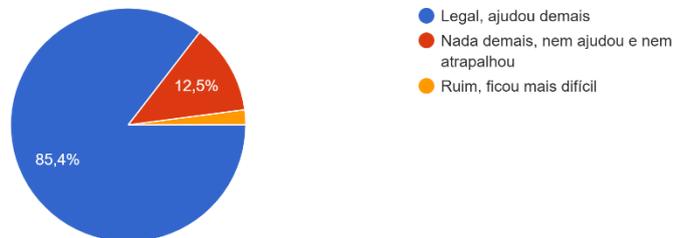


Gráfico 15: Aprendizagem dos alunos com as peças de impressão 3D.

A oitava pergunta que foi uma pergunta aberta e tinha como objetivo analisar se os alunos responderam ao questionário de forma espontânea e sem intimidação durante a sua avaliação, e desta forma ser possível uma exploração real dos efeitos das atividades realizadas e com isso ser possível uma avaliação destes materiais como um potencial pedagógico para uma aprendizagem ativa por parte dos alunos.

Na sequência, destacamos algumas das respostas dos alunos participantes desta pesquisa.

Alunos da 1ª série A:

“Experiência aprimorada, melhor entendimento do conteúdo, torna a aula mais interessante”. (Aluno 1A);

“Se tem uma ideia visual da física na prática como realidade e uso na vida real”. (Aluno 2A);

“melhor compreensão na forma pratica e visualização” (Aluno 3A);

“Poder ter uma experiência mais aprimorada”. (Aluno 4A);

“melhor compreendimento dos comentarios da fisica”. (Aluno 5A);

“Podemos ter uma experiência mais real”. (Aluno 6A).

Alunos da 1ª série B:

“mais fácil de entender a matéria”. (Aluno 1B);

“Melhora o entendimento, a compreensão das atividades!” (Aluno 2B);

“Acredito que a utilização das peças 3D ajudam na visualização do conteúdo passado e deixam mais dinâmico, direto e facilita a compreensão,

considerando também que deixa a aula mais prática e menos entediante”. (Aluno 3B);

“de uma forma mais dinâmica e diferente a aprender”. (Aluno 4B);

“São melhores por serem reais e poder aprender olhando na vida real e não digitalmente”. (Aluno 5B);

“Isso poderia ajudar os alunos e até mesmo os professores, pois seria uma forma mais fácil de se explicar e real para o aluno ver e entender”. (Aluno 6B).

Alunos da 1ª série C:

“facilitar o aprendizado”. (Aluno 1C);

“é mais fácil pra visualizar e entender em vez de ficar só na imaginação e teoria”. (Aluno 2C)

“Sinceramente, não sei, porém é legal”. (Aluno 3C);

“As peças 3D deixam as aulas mais dinâmicas e fáceis de serem compreendidas”. (Aluno 4C);

“é mais prático, assim aprende mais fácil”. (Aluno 5C);

“faz o pessoal se interessar mais pela física”. (Aluno 6C);

“Acredito que consigo compreender melhor pois estou vendo na prática, ajuda a mentalizar melhor”. (Aluno 7C).

De acordo com as declarações dos alunos, ressaltam o que foi observado com as turmas da outra instituição, mostrando que o ensino e aprendizagem podem ser estimulantes e para isto, é necessário que os professores busquem alternativas para trazer o conhecimento e novas metodologias para dentro da sala de aula e acreditar que o ensinar e aprender pode ser divertido para os alunos e para os professores também, como comentado pelos alunos: *“Isso poderia ajudar os alunos e até mesmo os professores, pois seria uma forma mais fácil de se explicar e real para o aluno ver e entender” (Aluno 6B)* e *“Acredito que a utilização das peças 3D ajudam na visualização do conteúdo passado e deixam mais dinâmico, direto e facilita a compreensão, considerando também que deixa a aula mais prática e menos entediante” (Aluno 3B)*, corroborando com Antonowiski, Alencar e Rocha (2017), apontando a dificuldade que professores de Física encontram em construir o conhecimento junto com seus alunos, de maneira prazerosa e contextualizada.

Alguns alunos ressaltaram sua dificuldade na compreensão dos conceitos envolvendo a disciplina de Física, conforme os relatos abaixo:

“Se as peças apresentadas fossem realmente úteis e ajudassem na compreensão do conteúdo, seriam sim úteis. Mas o modelo apresentado não mudou em nada minha compreensão sobre um conteúdo específico”. (Aluno 7B);

“nem uma” (Aluno 8B);

“Não sei, não consigo entender física” (Aluno 8C);

“eu não entendo nd de nenhum jeito”. (Aluno 9C);

“por enquanto em nada”. (Aluno 10C);

Para os alunos que ressaltaram dificuldades na compreensão dos conceitos de Física, possivelmente possa decorrer do fato de ser um experimento mais simples, sem abordar outras formas de observar o fenômeno proposto, como também a própria dificuldade do aluno na compreensão dos conceitos da Física de uma maneira geral. Uma possibilidade de contornar estas dificuldades seria desenvolver mais pistas com outros formatos, para ampliar a visualização dos fenômenos estudados. Outra possibilidade seria dispor aos alunos que apresentaram dificuldades na compreensão dos conceitos um momento mais direcionado e trabalhar suas dúvidas e questionamentos, proporcionando assim, um melhor entendimento sobre o assunto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao decorrer da aplicação dos kits de impressão 3D durante as aulas, que foi de forma natural, sendo uma ferramenta condutora para a contextualização dos conteúdos, observamos que os alunos tiveram uma participação e atenção maior nestas aulas, apresentando um interesse maior da parte deles em buscar, de acordo com os questionamentos levantados pelo professor, explicar conforme suas experiências e concepções os fenômenos que eles estavam observando. Esta interação maior nas aulas ocorreu através da aplicação dos kits com peças produzidas pela impressão 3D que a partir de um modelo virtual, foi possível materializar os fenômenos do mundo real em algo que eles conseguissem ver, tocar e manipular. Durante as aulas, com o interesse que os alunos demonstraram, o professor demonstrou maior motivação e estímulo, o que contribuiu na mediação dos questionamentos e debate com os alunos. Esta motivação por parte do professor é importante, pois ele pode se sentir mais disposto e animado em desenvolver e inserir novas propostas de atividades, como também esta motivação acaba sendo percebida pelos alunos e fazendo com que ocorra uma melhor e maior interação dos alunos com o professor, que culmina em uma aula mais bem aproveitada e prazerosa para ambos, melhorando a visão dos alunos sobre a disciplina de Física.

A partir dos resultados obtidos, observamos que a tecnologia de impressão 3D se apresentou como um recurso de ensino viável para o aprendizado dos conteúdos de forma cognitiva e significativa, podendo ser visto como um grande potencial pedagógico, pois permite uma dinâmica maior nas aulas e por despertar o interesse dos alunos em querer participar da aula, como também permite inserir em um contexto de aulas práticas experimentais pensando em outras formas de atividades, como por exemplo as Metodologias Ativas, uma delas sendo a Rotação por Estação, na qual em uma das estações os alunos possam interagir com os materiais de impressão 3D discutindo e analisando as interações propostas nestas atividades. São várias as possibilidades de como trabalhar com a impressão 3D no contexto da educação. Entender a sua importância e conhecer seus benefícios a torna mais uma ferramenta para se utilizar na sala de aula para uma didática mais atual e proveitosa por parte dos alunos, como também dos professores.

Analisando do ponto de vista como professor, foi empolgante acompanhar as discussões dos alunos para explicar o que acontecia em cada situação que era

levantada, a participação dos mesmos durante estas aulas foi muito maior comparada às aulas dos moldes tradicionais, utilizando a lousa e isto pode ser visto com a opinião do aluno: “*é melhor de entender, e ajuda a prestar atenção*” (Aluno 7A), relacionando com os trabalhos de Silva, Sales e Castro (2019), mostrando que este modelo de ensino passivo/expositivo de aprendizagem, sendo atualmente a influência nas salas de aula do Brasil, é uma das razões que contribuem para a desmotivação dos alunos, por estar centrado no professor e utilizar de métodos para resoluções de exercícios e memorização de fórmulas matemáticas. Foi possível ver que os alunos se sentiam interessados a buscar compreender os fenômenos observados e um ia completando a opinião do outro, para chegar em uma explicação do que estavam vendo e isto tornou a aula mais interessante, efetiva e o conteúdo fluiu de maneira natural e interativa, o que me estimulava muito, tornando o processo divertido e prazeroso.

Acreditamos que o trabalho desenvolvido trouxe uma contribuição para o Ensino de Física ao mostrar nas atividades a possibilidade de desenvolver aulas mais criativas e dinâmicas, contribuindo para uma aprendizagem ativa, permitindo que os alunos sejam protagonistas no seu entendimento e compreensão dos conteúdos. Outra contribuição seria para área da Tecnologia Educacional, pois a tecnologia de impressão 3D é um atrativo para o ambiente educacional, porque pode auxiliar no processo de ensino-aprendizagem permitindo alunos mais participativos, ajudam a esclarecer conceitos por permitir objetos que representam o real e estimulam a criatividade dos alunos.

Concluimos com o estudo que é de vital importância os professores buscarem conhecer e explorar variados recursos de ensino, novas didáticas e novas metodologias de ensino-aprendizagem, para que os conteúdos sejam aplicados em sala de aula de maneira lúdica, prática e divertida, estimulando a participação e criatividade na construção do conhecimento cognitivo, promovendo uma aprendizagem ativa para os alunos e desmitificando a disciplina de Física, como uma ciência acabada, difícil e estudada para resolver exercícios e decorar fórmulas, tornando-a na verdade uma ciência divertida e com importância e aplicação no cotidiano de todos.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L. C. D. **Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de Instrumentos Didáticos para o ensino de Ciências**. 2016. 226 p. Área de Ensino de Ciências. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências-Bauru, Bauru 2016.
- ALCARÁ, A. R.; GUIMARÃES, S.E.R. A instrumentalidade como uma estratégia motivacional. **Revista Semestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional (ABRAPEE)**, vol. 11, n. 1, p. 165-178, jan/jun. 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pee/a/kFzcnP3PfmST5JS87vgqgyH/?lang=pt>> Acesso em: 20 fev. 2023.
- ANTONOWISKI, R.; ALENCAR, M. V.; ROCHA, L. C. T. Dificuldades encontradas para aprender a ensinar física moderna. **Scientific Eletronic Archives**. v. 10, n. 4, p. 50-57, ago. 2017. Disponível em: <http://www.seasinop.com.br/revista/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=384&path%5B%5D=pdf>. Acesso em: 3 jan. 2023.
- ASSIS, M. A. P. **Impressão 3D, modelos de negócios e os novos cenários para a propriedade intelectual**. 2018. 128. p. Dissertação de Mestrado Profissional. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.
- BASNIAK, M. I; LIZIERO, A. R. A impressora 3D e novas perspectivas para o ensino: possibilidades permeadas pelo uso. **Revista Observatório**, v. 3, n. 4, p. 445–466, 2017. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/observatorio/article/view/3321/9792>. Acesso em: 10 ago. 2022.
- BECKER, D. A. **Guia para o uso de modelos construídos com impressoras 3D no âmbito formal e não formal no ensino de astronomia do sistema solar**. 2019. 129 p. Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Araranguá, 2019.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607/6099>> Acesso em: 20 fev. 2023.
- CALAZANS, A.; MARTINS, C. A. O uso da tecnologia de impressão 3D na educação: pressupostos conceituais a partir da teoria do Duplo Aspecto de Andrew Feenberg. **Revista Dialectus**. Ano 10, n. 23, p. 33-53, mai/jun. 2021. Disponível em:

< <http://periodicos.ufc.br/dialectus/article/view/71847/197293>> Acesso em 21 fev. 2023.

DION, et. al. A reconstrução da Máquina de Atwood: Despertando a iniciativa para elaboração de projetos no contexto do ensino de Física. **Copenge 2001. XXIX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**. Porto Alegre, dez. 2001.

Disponível em:

<<https://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/18/trabalhos/CBE003.pdf>>

Acesso em: 5 fev. 2023.

EVANGELISTA, F. L.; OLIVEIRA, L. M. Estudo das consequências da aplicação de impressoras 3D no ambiente escolar. **Physicae Organum - Revista dos**

Estudantes de Física da UnB, v. 7, n. 1, p. 39–58, 2021. Disponível em:

<https://periodicos.unb.br/index.php/physicae/article/view/35946>. Acesso em: 4 jan.

2023.

FERREIRA, M. F. *et al.* Investigação sobre fatores de sucesso e insucesso na disciplina de física no ensino médio técnico integrado na percepção de alunos e professores do Instituto Federal de Goiás – Campus Inhumas. **HOLOS**, ISSN 1807-1600, ano 29, v. 5, p. 347-368, 2013. Disponível em:

<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1377/748>. Acesso em: 9 ago. 2022.

FERREIRA, S. M. M. **Os recursos didáticos no processo de ensino-aprendizagem. Estudo de caso da Escola Secundária Cónego Jacinto**. 2007. 69 p. Campos Universitário da Cidade da Praia. Monografia. Universidade Jean Piaget de Cabo Verde, Cidade da Praia, 2007.

FILHO, D. P. M.; KAMASSURY, J. K. S.; MEIRA, R. C. S. Uma discussão sobre o coeficiente de restituição. **Artigos Gerais, Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 4, p. 2-11, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0278>> Acesso em: 5 fev. 2023.

FILHO, J. B.; SILVA, B. Buscando um sistema de avaliação contínua: Ensino de eletrodinâmica no Nível Médio. **Ciência e Educação**, v. 8, n. 1, p. 27-38, 2002.

Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/MfstnkJdBbjZJVgZ4KD6Yfg/?format=pdf&lang=pt>>

Acesso em: 20 fev. 2023.

FONTES, H. **Impressora 3D do ICMC já fabricou drone, peças para robôs e até impressora filha. ICMC/USP**. Disponível em:

<<https://www.icmc.usp.br/en/noticias/1940-impressora-3d-do-icmc-ja-fabricou-drone-pecas-para-robos-e-ate-impressora-filha>> Acesso em: 21 fev. 2023.

HIGH SCHOOL MAKER. **3D Printing Allows for the Investigation of Real World Problems**. Categories: physics. Disponível em:
<<http://www.highschoolmaker.com/category/physics/>> Acesso em: 21 fev. 2023.

KOTZ, A.; KOVATLI, M.; LOCATELLI, Ederson. Possibilidades de Uso da Impressora 3D em Projetos de Sala de Aula. *In: Workshop de Informática na Escola*, 25., 2019, Brasília. **Anais**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, p. 1109-1113, 2019. Disponível em: <
<https://sol.sbc.org.br/index.php/wie/article/view/13267/13120>> Acesso em; 4 jan. 2023.

LOPES, A. *et al.* **Impressão 3D: imaginar, planejar e materializar**. Secretaria de Estado da Educação do Paraná - Superintendência da Educação Departamento de Políticas e Tecnologias Educacionais. 52 p. 2018.

MELO, M. G. A.; CAMPOS, J. S.; ALMEIDA, W. S. Dificuldades enfrentadas por Professores de Ciências para ensinar Física no Ensino Fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, vol. 8, n. 4, p. 241-251, set/dez. 2015. Disponível em: < <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/2780>> Acesso em: 20 fev. 2023.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino de Física. **Revista do Professor de Física**. vol. 43 suppl. 1, p. 1–8, 2021. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbef/a/xpwKp5WfMJsfCRNFCxFhqLy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 3 jan. 2023.

MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**. v. 1, n. 1, p. 1–13, 2017. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/7074>. Acesso em: 3 jan. 2023.

NESI, et al. Perspectivas e desafios atuais no ensino de física. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.2, p. 17285-17298, feb. 2021. Disponível em:
<<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/24969/19909>> Acesso em: 20 fev. 2023.

NETO, A. F.; LOUBET, S. S.; ALBUQUERQUE, L. M. O uso da impressora 3D no processo de ensino e aprendizagem. **Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco**, ISSN 2316-7297 – Volume XX, Número XX, 2019. Disponível em:
<https://ojs.ifes.edu.br/index.php/saladeaula/article/view/1377/891>. Acesso em: 10 ago. 2022.

NETO, R. S. O uso de tecnologias no ensino de física: mitos, desafios e possibilidades. **Anais do CIET:EnPED:2020 - (Congresso Internacional de Educação e Tecnologias | Encontro de Pesquisadores em Educação a**

Distância), São Carlos, ago. 2020. ISSN 2316-8722. Disponível em: <<https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2020/article/view/1541>>. Acesso em: 3 jan. 2023.

OLIVEIRA, C. R. A.; FERREIRA, C. C.; MARTINS, C. S. L. Modelo didático para o ensino de Ciências, construção por meio de impressão 3D: análise e avaliação no processo de ensino-aprendizagem. **Revista Iberoamericana de Tecnología em Educación em Tecnología**. n. 32, p. 42-53, jun. 2022. Disponível em: <<https://teyet-revista.info.unlp.edu.ar/TEyET/article/view/1787/1579>> Acesso em 21 fev. 2023.

PAIVA, F. F. *et al.* Orientações motivacionais de alunos do ensino médio para física: considerações psicométricas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 40, n. 3, p. 1-9, 2018. Disponível em: https://repositorio.usp.br/directbitstream/18909516-3654-49b4-8c1b-15d7c252ea03/PROD027388_2879325.pdf. Acesso em: 3 jan. 2023.

PEREIRA, A. C. A.; SANTOS, V.S.; SOUSA, W. S. **O ensino de física por professores não licenciados em física: desafios e obstáculos metodológicos**. **Anais**. VI CONEDU. Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/61348>>. Acesso em: 20 fev. 2023.

PINHO, F. V. A. **A utilização da impressão 3D na educação de alunos portadores de deficiência visual**. **Anais**. VII CONEDU. v. 2. Campina Grande: Realize Editora, p. 506-519, 2021. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/74167>>. Acesso em: 4 jan. 2023.

PIRES, M. I. F.; JÚNIOR, A. J. V. Modelos Concretos em Impressão 3D como Materiais Inclusivos na Educação Profissional e Tecnológica / Concrete Models in 3D Printing as Inclusive Materials in Professional and Technological Education. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, n. 12, p. 104084–104097, 2021. Disponível em: <<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/22454>>. Acesso em: 4 jan. 2023.

RODRIGUES, T. F. F; OLIVEIRA, G. S.; SANTOS, J. A. As pesquisas qualitativas e quantitativas na educação. **Revista Prisma**, v. 2, n. 1, p. 154-174, 2021. Disponível em: <<https://revistaprisma.emnuvens.com.br/prisma/article/view/49/41>> Acesso em 21 fev. 2023.

SANTOS, J. T. G.; ANDRADE, A, F. Impressão 3D como Recurso para o Desenvolvimento de Material Didático: Associando a Cultura Maker à Resolução de Problemas. **Revista Novas Tecnologias na Educação**. v. 18, n. 1, jul. 2020. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/download/106014/57856/435059>>. Acesso em: 04 jan. 2023.

SELBETTI. Impressora 3D na medicina: saiba os impactos e aplicações. **Tecnologia**, 2022. Disponível em: <<https://novosite.selbetti.com.br/impressora-3d-na-medicina/>> Acesso em: 21 fev. 2023.

SENA, I. B. **Utilizando a manufatura aditiva como recurso de apoio dentro da sala de aula: uma aplicação no curso técnico de agropecuária**. 2022. 29 p. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Salgueiro, 2022.

SILVA, A. F.; FERREIRA, J. H.; VIEIRA, C. A. O ensino de Ciências no ensino fundamental e médio: reflexões e perspectivas sobre a educação transformadora. **Revista Exitus**, v. 7, n. 2, p. 283-304, mai/ago. 2017. Disponível em: <http://www.ufopa.edu.br/portaldeperiodicos/index.php/revistaexitus/article/view/314/262>. Acesso em: 9 ago. 2022.

SILVA, *et al.* Os desafios no ensino e aprendizagem da física no ensino médio. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente-FAEMA**, Ariquemes, v.9, n. 2, p. 829-834, jul/dez, 2018. Disponível em: <<https://revista.faema.edu.br/index.php/Revista-FAEMA/article/view/593/665>> Acesso em: 20 fev. 2023.

SILVA, J. B.; SALES, G. L.; CASTRO, J. B. Gamificação como estratégia de aprendizagem ativa no ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 4, p. 1-9, 2019. Disponível em: [https://www.scielo.br/j/rbef/a/Tx3KQcf5G9PvcgQB4vswPbq/?format=pdf&lang=pt#:~:text=A%20gamifica%C3%A7%C3%A3o%20como%20estrat%C3%A9gia%20de,\(tarefas\)%20%5B12%5D](https://www.scielo.br/j/rbef/a/Tx3KQcf5G9PvcgQB4vswPbq/?format=pdf&lang=pt#:~:text=A%20gamifica%C3%A7%C3%A3o%20como%20estrat%C3%A9gia%20de,(tarefas)%20%5B12%5D). Acesso em: 3 jan. 2023.

SILVA, K. C. R.; VICTER, E. F. **O uso de materiais didáticos no processo de ensino aprendizagem**. XII Encontro Nacional de Educação Matemática. Educação Matemática na Contemporaneidade: desafios e possibilidades. São Paulo, 2016. Disponível em: <http://www.sbembrasil.org.br/enem2016/anais/pdf/7617_3455_ID.pdf> Acesso em: 4 jan. 2023.

SOBRAL, J. E. C.; CAVALCANTI, A. L. M. S.; EVERLING, M. T. Ver com as mãos': a tecnologia 3D como recurso educativo para pessoas cegas. **15º ERGODESIGN - Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-tecnologia I 15º USIHC - Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-computador**. v. 2, n. 1, p.1327-1335, jun. 2015. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/15ergodesign/114-U123.pdf>> Acesso em: 21 fev. 2023.

TOLEDO, K. C. *et al.* **O uso da impressora 3d na construção de geometrias moleculares como uma proposta didática no ensino de química, adaptado para pessoas com deficiência visual. Anais. VI CONEDU.** Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/61685>>. Acesso em: Acesso em; 4 jan. 2023.

ANEXO: LINKS PARA BAIXAR OS MODELOS 3D

Máquina de Atwood:

- 2 bloquinhos sólidos, de impressão 3D:
 - Os cubos podem ser criados diretamente nos softwares fatiadores colocando no projeto a forma cubo.
- 1 polia fixa com gancho, de impressão 3D:
 - <https://www.thingiverse.com/thing:1713315>
- 1 suporte com polia fixa na extremidade de impressão 3D:
 - No kit de peças disponível em <https://www.thingiverse.com/thing:3630616/files> imprimir as peças: Track_connector_elevated_angle_V2, Track_connector_purley (essa deve ser colada em cima da peça Track_connector_elevated_angle_V2 e também precisará de um rolamento 608 do tamanho 8mm x 22mm x 7mm que será encaixado nessa peça) e Pulley_guide (essa deverá ser encaixada na parte externa do rolamento).
- 1 prendedor de mesa, de impressão 3D:
 - <https://www.thingiverse.com/thing:3075868/files>

Colisões:

- Pista unidimensional:
 - <https://www.thingiverse.com/thing:2942827> (imprimir 4 ou 5 vezes a peça “Long”).
- Carrinhos:
 - <https://www.thingiverse.com/thing:3630616/files> (imprimir 2 vezes o modelo Mini_hotrod_voyager). Para cada carrinho, será necessário 4 rolamentos 608 do tamanho 8mm x 22mm x 7mm. Esses carrinhos podem ser substituídos pelos carrinhos conhecidos como Hot Wheels.
- Encaixes para colar o velcro:
 - <https://www.thingiverse.com/thing:3630616/files> (imprimir 1 para cada

carrinho o modelo Bumper_velcro)

Conservação de Energia Mecânica:

- Pista:
 - <https://www.thingiverse.com/thing:2846861>