

APOLLO-PET: Uma proposta interdisciplinar à luz da BNCC

Carina de Oliveira*, Claudia Dias*[†], Gladis Franck da Cunha^{††}, Laurete Zanol Sauer^{††} e Valquíria Villas-Boas^{††}

Resumo

É inegável a importância das Ciências Exatas para o entendimento dos fenômenos que nos causam curiosidade, que promovem a evolução humana e que, juntamente com a educação social e cultural, formam os pilares para que as crianças e os jovens se apropriem do conhecimento e sejam protagonistas da construção de seu futuro. O presente trabalho traz uma proposta alinhada com a nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC), com a apresentação de alternativa para diversificar a abordagem dos conteúdos contidos nos livros didáticos, utilizando estratégias de aprendizagem ativa e atividades experimentais. Acredita-se que esta é uma forma de contribuir para o aprimoramento das propostas metodológicas interdisciplinares, promover a interação social, despertar o interesse dos jovens pela investigação, preconizar a importância de atividades experimentais e incentivar os estudantes a participarem das Competições Regionais de Foguetes. O projeto de construção de um foguete de garrafa de poli tereftalato de etila (garrafa PET) é realizado por meio de uma sequência didática, aplicada em turmas de primeiro ano do Ensino Médio, possibilitando que sejam exploradas inter-relações entre Física, História e Matemática, com base no estudo da aplicação de foguetes nas guerras e corrida espacial. Esta proposta pode ser utilizada como alternativa ao ensino tradicional, para amenizar dificuldades dos estudantes em compreender fenômenos e aplicar conceitos estudados em sala de aula, de forma prática, através da motivação e do envolvimento, característicos de atividades experimentais. Além disso, sugere-se a possibilidade de uma abordagem interdisciplinar, que promova o aporte de diferentes pontos de vista para uma aprendizagem significativa e contextualizada.

Palavras-chave

Foguetes, Interdisciplinaridade, Física, História, Matemática, BNCC, Planejamento.

APOLLO-PET: An interdisciplinary proposal under the light of BNCC

Abstract

It is undeniable the importance of Exact Sciences for understanding the phenomena that cause curiosity, that promote human evolution and that, together with social and cultural education, form the pillars for children and young people to appropriate knowledge and be protagonists building your future. This work presents a proposal aligned with the new National Common Curricular Base (BNCC), with the presentation of an alternative to diversify the approach of the contents contained in textbooks, using active learning strategies and experimental activities. It is believed that this is a way of contributing to the improvement of interdisciplinary methodological proposals, promoting social interaction, arousing young people's interest in research, advocating the importance of experimental activities and encouraging students to participate in Regional Rocket Competitions. The project to build a polyethylene terephthalate (PET) bottle rocket is carried out through a didactic sequence, applied in first year classes of High School, allowing interrelationships between Physics, History and Mathematics, through the study of the application of rockets in wars and space race. This proposal can be used as an alternative to traditional teaching, to alleviate students' difficulties in understanding phenomena and to apply the concepts studied in the classroom, in a practical way, through motivation and involvement, characteristic of experimental activities. In addition, the possibility of an interdisciplinary approach is suggested, which promotes the contribution of different points of view for meaningful and contextualized learning.

Keywords

Rockets, Interdisciplinarity, Physics, History, Mathematics, BNCC, Planning.

I. INTRODUÇÃO

Não podemos negar a importância das Ciências Exatas para o entendimento dos fenômenos que despertam a

curiosidade e que promovem a evolução humana. No mundo civilizado a educação matemática e científica, juntamente com a educação social e cultural formam os pilares para que

*Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul, RS; [†] Bolsista UCS no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática ^{††} Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática.

E-mail: profecarinadeoliveira@gmail.com, claudinha-xyz@hotmail.com, gladisfranck@gmail.com, lzsauer2@gmail.com, vvillasboas@gmail.com

Data de envio: 15/05/2020

Data de aceite: 15/08/2020

<http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v8iss3p69>

as crianças e os jovens se apropriem do conhecimento e sejam protagonistas da construção de seu futuro.

No Brasil, a educação científica no ensino das Ciências Naturais, bem como no ensino da Matemática, tem sido motivo de preocupação há muitas décadas. Os principais entraves, quando se analisa, principalmente, a aprendizagem de matemática, são a sua descontextualização em relação ao cotidiano do estudante e a adoção de metodologias que atribuem ao erro uma forma exclusiva para classificar e medir o conhecimento [1]. Nessa perspectiva, o estudante não tem uma aprendizagem significativa, uma vez que interage com a Matemática como um conhecimento inatingível, apresentando dificuldades no entendimento e no estabelecimento de conexões entre os saberes. No estudo de Física a situação não é diferente. O excesso de formalismo matemático, a formação docente deficiente, o material pedagógico desatualizado e a precariedade dos laboratórios, contribuem para a desvalorização da atividade prática nos ambientes escolares [2].

Roitman, em um artigo publicado no jornal online *Pensar Educação em Pauta* [2], relata que na década de 60 foram implantados alguns programas com a finalidade de produzir laboratórios portáteis de Biologia, Física e Química, com kits contendo a biografia de cientistas, um manual de instruções e material para a realização de experimentos. Com a fundação das Sociedades Brasileiras de Biologia, Física, Matemática e Química, nessa mesma época, foram implementados outros programas, como por exemplo, a criação de clubes e feiras de ciências, na tentativa de melhorar a qualidade do ensino básico. Um programa de destaque foi o Projeto de Ensino de Física (PEF), em convênio com alguns órgãos governamentais de educação, que produziu fascículos de Mecânica, Eletricidade e Eletromagnetismo, que eram acompanhados de material experimental simples, de baixo custo, e de guias do professor [3]. Mais recentemente, o programa “Aventuras na Ciência”, coordenado pelo físico Herch Moysés Nussensweig produziu kits com instruções que os jovens podem levar para casa e experimentar por curiosidade, não por obrigação ou com um roteiro a ser seguido [2]. Outra iniciativa de grande impacto, cujo objetivo principal é estimular e aprimorar os conhecimentos por parte dos estudantes da Educação Básica, além de promover avanços no ensino e na aprendizagem da Matemática, foi a criação da Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas (OBMEP), que premia os melhores classificados entre estudantes matriculados desde o 5º ano do Ensino Fundamental até o 3º ano do Ensino Médio.

Freire [4] salienta que é possível afirmar que a prática pedagógica, bem como a teoria do conhecimento estão permeadas pela dimensão política. Por exemplo, o ensino da Matemática passa por um momento de transição. Ou seja, de um panorama onde a perspectiva principal era enfatizar a teoria em detrimento da prática e o ensino era pensado para o desenvolvimento exclusivo da abstração, para uma adequação de princípios com destaque para a resolução de problemas, o uso da modelagem, o uso da tecnologia, a exploração e a compreensão de conceitos. Em outras palavras, é um ensino de Matemática que serve como base para o desenvolvimento de competências básicas, no

processo de construção do conhecimento para o letramento matemático, com o redimensionamento das práticas pedagógicas.

Contudo, tais práticas, quando incorporadas simplesmente para serem diferenciadas do ensino tradicional¹, não contribuem para o processo de aprendizagem dos estudantes [4]. Não são raros os relatos de professores que propõem atividades para serem utilizadas aleatoriamente, apenas para que os estudantes possam comprovar algum fenômeno ou apenas como um momento de descontração das aulas teóricas. Tal situação pode ocorrer, muitas vezes, porque os professores possuem formação deficiente ou pela reprodução, em sala de aula, de uma formação acadêmica empobrecida de atividades experimentais [5].

Diante desse panorama, surge a necessidade de criar ou de recriar alternativas para diversificar a abordagem dos conteúdos contidos nos livros didáticos, que, em quase sua totalidade, são carregados de situações desconexas do cotidiano do estudante. Tal situação pode ser observada em livros didáticos de Física e de Matemática, que trazem grande quantidade de cálculos para a resolução de problemas, mas que muitas vezes não enfatizam o verdadeiro sentido dos conceitos envolvidos. Para Arruda e Laburú [2], em muitos livros didáticos, as Ciências Exatas aparecem como sendo fruto de descobertas banais e livres de qualquer dúvida, reservando a poucos estudantes a capacidade de compreender de fato como a Ciência evolui e como leis e princípios consolidados podem ser questionados.

Nesse contexto, este artigo apresenta uma proposta didática intitulada “Projeto APOLLO-PET”, alinhada com o pensamento de autores que criticam a desconexão entre os conteúdos teóricos e o cotidiano dos estudantes, a qual se apoia em estratégias de aprendizagem ativa. Com o projeto APOLLO-PET, tem-se a expectativa de que os estudantes desenvolvam, além dos conteúdos conceituais, conteúdos procedimentais e atitudinais, e que sejam possíveis ações interdisciplinares entre a Física, a História e a Matemática. Assim, se aposta na implementação e utilização de recursos computacionais, de modelagem matemática, de resolução de problemas, de atividades de elaboração, criação e execução de experimentos para a mudança da relação dos estudantes com as disciplinas, como forma de despertar-lhes o interesse por esses campos do saber.

Para a realização do projeto, tem-se por objetivo o planejamento, elaboração e aplicação de uma sequência didática para a construção de um foguete de garrafa PET. Para tanto, são os seguintes os objetivos específicos:

- verificar os conhecimentos prévios dos estudantes [6], durante todo o processo, levando as equipes a superarem obstáculos;
- despertar o interesse dos jovens pelas Ciências Exatas;
- promover a difusão dos conhecimentos básicos de forma cooperativa;
- incentivar a participação dos estudantes em atividades lúdicas;

¹ Aqui utilizou-se a definição de ensino tradicional praticada no século XIX até a metade do século XX posta por Alberto Gaspar [3], mas que ainda é vista em muitas salas de aula do século XXI.

-viabilizar o trabalho interdisciplinar, apoiado no conceito de interdisciplinaridade proposto por Piaget [7], integrando os objetivos de aprendizagem de Matemática, Física e História visando à reflexão sobre a importância da evolução tecnológica;

-investigar e fundamentar os conceitos da Mecânica Newtoniana e da Geometria Euclidiana com base na experimentação;

-relacionar o legado das Guerras Mundiais com conflitos éticos, propiciando novos desafios aos estudantes que os levem a compreender a “evolução social humana”;

-instigar os estudantes a refletir sobre um problema, levantar hipóteses, analisar dados, interpretar resultados e buscar soluções;

-preconizar a atividade experimental, com a finalidade de levar equipes representantes da escola a participar das Competições Regionais de Foguetes;

-promover a interação social, preconizada por Vygotsky [8].

O artigo está estruturado em seis seções: a primeira seção aborda algumas relações históricas que permeiam os problemas relacionados com as Ciências Exatas e traz exemplos de alguns projetos educacionais visando à melhoria nos processos de ensino e de aprendizagem; a segunda seção apresenta os referenciais teóricos adotados para fundamentar este trabalho; a terceira seção apresenta os procedimentos adotados e o desenvolvimento da sequência didática; na quarta seção apresentam-se algumas sugestões de avaliação da sequência didática, seguida da quinta seção, com comentários sobre algumas lições aprendidas e desafios enfrentados. Por fim, nas considerações finais, sexta seção, são ressaltados alguns resultados obtidos. Além disso, são apresentadas sugestões de futuras pesquisas relacionadas com o tema em questão, bem como a possibilidade de continuidade e aprofundamento desse trabalho.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

O projeto APOLLO-PET foi elaborado em consonância com algumas competências da nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para a nova Educação Básica [9]. De acordo com os recentes documentos, elaborados com o objetivo de orientar o trabalho em sala de aula, a BNCC

[...] leva em conta que os diferentes campos que compõem a Matemática reúnem um conjunto de ideias fundamentais que produzem articulações entre eles: equivalência, ordem, proporcionalidade, interdependência, representação, variação e aproximação. Essas ideias fundamentais são importantes para o desenvolvimento do pensamento matemático dos estudantes e devem se converter, na escola, em objetos de conhecimento. [...] (BNCC, 2017, p. 224, grifos do documento).

Especificamente, no que tange às Ciências da Natureza, uma das competências a serem desenvolvidas, conforme a BNCC, é que o estudante tenha a capacidade de:

“Compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, de modo a sentir segurança no debate de questões científicas, tecnológicas, socioambientais e do mundo do trabalho, continuar aprendendo e

colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.” (BNCC, 2017, p. 324, grifos de documento).

Com efeito, propor atividades com a intenção de despertar o interesse dos estudantes, ao ponto de eles protagonizarem a transformação de seus conhecimentos, pode dar sentido ao que é estudado em sala de aula, principalmente, quando são proporcionadas atividades experimentais.

Para tanto, o planejamento do projeto aqui referido foi elaborado, tendo em vista a proposição de atividades experimentais a serem realizadas com grau de liberdade III ou IV, de acordo com a tabela de Graus de Liberdade para análise de dados [5]. No grau de liberdade III o professor propõe o problema e pode levantar hipóteses, para que os estudantes tirem conclusões e busquem soluções a partir dos dados coletados. Já no grau de liberdade IV, cabe ao professor tão somente a proposta do problema, passando a responsabilidade do trabalho intelectual e operacional aos estudantes (grau de liberdade IV).

É importante destacar que não se deve colocar como objetivo de uma atividade experimental provar ou demonstrar a validade de uma lei ou de um princípio físico, pois, do ponto de vista epistemológico, não é possível realizar essa prova ou demonstração. As leis e os princípios de qualquer ciência são válidos até prova em contrário [10]. Após o estabelecimento desse critério básico, e de acordo com a teoria sócio-interacionista de Vygotsky, pode-se considerar pedagogicamente útil toda atividade experimental, desde a simples realização de medidas, a construção de gráficos, a determinação de constantes físicas, até a visualização qualitativa de determinadas propriedades, dentre outras, desde que, por meio dela, dos instrumentos² e dos signos³, o professor possa promover interações sociais que lhe permitam explorar adequadamente os objetivos de aprendizagem previstos no currículo ou em sua programação [9].

O cerne da teoria sócio-interacionista de Vygotsky está nos estudos que demonstram a importância da mediação social no desenvolvimento de funções psicológicas superiores. Para Vygotsky, funções superiores são as funções mentais que caracterizam o comportamento consciente humano [8]. Sob a luz de uma pedagogia vygotskyana, o estudante não aprende o conteúdo teórico da experiência montando o aparato experimental, nem mesmo com a simples realização de medidas ou cálculos, mas sim, aprende com as interações sociais desencadeadas durante sua realização, e essas interações podem também ser originadas por questões propostas para discussão nesses roteiros.

Na Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) de acordo com Vygotsky, o estudante, o instrutor e os objetivos de aprendizagem interagem com o problema para o qual se procura a solução. A ZDP representa a diferença entre o que cada estudante pode construir individualmente e aquilo que é

² Para Vygotsky, instrumentos são mediadores de relações (para fora do sujeito), seja com o outro ou com o mundo. Sua função é facilitar as ações concretas de uma atividade, provocando mudanças nos objetos e controlando processos na natureza.

³ Para Vygotsky, signos são mediadores de relações (para dentro do sujeito), que auxiliam o homem em tarefas de memorização e atenção, como fazer uma lista de mercado, um roteiro experimental, um mapa, a simbologia matemática.

capaz de construir com a ajuda de pessoas mais experientes, como o professor, ou em colaboração com seus pares mais capazes, que podem ser outros estudantes mais experientes no assunto [11]. Explorando a ZDP pode-se concluir que a compreensão de uma apresentação teórica certamente será mais fácil e sólida para quem pôde ver uma demonstração experimental, pois, para esses, a construção cognitiva para a sua compreensão já teve início [12].

Portanto, em uma visão vygotskyana, os processos de ensino e de aprendizagem não podem concentrar ações apenas no professor, sendo necessário que este procure desenvolver novas estruturas e habilidades que atendam às demandas emergentes de novos ambientes de aprendizagem que podem ser criados, ampliando assim, práticas e ações educativas. Uma possível solução para essas questões pode ser encontrada na escolha de estratégias e de ambientes com recursos de instrução, que considerem os próprios estudantes, que devem, através da interação com seus pares e com o material, buscar a solução para os problemas propostos e a consequente construção do próprio conhecimento.

Já, à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel [13][14], a aprendizagem torna-se significativa à medida que o novo objetivo de aprendizagem é incorporado às estruturas de conhecimento de um estudante e adquire significado para ele a partir da relação com seu conhecimento prévio. Ao contrário, ela se torna mecânica ou repetitiva, uma vez que se produziu menos essa incorporação e atribuição de significado, e o novo objetivo de aprendizagem passa a ser armazenado isoladamente ou por meio de associações arbitrárias na estrutura cognitiva [14].

Para que a aprendizagem seja significativa é preciso entender que o processo de modificação do conhecimento ocorre à frente do comportamento externo e observável, reconhecendo-se a importância que os processos mentais têm nesse desenvolvimento [13].

Uma aprendizagem significativa pode ocorrer através das conexões entre as diversas disciplinas de um currículo. As práticas interdisciplinares podem ser agentes propulsores de uma aprendizagem significativa [15][16][17].

Neste projeto, utiliza-se o conceito de interdisciplinaridade, com seus três graus de organização e integração: Multidisciplinaridade, Interdisciplinaridade e Transdisciplinaridade [18], de acordo com a seguinte concepção:

- A multidisciplinaridade pode ser concebida como o ato de juntar disciplinas, mas cada uma trabalhando separadamente.

- A interdisciplinaridade pode ser interpretada como a manutenção de uma relação interna e recíproca, entre disciplinas.

- A transdisciplinaridade é o estágio final, onde se pode ultrapassar aquilo que é próprio da(s) disciplina(s).

III. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E DESENVOLVIMENTO

Mais do que uma competição experimental, onde os estudantes devem planejar e construir foguetes, pretende-se que essa proposta seja uma oportunidade de criar um

ambiente favorável ao aprimoramento das práticas pedagógicas que podem consolidar o aprendizado em sala de aula. As atividades experimentais permitem que os estudantes tenham um contato mais direto com os fenômenos estudados [5]. Carvalho [5] ressalta que uma sequência experimental compreende cinco etapas:

- 1 – A proposta experimental pelo professor.
- 2 – A resolução do problema pelos estudantes.
- 3 – A apresentação pelos estudantes, do que fizeram.
- 4 – A procura de explicação causal e/ou de sistematização.
- 5 – A escrita individual do relatório.

Silva, Machado e Tunes [19] também elencam algumas etapas para o trabalho das práticas experimentais investigativas que ajudam os estudantes a organizar o plano de ação para solucionar o problema proposto. Entre elas estão:

- 1 – Propor um problema que estimule a curiosidade e o interesse dos estudantes por determinado assunto.
- 2 – Identificar as hipóteses levantadas pelos estudantes para solucionar o problema.
- 3 – Elaborar o plano de ação para o planejamento e a elaboração da atividade.
- 4 – Cumprir o “roteiro” planejado visando coletar e registrar os dados.
- 5 – Analisar os dados coletados e verificar se eles respondem à questão inicial.
- 6 – Responder à pergunta inicial, verificando se as hipóteses foram validadas ou não, e se não foram, refletir sobre os resultados obtidos.

O projeto APOLLO-PET: Uma Proposta interdisciplinar à luz da BNCC tem objetivos de aprendizagem da mecânica newtoniana, em especial a Terceira Lei de Newton (ação e reação). Contudo, em Física, essa proposta é lançada sem que os estudantes tenham tido contato com o formalismo matemático e conceitual das Leis de Newton no ambiente escolar.

Nas aulas de Matemática os estudantes têm a oportunidade de compreender as relações trigonométricas no triângulo retângulo e alguns conceitos da Geometria, associados ao lançamento oblíquo dos corpos. A sequência didática promovida pode servir para que os estudantes levantem hipóteses, discutam e amadureçam ideias sobre a criação de foguetes antes mesmo de ter se apropriado de conceitos específicos da Física, apontados pelo professor de Física, o que não exclui os conhecimentos prévios que os próprios estudantes trazem de suas experiências e vivências anteriores.

Já nas aulas de História, é possível associar as relações matemáticas e físicas por meio de um viés histórico e evolutivo das Ciências Exatas, principalmente no que se relaciona às guerras mundiais e às suas contribuições para os avanços astronômicos e tecnológicos. Com essa abordagem espera-se que os estudantes sigam as etapas de Carvalho [5] e de Silva, Machado e Tunes [19], mesmo que parcialmente.

A sequência didática

A sequência didática foi planejada para ser desenvolvida em turmas de primeiro ano do Ensino Médio,

interdisciplinarmente, pelas três disciplinas já citadas, ou seja, Matemática, Física e História, prevendo períodos de 50 minutos cada um, em diversos ambientes da escola, conforme descreve-se a seguir.

Aula 1: História – sala de aula – 2 períodos

Nesta aula, o professor de História propõe que os estudantes assistam ao filme “Céu de Outubro” (1999)⁴ [20], do diretor Joe Johnston, com duração de 108 minutos.

O filme, ambientado no final dos anos 50, em uma cidade em que a mineração é a maior empregadora local, conta a história do adolescente Homer, que ao saber que os russos colocaram o satélite Sputnik em órbita, começa a sonhar juntamente com seus amigos, em também colocar um foguete seu em órbita, para participar de um concurso internacional de Ciências, visando à conquista de uma bolsa universitária. O ar mais dramático fica por conta de problemas tradicionais da adolescência, como as paixões secretas, brigas familiares e dificuldades financeiras. Este filme demonstra a realidade da experimentação em Ciência, exemplificada pela confecção de um experimento científico (no caso, um foguete) presente na vida de um jovem aspirante a cientista, onde é possível observar as dificuldades encontradas, os avanços, as melhorias e a conquista.

Após a apreciação do filme o professor promove discussões, podendo solicitar uma análise escrita acerca das seguintes abordagens temáticas:

- ✓ A importância do diálogo nas relações interpessoais.
- ✓ A prática da resiliência e a importância de enfrentar dificuldades perante sonhos e projetos.
- ✓ A relevância de se aproveitar ou criar as oportunidades.
- ✓ A valorização de uma boa equipe e de pessoas capacitadas para aconselhamento.
- ✓ A reflexão realística de que a vida é feita de vitórias e derrotas, assim como é a história da Ciência na construção do conhecimento. Enfatiza-se a persistência como a maior das qualidades para se alcançar a vitória.

Aula 1: Matemática – sala de aula – 2 períodos

Partindo dos pressupostos elencados no componente curricular de História, entre eles a vasta utilização de material bélico, o professor de Matemática pode trabalhar conceitos relacionados a grandezas e medidas, proporcionalidade, semelhança e simetria, polígonos, área e perímetro, ângulos, plano cartesiano, retas e parábolas, Teoremas de Tales e de Pitágoras, equações, entre outros.

Utilizando a estratégia de aprendizagem *Flipped Classroom* (Sala de Aula Invertida), na qual o ambiente de aprendizagem é dinâmico e interativo e onde o educador orienta os estudantes à medida que estes aplicam os conceitos e participam na construção de um determinado conhecimento [21], o professor solicita que os estudantes, em casa, acessem um link do *YouTube*⁵ [22] e assistam o vídeo “As 10 Equações que Mudaram o Mundo”.

⁴ O filme “Céu de Outubro” pode ser acessado no link: https://www.youtube.com/watch?v=UEOza5ySnDY&has_verified=1.

⁵ O vídeo “As 10 equações que mudaram o mundo” pode ser acessado no link: <https://www.youtube.com/watch?v=DZEU7rwfGgA>.

Aula 2: Matemática – sala de aula – 2 períodos

Por meio da estratégia de aprendizagem cooperativa *Jigsaw*, os estudantes discutirão acerca da importância das ciências, sobre a evolução da Matemática ao longo dos séculos e como a Matemática contribui para o avanço tecnológico.

A estratégia *Jigsaw*, ou estratégia de quebra-cabeças, consiste na organização e condução de atividades a serem desenvolvidas em sala de aula através da divisão de tarefas, realizadas em pequenos grupos, para a resolução de problemas que possuem objetivos de aprendizagens comuns, enfatizando a interação entre os componentes dos grupos [23]. Essa estratégia de aprendizagem cooperativa propõe a divisão das tarefas em partes entre os componentes do grupo, sendo organizada em dez etapas, como é descrito a seguir:

Etapa 1: Os estudantes são divididos em grupos de três a seis componentes.

Etapa 2: Um estudante de cada grupo é escolhido para ser o líder.

Etapa 3: Divide-se o material a ser estudado em entre os componentes do grupo, de modo que cada um fique com uma parte.

Etapa 4: Cada componente de cada grupo recebe como tarefa de leitura e aprendizagem uma das partes em que foi dividido o assunto.

Etapa 5: Os estudantes realizam anotações com as principais ideias sobre o material lido.

Etapa 6: Os “grupos de especialistas” temporários são formados.

Etapa 7: Ocorre o retorno aos grupos de origem.

Etapa 8: Cada estudante apresenta sua parte ao grupo *jigsaw* enquanto os outros componentes fazem perguntas para que o assunto fique completamente compreendido.

Etapa 9: O professor precisa estar observando todo o processo e, sempre que necessário, realizar as intervenções adequadas.

Etapa 10: Ao final da aula, é aplicado um teste rápido sobre o assunto, de modo que contemple todas as partes, para que os estudantes compreendam o intuito da estratégia cooperativa.

Finalizando esta aula, o professor solicita que cada estudante traga, para a próxima aula, uma caixinha vazia de suco (200 ml) e fita adesiva.

Aula 2: História – sala de aula – 2 períodos

Nesta aula o professor apresenta a origem e a evolução da Ciência, focando o início do século XIX, quando a Astronomia evoluiu, de uma ciência essencialmente matemática, para uma disciplina que incorporava o conhecimento novo e técnicas físicas e químicas. O professor também pode ressaltar os rápidos progressos tecnológicos, particularmente na invenção da fotografia, dos telescópios e a técnica da espectroscopia que permitiu o estudo dos corpos celestes.

De posse do texto “Os Foguetes: história e desenvolvimento” de Cleovam da Silva Pôrto⁶ [24], o professor pode fazer intervenções, abordando temas relacionados com a Primeira Guerra Mundial, a Segunda Guerra Mundial e a Guerra Fria.

Aula 1: Física – sala de informática – 1 período

Com o intuito de levar uma, duas ou três equipes de uma escola da cidade de Caxias do Sul, para participar da competição de foguetes da UCS, foi lançada a proposta de confecção de um foguete de garrafa PET, à base de água, aos estudantes da 1ª série do Ensino Médio. Apresentou-se o regulamento de competições anteriores, além dos materiais e de tutoriais para construção de foguetes, disponíveis no site da UCS, visando estimular a curiosidade e o interesse dos estudantes pelo assunto.

Nesta aula ocorre a divisão das equipes (4 a 5 estudantes por equipe) e o levantamento de hipóteses a fim de solucionar o problema. Na sequência de trabalhos as equipes podem acessar o site da UCS⁷ [25], a fim de explorar o regulamento, a ficha de inscrição e os tutoriais de montagem do foguete.

Para finalizar a aula o professor deve solicitar que as equipes providenciem os tutoriais para trabalhar na aula seguinte. Também deve solicitar que cada estudante providencie um diário de bordo, onde deve escrever tudo aquilo que considerar relevante para o desenvolvimento dos estudos sobre o assunto e para a criação do foguete, para posterior utilização no relatório final.

Aula 3: Matemática – sala de aula – 1 período

Nesta aula o professor de Matemática, apoiado nas concepções prévias dos estudantes, de acordo com Ausubel, deve recordar o princípio físico que fundamenta a construção dos foguetes, a terceira Lei de Newton (ação e reação), além de salientar que o combustível de um foguete, ao entrar em combustão, produz uma grande quantidade de gás aquecido que é expelido em alta velocidade, o que faz com que o foguete empurre os gases para fora e os gases o empurrem em sentido oposto.

Após esta pequena incursão no “mundo” conceitual dos foguetes, o professor propõe que os estudantes confeccionem um minifoguete com os materiais solicitados na aula anterior, explicando que acontece algo parecido entre um foguete real e o minifoguete. Quando se aperta a caixinha, o ar em seu interior sai pelo canudinho empurrando o foguete para frente.

Os estudantes começam recortando, em papel: um círculo, para as aletas, com 3 centímetros de raio e o dividem em 4 partes; um retângulo de aproximadamente 8 por 4 centímetros que precisa ser enrolado em um canudo para o corpo do foguete, vedando uma das extremidades (Figura

1a). O estudante pode optar em colocar 3 ou 4 aletas em seu foguete. Após montar o corpo do foguete, é preciso vedar e fixar o canudo na caixa de suco, encaixando o minifoguete (Figura 1b).



Figura 1a: Recortes do foguete.



Figura 1b: Aparato montado.

Para motivar o interesse na compreensão dos fenômenos físicos envolvidos na atividade, o professor pode estimular os estudantes a acertar, com seu minifoguete, um alvo impresso em uma folha de papel A4, que pode ficar a aproximadamente 2 metros de um ponto de lançamento.

Aula 2: Física – sala de aula – 1 período

Com o apoio da teoria de aprendizagem de Vygotsky, propõe-se, que os estudantes, em suas equipes, conversem sobre o filme “Céu de Outubro” e discutam sobre os conceitos envolvidos na atividade experimental, planejando como criarão o aparato e como poderão responder às hipóteses levantadas na Aula 1 de Física. Esse é um momento propício para o professor salientar que problemas como os que foram enfrentados pelo protagonista do filme “Céu de Outubro”, para pôr em prática seu projeto, podem ocorrer em qualquer situação onde há atividades experimentais. Desta forma, pode-se prever a possibilidade da ocorrência de similaridades nos projetos em construção. Após, as equipes devem elaborar seus planos de ação para desenvolver as atividades propostas.

A base de lançamento é de responsabilidade de cada equipe e deverão ser trazidas no dia da competição devidamente testadas e prontas para seus foguetes. Aconselha-se que cada equipe tenha mais de uma base de lançamento no dia da competição.

Os materiais para a confecção da base de lançamento são livres, podendo ser usado qualquer tipo de material, **com exceção do uso obrigatório da válvula de pneu de bicicleta apresentado na Figura 1.**

No dia da competição, a bomba de encher pneu será fornecida pela Comissão de Organização, a qual é apresentada na Figura 16.

Não confundir os materiais da base com os materiais para confecção de foguetes. pois há regras claras em relação a quais materiais são permitidos no tutorial de confecção de foguetes e no regulamento da competição.

O estudante que fizer o lançamento do foguete **deverá estar, obrigatoriamente, a um metro de distância** da base. Assim, o gatilho deverá deixar o estudante a esta distância no momento do lançamento.

Figura 2: Tópicos do regulamento da confecção dos foguetes.

Aulas 3 e 4: Física – laboratório de Física – 2 períodos

Nestas duas aulas as equipes devem se preocupar com a criação do aparato experimental, solucionar possíveis problemas que surjam e registrar tudo o que é feito, no diário de bordo. Dada a necessidade de espaço para os trabalhos manuais, como um ponto com água e mesas espaçosas, as

⁶ O Texto “Os Foguetes: história e desenvolvimento” pode ser acessado em: https://educacaoespacial.files.wordpress.com/2010/10/os-foguetes-ii_revisado.pdf.

⁷ Informações sobre a competição podem ser acessadas em: <https://www.ucs.br/site/competicao-de-foguetes-2019/>.

aulas ocorrerão no laboratório de Ciências da escola. Cada equipe é responsável por providenciar todo o material necessário, bem como pela limpeza do seu local de trabalho, ao final de cada aula. O professor deve supervisionar os locais de cada equipe e, caso haja algum problema, ajudar a solucionar, dando sugestões e verificando se o aparato está sendo montado da maneira correta. A seguir, seguem alguns excertos de regras e recomendações disponíveis no site da UCS - Competição Regional de Foguetes (Figura 2).

Além das informações gerais, regras e critérios de execução, a página da competição de foguetes traz modelos visuais e tutoriais da confecção do foguete (Figura 3a) e da base do foguete (Figura 3b).



Figura 3a: Material do corpo do foguete.

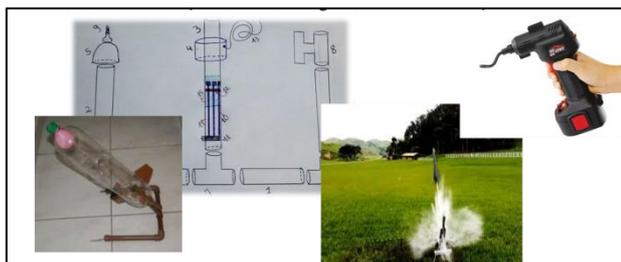


Figura 3b: Material base do foguete.

Ao final da aula 4, as equipes se dirigem ao local de lançamento, com seus aparatos experimentais, para se familiarizarem com o local e estudar situações que possam atrapalhar o lançamento. Caso queiram, podem, também, realizar simulações para verificar possíveis anomalias e fazer os últimos ajustes que considerarem necessários. Ao finalizar esta tarefa as equipes deixam seus foguetes no laboratório de Ciências, devidamente identificados (com nome e turma dos integrantes, na garrafa PET). A Figura 4 mostra a preparação e lançamento dos foguetes na competição de foguetes da UCS, que ocorreu no dia 08 de Junho de 2019, em Caxias do Sul.



Figura 4: Competidores da última edição em Caxias do Sul.

Na aula 5 ocorre a competição dos foguetes, na escola. Para a realização dos testes, são reservados 2 períodos em cada turma, prevendo alguma ocorrência fora do contexto. Contudo, as equipes que não lançarem seus foguetes no primeiro dia, deverão entregá-los, para que sejam isolados no laboratório de Ciências da escola, até a aula seguinte. Para evitar prejuízos ao projeto e problemas na organização final, além do espaço físico limitado para a área de lançamento, a competição ocorrerá somente entre equipes da mesma turma, no período de aula da disciplina, como já foi mencionado anteriormente. O lançamento deve ocorrer nas dependências da escola em uma área coberta (se houver mau tempo não será adiada) que tem aproximadamente 150 metros de comprimento. Para evitar tumultos entre as equipes, os lançamentos são feitos em etapas, com cinco foguetes por vez. Os lançamentos são realizados a cada 10 minutos, tempo suficiente para que as equipes consigam instalar seus aparatos com tranquilidade. Para essa etapa sugere-se a atuação de dois professores, parceiros no projeto: um cuida o momento do lançamento e o outro analisa o local da queda, identificando a distância tomada por cada foguete. Apenas um estudante de cada equipe poderá acompanhar o professor, observando a medição.

Ao encerrar a competição, o professor deve lembrar os estudantes sobre a tarefa da aula seguinte: a entrega do relatório.

Aula 7: Física – sala de aula – 1 período

Nesta aula ocorre a entrega do relatório e a finalização do projeto. Caso o professor queira, pode aplicar um teste de verificação da evolução da aprendizagem, que no projeto é fundamentada pelas teorias de Vygotsky e Ausubel, além dos conceitos de interdisciplinaridade de Piaget, por meio de um teste diagnóstico chamado “Inventário sobre o conceito de força - FCI” (*Force Concept Inventory*) [2]. Este teste, que possui trinta questões de múltipla escolha sobre os conceitos de força e que permeiam a mecânica newtoniana, foi desenvolvido na década de 90 e tem sido amplamente utilizado em diferentes lugares do planeta, devido à sua estruturação para monitorar e acompanhar a compreensão dos conceitos da mecânica newtoniana de estudantes, nos vários níveis de ensino, muitas vezes, tornando-se um instrumento para avaliação de estratégias de ensino inovadoras, nas aulas de Física e para o levantamento das concepções prévias dos estudantes sobre esse mesmo tema.

Fica a critério do professor, determinar quantas, e quais questões vai aplicar aos estudantes. Entretanto, o ideal é que o teste diagnóstico seja aplicado na íntegra. Nesse caso o professor deve atentar para o tempo demandado para o teste. Neste planejamento a intenção é de que os estudantes respondam às questões e, após entregarem as mesmas, discutam sobre suas respostas. O professor, no papel de mediador, deverá promover a discussão sobre as respostas dos estudantes para, juntos, identificarem as motivações que os levaram a dar determinadas respostas. Para tanto, o professor deve prever esse tempo, com vistas à interação entre os estudantes, propalada nos trabalhos de Vygotsky (estima-se entre 10 e 15 minutos para as discussões).

Neste caso, sugere-se que o professor aplique as perguntas

Aulas 5 e 6: Física – Ginásio da escola – 2 períodos

4, 15, 16, 28 e 29, do FCI. Todas, de alguma forma, remetem aos conceitos básicos da Terceira Lei de Newton.

IV. AVALIAÇÃO

Segundo os referenciais adotados neste planejamento [1][5][6][7][8][19], o papel fundamental do professor é mediar as interações, com orientações visando à consolidação de conhecimentos construídos durante a realização das atividades experimentais, a fim de os estudantes que possam atribuir sentido aos conceitos abordados, relacionando-os a situações cotidianas que os mesmos vivenciam. Assim, a avaliação pode ocorrer de forma continuada, mediante a observação e análise:

- das interações sociais e cooperativas entre os estudantes e as equipes, ao lidarem com os obstáculos;
- das iniciativas dos estudantes ao elaborar e criar os aparatos experimentais;
- da organização de soluções para responder adequadamente às hipóteses levantadas primariamente;
- da coleta e análise de dados, além da interpretação dos resultados visando solucionar os problemas;
- das demonstrações de reflexões sobre as motivações e o desfecho dos conflitos internacionais e nas discussões acerca da evolução humana a frente da evolução tecnológica;
- da interpretação correta dos conceitos físicos e matemáticos, desde a interpretação dos tutoriais online até as contidas no questionário final;
- da socialização das avaliações por pares⁸;
- da escrita, elaboração, organização e coerência demonstrada no relatório individual;
- da construção de uma linha do tempo interativa utilizando imagens e os principais conceitos abordados nos diferentes componentes curriculares.

Uma opção muito adequada para a avaliação contínua dos estudantes é a estratégia *One Minute Paper*. Esta tem por objetivo, verificar rapidamente a compreensão dos estudantes acerca de algum objetivo de aprendizagem específico. O professor faz uma pergunta e os estudantes têm um minuto para escrever suas respostas. Utilizando-se dessa estratégia, ao final de cada aula, todos os professores podem solicitar aos estudantes para responderem, em um minuto, a três questões:

- 1- Qual foi o conceito mais importante que você aprendeu durante a aula?
- 2- Que pergunta importante permanece sem resposta?
- 3- Considerando esta aula: qual foi o exemplo mais significativo ou informação mais surpreendente?

Na presente proposta não está prevista a avaliação das distâncias obtidas no lançamento dos foguetes. Fica a critério de cada professor optar por essa ação.

Para o fechamento do projeto, com os estudantes, solicita-se um relatório contextualizado, com a apresentação de relações entre as diferentes áreas do conhecimento, além da

descrição de expectativas iniciais, frustrações e conquistas durante o processo. É solicitado, também, que o estudante procure descrever sua evolução em relação às interações sociais e às suas próprias concepções prévias.

V. LIÇÕES APRENDIDAS E DESAFIOS ENFRENTADOS

Esta iniciativa já vem sendo implementada, com bastante sucesso, em instituições da região. Na Escola Estadual Osvaldo Aranha, de Novo Hamburgo, RS, a última competição, em 2019, reuniu cerca de 250 competidores, no 7º. Campeonato de Foguetes de garrafas PET, que já virou tradição na escola⁹.

O Instituto Federal do Rio Grande do Sul – *Campus Canoas*, em 2018, representou o Rio Grande do Sul e conquistou a medalha de ouro na XVII Jornada de Foguetes no Rio de Janeiro, evento nacional ocorrido em Barra do Pirai (RJ). Os estudantes do Campus Canoas do IFRS, única equipe do Rio Grande do Sul, conquistaram o 1º. lugar, entre 45 equipes de Ensino Médio participantes¹⁰.

Iniciativas similares também ocorrem em diversas instituições de ensino superior de todo o Brasil, como a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e o Instituto Federal do Tocantins (IFTO). Muitas dessas competições institucionais ou regionais têm como objetivo levar equipes a participarem, a nível nacional, da Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG), que é uma olimpíada inteiramente experimental e envolve a construção e o lançamento dos foguetes o mais distante possível. Além desta, a Jornada de Foguetes – é outra competição nacional anual de lançamentos de foguetes de garrafas PET, promovida pela Agência Espacial Brasileira (AEB) e pela Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) e engloba além da competição, palestras e oficinas relacionadas à Física, Astronomia e Engenharia Aeroespacial.

Assim como tem sido observado, acompanhando o desenvolvimento dos eventos mencionados, também neste projeto interdisciplinar evidencia-se o protagonismo do estudante frente à aprendizagem. Com efeito, há um maior envolvimento dos estudantes quando uma proposta de aprendizagem enfatiza a conexão entre os conteúdos e possíveis aplicações em atividades práticas. Observou-se que o projeto interdisciplinar auxilia os discentes no desenvolvimento de habilidades relacionadas à resolução de problemas e de competências socioemocionais como empatia e cooperação, responsabilidade e cidadania, argumentação, comunicação e pensamento científico, crítico e criativo. Ao abordar ângulos diferentes de uma mesma situação, pode-se tornar a aprendizagem mais rica, desafiadora e atraente, ampliando a visão de educadores e estudantes sobre os temas abordados.

Por outro lado, o projeto tem como um de seus objetivos promover uma reflexão no sentido de que todos os

⁹ Disponível em: https://www.jornalnh.com.br/noticias/novo_hamburgo/2019/12/07/campeonato-de-foguetes-de-garrafa-pet-une-diversao-e-conceitos-de-fisica.html. Acesso em: 15 jul. 2020.

¹⁰ Disponível em: <https://ifrs.edu.br/canoas/campus-canoas-do-ifrs-representa-rs-e-conquista-o-1o-lugar-em-jornada-de-foguetes-no-rio-de-janeiro/>. Acesso em 15. jul. 2020.

⁸ Avaliação do desempenho de um estudante através da observação de seus próprios colegas.

componentes curriculares são complementares para a construção da aprendizagem. Entretanto, isso muitas vezes apresenta-se como uma dificuldade para desenvolver um projeto interdisciplinar, dado que certos componentes curriculares são considerados com maior importância do que outros, por educadores. Por conseguinte, adaptações serão necessárias. Outras dificuldades encontradas por professores consistem no planejamento colaborativo, na flexibilização de conteúdos, na abordagem dos mesmos por meio de uma perspectiva diferenciada, utilizando estratégias diversificadas e recursos que se integrem ao planejamento.

Além de requerer que o professor repense sua prática pedagógica, a aplicação desse projeto leva o educando a rever alguns preconceitos em relação a determinados conceitos da Física e da Matemática, por enxergarem e reconhecerem sua usabilidade no contexto real. Os estudantes passam a observar e a experimentar as diferenciações entre os saberes e passam a adotar uma consciência crítica e autônoma para a resolução de problemas. Esse tipo de abordagem pode mostrar ao educando que a interdisciplinaridade está presente no dia-a-dia e que uma visão ampla é uma alternativa para compreender fenômenos físicos e conceitos matemáticos.

Para tanto, é necessário enfrentar os desafios que se apresentam, sempre que se deseja implementar novas estratégias e métodos nos processos de ensino e de aprendizagem.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto interdisciplinar APOLLO-PET pode ser utilizado como alternativa ao ensino tradicional, para amenizar as dificuldades dos estudantes em compreender fenômenos físicos e conceitos matemáticos, aplicando os conceitos estudados em sala de aula, de forma contextualizada, prática e motivada, características das atividades experimentais.

Contudo, atividades como esta requerem a mobilização do professor planejando as tarefas, apoiando as iniciativas dos estudantes e fornecendo suporte para que as tarefas possam ser realizadas, e dos estudantes que, através da curiosidade e do desejo de realizar as tarefas com o maior êxito possível, façam com que, de fato, o experimento aconteça. O conjunto idealizado de ações planejadas pode amenizar as dificuldades dos estudantes em compreender os conceitos que dão suporte à interpretação dos fenômenos físicos e matemáticos envolvidos.

Atividades como as que são propostas neste planejamento se mostram cada vez mais necessárias nas ações dos professores, especialmente quando são “abraçadas” pelos estudantes que buscam, através de atividades colaborativas, pelo conhecimento contextualizado, no sentido de favorecer o desenvolvimento de habilidades e competências que ultrapassam os conhecimentos específicos.

Como cada escola só pode levar até três equipes de, no máximo, três integrantes cada, para a competição regional de foguetes da UCS, inicialmente o convite é estendido a todos os interessados. Caso muitos estudantes demonstrem interesse, podem-se considerar os resultados obtidos durante a atividade experimental, tais como, qualidade do relatório, maior distância obtida, e nota final, como base para uma

seleção mais criteriosa ou fazer o sorteio dos integrantes da(s) equipe(s), na tentativa de tornar a seleção mais equilibrada.

Esta proposta, assim como foi descrita, pode ser aplicada, também, para o 2º. ou 3º. anos letivos do Ensino Médio, com a inserção de outros componentes curriculares, que possam ser abordados de forma interdisciplinar, sugerindo que para um mesmo problema podem haver diferentes pontos de vista e que podem levar a uma aprendizagem contextualizada e interdisciplinar. Tem-se a expectativa de que o projeto APOLLO-PET seja um estímulo para que os professores busquem novas ações, pautadas na construção do conhecimento, tendo como foco central despertar o interesse e o envolvimento dos estudantes, como protagonistas das próprias aprendizagens.

AGRADECIMENTOS

Deixamos aqui, nossos agradecimentos aos organizadores do VI SECIMSEG pelo espaço de discussão e reflexão disponibilizado e aos professores do PPGECiMa pelas sugestões e orientações.

VII. BIBLIOGRAFIA

- [1] S. M. Arruda e C. E. Laburú. Considerações sobre a Função do Experimento no Ensino de Ciências. *Ciência e Educação* (UNESP), Bauru, v. 2, p. 14-24, 1996.
- [2] I. Roitman. A educação científica no Brasil. *Jornal online Pensar a Educação em Pauta*. Disponível em: <http://pensaraeducacao.com.br/pensaraeducacaoempauta/isaac-roitman-27-mar-2015/>. Acesso: 09 mar.2019.
- [3] A. Gaspar. Cinquenta anos de Ensino de Física: Muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor; Artigo apresentado no XV Encontro de Físicos do Norte e Nordeste; 2002.
- [4] P. Freire. *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1998. 25ª ED.
- [5] A. M. P. Carvalho. As Práticas Experimentais no Ensino de Física. In CARVALHO, Anna, M. P. (org) *Ensino de Física. Coleção Ideias em Ação*. São Paulo: Cengage Learning, 2010, pg. 53-78.
- [6] D. P. Ausubel, J. D. Novak e H. Hanesian. *Psicologia educacional*. Tradução Eva Nick. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- [7] J. Piaget. Problèmes Généraux de la Recherche Interdisciplinaire et Mécanismes Communs. In: PIAGET, J., *Épistémologie des Sciences de l'Homme*. Paris: Gallimard, 1981.
- [8] L. S. Vygotsky, M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner e E. Souberman. (1980) *Mind in Society – The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge MA: Harvard University Press.
- [9] Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (2017). Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/download-da-bncc>. Acesso: 24 ago.2018.
- [10] A. F. B. Daher e V. M. Machado. Atividade Experimental Investigativa – uma possibilidade no ensino de Ciências nos anos iniciais. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC – 3 a 6 de julho de 2017.
- [11] B. C. Boff, I. A. S. Booth, J. A. Martins e V. Villas-Boas. Núcleos de Apoio ao Ensino de Engenharia: Superando dificuldades para prevenir Evasão. In: XLII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2014. Juiz de Fora. Anais do XLII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Brasília: ABENGE, 2014.
- [12] E. Mazur. *Peer Instruction: A Revolução da Aprendizagem Ativa*. Porto Alegre: Penso, 2015.
- [13] M. A. Moreira. Aprendizagem significativa crítica. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>. Acesso em: mai. 2018.
- [14] M. A. Moreira. *Aprendizagem Significativa, Organizadores Prévios, Mapas Conceituais, Diagramas V e Unidades de Ensino Potencialmente Significativas*. Porto Alegre, 2011.
- [15] M. O. Rocha. *Interdisciplinaridade e Aprendizagem Significativa no Contexto da Educação Profissional e Tecnológica do Estado do Paraná. Dissertação de Mestrado em Educação*. Pontifícia Universidade Católica De São Paulo (PUC-SP). São Paulo, 2017.

- [16] F. M. Dantas e M. A. R. S. Santana. A Interdisciplinaridade como fator de Aprendizagem Significativa. Disponível em: https://portal.fslf.edu.br/wp-content/uploads/2016/12/A_Interdisciplinaridade.pdf. Acesso em: 14 fev. 2020.
- [17] F. B. Nascimento e T. S. X. Nascimento. Aprendizagem significativa interdisciplinar: uma experiência com 6º ano do Ensino Fundamental. EBR – Educação Básica Revista, vol.1, n.1, 2015, pg. 143-150.
- [18] O. Pombo. Epistemologia da interdisciplinaridade. In: POMBO, O. Interdisciplinaridade, humanismo, universidade. Porto: Campo das Letras, 2004. Disponível em: <http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/opombo/investigacao/pontofinal.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.
- [19] R. R. Silva, P. F. L. M. Machado e E. Tunes. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. L. P. dos e MALDANER, O. A. Ensino de química em foco. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010.
- [20] Céu de Outubro (1999). Filme. Diretor Joe Johnston, (108 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=UEOza5ySnDY&has_verified=1. Acesso em: 29 jun. 2019.
- [21] I. S. Araujo, T. E. Oliveira e E. A. Veit. Sala de aula invertida (*flipped classroom*): Inovando as aulas de física. Física na Escola, v. 14, n. 2, 2016
- [22] As 10 Equações que mudaram o mundo. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DZEU7rWfGgA>. Acesso em 29 jun. 2019.
- [23] E. F. Fatarelli, L. N. A. Ferreira, J. Q. Ferreira e S. L. Queiroz. Método Cooperativo de Aprendizagem *Jigsaw* no Ensino de Cinética Química. Química Nova na Escola, v. 32, n. 3, 2010.
- [24] C. S. Pôrto. Os Foguetes: história e desenvolvimento (2012). Disponível em: https://educacaoespecial.files.wordpress.com/2010/10/os-foguetes-ii_revisado.pdf. Acessado em 29 jun. 2019.
- [25] Competição Regional de Foguetes – Universidade de Caxias do Sul. Disponível em: <https://www.ucs.br/site/competicao-de-foguetes-2019/>. Acessado em 29 jun. 2019.