

Estado da publicação: Não informado pelo autor submissor

O ENSINO DE TERMODINÂMICA CLÁSSICA: TECNOLOGIAS ATUAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Ruthinéia Jéssica Alves do Nascimento, Carolayne Ferreira de Almeida, Filipe da Silva Maia, Fabiane Rodrigues Fernandes, Vinicius Vescovi

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.4897>

Submetido em: 2022-10-20

Postado em: 2022-11-11 (versão 1)

(AAAA-MM-DD)

ARTIGO

O ENSINO DE TERMODINÂMICA CLÁSSICA: TECNOLOGIAS ATUAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

RUTHINÉIA JÉSSICA ALVES DO NASCIMENTO¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5737-4164>

< ruthineia.nascimento@unifesspa.edu.br >

CAROLAYNE FERREIRA DE ALMEIDA¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8024-2426>

< ferreiracarolayne@unifesspa.edu.br >

FILIFE DA SILVA MAIA²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1848-9150>

< filipe.maia@discente.ufma.br >

FABIANE RODRIGUES FERNANDES²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8604-7752>

< fabiane.fernandes@ufma.br >

VINICIUS VESCOVI¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6560-4222>

< v.vescovi@unifesspa.edu.br >

¹Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. Marabá, Pará (PA), Brasil.

²Universidade Federal do Maranhão. São Luís, Maranhão (MA), Brasil.

RESUMO: Os conhecimentos teóricos associados à termodinâmica clássica estão presentes nos mais diversos ramos das ciências e da engenharia, sendo de extrema importância para a compreensão dos fenômenos do cotidiano até fenômenos complexos, que estão conectados às grandes descobertas científicas do mundo moderno. No entanto, é comum observarmos elevada dificuldade no processo de ensino e aprendizagem deste tema, atrelada, em muito, a utilização da metodologia tradicional de ensino e a grande desmotivação dos discentes. Neste contexto, este estudo objetiva mapear metodologias ativas e as principais tecnologias educacionais utilizadas atualmente para tornar o ensino da termodinâmica clássica lúdico e visual para os discentes. Para tanto, buscou-se realizar uma revisão sistemática da literatura na plataforma de pesquisa *Mendeley*, no recorte temporal de 2018 a 2021 e idioma português. Além disso, foi realizada uma busca por jogos, aplicativos e sites eletrônicos de acesso livre, nas plataformas digitais Google play e Google busca, resultando em cinco (5) jogos/aplicativos/sites eletrônicos que foram incluídos para compor a etapa de análise de similares deste estudo. Concluiu-se que existem poucos relatos sobre a utilização de metodologias ativas no ensino de termodinâmica clássica e que o façam de maneira a torná-lo mais lúdico e mais visual. Além disso, os cinco jogos/aplicativos/sites eletrônicos analisados mostraram uma interface pouco lúdica e visual, e dessa

forma tem-se a necessidade de desenvolver novas tecnologias educacionais lúdicas e visuais voltadas para o ensino da termodinâmica clássica nos mais diversos níveis da educação, dentre estas os jogos se destacam.

Palavras-chave: termodinâmica, metodologias de ensino, tecnologias educacionais, aprendizagem.

THE TEACHING OF CLASSICAL THERMODYNAMICS: CURRENT TECHNOLOGIES AND FUTURE PERSPECTIVES

ABSTRACT: Theoretical knowledge associated with classical thermodynamics is present in the most diverse branches of science and engineering, being extremely important for the understanding of daily phenomena and more complex phenomena. However, it is common to observe high difficulties in the teaching and learning process of this theme, connected, in a lot, to the usage of the traditional teaching methodology and the students' lack of motivation. In this context, this study aims to map active methodologies and the main educational technologies currently used to make the teaching of classical thermodynamics playful and visual for students. Therefore, we sought to carry out a systematic review of the literature on the Mendeley research platform, in the time frame from 2018 to 2021 and in Portuguese. In addition, a search for free access games, applications and web pages was carried out, on Google play and Google search digital platforms, resulting in five (5) games/applications/electronic sites that were included to compose the similar analysis step of this study. We concluded that there are few reports on the use of active methodologies in the teaching of classical thermodynamics and that they do so in a way that makes it more playful and more visual. In addition, the five games/applications/web pages analyzed showed a non-playful and visual interface, and thus there is a need to develop new, more playful and visual educational technologies aimed at the teaching of classical thermodynamics at the most diverse levels of education, among these the games stand out.

Keywords: thermodynamics, teaching methodologies, teaching, educational technologies, learning.

ENSEÑANZA DE LA TERMODINÁMICA CLÁSICA: TECNOLOGÍAS ACTUALES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

RESUMEN: El conocimiento teórico asociado a la termodinámica clásica está presente en las más diversas ramas de la ciencia y la ingeniería, siendo de suma importancia para la comprensión de los fenómenos cotidianos hasta los fenómenos complejos, que se conectan con los grandes descubrimientos científicos del mundo moderno. Sin embargo, es común observar una alta dificultad en el proceso de enseñanza y aprendizaje de este tema, ligada, en gran parte, al uso de la metodología de enseñanza tradicional y a la gran falta de motivación de los estudiantes. En este contexto, este estudio tiene como objetivo mapear metodologías activas y las principales tecnologías educativas utilizadas actualmente para hacer que la enseñanza de la termodinámica sea lúdica y visual para los estudiantes. Para ello, buscamos realizar una revisión sistemática de la literatura sobre la plataforma de investigación Mendeley, en el marco temporal de 2018 a 2021 y en portugués. Además, se realizó una búsqueda de juegos/aplicaciones/sitios

electrónicos de libre acceso, en las plataformas digitales Google play - Google search, resultando cinco juegos/aplicaciones/sitios que fueron incluidos para componer el paso de análisis similar. Se concluyó que existen pocos reportes sobre el uso de metodologías activas en la enseñanza de la termodinámica y que lo hacen de una forma más lúdica y visual. Además, los cinco juegos/aplicaciones/sitios analizados mostraron una interfaz no lúdica y visual, y de este modo, surge la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías educativas más lúdicas y visuales, dirigidas a la enseñanza de la termodinámica en los más diversos niveles educativos.

Palabras clave: termodinámica, metodologías de enseñanza, tecnologías educativas, aprendizaje.

INTRODUÇÃO

O estudo da termodinâmica está intimamente ligado às disciplinas de física e química, no ensino médio, e também a diversas disciplinas do ciclo básico e profissional de diversos cursos de graduação, principalmente dos cursos de graduação em engenharia e das ciências exatas. No entanto, a dificuldade no ensino e aprendizagem da termodinâmica clássica é quase que consenso geral entre alunos e professores em todo o mundo (AGUILAR *et al.* 2019). O vasto uso de conceitos e vocabulários específicos acaba contribuindo de forma significativa na dificuldade do discente em assimilar a teoria, tornando em muitas vezes confusa a associação do conhecimento teórico com a aplicação prática do conhecimento (DEMPSTER *et al.* 2002, SERRA *et al.* 2020).

Outro complicador presente no ensino da termodinâmica é a falta de interesse e comprometimento dos estudantes com o conteúdo, embora esse problema não seja específico do ensino da termodinâmica, mas sim um problema generalizado que está presente nas demais áreas de conhecimentos. Neste contexto, os docentes têm buscado desenvolver e incorporar novas alternativas ao método tradicional de ensino, que muitas vezes se apresenta com um método maçante e ineficaz, diante dessas adversidades, o processo de ensino aprendizagem vem passando por diversas mudanças, justamente devido ao advento e popularização das chamadas metodologias ativas de ensino, cujo objetivo é centrado na aprendizagem do discente de forma participativa e autônoma, a partir de problemas e situações reais (SANTOS, 2019), e desta forma espera-se que o estudante seja o ator principal na construção do próprio conhecimento.

Essa estratégia de ensino ativo já está presente, por exemplo, nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) dos cursos de graduação em engenharia, como consta no sexto artigo da resolução nº2 de 24 de abril de 2019 do Conselho Nacional de Educação (BRASIL, 2019), que afirma que “Deve ser estimulado o uso de metodologias para aprendizagem ativa, como forma de promover uma educação mais centrada no aluno.”. O décimo quarto artigo da mesma DCN, expressa a necessidade que os novos projetos pedagógicos devem contemplar: “estratégias de ensino ativas, pautadas em práticas interdisciplinares, de modo que assumam maior compromisso com o desenvolvimento das competências desejadas nos egressos”.

Hoje já existem inúmeras tecnologias educacionais que se enquadram como metodologias ativas, dentre as quais podemos citar: sala de aula invertida, aprendizagem baseada em problemas, gamificação, ensino através da experimentação, aprendizagem baseada em jogos, dentre outras (NASCIMENTO *et al.* 2022). A inserção dessa nova ferramenta no ensino foi impulsionada devido à pandemia da Covid-19, e apesar de toda a problemática que envolveu o ensino remoto, é inegável a sua contribuição na quebra de paradigmas e preconceitos sobre o uso de plataformas digitais, como jogos, *sites* e aplicativos educacionais. Um exemplo é o *GraphoGame*, um aplicativo disponibilizado pelo ministério da educação que auxilia os estudantes da pré-escola e dos anos iniciais do ensino fundamental a aprender a ler as primeiras letras, sílabas e palavras, com sons e instruções em português brasileiro (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2022). Outros aplicativos já conhecidos são, o *Google Classroom*, *Jamboard*, *Canva* e *Kahoot*.

Atualmente existe uma grande quantidade de aplicativos, jogos e *sites* educacionais já disponíveis no mercado, cujo público alvo consiste quase que exclusivamente em estudantes do ensino básico. Essa lacuna no ensino superior é ainda mais evidente quando se busca empregar uma nova ferramenta educacional voltada para o ensino da termodinâmica clássica (conceito de temperatura, estado

termodinâmico, primeira e segunda lei da termodinâmica e etc), sendo a maior parte das ferramentas já disponíveis no mercado, voltadas para o uso de calculadoras e buscadores de dados de propriedades termodinâmicas. Contudo, apesar de escasso, existem alguns aplicativos focados no auxílio do ensino de termodinâmica, como: PhET - Interactive Simulations, desenvolvido pela University of Colorado Boulder, entre outros.

As metodologias ativas de aprendizado alteram a forma tradicional de ensino, no qual substitui o modelo passivo de interação por modelos mais motivadores, desenvolvendo habilidades, competências e autonomia (LOPES; GONÇALVES, 2021). Uma vantagem de ferramentas ativas de aprendizado como os jogos educativos é que a grande maioria dos estudantes são familiarizados e possuem interesse no universo dos jogos tanto digitais quanto analógicos, havendo assim maior envolvimento, engajamento e motivação para o aprendizado.

Neste contexto da crescente necessidade da inserção de novas tecnologias e diante ao desafio de tornar o processo de ensino e aprendizagem da termodinâmica clássica mais dinâmico e centrado no aluno, este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura sobre o desenvolvimento e aplicação de novas ferramentas que estão sendo utilizadas no país, além de mapear as tecnologias educacionais atualmente utilizadas na temática de termodinâmica clássica, destacando seus pontos fortes e fracos através da análise de similares.

METODOLOGIA

A pesquisa se caracteriza quanto ao objetivo como exploratório que busca a descoberta e compreensão dos problemas que envolvem o ensino e aprendizado de uma disciplina em nível de graduação, além da avaliação de ferramentas ativas atuais. Quanto à abordagem do problema, trata-se de uma pesquisa qualitativa que busca compreender a complexidade e os detalhes das informações obtidas através dos dados. Quanto aos procedimentos técnicos, é um estudo de caso que visa aprofundar o conhecimento acerca dos problemas relativos ao ensino-aprendizado da termodinâmica clássica e as ferramentas ativas voltadas para esse fim.

A prospecção de dados para esta pesquisa, foi realizada em duas etapas principais, a primeira consistiu na realização de uma revisão sistemática da literatura visando compreender quais são os problemas e as soluções apontadas para o ensino-aprendizagem da termodinâmica, enquanto que a segunda etapa consistiu na busca por jogos, aplicativos e sítios eletrônicos desenvolvidos com o intuito de fomentar o ensino e aprendizagem da termodinâmica clássica de forma lúdica e mais atrativa ao discente. Ainda na segunda etapa, foi realizada uma seleção de ferramentas ativas com foco no assunto no ensino de termodinâmica para uma análise comparativa através de um *checklist* de avaliação de critérios, como: gameplay, estética, narrativa, mecânica, usabilidade e ensino.

Etapas e procedimentos adotados: Revisão sistemática da literatura (RSL)

A RSL foi utilizada como uma ferramenta para prospectar dados acerca das evidências e resultados obtidos em estudos anteriores sobre o ensino da termodinâmica clássica.

Critérios de busca

As buscas foram realizadas na plataforma de pesquisa *on-line Mendeley*, tendo em vista que a mesma é bastante conhecida e utilizada no meio acadêmico, bem como a partir desta é possível rastrear artigos e periódicos que são revisados por pares, portanto nos proporciona uma melhor coleta de dados. Partiu-se de quatro questionamentos norteadores: (1) “Como o ensino de termodinâmica clássica é abordado nas escolas e universidades?”, (2) “Quais alternativas estão sendo utilizadas para tornar o ensino de termodinâmica clássica algo mais atrativo?”, (3) “Quais as principais dificuldades e desmotivação dos discentes no aprendizado do tema?” e (4) “Quais as principais soluções propostas por estudos anteriores?”. Como estratégia de busca, utilizou-se os termos chave combinados: “ensino” e “termodinâmica”, no idioma português, recorte temporal entre 2018 e 2021 e acesso livre.

A seleção dos estudos foi realizada com base na leitura e avaliação de título, resumo e palavras-chaves dos artigos encontrados, a seguir, os trabalhos considerados relevantes foram avaliados de acordo com os critérios de inclusão e exclusão definidos para este estudo.

A escolha pela pesquisa em língua portuguesa, foi feita devido ao fato de estarmos procurando compreender como o ensino de termodinâmica clássica é tratado em países de língua portuguesa.

Critérios de inclusão e exclusão

Considerou-se elegíveis aqueles relatos de pesquisa e estudos teóricos, na forma de artigos revisados por pares, que atendiam ao seguinte critério de inclusão: Artigos que tratam de estudos de casos sobre o ensino de termodinâmica. Como critério de qualidade, optou-se por considerar elegíveis aqueles artigos que apresentam estudos de caso ou pesquisa-ação. Excluiu-se artigos que não tratam dos processos de ensino-aprendizagem sobre termodinâmica; também os que não tratavam de alternativas para tornar o ensino desse conteúdo mais atrativo.

Análise dos dados

A análise dos artigos quanto ao critério de elegibilidade foi realizada, inicialmente, mediante a leitura do título, resumo e palavras-chave, dos 38 artigos encontrados, onde 9 artigos encontravam-se com *links* inacessíveis e portanto foram previamente excluídos, totalizando 29 artigos coletados. Em seguida, foi realizada a leitura da introdução e da conclusão dos artigos coletados, excluiu-se 20 artigos, pois constatou-se que estes não apresentavam informações relevantes quanto ao processo de ensino-aprendizagem e quanto à desmotivação ou formas atrativas de ensino da termodinâmica. Na sequência, foi realizada a leitura completa dos 9 artigos selecionados na etapa anterior, a fim de se catalogar informações importantes quanto ao critério de inclusão definido. Com base nos critérios de inclusão e exclusão definidos, 9 artigos foram incluídos para compor a etapa de revisão sistemática da literatura deste estudo.

Etapas e procedimentos adotados: Análise de jogos, aplicativos e sítios eletrônicos de acesso livre

A busca por jogos, aplicativos e sítios eletrônicos de acesso livre, foi realizada com o intuito de mapear as tecnologias educacionais disponíveis e que tratem o processo de ensino e aprendizagem da termodinâmica clássica de maneira mais lúdica e atrativa.

Critérios de busca

As buscas foram realizadas nas plataformas digitais Google play e Google busca. Como estratégia de busca, utilizou-se quatro combinações de termos-chave: 1) “termodinâmica”, 2) “termodinâmica” e “simulação”, 3) “*thermodynamics*” e “*simulation*” e 4) “*thermodynamics*” e “*game*”.

A primeira busca foi realizada na plataforma Google play com a utilização do termo-chave “termodinâmica”. Em seguida, os jogos e aplicativos considerados relevantes, foram analisados quanto à adequação ao critério de inclusão definido.

As buscas seguintes foram realizadas na plataforma Google busca, com a utilização das combinações de termos-chaves 2, 3 e 4, através da observação da aba imagens. Foram verificados os resultados mais relevantes mostrados pela plataforma.

Critérios de inclusão e exclusão

Considerou-se elegíveis, jogos, aplicativos e sítios eletrônicos que tratavam sobre o tema termodinâmica e que apresentassem uma interface mais lúdica e visual. Excluiu-se jogos e aplicativos que não tratavam do tema de uma forma mais visual ou lúdica, aplicativos e sítios eletrônicos buscadores de dados e aplicativos e sítios eletrônicos do tipo calculadora de propriedades termodinâmicas.

Análise de similaridades e diferenças

Com base nos critérios de inclusão e exclusão definidos, cinco (5) jogos/aplicativos/sítios eletrônicos foram incluídos para compor a etapa de análise de similares deste estudo, sendo eles:

- *PhET - Interactive Simulations (University of Colorado Boulder)*;
- *Simlab - termodinâmica*;
- *LearnChemE - Simulações de Termodinâmica 1 (University of Colorado Boulder)*;
- *Stefanelli Eng - Thermodynamics (Eduardo J. Stefanelli)*;
- *Applets Physbeans via WebStart*.

Para a etapa de análise comparativa das ferramentas de suporte ao ensino da termodinâmica clássica, a equipe determinou os critérios a serem avaliados com base em Clanton (1982); Federoff (2002); Yáñez-Gómez (2016), gerando um formulário de avaliação dividida em seis eixos (*gameplay*, estética, narrativa, mecânica, usabilidade e ensino), realizada pelo grupo envolvido (cinco integrantes) no projeto, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Critérios utilizados na avaliação comparativa das ferramentas ativas

GAMEPLAY:
Atitude lúdica [“agir como se”... conforme regras e objetivo do jogo];

Imersão [sentir-se inserido, envolvido, dentro do universo do jogo];
Jogabilidade [sentir-se confortável e adaptado com os comandos e o ambiente do jogo];
Incentivos ao jogador empregar estratégias [estimular a pensar estrategicamente].
ESTÉTICA:
Cores
Contrastes
Imagens
Tipografias
Personagens (compreensão visual);
Cenário
NARRATIVA:
Tempo: cronológico: horas, dias, meses, anos (segue o tempo real, é externo ao personagem) ou psicológico: memórias e lembranças dos personagens (segue o tempo individual, é interno e influenciado pelos sentimentos)
Espaço: físico ou psicológico
Foco narrativo
Enredo
Personagens (compreensão da sua finalidade)
MECÂNICA:
Engajamento
Regras
Metas
Diálogo com o jogador
Controle do usuário
USABILIDADE:
Atinge o objetivo proposto: aprender sobre algo;
Fácil compreensão;
Intuitivo (não necessita de tutorial);

Aprende e executa algo de forma prazerosa e satisfatória.
ENSINO:
Conteúdo adequado ao idade e desenvolvimento do público-alvo;
Forma de apresentação do tema ajuda na fixação;
Forma de apresentação do tema ajuda na fixação;
Promove interação, criação e colaboração entre jogadores.

Fonte: dos autores (2022).

A análise foi feita a partir de uma escala de pontuação de 0 - 5, sendo:

- [0] não se aplica;
- [1] muito ruim;
- [2] ruim;
- [3] mediano;
- [4] bom;
- [5] muito bom

As escalas de pontuação são muito comuns em pesquisas voltadas para a área de Ciências Sociais Aplicadas. As escalas de pontuação são frequentemente utilizadas, desde os anos 20, na área da Psicologia Social e remonta a autores como Thurstone, Likert, Guttman e Osgood. Porém, é Rasch que unifica todas essas escalas. Todas elas servem para medir e avaliar dados de um objeto de estudo visando relações observáveis. Essas escalas originam uma intensidade de características relativas a um determinado objeto (CUNHA, 2007). O mesmo autor (CUNHA, 2007) afirma que para realizar uma avaliação com as escalas de pontuação é preciso escolher um grupo de sujeitos que servirão de juízes do objeto de estudo e manifestarão suas opiniões em grau de desacordo ou acordo com a qualidade, afirmação ou critério apresentado.

Após descrever como o julgador deveria avaliar os jogos/aplicativos/sítios eletrônicos, os mesmos tinham acesso e julgavam tendo contato apenas com os números da escala (0, 1, 2, 3, 4, 5). Quando se cria em uma pesquisa com as escalas de pontuação existe a possibilidade de atribuir ou não valores numéricos para cada ponto específico da escala. No caso de não atribuição de valores numéricos, ou seja, apenas nominais, o estudo da tendência central pode ser obtido a partir da mediana. Porém, ao atribuir e exibir correspondentes numéricos aos pontos da escala, como no caso desta pesquisa, deve-se assumir que os julgamentos foram feitos segundo uma escala de intervalo, cujo estudo da tendência central deve ser obtido a partir da média e desvio padrão (MATTAR, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa acerca do processo de ensino e aprendizagem da termodinâmica clássica foi realizada em duas etapas. A primeira etapa tratou sobre a busca sistemática na literatura, de estudos de casos que expusessem, na prática, quais os principais entraves para o ensino do tema, bem como aqueles estudos que relataram soluções e ferramentas que são, atualmente, implementadas em sala de aula. A

segunda etapa tratou sobre a busca, em plataformas digitais, de ferramentas digitais lúdicas, atrativas e de acesso livre, disponíveis no mercado para serem utilizadas por docentes e discentes.

O ensino de termodinâmica clássica: Problemas e soluções

Na revisão sistemática da literatura, foram selecionados 09 estudos do período 2018 a 2021. A análise quanto aos problemas encontrados e soluções propostas para o ensino de termodinâmica estão dispostos no Quadro 2.

Quadro 2 – Sumário dos problemas e soluções apresentados para o ensino de termodinâmica.

Título	Autor	Problemas	Soluções
“A produção científica nacional em periódicos sobre o ensino de termodinâmica”	SILVA e ERROBIDART (2019)	1. Os discentes apresentam muitas concepções espontâneas e de senso comum. 2. Necessidade de formalismo matemático rebuscado para o ensino do conceito de entalpia.	1. Ensino da termodinâmica a partir do aspecto histórico do desenvolvimento desta área de conhecimento. 2. Ensino de termodinâmica a partir de atividades experimentais. 3. Utilização de novos materiais didáticos para o ensino de conceitos de termodinâmica, tais como: jogo de RPG e <i>softwares</i> de simulação.
“Ensinando termodinâmica através de uma sequência de ensino Investigativa”	BRAGA e CARVALHO (2021)	1. Práticas de ensino tradicionais e que não valorizam a participação dos discentes. 2. As atividades experimentais também são realizadas de maneira tradicional.	1. Utilização de atividades investigativas para o ensino de termodinâmica no ensino médio.
“Oficinas de aprendizagem no ensino de física: um estudo de caso com experiências de termodinâmica.”	CRUZ <i>et al.</i> (2021)	1. Modelo de ensino tradicional, em que é utilizada apenas a exposição de conceitos durante a aula.	1. O artigo apresenta uma metodologia de oficinas de aprendizagem de física, como uma alternativa viável e de baixo custo para melhorar o ensino de física.
“Atividades investigativas no ensino de física: um enfoque termodinâmico ao corpo humano”	PUHL e MARCHI (2019)	1. Alunos desmotivados. 2. Estratégias de ensino tradicionais, com aulas expositivas onde predomina a fala do professor.	1. Utilização de mapas conceituais como ferramenta avaliativa. 2. Utilização de atividades investigativas para explorar e abordar os conteúdos de termodinâmica.

Título	Autor	Problemas	Soluções
“Jogo das grandezas: um recurso para o ensino de física”	ARAÚJO e SANTOS (2018)	1. A principal problemática apresentada no artigo foi a utilização do ensino tradicional.	1. Como solução para a problemática, o artigo faz a proposição de um jogo chamado “Jogo das grandezas” como recurso didático.
“Aquecedor solar de baixo custo: uma ferramenta pedagógica para o ensino de conceitos termodinâmicos e a conscientização socioambiental”	PEREIRA <i>et al.</i> (2020)	1. Os alunos desvinculam os conceitos teóricos da realidade, tornando o conhecimento físico abstrato, desinteressante e pouco atrativo. 2. Conquistar a atenção e a participação efetiva dos alunos em sala de aula é um dos desafios recorrentes envolvidos nos processos de ensino e aprendizagem.	1. O artigo apresenta o equipamento, neste caso um aquecedor solar, como uma maneira de contextualizar os fundamentos da calorimetria. 2. O aparato construído permite diferentes abordagens didáticas, inclusive o ensino da Física por investigação.
“Estação meteorológica portátil com cultura <i>maker</i> interdisciplinar para ensino de física e programação de computadores”	MELO <i>et al.</i> (2020)	1. Captar a atenção e o interesse dos estudantes. 2. Ensino tradicional com a utilização apenas de textos e cálculos.	1. Utilização de uma estação meteorológica portátil, para prover uma interface entre os conceitos de Física (em especial, a termodinâmica) obtidos nas salas de aula e a realidade do cotidiano dos alunos.
“Análise de um motor-foguete bi-propelente aplicada ao ensino de termodinâmica: um estudo de caso”	SERRA <i>et al.</i> (2020)	1. Terminologia e conceitos pouco conectados ao cotidiano. 2. Necessidade de utilização de uma matemática mais complexa para apresentação de alguns conceitos teóricos, resultando em confusão de como estes conceitos e as equações interagem.	1. O estudo não apresentou soluções para os problemas relatados.

Título	Autor	Problemas	Soluções
“Avaliação de uma nova abordagem para o ensino de química”	OLAIR <i>et al.</i> (2020)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Impedimento dos alunos em compreender os modelos e fórmula essenciais para as ciências, uma vez que o este ensino trata de conceitos extremamente abstratos. 2. Ensino tradicional. 3. Desmotivação dos alunos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Associação do conteúdo teórico com práticas experimentais.

Os estudos, no geral, avaliaram os principais problemas visualizados no ensino da termodinâmica e apresentaram algumas soluções para sanar ou diminuir as problemáticas relatadas. A partir dos resultados, foi possível visualizar que os principais problemas associados ao ensino da termodinâmica são: (1) metodologia de ensino e aprendizagem tradicional, (2) desmotivação dos discentes e (3) termos e conceitos desconectados da vivência cotidiana.

A metodologia tradicional de ensino; que é preferencialmente dialogada, expositiva e centrada no docente; apresenta-se como um método bastante difundido e utilizado, nas mais diversas esferas do sistema educacional brasileiro. Os estudos analisados relatam que o principal problema a ser sanado, quanto ao ensino da termodinâmica, é o emprego do método tradicional de ensino que se traduz em aulas com pouca participação ativa dos discentes, o que acaba aumentando a desmotivação dos discentes em aprender sobre o tema (CAMARGO E DAROS, 2018).

Durante muito tempo, a formação de discentes baseada na metodologia tradicional de ensino mostrou resultado satisfatório, quando analisamos a alocação dos formandos no mercado de trabalho, pois existia evidente escassez, no mercado de trabalho, de recursos humanos com conhecimentos técnico e teórico específicos (SILVA, 2006; LAZZARESCHI, 2016). A medida que as relações de trabalho vem se modificando, o mercado de trabalho passou a valorizar, além do conhecimento técnico específico, algumas características e habilidades comportamentais, tais como: conduta ética, capacidade de comunicar, capacidade de iniciativa, criatividade, inovação, inteligência interpessoal, atitude empreendedora, trabalho em equipe, administração de conflitos, flexibilidade, autocontrole, dentre outras (BARBOSA E MOURA, 2014; URIAS E AZEREDO, 2017). Essas habilidades são pouco estimuladas e pouco desenvolvidas em salas de aula que fazem uso exclusivo do método tradicional de ensino.

Atualmente o sistema educacional enfrenta um grande desafio, que é tornar o ensino mais atrativo para a geração nativa digital, uma geração que está habituada a ter a sua atenção disputada diariamente pelos mais diversos tipos de entretenimentos. No entanto, não podemos atribuir à falta de interesse dos alunos única e exclusivamente à metodologia tradicional, uma vez que, a origem da desmotivação dos alunos pode ser muito mais complexa. Temos que ter em mente que outros fatores, extrínsecos ao ensino, estão presentes, tais como o processo de transição entre ensino médio e o ensino universitário, aspectos socioeconômicos, aspectos emocionais, além dos aspectos do contexto universitário: infraestrutura da universidade, sobrecarga de atividades e conduta dos docentes (CASSIANO *et al.* 2021).

No ensino da termodinâmica, outro fator complicador para um ensino de qualidade é a dificuldade em relacionar o conteúdo apresentado em sala de aula com a realidade diária do estudante, uma vez que, a resolução de problemas termodinâmicos exige o conhecimento prévio de uma série de conceitos, definições, leis e equações matemáticas. Diante desse cenário, nos vêm o seguinte questionamento, “E agora como podemos mudar esse panorama?” A resposta para essa pergunta não é simples, pois como vimos, existe um grande número de fatores que podem afetar o desempenho do estudante.

Uma alternativa para sanar uma grande parte das dificuldades relatadas pela literatura é o desenvolvimento de novos produtos de ensino, que sejam capazes de promover simultaneamente um melhor entretenimento, maior engajamento dos discentes, bem como fomentar a aprendizagem ativa dos conhecimentos teóricos e práticos pelos discentes.

A análise dos estudos coletados nos mostra que as principais intervenções metodológicas propostas foram: (1) ensino de termodinâmica a partir do histórico do tema na sociedade, (2) ensino do tema a partir de atividades experimentais e investigativas e (3) utilização de materiais e recursos didáticos inovadores, tais como jogos de *RPG* (*Role-Playing game* ou jogo narrativo) e *softwares* de simulação.

As metodologias ativas de ensino e aprendizagem se caracterizam por trazer o discente para o protagonismo do seu processo individual de aprendizagem sobre um certo tema, e onde o docente apresenta-se como um facilitador deste processo (LOVATO *et al.*, 2018). Dessa forma, todas as intervenções metodológicas, citadas como soluções, nos estudos coletados se enquadram no conceito de metodologias ativas de ensino e aprendizagem.

Analisando o processo de ensino e aprendizagem de um tema, sob a luz da taxonomia de Bloom revisada (ANDERSON *et al.*, 2001), percebe-se que o aprendiz necessita atravessar vários níveis de complexidade no processo cognitivo de aprendizagem, estes níveis envolvem: (1) lembrar informações e conteúdos relacionados ao tema de estudo, (2) compreender ou entender o conteúdo teórico, (3) aplicar informações e métodos em situações novas e concretas, (4) analisar o conteúdo e subdividi-lo em parte menores e menos complexas com a intenção de entender o todo, (5) avaliar o resultado de maneira a determinar o seu valor para um objetivo específico e por fim (6) criar algo novo a partir do que foi aprendido anteriormente (FERRAZ; BELHOT, 2010). Sendo assim, foi realizada a análise das intervenções metodológicas propostas pelos estudos coletados, a partir da taxonomia de Bloom, revisada com a intenção de entender como, cada uma delas, auxilia o processo de ensino e aprendizagem, segundo o domínio cognitivo. Esta análise pode ser visualizada no Quadro 3.

A metodologia de ensino por meio de atividades experimentais e investigativas, bem como a metodologia de ensino a partir de jogos abrangem todos os níveis cognitivos. Já a utilização de *softwares* de simulação, de oficinas de ensino, bem como o ensino do tema a partir dos seus aspectos históricos, abrangem cinco dos seis níveis cognitivos citados na taxonomia de Bloom revisada; onde os *softwares* de simulação e as oficinas de ensino e aprendizagem não conseguem atingir a etapa de criar algo novo a partir dos conhecimentos adquiridos, por outro lado o ensino a partir dos aspectos históricos não abrange a etapa de entender o conteúdo teórico abordado.

Quadro 3 – Análise das intervenções metodológicas propostas nos artigos coletados quanto ao domínio cognitivo da taxonomia de Bloom revisada.

Intervenções metodológicas no ensino de termodinâmica.	Domínio cognitivo da taxonomia de Bloom revisada	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar	Autor
Histórico do tema		✓		✓	✓	✓	✓	SOUZA <i>et al.</i> , 2020
Atividades experimentais e investigativas		✓	✓	✓	✓	✓	✓	SIMOMUKAY, 2015
Jogos		✓	✓	✓	✓	✓	✓	SAVI <i>et al.</i> , 2010 e ARAUJO e ARANHA, 2013
Softwares de simulação		✓	✓	✓	✓	✓		SOUZA e SOUZA, 2015
Oficinas		✓	✓	✓	✓	✓		NASCIMENTO e BADUY, 2021

Além do aspecto cognitivo do processo de ensino e aprendizagem, deve-se atentar ao fato de que é necessário que o aluno esteja motivado a aprender sobre um determinado tema para que a aprendizagem aconteça de forma satisfatória. Sendo assim, pode-se identificar que a utilização de jogos no ambiente educacional torna-se uma tecnologia educacional bastante promissora para fomentar o processo de ensino e aprendizagem da termodinâmica nos mais diversos âmbitos da educação, pois os bons jogos são capazes de garantir a total imersão do indivíduo e por tal fato são considerados muitos prazerosos, e devido a isto, os jogos possuem um expressivo teor motivacional (BIANCHET e ANJOS, 2015).

O ensino de termodinâmica clássica: As ferramentas ativas analisadas

Na análise comparativa, iniciou-se com a avaliação da ferramenta PhET - *Interactive Simulations* (Figura 1) no qual, na dimensão *gameplay* a maioria dos critérios foi julgada de forma positiva, sendo que uma pontuação extremamente ruim ocorreu no critério “incentivos ao jogador”. Os resultados também foram bons para a dimensão estética, obtendo uma pontuação mediana apenas no critério “tipografia”. Já a dimensão narrativa, o tempo, o espaço e o foco narrativo não foram bem aplicados, mas o enredo e a finalidade dos personagens conseguiram obter boas pontuações.

Figura 1 - Resultado da avaliação da ferramenta ativa de ensino PhET - Parte 1

PhET - Interactive Simulations (University of Colorado Boulder)								
GAMEPLAY	0	1	2	3	4	5	Média	D.P.
Atitude lúdica	○	○	○	○	●	○	4,0	1,225
Imersão	○	○	○	○	●	○	4,0	1,225
Jogabilidade	○	○	○	○	●	○	4,0	0,707
Incentivos ao jogador	○	●	○	○	○	○	1,0	1,225
ESTÉTICA	0	1	2	3	4	5	Média	D.P.
Cores	○	○	○	○	●	○	3,8	0,447
Contrastes	○	○	○	○	●	○	4,2	0,837
Imagens	○	○	○	○	●	○	3,8	0,447
Tipografias	○	○	○	●	○	○	3,2	0,447
Personagens (comp. visual)	○	○	○	○	●	○	4,4	0,549
Cenário	○	○	○	○	●	○	4,0	0,707
NARRATIVA	0	1	2	3	4	5	Média	D.P.
Tempo	○	●	○	○	○	○	1,0	2,236
Espaço	○	○	●	○	○	○	1,6	2,302
Foco Narrativo	○	○	○	●	○	○	3,0	1,971
Enredo	○	○	○	○	●	○	3,6	0,799
Personagens (finalidade)	○	○	○	○	○	●	4,8	0,447

Fonte: dos autores (2022).

Ainda sobre a ferramenta PhET - Interactive Simulations (Figura 2), a ferramenta atingiu um bom resultado em engajamento, regras e controle do usuário (dimensão "mecânica"), quanto a ser útil, utilizável e intuitivo (dimensão "usabilidade"), e também quando a forma de apresentação do conteúdo ajudar na fixação e no fato do aprendiz sentir-se protagonista do próprio aprendizado (dimensão "ensino"). A interface obteve pontuação mediana quanto a metas e o diálogo com o jogador (ou usuário da ferramenta), ambos da dimensão "mecânica", e quanto ao fato da execução das tarefas não serem prazerosas de executar (dimensão "usabilidade"). Todos foram unânimes em achar que o conteúdo é muito adequado à idade e ao desenvolvimento do público-alvo, na dimensão "ensino". Ainda nesta dimensão, a grande maioria dos julgadores acreditam que a ferramenta não promove a interação, criação e colaboração entre usuários.

Figura 2 - Resultado da avaliação da ferramenta ativa de ensino PhET - Parte 2

PhET - Interactive Simulations (University of Colorado Boulder)

MECÂNICA	0	1	2	3	4	5	Média	D.P.
Engajamento	○	○	○	○	●	○	3,6	0,894
Regras	○	○	○	○	●	○	4,4	0,548
Metas	○	○	○	●	○	○	2,8	1,643
Diálogo com o jogador	○	○	○	●	○	○	2,6	1,673
Controle do usuário	○	○	○	○	●	○	3,8	1,095
USABILIDADE	0	1	2	3	4	5	Média	D.P.
Atinge objetivo proposto (útil)	○	○	○	○	●	○	4,0	0,707
Fácil compreensão (utilizável)	○	○	○	○	●	○	4,2	1,304
Intuitivo	○	○	○	○	●	○	4,4	1,342
Aprende e executa prazerosamente	○	○	○	●	○	○	3,4	0,548
ENSINO	0	1	2	3	4	5	Média	D.P.
Conteúdo adequado	○	○	○	○	○	●	5,0	0,000
Ajuda na fixação	○	○	○	○	●	○	3,8	0,447
Aprendiz protagonista	○	○	○	○	●	○	4,0	1,225
Promove interação, criação e colab.	●	○	○	○	○	○	0,2	0,447

Fonte: dos autores (2022).

A segunda ferramenta analisada foi o Simlab (Figura 3) no qual, na dimensão *gameplay* todos dos critérios foram julgados de forma negativa, sendo que uma pontuação extremamente ruim ocorreu no critério sobre atitude lúdica e imersão. Ainda sobre essa dimensão, a jogabilidade recebeu uma pontuação ruim e a maioria dos julgadores acreditam que a ferramenta não oferece incentivos aos usuários. Os resultados também não foram bons para a dimensão estética, obtendo uma pontuação mediana em três critérios (cores, contraste e composição visual dos personagens), as pontuações foram ruins para os critérios imagens e cenário e extremamente ruim para o critério tipografias. Já a dimensão narrativa, os julgadores, em sua maioria, acreditam que não havia uma configuração de tempo para a narrativa e avaliaram como ruim os demais critérios.

Figura 3 - Resultado da avaliação da ferramenta ativa de ensino Simlab - Parte 1

Simlab								
	0	1	2	3	4	5	Média	D.P.
GAMEPLAY								
Atitude lúdica	○	●	○	○	○	○	1,4	1,140
Imersão	○	●	○	○	○	○	1,2	1,095
Jogabilidade	○	○	●	○	○	○	2,2	0,837
Incentivos ao jogador	●	○	○	○	○	○	0,4	0,548
ESTÉTICA								
Cores	○	○	○	●	○	○	3,0	1,000
Contrastes	○	○	○	●	○	○	2,8	0,837
Imagens	○	○	●	○	○	○	2,0	0,707
Tipografias	○	●	○	○	○	○	1,4	0,548
Personagens (comp. visual)	○	○	○	●	○	○	3,0	1,225
Cenário	○	○	●	○	○	○	1,8	0,837
NARRATIVA								
Tempo	●	○	○	○	○	○	0,8	1,789
Espaço	○	○	●	○	○	○	1,6	1,673
Foco Narrativo	○	○	●	○	○	○	2,0	1,225
Enredo	○	○	●	○	○	○	2,4	1,398
Personagens (finalidade)	○	○	●	○	○	○	2,0	2,000

Fonte: dos autores (2022).

Ainda sobre a ferramenta Simlab (Figura 4), a ferramenta atingiu um resultado ruim em engajamento, regras, diálogo e controle do usuário (dimensão "mecânica"), também nos critérios utilizável e execução prazerosa (dimensão "usabilidade"), além da forma de apresentação do conteúdo ajudar na fixação e no fato do aprendiz sentir-se protagonista do próprio aprendizado (dimensão "ensino"). A ferramenta obteve uma pontuação extremamente ruim para metas (dimensão "mecânica"). A interface obteve pontuação mediana na dimensão "usabilidade" nos critérios útil e intuitivo. O Simlab obteve uma boa pontuação apenas no critério sobre o conteúdo ser adequado à idade e ao desenvolvimento do público-alvo, na dimensão "ensino". Ainda nesta dimensão, a grande maioria dos julgadores acreditam que a ferramenta não promove a interação, criação e colaboração entre usuários.

Figura 4 - Resultado da avaliação da ferramenta ativa de ensino Simlab - Parte 2

		Simlab							
		0	1	2	3	4	5	Média	D.P.
MECÂNICA									
Engajamento		○	○	●	○	○	○	2,2	0,447
Regras		○	○	●	○	○	○	2,2	1,483
Metas		○	●	○	○	○	○	1,2	1,789
Diálogo com o jogador		○	○	●	○	○	○	1,8	1,924
Controle do usuário		○	○	●	○	○	○	1,6	0,894
USABILIDADE									
Atinge objetivo proposto (útil)		○	○	○	●	○	○	2,6	0,548
Fácil compreensão (utilizável)		○	○	●	○	○	○	2,4	1,140
Intuitivo		○	○	○	●	○	○	2,6	0,894
Aprende e executa prazerosamente		○	○	●	○	○	○	2,2	0,447
ENSINO									
Conteúdo adequado		○	○	○	○	●	○	3,6	0,894
Ajuda na fixação		○	○	●	○	○	○	2,0	1,000
Aprendiz protagonista		○	○	●	○	○	○	2,0	1,414
Promove interação, criação e colab.		●	○	○	○	○	○	0,4	0,548

Fonte: dos autores (2022).

A terceira ferramenta analisada foi o LearnChemE (Figura 5) no qual, na dimensão *gameplay* dois critérios: imersão e jogabilidade receberam uma pontuação mediana, enquanto os outros dois critérios: atitude lúdica e incentivos ao jogador receberam uma pontuação negativa. Com relação a dimensão estética, quase todos os critérios receberam uma pontuação ruim, apenas a composição visual dos personagens receberá uma pontuação mediana. Já a dimensão narrativa, dois critérios, tempo e enredo receberam uma pontuação extremamente negativa. Foco e espaço narrativo receberam uma pontuação negativa, enquanto que a finalidade dos personagens recebeu uma pontuação mediana.

Figura 5 - Resultado da avaliação da ferramenta ativa de ensino LearnChemE - Parte 1

LearnChemE								
	0	1	2	3	4	5	Média	D.P.
GAMEPLAY								
Atitude lúdica	○	○	●	○	○	○	2,4	1,517
Imersão	○	○	○	●	○	○	2,6	1,517
Jogabilidade	○	○	○	●	○	○	3,0	0,707
Incentivos ao jogador	○	○	●	○	○	○	1,0	0,707
ESTÉTICA								
Cores	○	○	●	○	○	○	2,4	0,894
Contrastes	○	○	●	○	○	○	2,2	0,837
Imagens	○	○	●	○	○	○	2,2	0,837
Tipografias	○	○	●	○	○	○	2,2	0,837
Personagens (comp. visual)	○	○	○	●	○	○	2,8	1,095
Cenário	○	○	●	○	○	○	1,8	1,304
NARRATIVA								
Tempo	○	●	○	○	○	○	1,0	2,236
Espaço	○	○	●	○	○	○	1,8	2,490
Foco Narrativo	○	○	●	○	○	○	2,4	1,817
Enredo	○	●	○	○	○	○	0,8	1,619
Personagens (finalidade)	○	○	○	●	○	○	2,8	1,483

Fonte: dos autores (2022).

Ainda sobre a ferramenta LearnChemE (Figura 6), a ferramenta atingiu um resultado ruim em engajamento, diálogo e controle do usuário (dimensão "mecânica"), também no critério aprende e executa a ferramenta de forma agradável (dimensão "usabilidade"). A ferramenta obteve uma pontuação extremamente ruim apenas no critério metas da dimensão "mecânica". O LearnChemE obteve pontuação mediana em sete critérios, sendo eles: regras (dimensão "mecânica"), útil, utilizável e intuitivo (dimensão "usabilidade") e conteúdo adequado ao público alvo, ajuda na fixação do conteúdo e o aprendiz se sente protagonista do processo de aprendizado (dimensão "ensino". Ainda nesta última dimensão, a grande maioria dos julgadores acreditam que a ferramenta não promove a interação, criação e colaboração entre usuários.

Figura 6 - Resultado da avaliação da ferramenta ativa de ensino LearnChemE - Parte 2

LearnChemE								
	0	1	2	3	4	5	Média	D.P.
MECÂNICA								
Engajamento	○	○	●	○	○	○	2,0	0,707
Regras	○	○	○	●	○	○	2,8	0,837
Metas	○	●	○	○	○	○	1,8	1,643
Diálogo com o jogador	○	○	●	○	○	○	2,4	1,342
Controle do usuário	○	○	●	○	○	○	1,6	0,894
USABILIDADE								
Atinge objetivo proposto (útil)	○	○	○	●	○	○	3,2	0,837
Fácil compreensão (utilizável)	○	○	○	●	○	○	2,6	0,894
Intuitivo	○	○	○	●	○	○	2,6	0,894
Aprende e executa prazerosamente	○	○	●	○	○	○	2,2	0,447
ENSINO								
Conteúdo adequado	○	○	○	●	○	○	3,2	0,837
Ajuda na fixação	○	○	○	●	○	○	2,8	1,095
Aprendiz protagonista	○	○	○	●	○	○	2,6	0,548
Promove interação, criação e colab.	●	○	○	○	○	○	0,4	0,548

Fonte: dos autores (2022).

A quarta ferramenta analisada foi o Stefanelli Eng - Thermodynamics (Figura 7) no qual, na dimensão *gameplay*, todos os critérios obtiveram uma pontuação ruim, sendo que jogabilidade e incentivos ao jogador receberam pontuação extremamente negativa. Com relação a dimensão estética, cores, contrastes e imagens receberam uma boa pontuação. Tipografias e composição visual dos personagens obtiveram classificação mediana, enquanto que o cenário obteve pontuação negativa. Já a dimensão narrativa, a finalidade dos personagens recebeu uma pontuação mediana, enquanto que espaço, foco narrativo e enredo receberam uma pontuação ruim e tempo narrativo obteve uma pontuação extremamente ruim.

Figura 7 - Resultado da avaliação da ferramenta ativa de ensino Stefanelli Eng - Parte 1

Stefanelli Eng - Thermodynamics								
GAMEPLAY	0	1	2	3	4	5	Média	D.P.
Atitude lúdica	○	○	●	○	○	○	2,0	2,000
Imersão	○	○	●	○	○	○	1,6	1,517
Jogabilidade	○	●	○	○	○	○	1,0	0,707
Incentivos ao jogador	○	●	○	○	○	○	1,0	0,707
ESTÉTICA	0	1	2	3	4	5	Média	D.P.
Cores	○	○	○	○	●	○	3,6	0,548
Contrastes	○	○	○	○	●	○	3,6	0,548
Imagens	○	○	○	○	●	○	4,0	1,000
Tipografias	○	○	○	●	○	○	3,2	0,447
Personagens (comp. visual)	○	○	○	●	○	○	3,2	1,483
Cenário	○	○	●	○	○	○	2,2	1,543
NARRATIVA	0	1	2	3	4	5	Média	D.P.
Tempo	○	●	○	○	○	○	1,0	2,236
Espaço	○	○	●	○	○	○	1,8	2,490
Foco Narrativo	○	○	●	○	○	○	1,8	0,837
Enredo	○	○	●	○	○	○	1,8	1,350
Personagens (finalidade)	○	○	○	●	○	○	3,0	1,581

Fonte: dos autores (2022).

Ainda sobre a ferramenta Stefanelli Eng - Thermodynamics (Figura 8), a ferramenta atingiu um resultado mediano em cinco critérios: útil, utilizável, intuitivo (dimensão “usabilidade”), conteúdo adequado a idade e formação do público-alvo e a ferramenta ajuda na fixação (dimensão “ensino”). Obteve pontuação ruim em três critérios: engajamento, diálogo com o jogador (dimensão “mecânica”), e aprende e executa a ferramenta de forma prazerosa (dimensão “usabilidade”). Obteve pontuação extremamente ruim em três critérios: regras, metas e se o aprendiz (dimensão “mecânica”), e se sente protagonista do processo de aprendizagem (dimensão “ensino”). A grande maioria dos avaliadores acreditam que a ferramenta não oferece controle ao usuário e que também não promove a interação, criação e colaboração durante o processo de aprendizagem.

Figura 8 - Resultado da avaliação da ferramenta ativa de ensino Stefanelli Eng - Parte 2

Stefanelli Eng - Thermodynamics								
MECÂNICA	0	1	2	3	4	5	Média	D.P.
Engajamento	○	○	●	○	○	○	1,8	1,304
Regras	○	●	○	○	○	○	1,0	0,707
Metas	○	●	○	○	○	○	1,0	0,707
Diálogo com o jogador	○	○	●	○	○	○	1,4	0,894
Controle do usuário	●	○	○	○	○	○	0,8	0,447
USABILIDADE	0	1	2	3	4	5	Média	D.P.
Atinge objetivo proposto (útil)	○	○	○	●	○	○	2,8	0,837
Fácil compreensão (utilizável)	○	○	○	●	○	○	2,8	1,304
Intuitivo	○	○	○	●	○	○	2,6	1,140
Aprende e executa prazerosamente	○	○	●	○	○	○	1,8	0,837
ENSINO	0	1	2	3	4	5	Média	D.P.
Conteúdo adequado	○	○	○	●	○	○	3,4	0,548
Ajuda na fixação	○	○	○	●	○	○	3,0	1,224
Aprendiz protagonista	○	●	○	○	○	○	1,4	0,894
Promove interação, criação e colab.	●	○	○	○	○	○	0,4	0,548

Fonte: dos autores (2022).

A quinta ferramenta analisada foi o Applets Physbeans (Figura 9) no qual, na dimensão *gameplay*, os avaliadores acreditam que a ferramenta não atende a três critérios: atitude lúdica, imersão e incentivos aos jogadores. A ferramenta também obteve um resultado extremamente negativo no critério de jogabilidade. Na dimensão estética a interface obteve pontuação ruim em três critérios: cores, contrastes e tipografias e pontuação extremamente ruim nos outros três critérios: imagens, composição visual dos personagens e cenário. Na dimensão narrativa, dos cinco critérios a ferramenta obteve pontuação extremamente negativa em quatro deles: tempos, espaço, enredo e finalidade dos personagens. Obteve uma pontuação negativa no critério foco narrativo.

Figura 9 - Resultado da avaliação da ferramenta ativa de ensino Applets Physbeans - Parte 1

Applets Physbeans								
	0	1	2	3	4	5	Média	D.P.
GAMEPLAY								
Atitude lúdica	●	○	○	○	○	○	0,4	0,548
Imersão	●	○	○	○	○	○	0,6	0,548
Jogabilidade	○	●	○	○	○	○	1,4	0,894
Incentivos ao jogador	●	○	○	○	○	○	0,8	0,837
ESTÉTICA								
Cores	○	○	●	○	○	○	1,8	0,837
Contrastes	○	○	●	○	○	○	2,4	0,548
Imagens	○	●	○	○	○	○	1,2	0,447
Tipografias	○	○	●	○	○	○	1,6	0,894
Personagens (comp. visual)	○	●	○	○	○	○	1,2	0,447
Cenário	○	●	○	○	○	○	1,0	0,707
NARRATIVA								
Tempo	○	●	○	○	○	○	1,0	2,236
Espaço	○	●	○	○	○	○	1,4	2,191
Foco Narrativo	○	○	●	○	○	○	1,8	1,924
Enredo	○	●	○	○	○	○	1,0	0,876
Personagens (finalidade)	○	●	○	○	○	○	0,8	0,837

Fonte: dos autores (2022).

Ainda sobre a ferramenta Applets Physbeans (Figura 10), a ferramenta atingiu um resultado mediano em apenas um critério: conteúdo adequado a idade e formação do público-alvo da dimensão ensino. Obteve pontuação negativa em seis critérios: controle do usuário (dimensão “mecânica”), útil, utilizável, intuitivo (dimensão “usabilidade”) e ajuda na fixação e o usuários se sente protagonista do próprio processo de aprendizagem (dimensão "ensino"). Obteve pontuação extremamente negativa em cinco critérios: engajamento, regras, metas, diálogo com o jogador (dimensão “mecânica”) e aprende e executa a interface de forma prazerosa (dimensão “usabilidade”). A grande maioria dos avaliadores acredita que a ferramenta não promove a interação, criação e colaboração durante o processo de aprendizagem.

Figura 10 - Resultado da avaliação da ferramenta ativa de ensino Applets Physbeans - Parte 2

Applets Physbeans								
MECÂNICA	0	1	2	3	4	5	Média	D.P.
Engajamento	○	●	○	○	○	○	1,2	0,447
Regras	○	●	○	○	○	○	1,2	1,304
Metas	○	●	○	○	○	○	1,0	1,000
Diálogo com o jogador	○	●	○	○	○	○	1,0	1,225
Controle do usuário	○	○	●	○	○	○	2,2	1,789
USABILIDADE	0	1	2	3	4	5	Média	D.P.
Atinge objetivo proposto (útil)	○	○	●	○	○	○	1,8	0,837
Fácil compreensão (utilizável)	○	○	●	○	○	○	1,8	1,342
Intuitivo	○	○	●	○	○	○	1,6	1,342
Aprende e executa prazerosamente	○	●	○	○	○	○	1,2	0,447
ENSINO	0	1	2	3	4	5	Média	D.P.
Conteúdo adequado	○	○	○	●	○	○	2,8	0,447
Ajuda na fixação	○	○	●	○	○	○	1,6	0,547
Aprendiz protagonista	○	○	●	○	○	○	2,4	1,342
Promove interação, criação e colab.	●	○	○	○	○	○	0,2	0,447

Fonte: dos autores (2022).

A Tabela 1 apresenta os resultados de todas as ferramentas analisadas. Ao comparar os resultados obtidos em cada critério pelas cinco ferramentas, percebe-se que no geral a ferramenta PhET - *Interactive Simulations* se sobressai, conseguindo bons e excelentes resultados em 19 critérios, seguido da ferramenta *LearnChemE*, Stefanelli Eng - *Thermodynamics*, *Simlab* e por último a *Applets Physbeans*. Na dimensão ensino, com exceção da ferramenta PhET, os resultados foram ruins. Nenhuma ferramenta conseguiu obter boa avaliação no critério que promove interação, criação e colaboração entre os jogadores/usuários.

Tabela 1 - Resumo comparativo das ferramentas analisadas.

Variáveis	PHET	S.LAB	L.C.E	S.T	A.P.W
Gameplay					
✓ Atitude lúdica	4,0 ± 1,2	1,4 ± 1,1	2,4 ± 1,5	2,0 ± 2,0	0,4 ± 0,5
✓ Imersão	4,0 ± 1,2	1,2 ± 1,1	2,6 ± 1,5	1,6 ± 1,5	0,6 ± 0,5
✓ Jogabilidade	4,0 ± 0,7	2,2 ± 0,8	3,0 ± 0,7	1,0 ± 0,7	1,4 ± 0,9
✓ Incentivo ao jogador	1,0 ± 1,2	0,4 ± 0,5	1,0 ± 0,7	1,0 ± 0,7	0,8 ± 0,8

Variáveis	PHET	S.LAB	L.C.E	S.T	A.P.W
Estética					
✓ Cores	3,8 ± 0,4	3,0 ± 1,0	2,4 ± 0,9	3,6 ± 0,5	1,8 ± 0,8
✓ Contrastes	4,2 ± 0,8	2,8 ± 0,8	2,2 ± 0,8	3,6 ± 0,5	2,4 ± 0,5
✓ Imagens	3,8 ± 0,4	2,0 ± 0,7	2,2 ± 0,8	4,0 ± 1,0	1,2 ± 0,4
✓ Tipografia	3,2 ± 0,4	1,4 ± 0,5	2,2 ± 0,8	3,2 ± 0,4	1,6 ± 0,9
✓ Personagens (composição visual)	4,4 ± 0,5	3,0 ± 1,2	2,8 ± 1,1	3,2 ± 1,5	1,2 ± 0,9
✓ Cenário	4,0 ± 0,7	1,8 ± 0,8	1,8 ± 1,3	2,2 ± 1,5	1,0 ± 0,7
Narrativa					
✓ Tempo	1,0 ± 2,2	0,8 ± 1,8	1,0 ± 2,2	1,0 ± 2,2	1,0 ± 2,2
✓ Espaço	1,6 ± 2,3	1,6 ± 1,7	1,8 ± 2,5	1,8 ± 2,5	1,4 ± 2,2
✓ Foco narrativo	3,0 ± 2,0	2,0 ± 1,2	2,4 ± 1,8	1,8 ± 0,8	1,8 ± 1,9
✓ Enredo	3,6 ± 0,8	2,4 ± 1,4	0,8 ± 1,6	1,8 ± 1,3	1,0 ± 0,9
✓ Personagens (finalidade)	4,8 ± 0,5	2,0 ± 2,0	2,8 ± 1,5	3,0 ± 1,6	0,8 ± 0,8
Mecânica					
✓ Engajamento	3,6 ± 0,9	2,2 ± 0,5	2,0 ± 0,7	1,8 ± 1,3	1,2 ± 0,4
✓ Regras	4,4 ± 0,5	2,2 ± 1,5	2,8 ± 0,8	1,0 ± 0,7	1,2 ± 1,3
✓ Metas	2,8 ± 1,6	1,2 ± 1,8	1,8 ± 1,6	1,0 ± 0,7	1,0 ± 1,0
✓ Diálogo com o jogador	2,6 ± 1,7	1,8 ± 1,9	2,4 ± 1,3	1,4 ± 0,9	1,0 ± 1,2
✓ Controle do usuário	3,8 ± 1,1	1,6 ± 0,9	1,6 ± 0,9	0,8 ± 0,4	2,2 ± 1,8
Usabilidade					
✓ Atinge o objetivo proposto	4,0 ± 0,7	2,6 ± 0,5	3,2 ± 0,8	2,8 ± 0,8	1,8 ± 0,8
✓ Fácil compreensão	4,2 ± 1,3	2,4 ± 1,1	2,6 ± 0,9	2,8 ± 1,3	1,8 ± 1,3
✓ Intuitivo	4,4 ± 1,3	2,6 ± 0,9	2,6 ± 0,9	2,6 ± 1,1	1,6 ± 1,3
✓ Aprendizagem e execução prazerosa e satisfatória	3,4 ± 0,5	2,2 ± 0,4	2,2 ± 0,5	1,8 ± 0,8	1,2 ± 0,4
Ensino					
✓ Conteúdo adequado à idade do público-alvo	5,0 ± 0,0	3,6 ± 0,9	3,2 ± 0,8	3,4 ± 0,5	2,8 ± 0,4
✓ Forma de apresentação do tema ajuda na fixação do conteúdo	3,8 ± 0,4	2,0 ± 1,0	2,8 ± 1,1	3,0 ± 1,2	1,6 ± 0,5
✓ O jogador assume o papel condutor do próprio desenvolvimento	4,0 ± 1,2	2,0 ± 1,4	2,6 ± 0,5	1,4 ± 0,9	2,4 ± 1,3
✓ Promove interação, criação e colaboração entre os jogadores	0,2 ± 0,4	0,4 ± 0,5	0,4 ± 0,5	0,4 ± 0,5	0,2 ± 0,4

Fonte: dos autores (2022).

O ensino de termodinâmica clássica: matriz de cenário

Ao final foi realizada uma matriz de cenário no estilo SWOT para contextualizar e reunir os achados, Quadro 4. Percebe-se que existem mais fatores internos que atrapalham o processo de ensino-

aprendizagem do que fatores que ajudam. Com relação aos fatores externos, percebe-se que os jogos são ferramentas ativas que funcionam, motivam e trazem engajamento para o aprendizado. Além disso, é preocupante que muitas ferramentas ativas de ensino da termodinâmica não estejam de fato cumprindo seus objetivos.

Quadro 4 - Matriz de Cenário da pesquisa

	FATORES QUE AJUDAM	FATORES QUE ATRAPALHAM
FATORES INTERNOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilização de atividades investigativas para o ensino de termodinâmica; 2. Práticas experimentais; 3. Criação de aparatos ou artefatos didáticos para a contextualização de fundamentos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Práticas de ensino tradicionais e que não valorizam a participação dos discentes; 2. Modelo de ensino tradicional, em que é utilizada apenas a exposição de conceitos durante a aula; 3. Alunos desmotivados; 4. Os alunos desvinculam os conceitos teóricos da realidade, tornando o conhecimento físico abstrato, desinteressante e pouco atrativo; 5. Captar o interesse e a motivação dos alunos em sala de aula é um desafio.
FATORES EXTERNOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desenvolver os seis requisitos da taxonomia de Bloom (lembrar, entender, aplicar, analisar, avaliar e criar) pode auxiliar no processo de ensino-aprendizagem; 2. Jogos, histórias sobre o tema e atividades investigativas atendem aos seis requisitos do domínio cognitivo da taxonomia de Bloom; 3. As metodologias ativas de aprendizado alteram a forma tradicional de ensino, no qual substitui o modelo passivo de interação por modelos mais motivadores, desenvolvendo habilidades, competências e autonomia. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Softwares</i> e aplicativos de difícil acesso; 2. Ferramentas ativas que não atendem os requisitos básicos de ensino; 3. Com exceção da ferramenta ativa de ensino, PhET - <i>Interactive Simulations</i>, analisada nesta pesquisa, todas as demais tiveram um desempenho ruim.

Fonte: dos autores (2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da RSL foram encontrados apenas nove artigos que relatam estudos de caso ou pesquisa-ação acerca do ensino de termodinâmica. Todos os artigos encontrados descreviam estudos de caso ou pesquisa-ação sobre o ensino de termodinâmica clássica na disciplina de Física no ensino médio, não havendo nenhum relato sobre o ensino de termodinâmica clássica no âmbito do ensino superior. Dessa forma, constatou-se a evidente necessidade de se aprofundar o estudo sobre as dinâmicas de ensino-aprendizagem dos conteúdos teóricos pertinentes a termodinâmica clássica no ensino superior, bem como observa-se a necessidade do desenvolvimento de novos materiais didáticos e tecnologias educacionais que possam ser utilizadas pelos docentes em sala de aula, de maneira tal, a permitir que o ensino de termodinâmica se torne mais atrativo ao discente.

As ferramentas ativas de ensino como aplicativos, *websites*, *softwares*, entre outros, devem cumprir com seus objetivos, porém a análise comparativa de cinco ferramentas voltadas para o ensino da termodinâmica não demonstra um bom desempenho. Isso pode estar ligado a possibilidade de que não houve uma preocupação em estabelecer critérios claros que deveriam ser atingidos pelas propostas desenvolvidas ou ainda que os métodos de construção das ferramentas ativas não tenham levado em consideração o espaço do problema (que trazem os *insights* sobre a problemática e explore um escopo bem definido) e o espaço da solução (que apresente uma potencial solução que possa ser testada com os interessados).

A aprendizagem baseada em jogos permite experimentar, revisar, reforçar e contextualizar conceitos. Os jogos possuem muita característica de resolução de problemas, consegue engajar e motivar as pessoas para vivenciar problemas e soluções através de metas e desafios, além de serem divertidos. Os jogos permitem apresentar caminhos diferentes para um mesmo objetivo, construir contextos para um determinado problema e trabalhar de forma colaborativa. Além disso, a partir da análise quanto ao domínio cognitivo da taxonomia de Bloom revisada, os jogos abrangem todos os seis níveis do processo cognitivo de aprendizagem descritos. Dessa forma, o desenvolvimento de jogos sérios voltados para o ensino da termodinâmica clássica, nos mais diversos âmbitos do ensino, pode ser uma boa alternativa futura, para tornar o processo de ensino e aprendizagem da termodinâmica mais eficiente e mais atrativo para docentes e discentes.

REFERÊNCIAS

AGUILAR, H.; Del Moral, M.; Jurado, M.; Medina-Mora, P.; Muñoz, G.; Núñez, F.; Pérez, C. Difficulties in Learning Thermodynamics, That Have Their Origin in the Subject Matter. In: 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON EDUCATION AND NEW LEARNING TECHNOLOGIES, 2019, Palma. Proceedings, Palma: IATED, 2019. <<https://doi.org/10.21125/edulearn.2019.2584>>.

ANDERSON, Lorin W.; KRATHWOL, David R. *A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York; Longman. 2001. Disponível em <<https://www.uky.edu/~rsand1/china2018/texts/Anderson-Krathwohl%20>

[%20A%20taxonomy%20for%20learning%20teaching%20and%20assessing.pdf](#)> Acesso em: 12/08/2022.

ARAÚJO, Glauber Galvão; ARANHA, Eduardo Henrique da Silva. Avaliação formativa das competências e habilidades: instrumentação para jogos digitais. *Renote*, Porto Alegre, v.11, n. 3, p.1-10, 2013. <<https://doi.org/10.22456/1679-1916.44426>>.

ARAÚJO, Everaldo dos Santos; SANTOS, Bianca Martins. Jogo Das Grandezas: Um Recurso Para O Ensino De Física. *Revista do Professor de Física*, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 73-83, 2018. <<https://doi.org/10.26512/rpf.v2i2.12079>>.

BARBOSA, Eduardo Fernando; MOURA Dácio Guimarães. Metodologias Ativas De Aprendizagem No Ensino De Engenharia. In: XIII INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION, 2014, Guimarães, Portugal. <<https://doi.org/10.14684/intertech.13.2014.110-116>>

BIANCHET, Sônia Mara; ANJOS, Anderson Ru dosi. A relação da taxonomia de bloom e os jogos na matemática. *Revista Maiêutica.*, v. 3, n. 1, p. 87-90, 2015.

Disponível em: <https://uniasselvi.com.br/index.php/MAD_EaD/article/view/1397>. Acesso em: 15/08/2022.

BRAGA, Mercia. Cristina Félix Teixeira; CARVALHO, Regina Simplício. Ensinando Termodinâmica Através De Uma Sequência De Ensino Investigativa. *Experiências em Ensino de Ciências* v.16, n.2, p.144-163, 2021.

Disponível em: <<https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/918>> Acesso em: 16/06/2022.

BRASIL. *Resolução CNE/CES 2/2019* - Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Diário Oficial da União, Brasília, 26 de abril de 2019, Seção 1, p. 43-44.

CAMARGO, Fausto; DAROS, Thuinie. *A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo*. Porto Alegre: Penso, 2018.

Disponível em: <<https://curitiba.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2020/08/A-Sala-de-Aula-Inovadora.pdf>>. Acesso em: 23/09/2022.

CASSIANO, Carolina; GONÇALVES, Amanda Ribeiro; GONÇALVES, Déborah Ribeiro; GONÇALVES, Jurema Ribeiro Luiz. Desmotivação acadêmica: buscando compreender a realidade. *Revista Família*, v. 9, n. 2, p.417-426, 2021.

Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=497969633007>>. Acesso em: 16/06/2022.

CHAGAS, Júnior Olair; LOBO, Fabiana Aparecida; GONÇALVES, José Luiz. Avaliação de uma nova abordagem para o ensino de química. *Revista Intertérios*, v.6, n.12, p.355-370, 2020. <<https://doi.org/10.33052/inter.v6i12.249005>>.

CLANTON, Chuck. *The art of computer game design*. (1982).

Disponível em: http://my.fit.edu/~pbernhar/Teaching/GameDesign/ACGD_ArtCompute. Acesso em: 25/07/2013.

CRUZ, C. A.; OLIVEIRA, M. E. P. A.; SALES, G. L.; Almeida, A. C. F. De. Oficinas de aprendizagem no ensino de física: um estudo de caso com experiências de termodinâmica. *Revista Prática Docente*, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 1-15, 2021. <<https://doi.org/10.23926/RPD.2021.v6.n3.e082.id1236>>.

CUNHA, Luísa Margarida Antunes da. *Modelos Rasch e Escalas de Likert e Thurstone na medição de atitudes*. Dissertação (Mestrado em Probabilidade e Estatística) - Faculdade de Ciências. Universidade de Lisboa, 2007.

DEMPSTER, W.; Lee, C. K.; Boyle, J. T. Teaching of thermodynamics and fluid mechanics using interactive learning methods in large classes. In: 2002 AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION, 2002, Montreal. Proceedings, Montreal: ASEE, 2002. <<https://doi.org/10.18260/1-2--10113>>.

FEDEROFF, Melissa. *Heuristics and usability guidelines for the creation and evaluation of fun in video games*, 2002. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/HEURISTICS-AND-USABILITY-GUIDELINES-FOR-THE-AND-OF-Federoff/e1d477b7a81d812d5e7ca874aa2bc7ae2495ba52>>.

Acesso em: 08/03/2022.

FERRAZ, Ana P. do C. M.; BELHOT, Renato V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gest. Prod.*, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010. <<https://doi.org/10.1590/S0104-530X2010000200015>>.

LAZZARESCHI, Noêmia. Novas Competências Profissionais E Empregabilidade No Limiar Do Século XXI. *Estudos de Sociologia*, Recife, v. 1, n. 22, p. 245-290, 2016.

Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revsocio/article/view/235704/28578>> Acesso em: 16/06/2022.

LOPES, Rui Pedro; GONÇALVES, Sandra. LMS de apoio a metodologias de aprendizagem ativas. In: International Conference on Innovation, Documentation and Education (INNODOCT), 2021, Valência. Proceedings. Valência: Universidad Politécnica de Valencia. 2021. <<https://doi.org/10.4995/inn2021.2021.13962>>

LOVATO, Fabricio Lovato; MICHELOTTI, Angela; SILVA, Cristiane Brandão da; LORRETO, Elgion Lucio da Silva Loretto. Metodologias Ativas de Aprendizagem: uma Breve Revisão. *Acta Scientiae*, Canoas, v.20, n.2, p.154-171,. 2018. <<https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.v20iss2id3690>>

MATTAR, Fauze Najib. *Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento, execução e análise*. 7ª. ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

MELO, Larissa; BREMGARTNER, Vitor; SOUZA, Daniel. Estação Meteorológica Portátil com Cultura Maker Interdisciplinar para Ensino de Física e Programação de Computadores. In: WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 26. , 2020, Evento Online. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2020. p. 259-268. <<https://doi.org/10.5753/cbie.wie.2020.259>>.

POLÍTICA NACIONAL DE ALFABETIZAÇÃO. Graphogame: um aplicativo educativo, que torna mais divertida a aprendizagem. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. 2022.

Disponível em: <<https://alfabetizacao.mec.gov.br/grapho-game>>. Acesso em: 16/06/2022.

NASCIMENTO, Amanda Kenney da Cunha; BAUDY, Rossana Staevie. Simulação, oficina e roda de conversa: estratégias de aprendizagem ativa na saúde. *Revista Educação em Debate*, Fortaleza, n. 84, 2021.

Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/59008/1/2021_art_aknascimentorsbaduy.pdf>. Acesso em: 23/09/2022.

NASCIMENTO, Ruthinéia Jéssica Alves do; ALMEIDA, Carolayne Ferreira de; MAIA, Filipe da Silva; FERNANDES, Fabiane Rodrigues; VESCOVI, Vinicius. Termodinâmica, fácil ou difícil? um estudo de caso na universidade federal do sul e sudeste do Pará. In: *L. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia e V Simpósio Internacional de Educação em Engenharia da ABENGE*, 2022, Evento on-line, Anais. <<https://doi.org/10.37702/COBENGE.2022.3815>>.

PEREIRA, Isaac Max; DE OLIVEIRA JÚNIOR, José Geraldo.; MUNHOZ, Pablo Parmezani; GOMES, Alessandro Damásio Trani Gomes; COELHO, Fernando Otávio. Aquecedor solar de baixo custo: uma ferramenta pedagógica para o ensino de conceitos termodinâmicos e a conscientização socioambiental. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 11, n. 3, p. 105-125, 2020. <<https://doi.org/10.26843/rencima.v11i3.2383>>.

PUHL Neiva Mara; MARCHI Miriam Ines. Atividades investigativas no ensino de física: um enfoque termodinâmico ao corpo humano. *Revista Eletrônica de Educação*, v.13 , n.3 , p. 1191-1205, 2019. <<http://dx.doi.org/10.14244/198271992661>>.

SANTOS, Taciana da Silva. *Metodologias Ativas De Ensino-Aprendizagem*. Dissertação (Mestrado em Educação Profissional e Tecnológica). Olinda: Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Pernambuco, 2019.

Disponível em: <<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/565843>>. Acesso em: 16/06/2022.

SAVI, Rafael; Von Wangenheim, Christiane Gresse; ULBRICHT, Vania; VANZIN, Tarcisio. Proposta de um Modelo de Avaliação de Jogos Educacionais. *RENOTE*, Porto Alegre, v. 8, n. 3, 2010. <<https://doi.org/10.22456/1679-1916.18043>>.

SERRA, Gustavo Farias; Martinez, Maria Elisa Marciano; dos Reis, Marcelo Carvalho; Loureda, Oswaldo Barbosa; Wehmann, Claus Franz. Analysis of a bi-propellant rocket engine applied to teaching

thermodynamics: A case study. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 42, 2020. <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0174>>

SILVA, Fabiana Sena da. O Mundo do Trabalho e as Novas Competências Profissionais para o Pedagogo. *Revista Inter Ação*. v.31, n.1, p.139-156. 2006.<<https://doi.org/10.5216/ia.v31i1.1497>>. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/interacao/article/view/1495/1479>>. Acesso em: 25/09/2022.

SILVA, Geilson Rodrigues da; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães. A Produção Científica Nacional Em Periódicos Sobre O Ensino De Termodinâmica. *Revista Prática Docente*, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 559-577, 2019. <<https://doi.org/10.23926/RPD.2526-2149.2019.v4.n2.p559-577.id432>>.

SIMOMUKAY, Elton. A taxonomia de Bloom nas aulas experimentais de química: uma estratégia viável para a avaliação de objetivos no planejamento do ensino de química. *Revista Faz Ciência*, v. 17, n. 26, p. 117-134, 2015. <<https://doi.org/10.48075/rfc.v17i26.12078>>.

SOUSA, Rodrigo Gomes de; SOUSA, Rômulo Calzavara. Percepção de Aprendizado: uma análise prática de um jogo simulado baseado no modelo revisto da Taxonomia de Bloom. *Revista Lagos*, v. 6, n. 2, p. 79-87, 2017. Disponível em: <<https://www.lagos.vr.uff.br/index.php/lagos/article/view/249>> Acesso em:

SOUZA, Rafaelle da Silva; SILVA, Indianara Lima; TEIXEIRA, Elder Sales. Contextualização histórica: um estudo piloto no ensino de mecânica quântica. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 15, n. 2, p. 22-46, 2020.

Disponível em <https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID713/v15_n2_a2020.pdf>. Acesso em: 20/09/2022.

URIAS, Guilherme Muniz Pereira Chaves/ AZEREDO, Luciana Aparecida Silva de. *Metodologias ativas nas aulas de Administração Financeira: alternativa ao método tradicional de ensino para o despertar da motivação intrínseca e o desenvolvimento da autonomia*. Administração: Ensino e Pesquisa [on-line]. 2017, v.18, n.1, p.39-67.

Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=533560864002>>. Acesso em: 23/09/2022.

YÁÑEZ-GÓMEZ, Rosal; CASCADO-CABELLORO, Daniel; SEVILLANO, José-Luis.. *Academic methods for usability evaluation of serious games: a systematic review*. In: Multimedia Tools and Applications, v.76, p.5755-5784, 2016. <<https://doi.org/10.1007/s11042-016-3845-9>>

DECLARAÇÃO DE CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Ruthinéia Jéssica Alves do Nascimento – Coordenadora do projeto, participação ativa na análise dos dados, escrita do texto e revisão da escrita final.

Carolayne Ferreira de Almeida - Coleta e análise de dados

Filipe da Silva Maia - Coleta e análise de dados

Fabiane Rodrigues Fernandes - Coleta de dados, participação ativa na análise dos dados, escrita do texto e revisão final.

Vinicius Vescovi – Coleta de dados, participação ativa na análise dos dados, escrita do texto e revisão final.

DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram que não há conflito de interesse com o presente artigo.

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.