

**DESIGN THINKING, DIMENSÃO DO PROBLEMA:
uma análise quanto às metodologias e ferramentas ativas de
apoio ao ensino da termodinâmica clássica**

*Design Thinking, problem dimension: an analysis of methodologies
and active tools to support the teaching of classical thermodynamics*

Ruthinéia Jéssica Alves do Nascimento

Unifesspa

ruthineia.nascimento@unifesspa.edu.br ✉

Filipe da Silva Maia

UFMA

filipe.maia@discente.ufma.br ✉

Vinicius Vescovi

Unifesspa

v.vescovi@unifesspa.edu.br ✉

Fabiane Rodrigues Fernandes

UFMA

fabiane.fernandes@ufma.br ✉

Carolayne Ferreira de Almeida

Unifesspa

ferreiracarolayne@unifesspa.edu.br ✉

PROJÉTICA

COMO CITAR ESTE ARTIGO:

NASCIMENTO, Ruthinéia Jéssica Alves do; VESCOVI, Vinicius; ALMEIDA, Carolayne Ferreira de; MAIA, Filipe da Silva; FERNANDES, Fabiane Rodrigues. DESIGN THINKING, DIMENSÃO DO PROBLEMA: uma análise quanto às metodologias e ferramentas ativas de apoio ao ensino da termodinâmica clássica. **Projética**, Londrina, v. 14, n. 2 2023.

DOI: 10.5433/2236-2207.2023.v14.n2.48458

Submissão: 23-06-2023

Aceite: 04-08-2023

RESUMO: Os conhecimentos associados à termodinâmica estão presentes nos mais diversos ramos das ciências e da engenharia. Porém, observa-se elevada dificuldade no processo de ensino-aprendizagem deste tema. Nesse contexto, uma equipe interdisciplinar foi formada para investigar os problemas relativos ao processo de ensino-aprendizagem da termodinâmica, através da abordagem metodológica do Design Thinking (fase de imersão). O artigo trata sobre os procedimentos executados e relativos à dimensão do problema. Concluiu-se que existem mais fatores internos que atrapalham o processo de ensino-aprendizagem e quanto aos fatores externos percebe-se que os jogos são ferramentas ativas que funcionam, motivam e trazem engajamento para o aprendizado.

Palavras-chave: Termodinâmica; ensino-aprendizagem; ferramentas ativas.

ABSTRACT: *The knowledge associated with thermodynamics is present in the most diverse branches of science and engineering. However, there is a high difficulty in the teaching-learning process of this theme. In this context, an interdisciplinary team was formed to investigate problems related to the teaching-learning process of thermodynamics, through the methodological approach of Design Thinking (immersion phase). The article deals with the procedures performed and related to the dimension of the problem. It was concluded that there are more internal factors that hinder the teaching-learning process and as for external factors, it is clear that games are active tools that work, motivate and bring engagement to learning.*

Keywords: *Thermodynamics; teaching-learning; active tools.*

1 INTRODUÇÃO

A termodinâmica clássica, em seu sentido mais amplo, é a física da energia e da transferência de energia (Bauer; Westfall; Dias, 2013). Seus conceitos teóricos básicos são de extrema importância para a compreensão de fenômenos do dia a dia, e imprescindíveis para subsidiar o conhecimento específico na formação de profissionais

das áreas tecnológicas, sejam elas no nível de ensino médio, técnico/profissionalizante ou do ensino superior. 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; Lee; 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 como 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, desenvolvendo ao fim do processo habilidades, competências e autonomia (Lopes; Gonçalves, 2021).

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, Just-in-Time Teaching, dentre outras (Nascimento et al., 2022; Ribeiro et al., 2022). A inserção dessa nova ferramenta no ensino foi impulsionada também 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 (BRASIL, 2022). Outros aplicativos já conhecidos são, o Google Classroom, Jamboard, Canva e Kahoot.

Uma vantagem das 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. 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.

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 a partir da concepção de um jogo analógico, esta pesquisa buscou compreender quais são as maiores desmotivações quanto ao ensino-aprendizado desta disciplina, além de mapear os principais relatos científicos sobre metodologias e tecnologias educacionais disponíveis atualmente para tornar o ensino de termodinâmica mais atrativo. Para alcançar tais objetivos foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), onde buscou-se investigar a produção de trabalhos que envolvam o ensino da termodinâmica clássica, além de identificar lacunas, convergências e contradições que possam existir acerca do tema de investigação, avançando assim no campo do conhecimento (Santos, 2018). Para que a pesquisa pudesse ocorrer em sua completude, foi também utilizado um modelo descritivo-normativo de análise de similares, que visou a caracterização e avaliação dos sites e jogos educativos atualmente disponíveis.

2 AVALIAÇÃO DE FERRAMENTAS ATIVAS DE ENSINO

Padovani, Spinillo e Gomes (2009) explicam que a análise de similares aparece na literatura com diversas nomenclaturas, com termos como “análise da concorrência, análise de competidores (competitor analysis), análise competitiva (competitive analysis) ou análise paramétrica de similares”, que basicamente se utiliza de uma lista de variáveis comuns para analisar artefatos concorrentes, visando diferenciar o produto em desenvolvimento daqueles já disponíveis no mercado, pois é uma análise que permite construir novas proposições e ainda uma lista de recomendações.

Os autores (Padovani; Spinillo; Gomes, 2009) seguem citando outros autores que definem o termo, como sendo “um processo de avaliação de pontos fortes e fracos dos competidores de determinada organização”, ou ainda, “uma investigação das companhias em determinado setor ou nicho de mercado em que competem com os produtos ou serviços em desenvolvimento”.

Autores como Cybis, Betiol e Faust (2007) recomendam que a análise de similares seja realizada na forma de reunião de grupo de projeto, no qual os produtos concorrentes ou similares são apresentados, depois avaliados através de critérios (variáveis) pré-estabelecidos que gerem uma comparação de funcionalidades entre os artefatos avaliados e, em posterior momento, as vantagens competitivas, qualidades e aspectos falhos sejam identificados, produzindo um breve resumo dos achados.

A análise de similares é a base para a formulação e execução de estratégias eficazes, ajudando os tomadores de decisão na geração, escolha e validação de respostas apropriadas, ou seja, produzir descobertas perspicazes e recomendações, pois os analistas observam certos eventos e desenvolvem proposições. A análise trabalha interativamente com todos os subprocessos de classificação e síntese de dados para produzir o resultado através de um gráfico, tabela, texto, resumo, esquema visual ou outros meios apropriados para disseminação (Fleisher; Bensoussan, 2007). Deste modo, nesta pesquisa a análise de similares, empregando um modelo descritivo-normativo, foi utilizada como uma estratégia para análise dos pontos fortes e fracos das ferramentas disponíveis para o ensino de termodinâmica. A saber, os modelos descritivos examinam o fenômeno sem emitir julgamento sobre sua correção, enquanto os normativos empregam “regras” para avaliar a qualidade do fenômeno examinado (Padovani; Spinillo; Gomes, 2009).

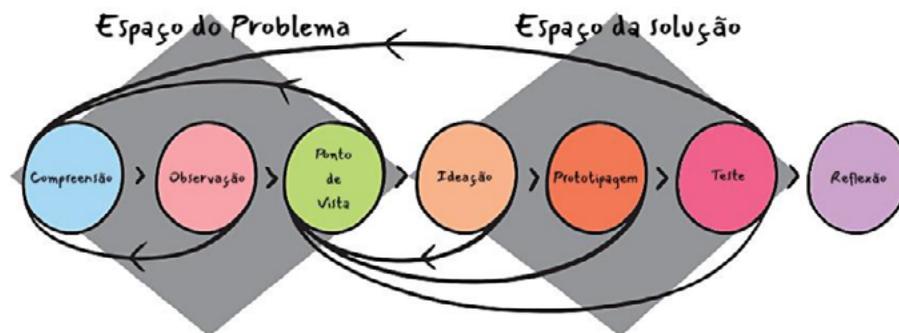
3 METODOLOGIA

A pesquisa se caracteriza quanto ao objetivo como exploratório que busca a descoberta e compreensão dos problemas que envolvem o ensino e aprendizado da termodinâmica, além da avaliação de ferramentas ativas atuais. A pesquisa foi realizada a partir do método de pesquisa Design Science (espaço do problema), que visa propor uma nova oferta de valor, um novo artefato, a partir das necessidades de um grupo de pessoas. Este artigo trata da primeira fase (o espaço do problema) de um projeto de desenvolvimento de um jogo sobre os conceitos apresentados na disciplina de termodinâmica.

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, visa aprofundar o conhecimento acerca dos problemas relativos ao ensino-aprendizado da termodinâmica e as ferramentas educacionais voltadas para esse fim a partir da identificação das necessidades e oportunidades.

A pesquisa aborda o Design Thinking (DT) por ser uma poderosa ferramenta de inovação, centrada no indivíduo e que busca de forma empática entender as necessidades e as percepções dos usuários garantindo que a nova solução seja centrada no uso e anseios dos usuários. Entende-se como Design Thinking (DT) o processo que atravessa sete etapas distintas, que vão desde a fase de imersão e compreensão do problema, que se encontra na dimensão do problema, até a fase final do processo que consiste na proposição do produto final, que está inserido na dimensão da solução. O processo completo da abordagem Design Thinking utilizada nesta pesquisa, pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Abordagem do Design Thinking.



Fonte: Lewrick, Link e Leifer (2020)

3.1 ETAPAS E PROCEDIMENTOS ADOTADOS

A pesquisa utiliza o método Design Science a partir da abordagem metodológica do Design Thinking, para o desenvolvimento de um jogo, conforme apresentado no quadro 01.

Quadro 01 - Método de pesquisa e abordagem proposta para o desenvolvimento da pesquisa

Método de pesquisa: Design Science	Abordagem: Design Thinking
Identificação da necessidade	Empatia (Compreensão e observação)
	Definição do ponto de vista
Sugestão de alternativas	Idealizar
Desenvolvimento	Prototipar
Avaliação	Teste do protótipo proposto
Conclusão	Reflexão e feedback

Fonte: dos autores (2023)

Para Santos (2018) uma investigação deve considerar, no início, “a análise do estado da arte associado ao tema”, pois assim, integra “o aprendizado obtido com pesquisas anteriores” e aumenta as chances de “efetivamente obter contribuições para a solução do problema da pesquisa”. Deste modo, esta pesquisa se inicia com a fase de empatia, que tem por objetivo buscar conhecer as necessidades dos usuários, bem como estudar e avaliar as soluções já existentes e disponíveis, de maneira que a equipe atinja um entendimento pleno do problema a ser solucionado. A fase de empatia está associada à primeira fase do Design Science, que versa sobre a compreensão do problema. Os procedimentos metodológicos utilizados estão descritos no quadro 02.

Quadro 02 - Procedimentos metodológicos adotados na fase de empatia

Fase 01 do Design Thinking: Fase de empatia	
Etapas: Compreensão > Observação > Ponto de vista	Procedimentos
1.1 Compreender quais os principais problemas, descritos na literatura, que são associados ao processo de ensino-aprendizagem da termodinâmica.	Revisão sistemática da literatura (RSL)
1.2 Compreender quais as principais soluções, descritas na literatura, que são associadas ao processo de ensino-aprendizagem da termodinâmica.	Revisão sistemática da literatura (RSL)
2. Compreender os métodos de ensino-aprendizagem utilizados por docentes do IGE/Unifesspa em disciplinas que abordem termodinâmica no seu conteúdo programático.	Nesta etapa utilizou-se os resultados de uma pesquisa estilo Survey previamente realizada pelos autores (NASCIMENTO et al., 2022).
3. Compreender a percepção dos discentes do IGE/Unifesspa sobre os métodos de ensino-aprendizagem utilizados em disciplinas que abordem termodinâmica no seu conteúdo programático.	Nesta etapa utilizou-se os resultados de uma pesquisa estilo Survey previamente realizada pelos autores (Nascimento et al., 2022).
4. Avaliação de ferramentas ativas atuais voltadas para o ensino de termodinâmica clássica	Seleção de ferramentas ativas e análise comparativa através de um checklist de avaliação de critérios, como: gameplay, estética, narrativa, mecânica, usabilidade e ensino.
5. Reflexão, em equipe, acerca dos achados encontrados	Determinação da matriz de cenários para identificação de fatores positivos e negativos para o ensino-aprendizagem da termodinâmica.

Fonte: dos autores (2023)

4 RESULTADOS

Com a finalidade de atingir os objetivos propostos no projeto de pesquisa, utilizou-se a abordagem do Design Thinking. Iniciou-se pela fase de imersão/empatia, que foi composta por cinco etapas, como descrito no quadro 2.

Revisão sistemática da literatura (RSL)

A RSL foi utilizada nesta pesquisa como uma ferramenta para prospectar dados acerca das evidências e resultados obtidos em estudos anteriores sobre o ensino da termodinâmica. As buscas foram realizadas na plataforma de pesquisa on-line Mendeley, utilizando-se os termos chave combinados: “ensino” e “termodinâmica”, no idioma português, recorte temporal entre 2018 e 2022 e acesso livre. A busca resultou em um total de 42 artigos, dos quais 09 artigos encontravam-se com o link inacessível, totalizando 33 artigos coletados. 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.

Considerou-se elegíveis 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 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. Dando continuidade, foi realizada a leitura da introdução e da conclusão dos artigos coletados, excluiu-se 22 artigos, pois constatou-se que estes não apresentavam informações relevantes quanto ao processo de ensino-aprendizagem e também quanto à desmotivação ou formas atrativas de ensino da termodinâmica. Na

sequência, foi realizada a leitura completa dos 11 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, 11 artigos foram incluídos para compor a etapa de revisão sistemática da literatura deste estudo.

Os achados da literatura acerca dos problemas observados no ensino da termodinâmica, bem como as soluções já propostas para mitigar os problemas, estão dispostos no quadro 03.

Quadro 03 – Achados encontrados a partir da RSL

Problemas	Soluções	Autor
Os discentes apresentam muitas concepções espontâneas e de senso comum. Necessidade de formalismo matemático rebuscado para o ensino do conceito de entalpia.	Ensino da termodinâmica a partir do aspecto histórico do desenvolvimento desta área de conhecimento. Ensino de termodinâmica a partir de atividades experimentais. Utilização de novos materiais didáticos para o ensino de conceitos de termodinâmica, tais como: jogo de RPG e softwares de simulação.	(Silva; Errobidart, 2019)
Práticas de ensino tradicionais e que não valorizam a participação dos discentes. As atividades experimentais também são realizadas de maneira tradicional.	Utilização de atividades investigativas para o ensino de termodinâmica no ensino médio.	(Braga; Carvalho, 2021)
Modelo de ensino tradicional, em que é utilizada apenas a exposição de conceitos durante a aula.	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.	(Cruz et al., 2021)
Alunos desmotivados. Os educadores utilizam estratégias de ensino tradicionais, com aulas expositivas onde predomina a fala do professor.	Utilização de mapas conceituais como ferramenta avaliativa. Utilização de atividades investigativas para explorar e abordar os conteúdos de termodinâmica.	(Puhl; Marchi, 2019)

A principal problemática apresentada no artigo foi a utilização do ensino tradicional.	Como solução para a problemática, o artigo faz a proposição de um jogo chamado "Jogo das grandezas" como recurso didático.	(Araújo; Santos, 2018)
Os alunos desvinculam os conceitos teóricos da realidade, tornando o conhecimento físico abstrato, desinteressante e pouco atrativo. 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.	O artigo apresenta o equipamento, neste caso um aquecedor solar, como uma maneira de contextualizar os fundamentos da calorimetria. O aparato construído permite diferentes abordagens didáticas, inclusive o ensino da Física por investigação.	(Pereira; Oliveira Júnior; Munhoz, 2020)
Captar a atenção e o interesse dos estudantes. Ensino tradicional com a utilização apenas de textos e cálculos.	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.	(Melo; Bremgartner; Souza, 2020)
Terminologia e conceitos pouco conectados ao cotidiano. 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.	O estudo não apresentou soluções para os problemas relatados.	(Serra et al., 2020)
Impedimento dos alunos em compreender os modelos e fórmula essenciais para as ciências, uma vez que o este ensino trata de conceitos extremamente abstratos. Ensino tradicional. Desmotivação dos alunos	Associação do conteúdo teórico com práticas experimentais.	(Chagas; Lobo; Gonçalves, 2020)
Aulas expositivas e dialogadas. Desmotivação dos alunos. Conteúdos teóricos desconectados do contexto cotidiano dos discentes.	Associação do conteúdo teórico com práticas experimentais.	(Sousa; Sousa, 2015)

<p>Ensino do conteúdo de maneira puramente teórica.</p> <p>Aulas descontextualizadas com o campo profissional do discente.</p> <p>Ausência de experimentação no ensino do conteúdo.</p> <p>Desinteresse dos discentes pelo conteúdo.</p>	<p>Contextualização das aulas, relacionando com o campo o futuro campo profissional do discente.</p> <p>Diversificação de recursos didáticos: vídeos, experimentação em sala de aula, seminários, experimentação em laboratório e utilização de instrumentos de medição.</p> <p>Atividades em grupo, realizadas em sala de aula.</p>	<p>(Rihs; Dickman; Leite, 2022)</p>
--	--	-------------------------------------

Fonte: dos autores (2023)

Pesquisa realizada com docentes e discentes do Instituto de Geociências (IGE) da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa)

Um estudo previamente realizado pelos autores (Nascimento et al., 2022), com docentes e discentes dos cursos de engenharia do IGE/Unifesspa, revelou as principais estratégias e ferramentas de ensino utilizadas, bem como as principais dificuldades no processo de aprendizagem da termodinâmica. O compilado dos achados é apresentado no quadro 04. Em suma, a maioria dos discentes relataram se sentirem motivados a aprender sobre o tema a partir da metodologia tradicional de ensino, porém demonstraram a necessidade de tornar o ensino da termodinâmica menos abstrato e mais lúdico e visual (Nascimento et al., 2022). Convém ressaltar que mesmo não havendo relatos sobre a utilização de jogos analógicos ou digitais em sala de aula, a maioria tanto de discentes como de docentes concordaram que a utilização de jogos são ferramentas que podem auxiliar o processo de ensino-aprendizagem da termodinâmica.

Quadro 04 – Achados encontrados a partir da pesquisa estilo Survey no IGE/ Unifesspa

Participantes	Principais estratégias de ensino relacionadas	Ferramentas relacionadas	Dificuldades relacionadas sobre a aprendizagem do tema
Docentes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aulas expositivas com resolução de exercícios; 2. Utilização de listas de exercícios; 3. Análise de artigos científicos; 4. Trabalhos acadêmicos em grupo; 5. Sala de aula invertida; 6. Aprendizagem baseada em projetos; 7. Estudos dirigidos; 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Softwares ou plataformas online de simulação de experimentos; 2. Vídeos disponibilizados no youtube. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conceito de entropia; 2. 1ª lei da termodinâmica aplicada a sistemas fechados; 3. Definição conceitual dos diferentes tipos de energia; 4. Definição de sistemas abertos e fechados; 5. Definição de calor; 6. Definição de temperatura
Discentes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aulas expositivas; 2. Resolução de exercícios pelo docente e pelos discentes; 3. Trabalhos acadêmicos em grupos; 4. Metodologia baseada em projetos e baseada em jogos; 5. Análise de artigos científicos; 6. Sala de aula invertida; 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Livros didáticos; 2. Videoaulas disponíveis no youtube; 3. Relatórios de livros que tratam do tema; 4. Plataformas digitais para realização de experimentos; 5. Artigos acadêmicos; 6. Sites; 	<p>Aplicação da 1ª lei da termodinâmica para sistemas fechados;</p> <p>Aplicação da 1ª lei da termodinâmica para sistemas abertos;</p> <p>Conceito de entropia;</p>

Fonte: Nascimento et al. (2022)

Análise comparativa das ferramentas ativas: 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. 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 and simulação", 3) "thermodynamics and simulation" e 4) "thermodynamics and 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.

Foram considerados 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.

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 (S.LAB); LearnChemE - Simulações de Termodinâmica 1 (University of Colorado Boulder) (L.C.E); Stefanelli Eng - Thermodynamics (Eduardo J. Stefanelli) (S.T) e Applets Physbeans via WebStart (A.P.W).

A etapa de análise comparativa das ferramentas de suporte ao ensino da termodinâmica clássica foi realizada pelo grupo envolvido (cinco integrantes) no projeto. A equipe determinou os critérios a serem avaliados com base em Crawford (1982), Federoff (2002) e Yáñez-Gómez, Cascado-Caballero e Sevillano (2017), gerando um formulário de avaliação dividida em seis eixos (gameplay, estética, narrativa, mecânica, usabilidade e ensino), conforme quadro 05.

Quadro 05 - Critérios utilizados na avaliação comparativa das ferramentas ativas

GAMEPLAY:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Atitude lúdica ["agir como se" ... conforme regras e objetivo do jogo]; 2. Imersão [sentir-se inserido, envolvido, dentro do universo do jogo]; 3. Jogabilidade [sentir-se confortável e adaptado com os comandos e o ambiente do jogo]; 4. Incentivos ao jogador empregar estratégias [estimular a pensar estrategicamente].
ESTÉTICA:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cores; 2. Contrastes; 3. Imagens; 4. Tipografias; 5. Personagens (compreensão visual); Cenário.
NARRATIVA:	<ol style="list-style-type: none"> 1. 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); 2. Espaço: físico ou psicológico; 3. Foco narrativo; 4. Enredo; 5. Personagens (compreensão da sua finalidade).
MECÂNICA:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Engajamento; 2. Regras; 3. Metas; 4. Diálogo com o jogador; 5. Controle do usuário.
USABILIDADE:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Atinge o objetivo proposto: aprender sobre algo; 2. Fácil compreensão; 3. Intuitivo (não necessita de tutorial); 4. Aprende e executa algo de forma prazerosa e satisfatória.

ENSINO:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conteúdo adequado a idade e desenvolvimento do público-alvo; 2. Forma de apresentação do tema ajuda na fixação; 3. Promove interação, criação e colaboração entre jogadores.
----------------	---

Fonte: dos autores (2023)

A análise de similares foi feita a partir de uma escala de pontuação de 0 a 5, sendo: [0] não se aplica; [1] muito ruim; [2] ruim; [3] mediano; [4] bom e [5] muito bom. A tabela 1 apresenta os resultados de todas as ferramentas analisadas.

Tabela 1 - Compilação do comparativo das ferramentas analisadas, por eixo de avaliação

Eixo de avaliação		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
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 de termodinâmica	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 (2023)

Iniciou-se com a avaliação da ferramenta PhET - Interactive Simulations (Tabela 1) no qual, na dimensão gameplay a maioria dos critérios foi julgada de forma positiva, sendo que uma pontuação extremamente ruim ocorreu no critério “incentivo 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 avaliados, mas o enredo e a finalidade dos personagens conseguiram obter boas pontuações.

Ainda sobre a ferramenta PhET - Interactive Simulations, 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 quanto 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.

A segunda ferramenta analisada foi o Simlab (Tabela 1) no qual, na dimensão gameplay todos dos critérios foram julgados de forma negativa, sendo que a pior pontuação 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) e uma pontuação ruim para os demais critérios (imagens, cenário e tipografias), destacou-se o critério tipografia com a pior pontuação. Já na dimensão narrativa, os julgadores, em sua maioria, acreditam que não havia uma configuração de tempo para a narrativa e avaliaram como ruim todos os critérios.

Ainda sobre a ferramenta Simlab, a ferramenta atingiu um resultado ruim na dimensão mecânica, bem como para os critérios utilizável e execução prazerosa

(dimensão “usabilidade”), e nos critérios 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”. 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.

A terceira ferramenta analisada foi o LearnChemE (Tabela 1) no qual, na dimensão gameplay, três critérios (imersão, jogabilidade e atitude lúdica) receberam uma pontuação mediana, enquanto o critério de incentivos ao jogador recebeu uma pontuação negativa. Com relação a dimensão estética, quase todos os critérios receberam uma pontuação ruim, apenas a composição visual dos personagens recebeu uma pontuação mediana. Já na dimensão narrativa, quatro critérios (tempo, enredo e foco e espaço narrativo) receberam uma pontuação negativa, apenas o critério “finalidade dos personagens” recebeu uma pontuação mediana.

Ainda sobre a ferramenta LearnChemE, 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”), 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.

A quarta ferramenta analisada foi o Stefanelli Eng - Thermodynamics (Tabela 1) no qual, na dimensão *gameplay*, todos os critérios obtiveram uma pontuação ruim, sendo que jogabilidade e incentivos ao jogador receberam a pior pontuação. 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 na dimensão narrativa, a finalidade dos personagens recebeu uma pontuação mediana, enquanto que os demais critérios obtiveram pontuação negativa. Nesta dimensão, o critério tempo narrativo obteve a pior pontuação.

Ainda sobre a ferramenta Stefanelli Eng - Thermodynamics, a ferramenta atingiu um resultado mediano em cinco critérios: útil, utilizável, intuitivo (dimensão “usabilidade”), conteúdo adequado a idade do público-alvo e se 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”). Uma pontuação extremamente ruim foi observada em três critérios: regras e metas (dimensão “mecânica”), e protagonismo no 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.

A quinta ferramenta analisada foi o Applets Physbeans (Tabela 1). 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.

Ainda sobre a ferramenta Applets Physbeans, 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”), ajuda na fixação e o usuário 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.

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.

MATRIZ DE CENÁRIO

Ao final foi realizada uma matriz de cenário no estilo SWOT para contextualizar e reunir os achados (Quadro 6). 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 aprendiz. Além disso, é preocupante que muitas ferramentas ativas de ensino da termodinâmica não estejam de fato cumprindo seus objetivos.

Quadro 06 - 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, aspectos históricos 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. Softwares 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 - Interactive Simulations, analisada nesta pesquisa, todas as demais tiveram um desempenho ruim.

Fonte: dos autores (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da RSL foram encontrados apenas onze artigos que relatam estudos de caso ou pesquisa-ação acerca do ensino de termodinâmica. Nove dos artigos encontrados descreviam estudos de caso ou pesquisa-ação sobre o ensino de termodinâmica na disciplina de Física no ensino médio, e apenas dois relatos sobre o ensino de termodinâmica 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 demonstrou 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).

Os dados obtidos na análise de similares foram coletados e organizados de forma sintética e interpretados, gerando pontos de vista (análise de dados de um determinado evento) acerca do que foi observado, porém estão disponíveis para que outras observações e pontos de vista possam ser determinados a partir desta coleta. Todo o desenvolvimento desta pesquisa visou apresentar os resultados obtidos no espaço do problema da abordagem do Design Thinking (Lewrick; Link;

Leifer, 2020) que finaliza com um ponto de vista que serve de base para a construção do espaço da solução. Portanto, as informações e conclusões apresentadas neste estudo, podem ser uma ferramenta útil para embasar a concepção futura de novos materiais didáticos e produtos educacionais que sejam mais eficientes em fomentar a aprendizagem dos conteúdos pertinentes à termodinâmica.

Os próximos passos da pesquisa visam utilizar os dados obtidos, neste estudo, para a construção de um jogo analógico que aborde a termodinâmica clássica e que possa ser utilizado em sala de aula para fomentar a aprendizagem do tema.

REFERÊNCIAS

1. AGUILAR, Hector; DEL MORAL, Maria; JURADO, Maria; MEDINA-MORA, María Elena; MUÑOZ, Pedro; NÚÑEZ, Gabriel; PÉREZ, Carlota. Difficulties in learning thermodynamics, that have their origin in the subject matter. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON EDUCATION AND NEW LEARNING TECHNOLOGIES, 11., 2019. Palma, Espanha. Proceedings [...]. Palma: EDULEARN19, 2019. p. 10301-10305.
2. ARAÚJO, Everaldo dos S.; SANTOS, Bianca M. Jogo das grandezas: um recurso para o ensino de física. *Revista do Professor de Física, Brasília*, v. 2, n. 2, p. 73-78, 2018.
3. BAUER, Wolfgang; WESTFALL, Gary D.; DIAS, Hélio. Física para universitários. Porto Alegre: AMGH, 2013.
4. BRAGA, Mercia C. F. T.; CARVALHO, Regina S. Ensinando termodinâmica através de uma sequência de ensino investigativa. *Experiências em Ensino de Ciências, Cuiabá, MT*, v. 16, n. 2, p. 144-163, 2021.
5. BRASIL. Ministério da Educação. GraphoGame: um aplicativo educativo, que torna mais divertida a aprendizagem! Brasília, DF: MEC, 2022. Disponível em: <https://alfabetizacao.mec.gov.br/grapho-game>. Acesso em: 16 jun. 2022.
6. BRASIL. Ministério da Educação. Resolução CNE/CES n. 2, de 24 de abril de 2019. Institui as diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em engenharia. *Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF*, p. 43-44, 26 abr. 2019.
7. CHAGAS, Junior Olair; LOBO, Fabiana A.; GONÇALVES, José Luiz. Avaliação de uma nova abordagem para o ensino de química. *Revista Interterritórios, Caruaru, PE*, v. 6, n. 12, p. 355-370, 2020.

8. CRAWFORD, Chris. The art of computer game design. 1982. Disponível em: http://my.fit.edu/~pbernar/Teaching/GameDesign/ACGD_ArtComputer. Acesso em: 25 jul. 2013.
9. CRUZ, Caio A.; OLIVEIRA, Maria Elizete P. A.; SALES, Gilvandenys L.; ALMEIDA, Alisandra C. F. de. Oficinas de aprendizagem no ensino de física: um estudo de caso com experiências de termodinâmica. *Revista Prática Docente, Confresa, MT*, v. 6, n. 3, p. 1-15, 2021.
10. CYBIS, Walter; BETIOL, Adriana H.; FAUST, Richard. *Ergonomia e usabilidade: conhecimentos, métodos e aplicações*. 3. ed. São Paulo: Novatec, 2007.
11. DEMPSTER, William; LEE, Chee K. Teaching of thermodynamics and fluid mechanics using Interactive learning methods in large classes. In: *AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION, 2002, Montreal, Canadá. Proceedings [...]. Montreal: ASEE, 2002. p. 1087.1-1087.11*. Disponível em: <https://peer.asee.org/teaching-of-thermodynamics-and-fluid-mechanics-using-interactive-learning-methods-in-large-classes.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2023.
12. FEDEROFF, Melissa A. Heuristics and usability guidelines for the creation and evaluation of fun in video games. 2002. Dissertação (Mestrado em Telecomunicações) – Universidade de Indiana, Bloomington, IN, 2002.
13. FLEISHER, Craig S.; BENSOUSSAN, Babette E. *Business and competitive analysis methods: effective application of new and classic*. New Jersey: FT Press, 2007.
14. LEWRICK, Michael; LINK, Patrick; LEIFER, Larry. *The design thinking toolbox: a guide to mastering the most popular and valuable innovation methods*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2020.

15. LOPES, Rui P.; GONÇALVES, Sandra. LMS de apoio a metodologias de aprendizagem ativas. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATION, DOCUMENTATION AND EDUCATION, 10., 2021, Valência, Espanha. Proceedings [...]. Valencia: INNODOCT, 2021. p. 883-900. Disponível em: <http://ocs.editorial.upv.es/index.php/INNODOCT/INN2021/paper/view/13962>. Acesso em: 21 jun. 2023.
16. 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 (WIE 2020), 26., Porto Alegre, RS. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação - SBC, 2020. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wie/article/view/12618>. Acesso em: 23 jun. 2023.
17. NASCIMENTO, Ruthinéia J. 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: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2022, [Brasília, DF]. Anais [...]. Brasília, DF: ABENGE, 2022. Evento online. Disponível em: http://abenge.org.br/sis_artigo_doi.php?e=COBENGE&a=22&c=3815. Acesso em: 21 jun. 2023.
18. PADOVANI, Stephania; SPINILLO, Carla Galvão; GOMES, Ítalo Mata de Araújo. Desenvolvimento e aplicação de modelo descritivo-normativo para análise de websites. *Production*, São Paulo, SP, v. 19, n. 3, p. 514-528, 2009.
19. PEREIRA, Isaac Max Pereira; OLIVEIRA JÚNIOR, José Geraldo de; MUNHOZ, Pablo Parmezani; GOMES, Alessandro Damásio Trani; 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*, São Paulo, SP, v. 11, n. 3, p. 105-125, maio 2020.

20. PUHL, Neiva Mara; MARCHI, Miriam Inês. Atividades investigativas no ensino de física: um enfoque termodinâmico ao corpo humano. *Revista Eletrônica de Educação, São Carlos, SP*, v. 13, n. 3, p. 1191-1205, set. 2019.
21. RIBEIRO, Bruna S.; SOUZA, Leonardo A. V. Dutra de; LAPA, Isadora H.; PIRES, Fernando S. Tagawa de Lemos; PASTORIO, Dioni Paulo. Just-in-time Teaching para o ensino de Física e Ciências: uma revisão sistemática da literatura. *Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, SP*, v. 44, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2022-0075>
22. RIHS, Arnon Roberto; DICKMAN, Adriana Gomes; LEITE, Cristina. Uma abordagem contextualizada da física no curso de engenharia ambiental e sanitária. *Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, SP*, v. 44, n. e20210335, p. 1-10, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0335>
23. SANTOS, Aguinaldo dos. Seleção do método de pesquisa: guia para pós-graduando em design e áreas afins. Curitiba: INSIGHT, 2018.
24. SANTOS, Taciana da Silva. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem. Olinda-PE: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, 2019.
25. SERRA, Gustavo F.; MARTINEZ, Maria Elisa M.; REIS, Marcello C. dos; LOUREDA, Oswaldo B.; WEHMANN, Claus F. Análise de um motor-foguete bi-propelente aplicada ao ensino de termodinâmica: um estudo de caso. *Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, SP*, v. 42, p. e20200174-1/5, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0174>
26. SILVA, Geilson Rodrigues da; ERROBIDART, Nádía C. Guimarães. A produção científica nacional em periódicos sobre o ensino de termodinâmica. *Revista Prática Docente, Confresa, MT*, v. 4, n. 2, p. 559-577, dez. 2019.

27. SOUSA, Rodrigo Gomes de; SOUSA, Rômulo Calzavara de. Percepção de aprendizado: uma análise prática de um jogo simulado baseado no modelo revisto da taxonomia de Bloom. *Revista LAGOS, Volta Redonda, RJ*, v. 6, n. 2, p. 79-87, jul./dez. 2015.
28. YANEZ-GOMEZ, Rosa; CASCADO-CABALLERO, Daniel; SEVILLANO, Jose-Luis. Academic methods for usability evaluation of serious games: a systematic review. *Multimedia Tools and Applications, Switzerland, AG*, v. 76, n. 4, p. 5755-5784, fev. 2017.