

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
GOIÁS - CAMPUS ITUMBIARA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

DIULY PEREIRA TÓFOLO

**CALORÍMETRO: DESENVOLVIMENTO DE UM SIMULADOR
INTERATIVO**

ITUMBIARA - GO
2023



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Diuly Pereira Tófolo.

Matrícula: 20181040030280.

Título do Trabalho: Calorímetro: Desenvolvimento de um simulador interativo.

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Itumbiara-GO, 04/01/2024.

Local Data

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

DIULY PEREIRA TÓFOLO

**CALORÍMETRO: DESENVOLVIMENTO DE UM SIMULADOR
INTERATIVO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca examinadora do curso de licenciatura em química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Campus Itumbiara, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de licenciada em química.

Orientador: Prof. Marcelo Escobar de Oliveira.
Coorientador: Prof. Carlos Eduardo Silva.

ITUMBIARA - GO
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T664c Tófolo, Diuly Pereira
 Calorímetro: desenvolvimento de um simulador interativo. /
 Diuly Pereira Tófolo. -- Itumbiara, 2023.
 72p. : il.

 Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Química) -
 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás,
 Câmpus Itumbiara, 2023.

 Orientador: Prof. Dr. Marcelo Escobar de Oliveira.
 Coorientador: Carlos Eduardo Silva.

 1. Química - Estudo e ensino. 2. Física - Estudo e
 ensino. 3. Calorímetros. I. Título. II. Oliveira, Marcelo
 Escobar de. III. Silva, Carlos Eduardo. IV. Instituto Federal
 de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

CDD 53:54

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Biblioteca Maria Gabriela Pacheco Pardey / Câmpus Itumbiara
Bibliotecária: Rosiane Gonçalves de Lima CRB1/1684

DIULY PEREIRA TÓFOLO

CALORÍMETRO: DESENVOLVIMENTO DE UM SIMULADOR INTERATIVO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca examinadora do curso de licenciatura em química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Campus Itumbiara, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de licenciada em química.

Área de concentração: Química, Físico-química.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Escobar de Oliveira.

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Silva.

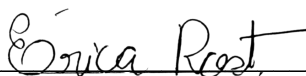
Aprovado em 30 de novembro de 2023.



Orientador: Prof. Dr. Marcelo Escobar de Oliveira
IFG - Campus Itumbiara



Avaliadora: Profª. Dra. Katiúscia Daiane Ferreira
IFG - Campus Itumbiara



Avaliadora: Profª. Mestranda Érica Rost
Escola Estadual Guiomar de Freitas Costa - Uberlândia - MG

Itumbiara - GO
2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Marcelo Escobar, por ter acreditado no meu projeto e aceitado ser parte dessa empreitada, mesmo fugindo da zona de conforto tanto dele quanto minha. Agradeço ao meu coorientador, Carlos Eduardo, por ter me ajudado sempre que precisei, compartilhando do seu conhecimento e paciência para alcançarmos objetivos que pareciam muito distantes. Agradeço ao meu namorado, Erick Nascimento, por ter ficado ao meu lado nos momentos fáceis e difíceis, me incentivando a continuar sem ter nenhuma dúvida de que o sucesso chegaria. Agradeço à minha amiga, Érica Rost, por cumprir sua promessa de me carregar nos momentos em que eu pensei em desistir, e me apoiar até o final. Agradeço também à minha amiga Meirielly Cardoso, por ter acreditado que poderíamos encontrar alegrias em nossa futura profissão, mesmo que não estivéssemos exatamente na área em que gostaríamos. Ademais, agradeço à minha família, por ter me apoiado sempre, com todo o amor e carinho do mundo.

Por último, mas não menos importante, agradeço a todos os projetos, programas e núcleos de pesquisa que construíram a minha formação, e possibilitaram que eu chegasse onde estou: Programa de Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência - PIBID, Programa de Residência Pedagógica - PRP, Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC, Programa de Educação Tutorial - PET, *Brazilian Maker Project and Soft Skills Oriented for Leadership* - BRAMPSSOL, e Núcleo de Pesquisa e Extensão Tecnológica Baseado em Cultura Maker - NuPeMaker.

RESUMO

O método de ensino tradicional tem se revelado obsoleto e pouco eficaz, enquanto a aprendizagem ativa busca envolver os alunos de forma mais participativa. Nas escolas públicas do Brasil, especialmente nas disciplinas de química e física, desafios significativos têm sido enfrentados devido à falta de recursos e laboratórios adequados, limitando a aplicação de atividades práticas. Diante desse cenário, os simuladores digitais emergem como uma solução valiosa para tornar o ensino de ciências mais envolvente e acessível. Dessa maneira, o presente trabalho tem como objetivo relatar o desenvolvimento de uma simulação digital e interativa de um calorímetro, abordando os conteúdos de calor sensível e calor latente. As ferramentas utilizadas incluem o *Google Sites*, *Blender*, *Unity*, a linguagem C# e o *GitHub*. As substâncias selecionadas para a simulação foram: água, alumínio, cobre, ácido (HCl) e base (NaOH), com suas constantes retiradas de materiais da *IUPAC* e do *NIST Chemistry WebBook*. A metodologia adotada compreendeu a análise de simuladores sobre calorimetria para a fase de ideação do projeto, seguida pelo seu planejamento, esquematização e criação de um *site* complementar para a compreensão dos conceitos relacionados à simulação. O *design* escolhido foi inspirado nos materiais do *PhET: Interactive Simulations*. A modelagem dos objetos, criação do *layout* e da interface, programação das funcionalidades, aplicação de testes e a publicação do simulador foram etapas subsequentes. Os resultados destacam os painéis de conteúdo desenvolvidos, nomeados “Conhecendo as variáveis”, “Contextualizando” e “Desafio”. O primeiro permite a livre manipulação das variáveis para que o usuário possa se familiarizar com o material, o segundo propõe exercícios de contextualização, e o terceiro promove um desafio de cálculo das variáveis na fórmula do calor sensível ou latente, com um temporizador ativo. Os critérios de acessibilidade, usabilidade, conteúdo, contextualização e interatividade do simulador desenvolvido são destacados e discutidos, em comparação aos simuladores analisados anteriormente. É importante ressaltar que o material ainda não foi testado em sala de aula, sendo necessárias pesquisas futuras para avaliar sua eficácia em diferentes contextos educacionais. Sendo assim, foi possível concluir que a simulação desenvolvida oferece uma interface intuitiva, eficaz e de fácil utilização. O projeto visa preencher lacunas no ensino de química e física, introduzindo ferramentas digitais interativas, lúdicas e práticas na aprendizagem de ciências.

Palavras-chave: Simulador digital interativo. Ensino de química e física. Calor sensível e latente. Calorímetro.

ABSTRACT

The traditional teaching method has proven to be outdated and ineffective, while active learning aims to engage students more participatively. In Brazilian public schools, especially in chemistry and physics subjects, significant challenges have been faced due to the lack of resources and suitable laboratories, limiting the implementation of practical activities. In this scenario, digital simulators emerge as a valuable solution to make science education more engaging and accessible. Thus, the present work aims to report the development of a digital and interactive simulation of a calorimeter, addressing the topics of sensible heat and latent heat. The tools used include Google Sites, Blender, Unity, the C# language, and GitHub. The selected substances for the simulation were water, aluminum, copper, hydrochloric acid (HCl), and sodium hydroxide (NaOH), with their constants extracted from IUPAC and the NIST Chemistry WebBook materials. The adopted methodology involved the analysis of calorimetry simulators for the ideation phase of the project, followed by its planning, schematization, and the creation of a complementary website to aid in understanding the concepts related to the simulation. The chosen design was inspired by materials from PhET: Interactive Simulations. The modeling of objects, creation of the layout and interface, programming of functionalities, application of tests, and the publication of the simulator were subsequent steps. The results highlight the developed content panels, named "Understanding the Variables," "Contextualizing," and "Challenge." The first allows free manipulation of variables for the user to become familiar with the material, the second proposes contextualization exercises, and the third promotes a challenge involving the calculation of variables in the formula for sensible or latent heat, with an active timer. The criteria of accessibility, usability, content, contextualization, and interactivity of the developed simulator are emphasized and discussed, compared to previously analyzed simulators. It is important to note that the material has not yet been tested in the classroom, requiring future research to assess its effectiveness in different educational contexts. Thus, it was possible to conclude that the developed simulation offers an intuitive, effective, and user-friendly interface. The project aims to fill gaps in the teaching of chemistry and physics, introducing interactive, playful, and practical digital tools into science education.

Keywords: Interactive digital simulator. Teaching of chemistry and physics. Sensible and latent heat. Calorimeter.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Calorímetro (recorte lateral).....	14
Figura 2: Calorímetro de Laplace e Lavoisier.....	21
Figura 3: Ícones.....	26
Figura 4: Texturas.....	26
Figura 5: Áudios.....	27
Figura 6: Planejamento do projeto com um quadro virtual no <i>Miro</i>	28
Figura 7: Fluxograma das ferramentas utilizadas no projeto.....	28
Figura 8: <i>Site</i> produzido com o <i>Google Sites</i>	29
Figura 9: Simulador: “Estados da Matéria: Fundamentos”, tomado como exemplo de <i>design</i> ...	29
Figura 10: Calorímetro feito no <i>Blender</i>	30
Figura 11: Desenvolvimento do <i>layout</i> e da interface da simulação na <i>Unity</i>	31
Figura 12: Programação das funcionalidades utilizando <i>scripts</i> em C#.....	31
Figura 13: Publicação do projeto utilizando o <i>GitHub Pages</i>	32
Figura 14: Simulador (a) <i>Pearson Education</i> ; (b) Vascak; (c) <i>Labster</i> e (d) <i>PhET Simulations</i> .	34
Figura 15: <i>Site</i> elaborado para o aprofundamento dos conceitos relacionados ao simulador.....	38
Figura 16: Hierarquia do projeto na <i>Unity</i>	39
Figura 17: Cenário fixo do simulador.....	40
Figura 18: (a) Água; (b) Alumínio; (c) Cobre; (d) Ácido - HCl e (e) Base - NaOH.....	40
Figura 19: Botões de adicionar, remover e selecionar substâncias.....	42
Figura 20: Informações do Calor Sensível.....	43
Figura 21: Informações do Calor Latente.....	44
Figura 22: Painel “Conhecendo as variáveis” para o (a) Calor Sensível e (b) Calor Latente.....	45
Figura 23: Painel “Contextualizando” para o (a) Calor Sensível e (b) Calor Latente.....	47
Figura 24: Painel “Desafio” para o (a) Calor Sensível e (b) Calor Latente.....	48
Figura 25: Menu geral.....	50
Figura 26: Esquematização dos <i>scripts</i> no projeto.....	51
Figura 27: Método de instanciamento da substância água.....	52
Figura 28: Método de destruição da substância água.....	52
Figura 29: Código para calcular as variáveis do calor sensível.....	53

Figura 30: Código para calcular as variáveis do calor latente.....	54
Figura 31: Código para atualizar o texto das variáveis do calor sensível nos painéis	
(a) Conhecendo as variáveis; (b) Contextualizando e (c) Desafio.....	54
Figura 32: Código para atualizar o texto das variáveis do calor latente nos painéis	
(a) Conhecendo as variáveis; (b) Contextualizando e (c) Desafio.....	56
Figura 33: Código para conferir as respostas do usuário nas telas do calor sensível nos painéis	
(a) Contextualizando e (b) Desafio.....	57
Figura 34: Código para conferir as respostas do usuário nas telas do calor latente nos painéis	
(a) Contextualizando e (b) Desafio.....	58
Figura 35: Código para ativar os painéis de reação à resposta.....	59
Figura 36: Código do temporizador.....	60
Figura 37: Código para ativar e desativar os painéis de ajuda no (a) Calor Sensível e	
(b) Calor Latente.....	60
Figura 38: Código para mostrar e esconder os painéis (a) Conhecendo as variáveis,	
(b) Contextualizando - Exercício 01 e (c) Desafio.....	61
Figura 39: Botões e painéis de ajuda adicionados na etapa de aprimoramento.....	63
Figura 40: Publicação da versão final do simulador com o <i>GitHub Pages</i>	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Constantes utilizadas no simulador.....	24
Tabela 2: Massa de cada substância por unidade adicionável.....	25
Tabela 3: Comparação entre as simulações já existentes no contexto da calorimetria.....	36

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Apresentação do tema.....	10
1.2 Justificativa.....	11
1.3 Objetivos.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 Aprendizagem significativa, ativa e gamificada.....	16
2.2 Material didático digital.....	17
2.3 Calorimetria e fundamentos do calorímetro.....	19
4 METODOLOGIA.....	23
4.1 Materiais.....	23
4.2 Métodos.....	27
5 RESULTADOS.....	33
5.1 Análise dos simuladores semelhantes disponíveis na internet.....	33
5.2 Site desenvolvido para a complementação dos estudos sobre temperatura, calor sensível, calor latente e o funcionamento do calorímetro.....	37
5.3 Construção do ambiente do simulador.....	38
5.4 Interface do usuário.....	44
5.5 Programação das funcionalidades.....	50
5.6 Testes de aplicabilidade para a correção de erros e identificação de pontos de melhoria..	62
5.7 Publicação do projeto.....	63
6 DISCUSSÃO.....	65
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
REFERÊNCIAS.....	68
APÊNDICE A: Site criado para a complementação do simulador.....	72
APÊNDICE B: Textos do simulador.....	81

INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do tema

Conforme publicado na revista *Proceedings of the National Academy of Sciences*, “alunos em aulas tradicionais têm 1,5 vezes mais chances de reprovar do que alunos em aulas com aprendizado ativo” (Freeman *et al.*, 2014, p. 8410).

Por décadas a fio, a metodologia de ensino tradicional - pautada no quadro branco, livro didático e fala expositiva - tem se mostrado obsoleta, descontextualizada e pouco eficiente. Diversos teóricos, como Paulo Freire (1987), Moreira (2010), Bacich e Moran (2018) explicitam a necessidade de trazer o sujeito para o protagonismo de sua aprendizagem, contextualizando o ensino de acordo com suas vivências e incentivando sua participação ativa no processo de ensino-aprendizagem como um todo, bem como a sua criticidade para além das disciplinas curriculares.

Segundo Bacich e Moran (2018, p. 2-4),

A aprendizagem por meio da transmissão é importante, mas a aprendizagem por questionamento e experimentação é mais relevante para uma compreensão mais ampla e profunda. Nos últimos anos, tem havido uma ênfase em combinar metodologias ativas em contextos híbridos, que unam as vantagens das metodologias indutivas e dedutivas. [...] As metodologias ativas dão ênfase ao papel protagonista do aluno, e a aprendizagem híbrida destaca a flexibilidade, o compartilhamento de espaços, tempos, materiais e tecnologias que compõem esse processo ativo.

Em outra obra acerca do ensino híbrido e sua relação com as tecnologias digitais, Bacich, Tanzi Neto e Trevisani (2015, p. 13) explicam que “crianças e jovens estão cada vez mais conectados às tecnologias digitais, configurando-se como uma geração que estabelece novas relações com o conhecimento e que, portanto, requer que transformações aconteçam na escola”.

Dessa forma, o ensino que mescla o físico e o digital, o presencial e o remoto, se mostra excepcionalmente importante para os nativos digitais, uma geração em que a tecnologia é integralmente e intrinsecamente presente. O ensino híbrido considera que o discente aprende tanto dentro quanto fora do ambiente escolar, e por isso, compreende a necessidade da implementação de tecnologias, ferramentas e materiais didáticos digitais para que o aprendizado continue além da sala de aula (Silva, 2020).

Os simuladores, programas capazes de reproduzir o comportamento de um determinado sistema de interesse, estão entre os materiais didáticos digitais que podem ser usados para sanar a necessidade exposta. De acordo com a Editora FTD (2022, *on-line*),

Aliados a outros objetos educacionais, os simuladores proporcionam aos alunos uma experiência mais rica e completa, buscando envolvê-los com a experimentação e a verificação de hipóteses de fenômenos da natureza, e suas relações de causa e efeito.

Como será ainda explorado no decorrer do trabalho, o uso de simuladores no ambiente educacional tem muito a contribuir para a diminuição das deficiências encontradas na aprendizagem das ciências naturais, revelando-se uma estratégia pertinente para a abordagem dessas disciplinas.

1.2 Justificativa

Múltiplos autores apontam a existência de uma dificuldade generalizada quanto ao ensino-aprendizado de química, física e biologia nas escolas públicas do Brasil. As duas primeiras são disciplinas especialmente vistas como complexas, difíceis e muito abstratas por estudantes do ensino fundamental II e médio. Isso ocorre porque são abordadas de maneira descontextualizada e indiferente da vivência dos alunos, fator que só aumenta o distanciamento entre eles e o objeto de conhecimento (Augusto; Caldeira, 2007; Belo; Leite; Meotti, 2019; Vitor; Silva; Lopes, 2020).

Conforme a pesquisa de Lima (2017, p. 6), “foi possível compreender que os cálculos matemáticos e a falta de aulas práticas são as principais dificuldades apontadas pelos alunos, que por sua vez, sugerem o exercício de aulas práticas para melhorar a aprendizagem da disciplina de química”.

Nessa perspectiva, é importante destacar que a realização das práticas requeridas pelos discentes nem sempre é possível, pois muitas escolas públicas carecem de infraestrutura, recursos tecnológicos e materiais adequados para tal (Dominguini *et al.*, 2012).

De acordo com Augusto e Caldeira (2007, p. 145), “a falta de recursos materiais ou espaço físico adequado, como sala de informática, biblioteca ou laboratório, apontada por 59% dos professores-alunos entrevistados, é, sem dúvida, um elemento dificultador para o trabalho docente”.

Os autores Santos e Menezes (2020), e Silva e Egas (2022), mostram que mesmo nos dias de hoje, o problema é relevante, pois continuam presentes tanto a dificuldade no entendimento da disciplina de química por parte dos discentes, quanto a falta de materiais e infraestrutura adequados para o ensino dessa ciência.

Sendo assim, a implementação de recursos alternativos é necessária e bem vinda, abrindo espaço para os simuladores e aplicativos digitais, que podem proporcionar diversas atividades práticas nas áreas de ciências da natureza.

Segundo Yoshida (2009, apud Melo, 2018, p. 2):

A utilização de ambientes virtuais de aprendizagem e de materiais didáticos digitais, em quaisquer modalidades de ensino, apresenta diversas vantagens tanto para os alunos quanto para os professores, sendo a principal delas a possibilidade de desenvolver uma metodologia de ensino e de aprendizagem mais adaptada às reais necessidades de cada grupo de alunos. Além disso, permite que cada aluno desenvolva suas próprias rotinas de estudo e que observe de que formas seus estudos rendem mais, sendo capazes de identificar de maneira autônoma quais oportunidades favorecem mais seus processos de aprendizagem.

Nos últimos anos, os editais lançados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) vêm salientando a importância da inclusão de recursos digitais na educação. “Os denominados Recursos Educacionais Digitais (REDs) são componentes nesse processo de transformação em que a etapa final é a chegada e permanência definitiva da tecnologia digital às escolas públicas” (Moreira, 2022, *on-line*).

A utilização de simuladores no ensino de ciências tem diversos benefícios. Um deles é proporcionar uma imersão atrativa e dinâmica no conteúdo, o que corresponde às necessidades de uma geração digital e conectada. Além disso, há muitos *softwares* gratuitos disponíveis, o que caracteriza essa ferramenta como uma alternativa de fácil implementação e baixo custo. Os simuladores também ajudam a desenvolver habilidades práticas e melhoram a contextualização de conceitos abstratos (Celestino; Valente, 2021).

Todavia, é relevante enfatizar o fator da acessibilidade, priorizando materiais que podem ser usados em diferentes dispositivos (incluindo celulares), e que não dependam de uma *internet* de alta qualidade para funcionar. Melo (2018) destaca a importância do design adaptativo no desenvolvimento de material didático digital, trazendo o fator socioeconômico e o variado perfil

de acesso dos estudantes de diferentes regiões, que possuem diferentes aparelhos com diferentes tamanhos.

Feitas essas observações, o ensino dos conceitos de calor e temperatura poderia se beneficiar da aplicação de simuladores, pois de acordo com Cruz (2012),

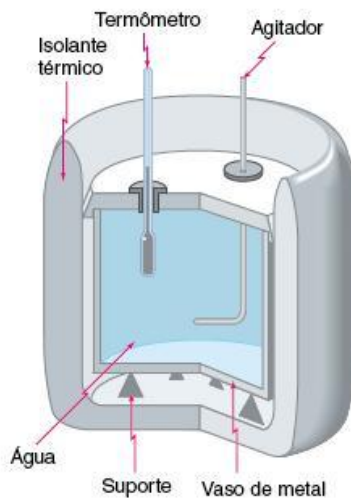
Nem sempre, as palavras utilizadas para explicar energia, calor e temperatura têm o mesmo significado na ciência e na linguagem comum. Isso tem sido causa de dificuldades no ensino de química, pois muitas vezes não se alcança o resultado esperado em sala de aula devido ao fato de professor e aluno não se entenderem sobre o significado desses conceitos (CRUZ, 2012, p. 1).

Conforme Silva, Melo e Freitas (2023), o ensino dos princípios relacionados à calorimetria é notavelmente afetado pelos conceitos prévios dos estudantes, que se baseiam em suas experiências sensoriais, muitas vezes resultando em concepções equivocadas que tornam a aprendizagem desses conceitos mais desafiadora. Na literatura, é evidente a falta de estudos que apresentem abordagens pedagógicas inovadoras para o ensino da calorimetria, especialmente que proponham atividades práticas, ativas e experimentais.

No que se refere aos tópicos de calor, temperatura, equilíbrio térmico e outros, os docentes frequentemente enfrentam desafios como a falta de acesso a instrumentos e laboratórios bem equipados. Além disso, a abordagem utilizada é predominantemente teórica e baseada no livro didático. Para minimizar esse problema, é necessário que “o professor utilize metodologias alternativas, que trabalhem os conteúdos de maneira prática, buscando evidenciar os acontecimentos diários” (Bueno, 2019, p. 23).

A fim de contribuir para o ensino-aprendizagem mais prático e dinâmico, o presente trabalho propõe o desenvolvimento da simulação de um calorímetro, instrumento utilizado na medição de trocas de calor (ou energia térmica), como mostrado na Figura 1.

Figura 1: Calorímetro (recorte lateral).



Fonte: Ribeiro Filho, 2018.

O calorímetro é um aparelho termicamente isolado do ambiente, muito usado nos laboratórios para calcular a quantidade de calor deslocado entre dois corpos. De modo semelhante a uma garrafa térmica, possui uma camada fina de material condutor térmico no seu interior, e no exterior uma camada grossa de material isolante. Geralmente possui também um agitador para misturar a solução, e um termômetro para medir a temperatura.

Sendo um equipamento simples e de fácil entendimento, mas que nem sempre está presente nos laboratórios das escolas públicas, é relevante a construção de um simulador que imite o funcionamento do calorímetro, sendo esta uma ferramenta de apoio para o ensino-aprendizado de química e termodinâmica.

1.3 Objetivos

- Objetivo geral

Em decorrência da argumentação apresentada, objetivou-se o desenvolvimento de um simulador digital e interativo de um calorímetro para o ensino-aprendizado dos conteúdos de calor sensível e calor latente.

- Objetivos específicos

O simulador, em si, compartilha dos seguintes objetivos específicos:

- ❖ Realizar o levantamento bibliográfico para averiguar os fundamentos didáticos que norteiam a aplicação dos simuladores educacionais;
- ❖ Revisar as bibliografias para estudar as definições de calor, temperatura e o funcionamento do calorímetro;
- ❖ Analisar os simuladores já existentes na *internet* sobre calorimetria;
- ❖ Pesquisar por designs e formas de desenvolvimento do conteúdo de simuladores relacionados ao tema;
- ❖ Criar um *site* para auxiliar o usuário no entendimento dos conteúdos relacionados aos que serão abordados no simulador;
- ❖ Escolher as substâncias que serão testadas dentro do calorímetro;
- ❖ Planejar o conceito, *layout*, funcionamento e interface do *software*;
- ❖ Criar objetos 3D no *Blender*, o *layout* da aplicação e os elementos interativos na *Unity*;
- ❖ Programar as funcionalidades necessárias em C#;
- ❖ Testar a aplicabilidade do jogo;
- ❖ Aplicar as correções necessárias conforme o resultado obtido no teste de aplicabilidade;
- ❖ Exportar o projeto para o formato *WebGL*;
- ❖ Hospedar a aplicação na *Web* para que fique acessível ao público.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Para embasar os aspectos didáticos necessários ao desenvolvimento do projeto, foram elencados trabalhos que elucidam os conceitos de aprendizagem significativa, ativa e gamificada. Em seguida, foi feito um levantamento acerca dos materiais didáticos digitais e simuladores no ensino de ciências.

2.1 Aprendizagem significativa, ativa e gamificada

De acordo com Moreira (2010, p. 4), a aprendizagem acontece quando se toma como base conceitos e ideias que fazem parte do cotidiano do aluno, pois só se aprende em relação ao que se conhece. À luz de muitos estudos sobre psicologia e educação cognitiva, o autor defende que “a aprendizagem significativa caracteriza-se pela interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. Nesse processo, não-literal e não-arbitrário, o novo conhecimento adquire significado para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado, e mais estável”.

Aprendemos ativamente desde que nascemos e ao longo da vida, em processos de design aberto, enfrentando desafios complexos, combinando trilhas flexíveis e semiestruturadas, em todos os campos (pessoal, profissional, social) que ampliam nossa percepção, conhecimento e competências para escolhas mais libertadoras e realizadoras. A vida é um processo de aprendizagem ativa, de enfrentamento de desafios cada vez mais complexos (Bacich; Moran, 2018, p. 2).

Conforme Bacich e Moran (2018), a aprendizagem ativa pode ser alcançada pelo uso das metodologias ativas, que buscam promover a participação consciente, voluntária e integral dos discentes em seu próprio processo de ensino-aprendizagem. Essa abordagem visa a valorização do aluno e o respeito pelo seu ritmo, tempo e estilo de aprendizagem. Isso é alcançado ao enfatizar o papel central do estudante e envolvê-lo diretamente em todas as etapas do processo educacional, enquanto o docente desempenha o papel de organizador, orientador e motivador.

Existem diversas metodologias ativas, como aprendizagem baseada em projetos, em problemas, em experimentação e em jogos. A última é chamada de gamificação, que significa aplicar jogos ou elementos presentes em jogos no contexto educacional. Segundo Tolomei (2017, p. 148), “pode-se dizer que o processo de gamificação é relativamente novo, derivado da

popularidade dos *games* e de todas as possibilidades inerentes de potencializar a aprendizagem em diferentes áreas do conhecimento”.

Essa estratégia parte do pressuposto de que os jogos podem proporcionar uma experiência de aprendizagem mais envolvente, lúdica, agradável e divertida. Podem ser utilizados elementos como desafios, missões, pontuação e recompensas. A sensação que fica nos estudantes é de que eles “aprendem brincando”.

2.2 Material didático digital

Conforme abordam Gomes, Souza e Rocha (2020), o uso de simulações computacionais é capaz de proporcionar aos alunos a visualização e o entendimento de fenômenos naturais, permitindo que o mesmo tenha maior facilidade de compreender conceitos abstratos e de atribuir significado à sua aprendizagem.

Dentre as TIC contemporâneas, aparelhos como *smartphones* e *softwares* como os simuladores, merecem destaque quanto às possibilidades de uso voltadas para o ensino, sobretudo para disciplinas como ciências, que carecem de aulas experimentais e conteúdos apresentados de forma menos abstrata, especialmente ao se trabalhar com fenômenos físicos. Os simuladores dessa forma contribuem para esta ludicidade, ao permitir que o *smartphone* possa ser utilizado também, como uma espécie de laboratório virtual portátil (Barbosa *et al.*, 2017, p. 1).

Gallo (2023) e Pinheiro (2018) abordam o uso do motor de jogos *Unity* 3D para o desenvolvimento de simulações educacionais de física, destacando a importância desta ferramenta para tornar a aprendizagem mais atrativa, dinâmica e engajadora para os discentes.

O primeiro defende que as simulações podem ajudar os estudantes a experimentar situações reais de forma controlada e a desenvolver habilidades práticas de modo seguro, além de possibilitar que acompanhem o impacto das suas ações em ambientes complexos. Já o segundo destaca que com o surgimento das aplicações tridimensionais, o uso de *game engines* se tornou necessário para basear o funcionamento dos jogos e simulações virtuais.

Para estudar a aplicação de simuladores no ensino de química, Santana e Castro (2019) analisaram três repositórios: as plataformas LabVirt - Laboratório Didático Virtual; *PhET Interactive Simulations*; e Portal de Estudos em Química. Foram selecionadas simulações de

assuntos semelhantes: Acidez do vinagre na salada; pH: Básico da escala; e Titulação ácido-base, respectivamente.

As simulações foram avaliadas por níveis de aproximação a uma atividade prática investigativa, variando do nível 1 ao 4, de acordo com a metodologia proposta por Silva (2011). Nessa escala, quanto maior o nível, maior a proximidade da simulação em relação a uma atividade prática em laboratório. Os critérios estabelecidos pelo autor foram: objetivo; problematização; elaboração de hipóteses; atividade experimental; questões conceituais; sistematização dos conceitos; e características do experimento.

A avaliação de Santana e Castro (2019), com base nos critérios de Silva (2011), relatou a plataforma *PhET Interactive Simulations* com os melhores resultados, em comparação com as demais.

Cardoso e Giraffa (2018) estudaram a aplicação de material didático digital (MDD) em turmas do ensino fundamental II e médio, procurando quantificar suas vantagens em relação ao ensino tradicional, não-híbrido. Foi feito um acompanhamento do desempenho individual e coletivo dos alunos, assim como dos aspectos específicos do material e das técnicas de aplicação usadas pelos professores, e ao final da pesquisa, os autores constataram uma melhora na média geral das disciplinas para 56% dos estudantes que utilizaram MDD, em comparação a 28% quanto aos que não utilizaram.

Contudo, foi observado que a linha de crescimento do desempenho tendia a diminuir conforme o material deixava de ser novo e interessante. Dessa forma, os autores destacam a necessidade de ajuste e manutenção do material didático digital para que continue atendendo às necessidades dos alunos com o passar do tempo, de forma dialógica e interativa (Cardoso; Giraffa, 2018).

De acordo com Falkembach (2005, p. 3), ao se projetar uma aplicação educacional, é importante estar atento tanto aos aspectos pedagógicos quanto aos aspectos de construção e funcionamento do material. Para dar início à desenvoltura da ideia que irá guiar todo o processo de produção, o autor propõe as seguintes reflexões: “quais os conceitos relevantes do conteúdo, tendo como referência a realidade do aluno?; que noções facilitam o entendimento dos temas a serem trabalhados?; e que noções aprofundam o entendimento destes temas?”.

Segundo o autor, para a produção de um material didático de qualidade, é importante se atentar às etapas de planejamento; esquematização; roteiro; análise; modelagem; implementação; avaliação; distribuição e manutenção (Falkembach, 2005).

Por motivos de delimitação do tempo, o presente trabalho tem foco apenas nas etapas de planejamento, esquematização e modelagem (desenvolvimento), intencionando-se que as demais etapas sejam elaboradas em projetos futuros.

2.3 Calorimetria e fundamentos do calorímetro

Para entender melhor as bases teóricas da calorimetria, essenciais para a construção do simulador proposto, a presente seção apresenta uma breve evolução histórica do estudo desse conceito, abordando calor sensível e calor latente. Essas pesquisas, ao longo dos séculos, despontam na criação e no constante aperfeiçoamento do aparelho que hoje é conhecido como calorímetro.

No século XVIII, grande parte do desenvolvimento da química e da física baseou-se no estudo do calor, do seu comportamento e da sua interação com a matéria. Foi nessa época que os conceitos de calor e temperatura começaram a ser diferenciados, antes havia “quente” e “frio” sem que se conseguissem medições exatas dessas grandezas (Bassalo, 1992).

Isso começou a mudar quando, em 1760, o cientista Joseph Black observou que blocos de tamanhos iguais, à mesma temperatura, feitos com materiais diferentes (ferro e madeira), tinham diferentes capacidades de armazenamento do calor, pois o ferro parecia mais quente que a madeira. Esse experimento foi mais tarde retomado por Carl Wilcke, e o levou a formular a teoria do calor específico: “quantidades iguais de substâncias distintas necessitam de diferentes quantidades de calor para a mesma elevação de temperatura” (Silva, 2016, p. 13).

O calor específico é uma propriedade intrínseca de cada material, e de acordo com Villas Bôas, Doca e Biscuola (2012, p. 45), “indica a quantidade de calor que cada unidade de massa do corpo precisa receber ou ceder para que sua temperatura varie uma unidade”, como mostra a equação:

Equação 1: Calor específico.

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}$$

Variáveis: c = calor específico; Q = quantidade de calor; m = massa; ΔT = variação de temperatura.

Os experimentos de Black e Wilcke, assim como de outros físicos e químicos proeminentes no estudo do calor nesse mesmo período, possibilitaram que fosse formulada a equação do calor sensível da maneira que hoje é conhecida:

Equação 2: Calor sensível.

$$Q = mc\Delta T$$

Variáveis: Q = quantidade de calor; m = massa; c = calor específico sensível; ΔT = variação de temperatura.

O calor sensível é observado durante o aumento ou diminuição da temperatura de uma substância em um estado físico específico, sem que haja mudança de fase. Durante as transições de fase há outro tipo de calor envolvido: o calor latente. Segundo Villas Bôas, Doca e Biscuola (2012, p. 45).

A variação de temperatura corresponde a uma variação no estado de agitação das partículas do corpo. Nesse caso, a energia térmica transferida é denominada calor sensível. A mudança de estado físico corresponde a uma alteração no estado de agregação das partículas do corpo, fazendo com que um sólido, por exemplo, transforme-se em líquido. A energia térmica responsável pelas mudanças de estado denomina-se calor latente.

Conforme elucida Bassalo (1992, p. 30), Joseph Black continuava suas experiências sobre o calor quando percebeu que “o calor pode ser adicionado à água misturada ao gelo sem aumentar-lhe a temperatura”.

No prosseguimento de experiências desse tipo, Black introduziu, em 1761, o conceito de *calor latente de fusão*, isto é, a quantidade de calor necessária para fundir o gelo à pressão e temperatura constantes. Mais tarde, em 1765, descobriu que o mesmo acontece com a água em ebulição. E mais ainda, que era necessário uma quantidade maior de calor latente para transformar gelo em água, ou seja, *o calor de vaporização da água é maior que o calor de fusão do gelo* (Bassalo, 1992, p. 30, grifo do autor).

A evolução desses estudos levou à constituição da seguinte fórmula, onde a constante L é determinada experimentalmente na mudança do estado sólido para o líquido, do líquido para o gasoso ou o inverso desses caminhos:

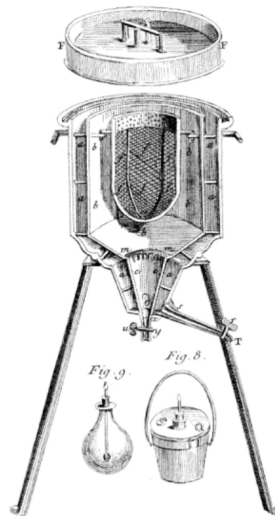
Equação 3: Calor latente.

$$Q = mL$$

Variáveis: Q = quantidade de calor; m = massa; L = calor específico latente de fusão ou vaporização.

Apesar do rápido desenvolvimento das teorias sobre o calor, apenas em 1784 os cientistas Laplace e Lavoisier conseguiram desenvolver um equipamento capaz de mensurar com precisão essa propriedade, publicando a descrição do que ficou conhecido como “Calorímetro de gelo”, pois “contém gelo em um compartimento interno cercado por um recipiente externo totalmente preenchido também por gelo”, conforme mostrado na Figura 2 (Tavares; Prado, 2010, p. 1987).

Figura 2: Calorímetro de Laplace e Lavoisier.



Fonte: Laplace e Lavoisier, 1784 *apud* Tavares e Prado, 2010, p. 1987.

No recipiente interno é colocado um objeto à alta temperatura, previamente aquecido. Quando esse objeto que estava à alta temperatura estiver à temperatura do gelo, certa quantia de água é formada pelo derretimento do gelo, podendo ser drenada pela torneira de baixo e pesada posteriormente. Conhecendo o calor de fusão do gelo, o calor liberado por esse processo pode ser calculado pela massa de gelo fundido durante o processo (Tavares; Prado, 2010, p. 1987).

Ao longo dos anos, os modelos de calorímetro foram reformulados e aperfeiçoados diversas vezes, de acordo com os níveis de eficiência, precisão, portabilidade e valor de fabricação desejados. Entretanto, independente do calorímetro usado, a calorimetria fornece dados de grande valor para o estudo das propriedades e interações químicas. No interior do calorímetro irão ocorrer trocas de calor entre os corpos até que eles atinjam o equilíbrio térmico, no qual estarão todos na mesma temperatura.

Considerando um calorímetro ideal, que configura um sistema isolado sem nenhuma interação com o ambiente, o calor recebido por um corpo será igual ao calor cedido pelo outro. Com essa igualdade, torna-se possível efetuar o cálculo das trocas de calor entre corpos, do calor específico e do calor latente (Tavares; Prado, 2010).

Sendo assim, o calorímetro foi escolhido como equipamento a ser simulado para essa finalidade, e à luz da revisão bibliográfica discurrida, pensou-se a estruturação metodológica que será apresentada a seguir.

4 METODOLOGIA

Para viabilizar a construção do simulador, a metodologia adotada utilizou dos seguintes programas e processos, em parceria com os recursos humanos do Núcleo de Pesquisa e Extensão Tecnológica Baseado em Cultura Maker (NuPeMaker) do IFG - Itumbiara:

4.1 Materiais

- *Google Sites*

O *Google Sites* é uma plataforma gratuita de criação de *sites* fornecida pela *Google*, que possibilita a criação de *sites* simples de forma rápida e intuitiva. A ferramenta oferece modelos prontos e personalizáveis, permitindo a inserção de texto e todo tipo de hipertexto, como *links*, imagens, vídeos e *slides*.

- *Blender*

O *Blender* é um *software* de modelagem 3D, utilizado para desenhar e animar objetos dos mais variados tipos. Os objetos mais complexos do simulador foram modelados no *Blender*. Muito comum no ramo do *design*, ele permite a exportação de modelos 3D compatíveis com diversas plataformas, incluindo a *Unity*. É um programa gratuito e de código aberto.

- *Unity*

A *Unity* é uma *game engine*, ou seja, um *software* de desenvolvimento que reúne diversas ferramentas e recursos próprios para a criação de jogos e simulações. Pode ser usada para criar projetos 2D ou 3D, exportados em diversos formatos, como: programa de computador (*Windows*, *macOS* e *Linux*); aplicativo para dispositivos móveis (*Android* e *iOS*); jogos para console de videogame (*Xbox*, *PlayStation* e *Nintendo Switch*); e arquivo *WebGL* (para que o projeto seja executado em um navegador da *web*). Para deixar o simulador mais visualmente atrativo, o projeto foi feito em 3D, e para deixá-lo mais acessível, foi exportado no formato *WebGL*. A versão utilizada foi a *Unity Personal*, totalmente gratuita.

- C#

C# é uma linguagem de programação orientada a objetos, amplamente utilizada no desenvolvimento de aplicativos e jogos. Criada pela *Microsoft*, hoje é a linguagem de programação primária na *Unity*. Ela é necessária para criar e controlar diversas funcionalidades nos programas feitos com *Unity*, por meio de *scripts*.

Um *script*, no contexto da programação, é um conjunto de instruções específicas que dizem ao computador o que fazer. É como uma lista de tarefas sequenciadas para que o computador siga.

- *GitHub*

O *GitHub* é uma plataforma de compartilhamento de código, que além de contar com recursos de comunidade para desenvolvedores, também oferece serviços gratuitos de hospedagem de *sites*. Com o *GitHub*, é possível hospedar o arquivo *WebGL* gerado na *Unity* e criar um *link* de acesso às páginas do projeto.

- Tabela de constantes

Para compor os experimentos dentro do calorímetro, foram escolhidas as substâncias: água, cobre, alumínio, hidróxido de sódio (NaOH) e ácido clorídrico (HCl). A fim de aproximar-se da realidade, foram pesquisados os valores experimentais para cada constante utilizada, sendo: temperatura de fusão, temperatura de vaporização, calor específico sensível, calor específico latente de fusão e calor específico latente de vaporização, como é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Constantes utilizadas no simulador.

Substâncias	Temperatura de fusão	Temperatura de vaporização	Calor específico sensível (c)	Calor específico latente (L) de fusão	Calor específico latente (L) de vaporização
Água	0°C	100°C	1 cal/g°C	79,7 cal/g	540 cal/g
Alumínio	660,3°C	2519°C	0,21 cal/g°C	210 cal/g	1075 cal/g

Cobre	1083°C	2567°C	0,09 cal/g°C	13,05 cal/g	71,8 cal/g
Ácido (HCl)	-114,2°C	-85,1°C	0,006 cal/g°C	1,44 cal/g	3,66 cal/g
Base (NaOH)	318°C	1388°C	0,57 cal/g°C	1300 cal/g	3450 cal/g

Fontes: IUPAC, 2007 e NIST, 2021.

Os dados para a água, o alumínio e o cobre foram encontrados no livro “*Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry*”, da *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC, 2007). Para a base e o ácido, os valores foram retirados do “*NIST Chemistry WebBook*”, uma base de dados virtual organizada pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST, 2021).

- Tabela de massas

A adição das substâncias no calorímetro foi feita com base em unidades de volume igual a 15 cm³, equivalente ao tamanho de uma barra de cobre ou alumínio, como mostrado na Tabela 2. Esse mesmo volume corresponde a porções pequenas das demais substâncias. Os dados de densidade foram encontrados nas mesmas fontes especificadas na Tabela 1.

Tabela 2: Massa de cada substância por unidade adicionável.

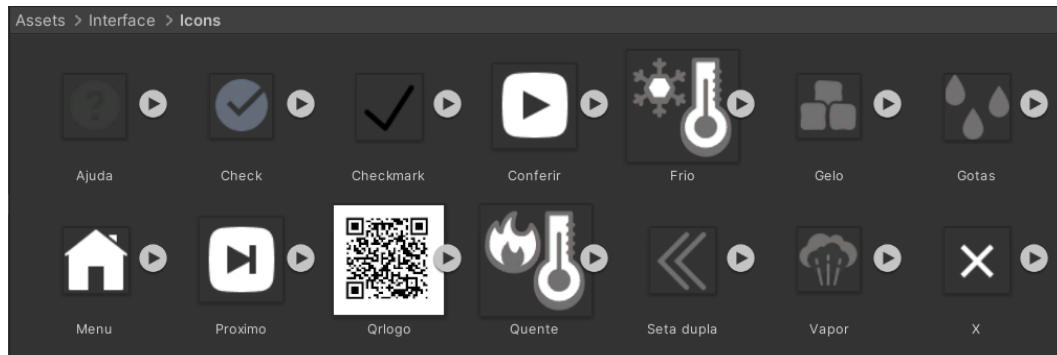
Substâncias	Densidade	Massa por unidade
Água	1 g/cm ³	15 g
Alumínio	2,7 g/cm ³	40,5 g
Cobre	8,96 g/cm ³	134,4 g
Ácido (HCl)	0,0016 g/cm ³	0,024 g
Base (NaOH)	2,13 g/cm ³	31,95 g

Fontes: IUPAC, 2007 e NIST, 2021.

- Outros recursos visuais e sonoros

Para tornar a navegação mais fácil e intuitiva, os ícones utilizados no projeto, conforme mostrado na Figura 3, foram retirados do *site Icons8* (2023), que disponibiliza o material gratuitamente desde que a página seja referenciada.

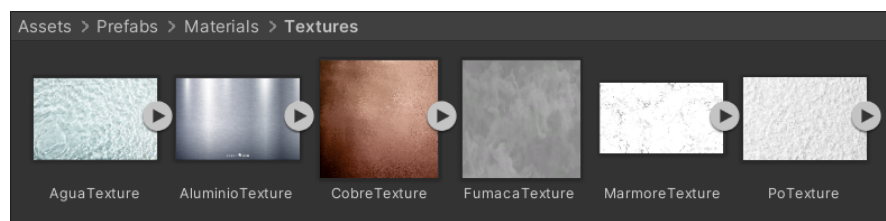
Figura 3: Ícones.



Fonte: Icons8, 2023.

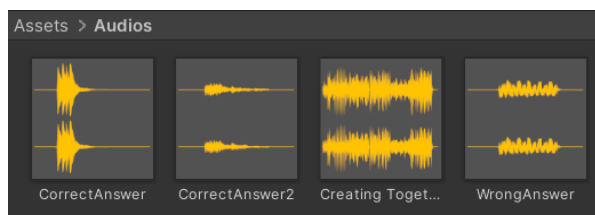
Além desses, foram utilizadas também algumas imagens para compor a textura de materiais como a água, o mármore, o alumínio e o cobre, conforme mostrado na Figura 4. Essas imagens foram encontradas na página *iStock* (2023), que de modo semelhante, disponibiliza material gratuito mediante referência.

Figura 4: Texturas.



Fonte: iStock, 2023.

Em acréscimo, foram implementados também alguns áudios para tocar durante toda a execução do simulador e para sinalizar as respostas corretas e incorretas, como mostrado na Figura 5. A página de onde foram retirados é a *Fifty Sounds* (2020), que funciona da mesma forma que as anteriores.

Figura 5: Áudios.

Fonte: *Fifty Sounds*, 2020.

4.2 Métodos

A metodologia adotada na realização do projeto envolveu diversas etapas, partindo da sua ideação e planejamento, seguidos pelo seu desenvolvimento e aprimoramento, até sua publicação no *GitHub*.

Para o embasamento da etapa de ideação, foram buscados os simuladores semelhantes disponíveis na *internet*, com a finalidade de consultar, considerar, analisar, e aprimorar as melhores características dos materiais já desenvolvidos sobre o assunto. Foram encontrados quatro simuladores que tratam de calorimetria ou do funcionamento do calorímetro, disponíveis nas plataformas *Pearson Education*; *Vascak*; *Labster* e *PhET Simulations*. A análise dessas simulações será em breve percorrida na seção dos resultados.

Para o planejamento do presente projeto, foi adotada a perspectiva de que ele poderia ser utilizado por qualquer pessoa, pois seria auto explicativo, didático e dinâmico. Foi pensado para o ambiente escolar como público primário, tendo como alvo adolescentes entre 15 e 17 anos, cursando a segunda série do Ensino Médio. Contudo, pretende-se que seja proveitoso também para pessoas que não necessariamente estejam inseridas no ambiente escolar, ou não se encaixem no público alvo supracitado. Por esse motivo, o termo “usuário” foi preferido em relação a “aluno” ou “estudante”.

O planejamento seguiu-se com a delimitação dos conteúdos a serem abordados, de que forma os elementos desejados seriam visualmente distribuídos (*layout*), e como deveriam funcionar as interações na simulação (funcionamento). Para tal, foi utilizada uma plataforma de criação e edição de lousas digitais, o *Miro* (2023), como mostrado na Figura 6, facilitando a visualização e a organização do escopo.

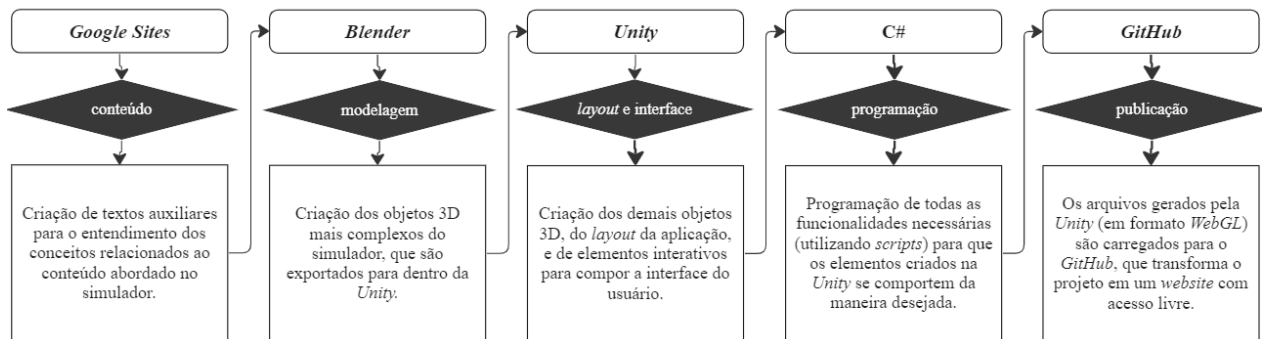
Figura 6: Planejamento do projeto com um quadro virtual no *Miro*.

Conteúdo:		Layout:		Funcionamento:		Interface:
Calor sensível ($Q = m \cdot c \cdot \Delta T$)	Água	Calorímetro	Estrutura de líquido (textura de água)	Adicionar e remover as substâncias	Apresentar exercícios de contextualização	Tela de introdução ao simulador
Mudança de temperatura	Alumínio	Cenário de fundo (mesa e parede)	Barra de metal 3D (textura de alumínio)	Aumentar e diminuir o calor fornecido	Sortear uma variável aleatória para ser respondida	Tela de contextualização com exercícios
Calor latente ($Q = m \cdot L$)	Cobre		Barra de metal 3D (textura de cobre)	Mudar de fusão para vaporização	Conferir se a resposta está correta	Tela de desafio
Mudança de estado físico (fusão / vaporização)	Ácido (HCl)		Estrutura de gás (textura de HCl)	Calcular o valor de cada variável		
	Base (NaOH)		Estrutura de sólido granulado (textura de NaOH)			

Fonte: Autoria própria, 2023.

Esse planejamento levou em consideração as habilidades a serem desenvolvidas pelos alunos e demais usuários do simulador, como: compreensão conceitual, aplicação prática do conteúdo estudado, interpretação de dados experimentais, desenvolvimento do raciocínio científico, familiaridade com a operação de simuladores, conexões interdisciplinares, pensamento crítico, e comunicação científica de resultados.

Em seguida, foi realizada a esquematização das ferramentas necessárias ao desenvolvimento e publicação da simulação, também feita no *Miro* (2023), como é mostrado no fluxograma na Figura 7:

Figura 7: Fluxograma das ferramentas utilizadas no projeto.**Fonte:** Autoria própria, 2023.

A primeira ferramenta de desenvolvimento foi o *Google Sites*, que possibilitou a criação e disponibilização de textos e imagens norteadores sobre os conceitos complementares ao conteúdo de calor sensível e calor latente, diretamente abordado no simulador, como mostrado na Figura 8:

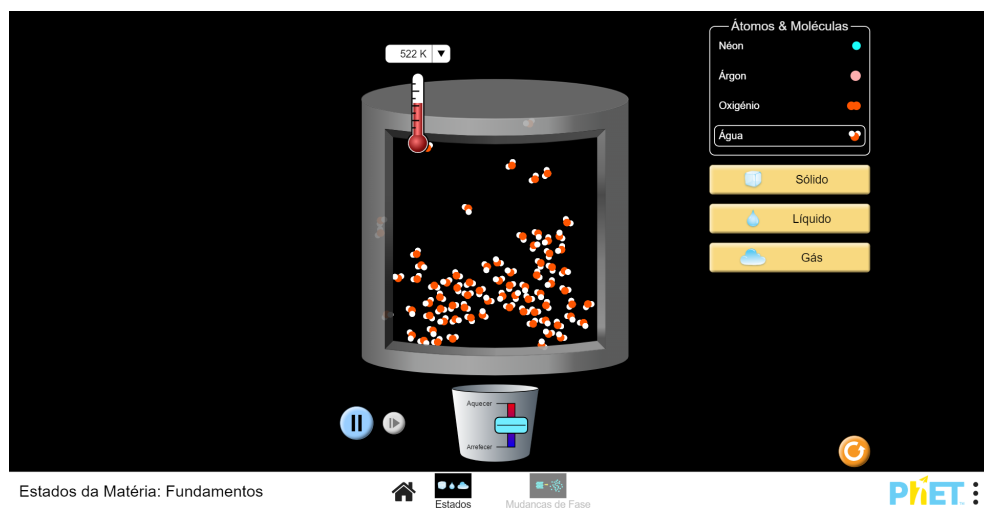
Figura 8: Site produzido com o Google Sites.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Para elaborar o *layout* da aplicação, os simuladores disponíveis na plataforma *PhET Interactive Simulations* foram escolhidos como inspiração e ponto de partida das decisões de *design*. O *PhET Interactive Simulations* é um projeto da Universidade do Colorado, sem fins lucrativos, que leva diversas simulações de ciências e matemática para todos os cantos do mundo. Essas simulações são conhecidas por sua interface simples e intuitiva, como mostrado na Figura 9.

Figura 9: Simulador: “Estados da Matéria: Fundamentos”, tomado como exemplo de *design*.

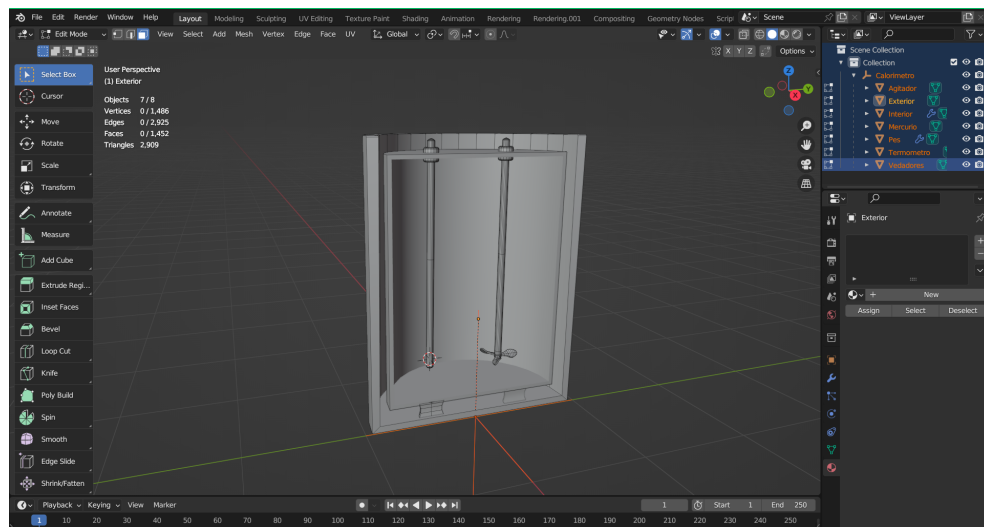


Fonte: *PhET Interactive Simulations*, 2023.

Com o intuito de seguir esse estilo estético, optou-se por um alto contraste dos objetos presentes na simulação e pela organização dos elementos na tela de forma prática e clara, permitindo que o usuário interaja facilmente com a aplicação e foque na compreensão dos conteúdos abordados.

A fim de garantir bons níveis de detalhamento e resolução, o *Blender* foi empregado para a modelagem tridimensional dos objetos mais complexos do projeto: o calorímetro e as barras de metal, conforme mostrado na Figura 10.

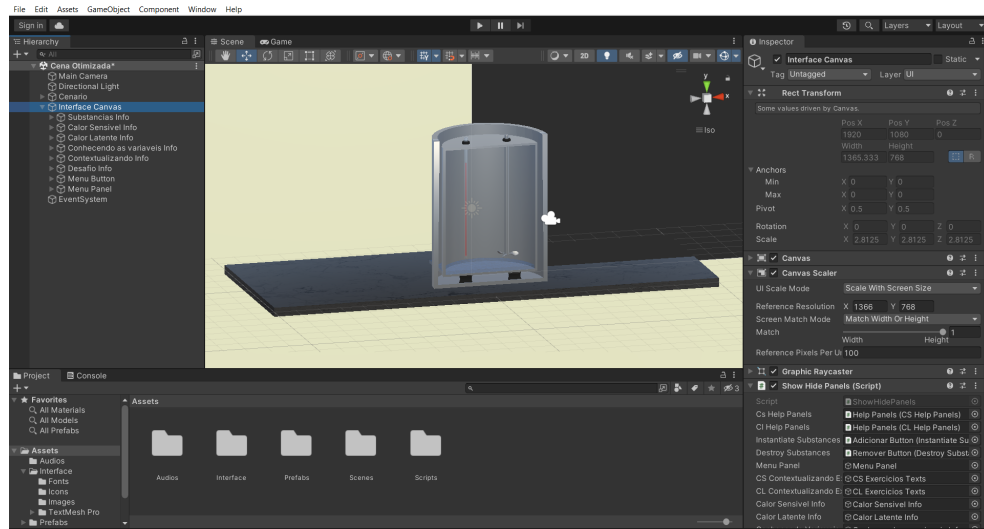
Figura 10: Calorímetro feito no *Blender*.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Na sequência, a *Unity* foi usada para a criação dos demais objetos tridimensionais presentes no *layout*, como o cenário e a estrutura das substâncias água, ácido e base, além de todos os elementos que compõem a interface da aplicação. Quanto à interface, foram desenvolvidas três telas referentes ao conteúdo da simulação: a primeira com o objetivo de apresentar o simulador e as variáveis envolvidas no cálculo do calor sensível e do calor latente, a segunda para contextualizar o conteúdo com exercícios que remetem a situações cotidianas, e a terceira para desafiar o usuário a realizar os cálculos de maneira divertida e interativa, como foi apresentado na Figura 6 e é mostrado na Figura 11.

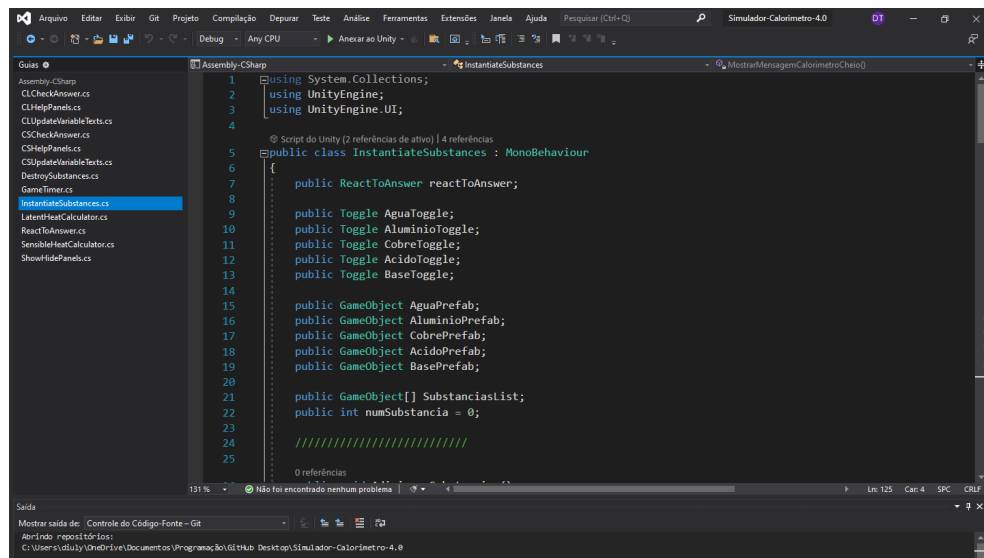
Figura 11: Desenvolvimento do *layout* e da interface da simulação na *Unity*.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Para tornar o programa interativo e dinâmico, as funcionalidades desejadas foram implementadas com *scripts* em C#, cuja necessidade é exposta ao se tratar de recursos que não são oferecidos pelas ferramentas nativas da *Unity*, como mostrado na Figura 12.

Figura 12: Programação das funcionalidades utilizando *scripts* em C#.



Fonte: Autoria própria, 2023.

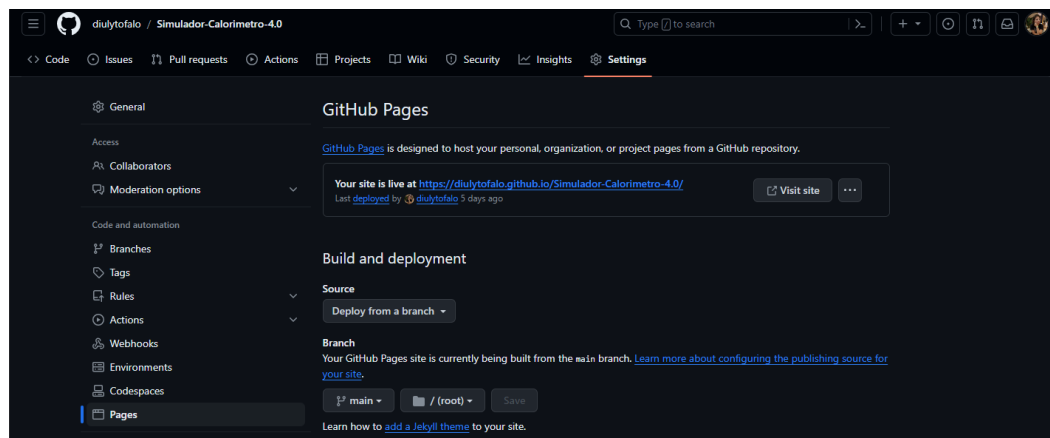
Cada funcionalidade foi programada em um *script* diferente, dividindo as especificidades em funções direcionadas. Um método, ou função, é um trecho de código que contém um conjunto específico de instruções para realizar uma tarefa, ou parte dela. Os métodos são muito utilizados

na programação para quebrar o *script* em partes menores, mantendo o código simples e organizado.

Posteriormente, foram conduzidos alguns testes de aplicabilidade do simulador, procurando por pontos de correção e melhoria. Para tal, utilizou-se da ajuda de graduandos e docentes que frequentam o laboratório Maker do IFG Itumbiara, integrantes do NuPeMaker. Essa equipe realizou um *feedback* da aplicação, procurando por deficiências de funcionalidade para comunicar à desenvolvedora do trabalho. A partir do que foi levantado, realizou-se uma nova atualização para a correção e melhoria dos aspectos indicados.

Com a conclusão da etapa de desenvolvimento, foi realizada a exportação do projeto na *Unity* em formato *WebGL*. Para tornar o programa acessível ao público, todo o seu conteúdo foi depositado em um repositório no *GitHub*. Utilizando um domínio do *GitHub Pages*, a aplicação pode ser exibida como *website* público por meio de um *link* de acesso, como mostrado na Figura 13.

Figura 13: Publicação do projeto utilizando o *GitHub Pages*.



Fonte: Autoria própria, 2023.

5 RESULTADOS

A partir da literatura estudada, da metodologia descrita e de diversos outros estudos na área da tecnologia que atuaram como construtores do conhecimento técnico necessário, além do auxílio dos integrantes do Núcleo de Pesquisa e Extensão Tecnológica Baseado em Cultura Maker do IFG - Itumbiara, a presente seção de resultados descreve em detalhes os 7 tópicos seguintes: “Análise dos simuladores semelhantes disponíveis na *internet*”, “*Site* desenvolvido para a complementação dos estudos sobre temperatura, calor sensível, calor latente e o funcionamento do calorímetro”, “Construção do ambiente do simulador”, “Interface do usuário”, “Programação das funcionalidades”, “Testes de aplicabilidade para a correção de erros e identificação de pontos de melhoria” e “Publicação do projeto”.

5.1 Análise dos simuladores semelhantes disponíveis na *internet*

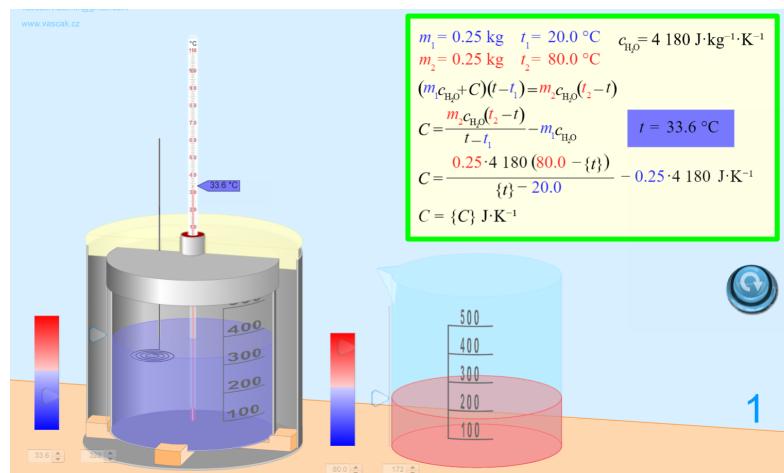
Como abordado na metodologia, com o intuito de fortalecer o embasamento do trabalho, foram buscados os simuladores já disponíveis na *internet* sobre os assuntos de calorimetria e do funcionamento do calorímetro. Dentre as 4 simulações encontradas, exceto a última, todas foram nomeadas pelo mesmo título, e portanto serão apresentadas e diferenciadas pelo nome da plataforma onde se localizam: *Pearson Education*; *Vascak*; *Labster* e *PhET Interactive Simulations*. Na Figura 14, são mostradas respectivamente as telas de cada uma dessas simulações:

Figura 14 (a, b, c, d): Simulador (a) *Pearson Education*; (b) *Vascak*; (c) *Labster* e (d) *PhET Simulations*.

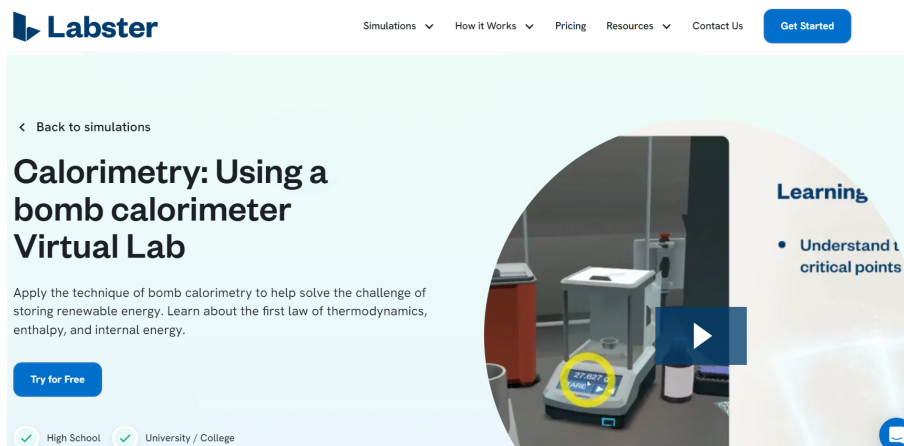
(a)



(b)



(c)



(d)



Fontes: (a) Pearson Education, 2014, (b) Vascak, 2019, (c) Labster ApS, 2023 e (d) PhET Simulations, 2023.

Ao utilizar o simulador *Pearson Education*, o usuário escolhe uma substância (líquido, sólido ou solução), e seleciona uma massa e temperatura para ela, e então faz o mesmo para uma segunda substância. Essas duas substâncias são misturadas no calorímetro, e em seguida, ao clicar em “*Run experiment*”, é mostrado o gráfico de equilíbrio da temperatura de ambas as substâncias, e caso sejam misturas molares, é mostrado também a visão molecular destas.

Essa interação acontece na aba “*Experiment*”. Existem mais duas abas no simulador, “*Learning outcomes*” e “*Overview*”. Em “*Learning outcomes*”, é descrito um passo a passo com as possibilidades de experimentação do simulador, e em “*Overview*” consta uma breve descrição do material.

O simulador Vascak apresenta uma interface simples, com apenas um botão clicável. Esse botão faz com que as substâncias presentes nos dois recipientes (que são identificadas como uma molécula qualquer de carbono ligada a uma molécula de água) entrem em equilíbrio, mostrando todos os cálculos envolvidos nessa reação enquanto ela ocorre. É possível selecionar apenas o volume e a temperatura inicial das substâncias.

A plataforma onde o simulador Vascak se encontra possui diversas simulações de física e matemática, mas infelizmente o formato em que foram criadas está defasado, o que gera diversos erros no uso das aplicações, como um painel vazio que aparece a qualquer momento e impede o usuário de interagir com a interface. Esse erro se deve provavelmente ao uso da ferramenta *Adobe Flash Player* para a construção do material.

O *Adobe Flash Player* era um *software* multiplataforma gratuito que permitia a exibição de vídeos, jogos e animações em formato *Flash* em diversos navegadores. Ele foi descontinuado pela *Adobe* em 2020, e atualmente não é mais reconhecido pelos navegadores, fazendo com que não apenas essa, como também outras plataformas deixassem de ser usadas, como aponta Melo (2018).

Já o simulador *Labster*, infelizmente só disponibiliza uma simulação sobre segurança no laboratório como demonstração. Apesar de a demonstração se mostrar muito interativa e didática, não foi possível acessar a simulação do calorímetro vista na Figura 14, pois o acesso só é liberado para diretores, coordenadores e professores, com *e-mail* profissional.

Finalmente, o simulador *PhET Simulations* permite que o usuário escolha entre os líquidos água e azeite, e os sólidos tijolo e ferro. É possível colocar um termômetro nas substâncias, e aumentar ou diminuir a temperatura com o botão “*heat/cool*”. Também é possível ativar símbolos de energia para visualizar o quanto as substâncias estão trocando energia com o ambiente, e comparar duas substâncias aquecendo ou resfriando ao mesmo tempo.

Sendo assim, é possível construir uma tabela que avalia os simuladores apresentados nos critérios de acessibilidade, facilidade de uso, conteúdo, didática, contextualização e interatividade.

O critério de acessibilidade diz respeito à facilidade de encontrar e acessar o material em diferentes dispositivos (celular, computador). A usabilidade mede o quanto é ou não intuitivo para que o usuário saiba o que fazer e onde clicar. O critério de conteúdo avalia o aprofundamento da simulação nos conceitos relacionados ao experimento simulado. O parâmetro da didática analisa se as explicações utilizadas foram de fácil entendimento. A contextualização diz respeito à explicação da utilidade e das possíveis aplicações do conteúdo e do experimento. Por último, a interatividade avalia se os recursos interativos foram bem utilizados e se são suficientes para despertar o interesse do usuário. Na Tabela 3, esses critérios são pontuados com notas de 0 a 5:

Tabela 3: Comparação entre as simulações já existentes no contexto da calorimetria.

	<i>Pearson Education</i>	Vascak	<i>Labster</i>	<i>PhET Simulations</i>
Acessibilidade	2	2	0	5

Usabilidade	3	1	-	5
Conteúdo	3	3	-	1
Didática	2	1	-	3
Contextualização	1	1	-	2
Interatividade	5	2	-	3

Fonte: Autoria própria, 2023.

É possível notar que o simulador *Pearson Education* propõe um bom nível de interatividade, permitindo a escolha entre diversas substâncias diferentes, bem como a manipulação de suas características. Porém, o material não apresenta contextualização e aprofundamento do conteúdo, atendo-se apenas à demonstração de um experimento prático. Sua pontuação no critério de acessibilidade é baixa porque funciona bem nos computadores, mas para de funcionar em telas menores. Portanto, não é possível acessá-lo pelo celular.

O simulador Vascak se destaca na exposição das fórmulas matemáticas envolvidas no cálculo das trocas de calor, mas perde muito de sua usabilidade por conta dos problemas de compatibilidade com a ferramenta utilizada. Funciona tanto em celulares quanto em computadores, porém o *layout* da tela não é adaptável, dificultando o uso no celular.

O simulador *Labster*, por sua vez, perde pontos de acessibilidade por conta da dificuldade de acesso imposta. É provável que seja satisfatório nos outros quesitos, mas essas características não podem ser avaliadas sem que a acessibilidade venha primeiro.

Por fim, o simulador *PhET Simulations* se destaca na usabilidade, pois é fácil manipular os materiais e entender como ele funciona. Entretanto, o conteúdo é tratado de forma demasiadamente simples, sem nenhuma contextualização ou explanação dos conceitos de calorimetria.

5.2 Site desenvolvido para a complementação dos estudos sobre temperatura, calor sensível, calor latente e o funcionamento do calorímetro

O *site* elaborado para auxiliar o usuário no entendimento dos conceitos relacionados ao simulador, como mostrado na Figura 15, apresenta os tópicos de: temperatura; equilíbrio térmico;

calor; capacidade térmica e calor específico; calor sensível e calor latente; o calorímetro; simulação do funcionamento de um calorímetro; sugestão de leituras para aprofundamento; e sugestão de simulações complementares.

Figura 15: Site elaborado para o aprofundamento dos conceitos relacionados ao simulador.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Cada um dos tópicos foi enriquecido com ilustrações simples e didáticas, a fim de melhorar a visualização dos conceitos e de preencher lacunas de conhecimento deixadas pelo foco do simulador em praticidade e experimentação.

Todos os textos e imagens presentes no *site* se encontram no Apêndice A: “*Site criado para a complementação do simulador*”, e o mesmo pode ser acessado no *link*: <<https://sites.google.com/view/calorimetro/temperatura-calor-sensivel-calor-latente-e-o-funcionamento-do-calorimetro>>.

É relevante destacar que utilizando a ferramenta *Google Sites*, os conteúdos criados tornam-se totalmente responsivos a diversos tamanhos de tela. Dessa forma, o *site* pode ser visualizado sem prejuízos tanto pelo celular, quanto pelo *tablet* ou pelo computador.

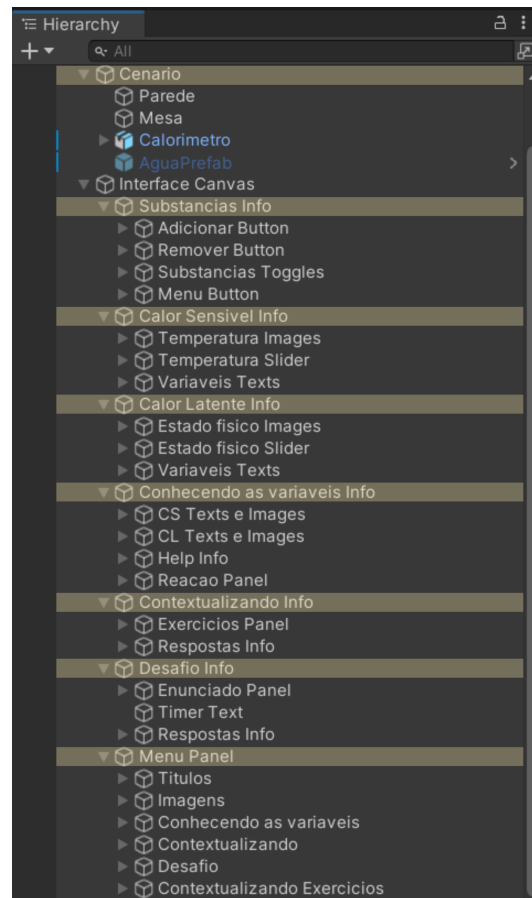
5.3 Construção do ambiente do simulador

Os tópicos de construção do ambiente, interface do usuário, programação das funcionalidades e correção de erros a partir dos testes de aplicabilidade (5.3, 5.4, 5.5 e 5.6) serão

apresentadas nessa ordem para facilitar o entendimento do leitor, mas na realidade foram desenvolvidos de forma dialógica e complementar.

Para um melhor acompanhamento dos assuntos em “Construção do ambiente” e “Interface do usuário”, é interessante destacar que a *Unity* utiliza uma estrutura de hierarquia para organizar todos os elementos que são criados dentro do *software* ou trazidos para ele, como mostrado na Figura 16. Essa hierarquia consiste em aninhar dentro de um “objeto pai” todos os objetos relacionados, que se tornam “objetos filhos”. Essa estrutura tem grande importância no desenvolvimento de projetos, pois garante uma organização eficiente de tudo o que foi criado.

Figura 16: Hierarquia do projeto na *Unity*.



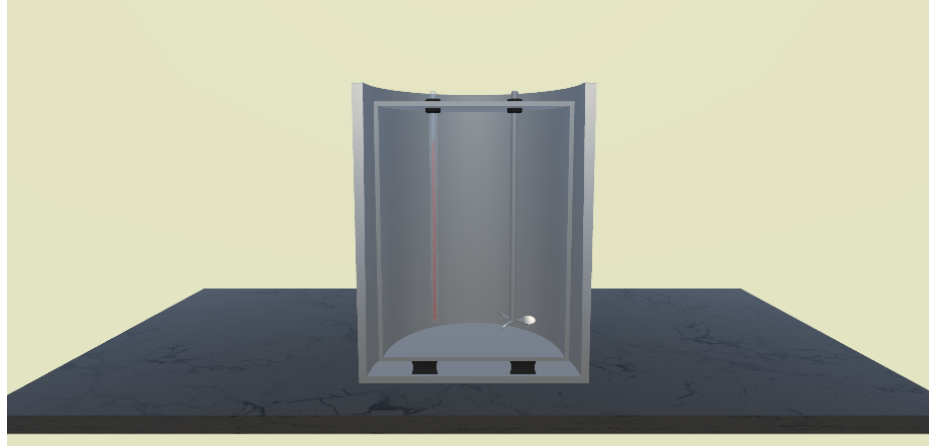
Fonte: Autoria própria, 2023.

Dessa forma, tomando como base a hierarquia do simulador, cada camada de informação dos tópicos 5.3 e 5.4 foi organizada ao longo do texto como subtópicos.

- Cenário

A ambientação do simulador se iniciou com a criação dos objetos na *Unity*, referentes ao cenário fixo que permeia todas as telas e painéis existentes. Ele é composto pelo próprio calorímetro, pela parede atrás dele e pela mesa que o sustenta, como mostrado na Figura 17.

Figura 17: Cenário fixo do simulador.



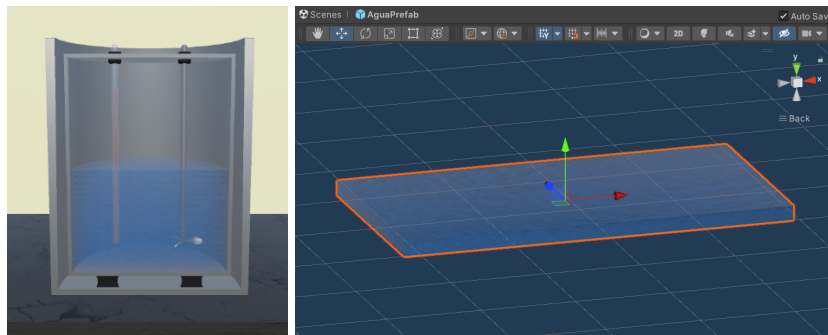
Fonte: Autoria própria, 2023.

- Substâncias

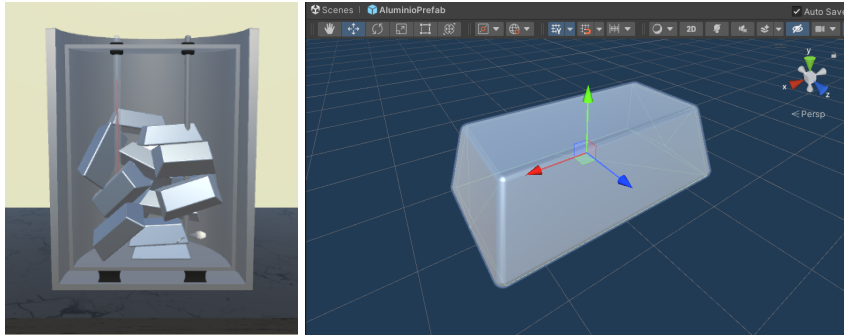
Após a criação do cenário, foram feitas as substâncias escolhidas para compor o projeto: Água; Alumínio; Cobre; Ácido (HCl) e Base (NaOH), como é possível observar na Figura 18.

Figura 18 (a, b, c, d, e): (a) Água, (b) Alumínio, (c) Cobre, (d) Ácido - HCl e (e) Base - NaOH.

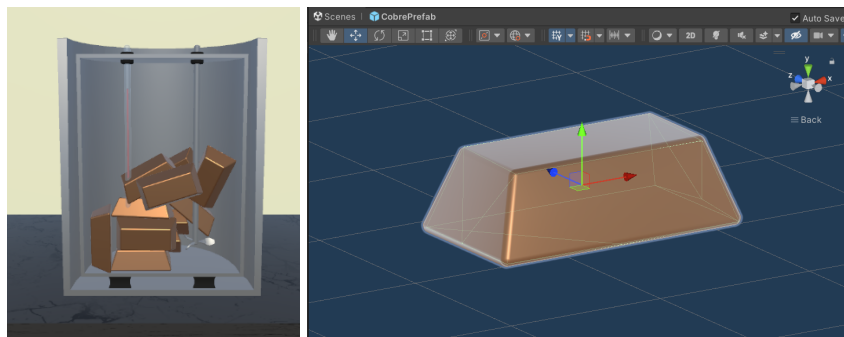
(a)



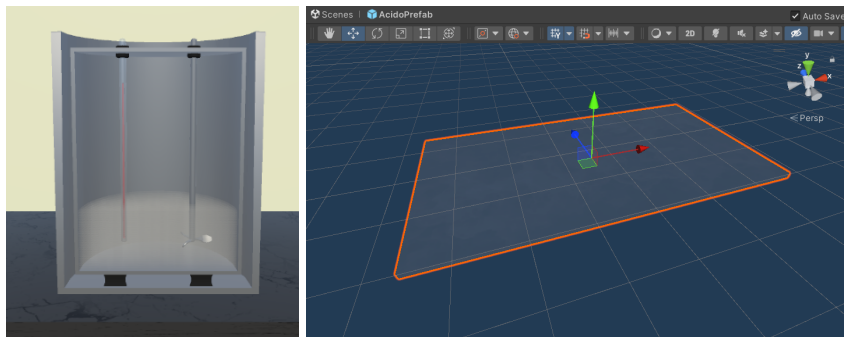
(b)



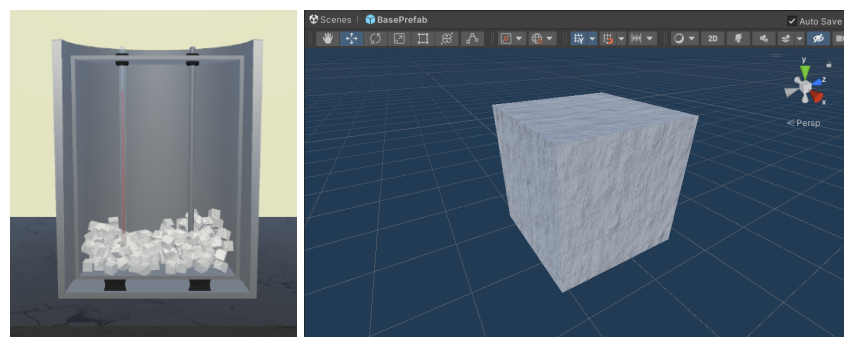
(c)



(d)



(e)

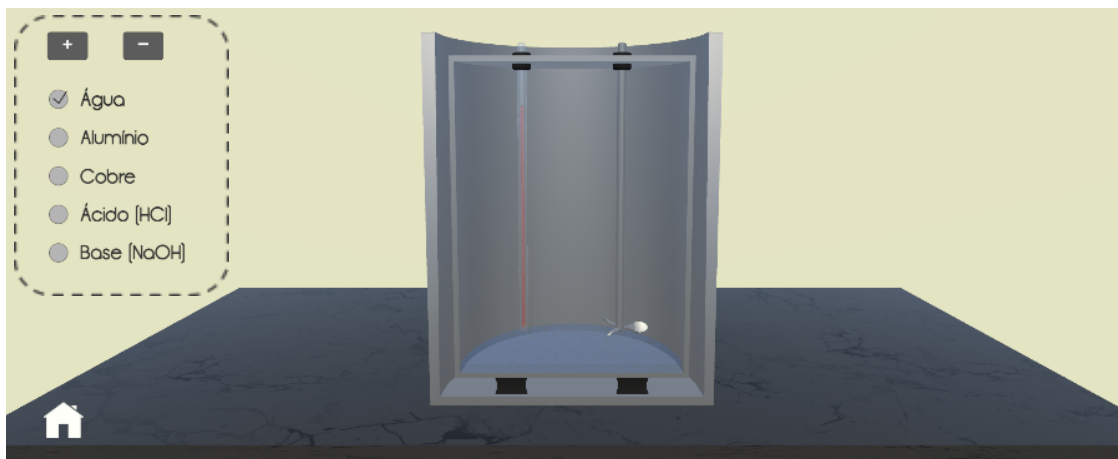


Fonte: Autoria própria, 2023.

Cada uma das substâncias pode ser adicionada até um determinado limite, controlado por programação, que foi definido pelo calorímetro visualmente cheio da referida substância. O limite da água é 35 unidades, o do alumínio é 25, assim como o do cobre, o do ácido é 93, e o da base é 1260.

Ao clicar no botão de adicionar substância, como mostrado na Figura 19, o calorímetro recebe uma unidade da substância que estiver selecionada. De forma semelhante, o botão de remover substâncias retira uma unidade por clique. A única exceção é a base, pois como seu volume é menor, se adicionam e retiram conjuntos de 20 unidades por clique.

Figura 19: Botões de adicionar, remover e selecionar substâncias.



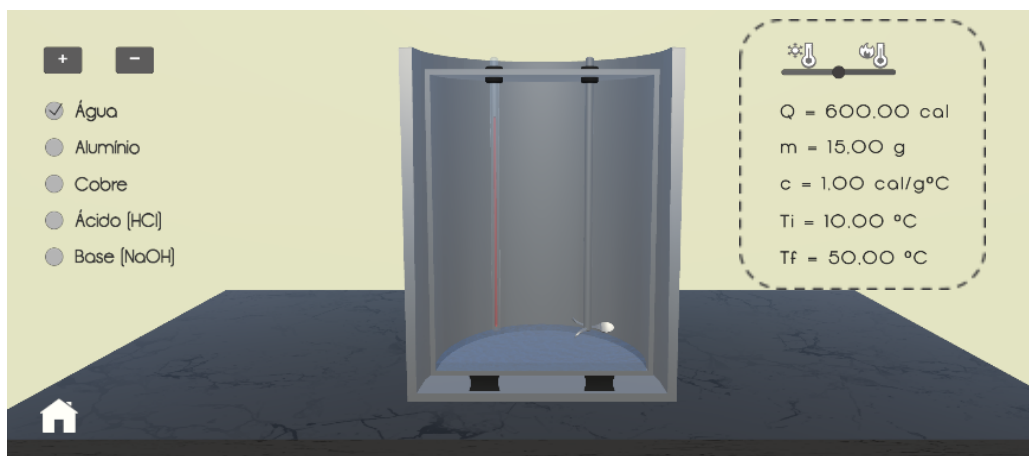
Fonte: Autoria própria, 2023.

Para manter a simplicidade e facilidade de uso do material, não é possível selecionar mais de uma substância por vez, pois isso geraria misturas e exigiria o uso de outras variáveis, deixando todos os cálculos mais complexos.

- Calor Sensível

As informações referentes ao Calor Sensível são constituídas por um controle deslizante que aumenta ou diminui a quantidade de calor fornecida ao calorímetro, influenciando a temperatura final da substância, e pelos valores das variáveis na fórmula: $Q = m.c.\Delta T$, conforme mostrado na Figura 20.

Figura 20: Informações do Calor Sensível.



Fonte: Autoria própria, 2023.

O valor das variáveis (Q = calor; m = massa; c = calor específico sensível; T_i = temperatura inicial; e T_f = temperatura final) é atualizado na tela conforme o usuário interage com o controle deslizante e com os botões de adicionar ou remover substâncias.

Cada substância tem constantes próprias, como massa por unidade, calor específico sensível e limites de temperatura inicial e final. No caso da base, que é trabalhada em conjuntos de 20 unidades, a massa por unidade é referente a um conjunto inteiro.

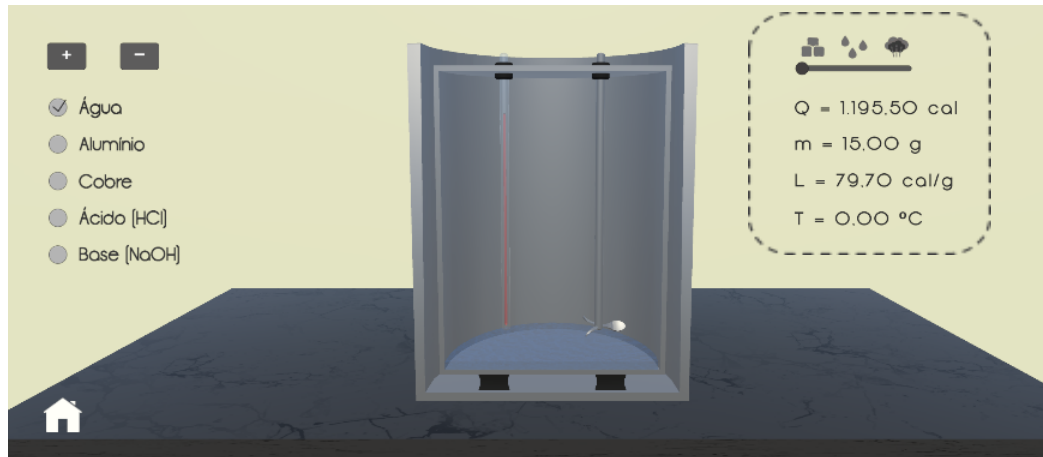
O calor específico sensível e a massa por unidade podem ser consultados nas Tabelas 1 e 2, presentes na seção “Materiais”. Os limites de temperatura inicial e final foram definidos dentro da variação entre fusão e ebulição para cada substância, a fim de que não sofressem nenhuma transformação de estado físico, para que não seja necessário unir as fórmulas do calor sensível e latente.

Para fins didáticos, foram trabalhadas faixas de temperatura próximas à temperatura ambiente, abrangendo apenas os estados físicos nos quais as substâncias se encontram em temperatura ambiente.

- Calor Latente

As informações do Calor Latente são constituídas por um controle deslizante que define se a mudança de estado físico ocorrendo é a de fusão ou de vaporização, e pelos valores das variáveis contidas na fórmula: $Q = m.L$, como mostrado na Figura 21.

Figura 21: Informações do Calor Latente.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Assim como no calor sensível, o valor das variáveis (Q = calor; m = massa; L = calor específico latente) é atualizado na tela conforme o usuário interage com o controle deslizante e com os botões de adicionar ou remover substâncias.

A variável T (temperatura) é constante e não pode ser alterada a não ser quando se muda de fusão para vaporização (ou vice versa) com o controle deslizante. Sua função é apenas mostrar na tela a que temperatura a mudança de estado físico está ocorrendo.

5.4 Interface do usuário

A interface do usuário é composta pelas principais telas de conteúdo do simulador: “Conhecendo as variáveis”, “Contextualizando” e “Desafio”, além do Menu geral.

- Conhecendo as variáveis

A primeira tela de conteúdo contém os valores de todas as variáveis para o calor sensível ou calor latente, além de possuir um título e uma fórmula indicando para qual painel o usuário foi direcionado. Ao lado do título, da fórmula, do botão de remover substâncias e do controle deslizante, existem também “botões de ajuda”, como mostrado na Figura 22.

Figura 22 (a, b): Painel “Conhecendo as variáveis” para o (a) Calor Sensível e (b) Calor Latente.

(a)



(b)



Fonte: Autoria própria, 2023.

Os botões de ajuda têm a finalidade de auxiliar o usuário a navegar pelos elementos da simulação, disparando textos explicativos ao serem clicados. O texto que é disparado no título do painel explica de forma breve o que é o calor sensível ou latente, a depender da tela em que o usuário está.

Para o calor sensível, o texto é:

Quando um corpo recebe ou libera calor, isso pode afetar ou sua temperatura ou seu estado físico. A mudança de temperatura corresponde a uma variação no estado de

agitação das partículas do corpo. Nesse caso, a energia térmica transferida é denominada calor sensível.

Dessa forma, o calor sensível é um fluxo de energia térmica que aumenta ou diminui a temperatura de um corpo, sem que ele passe por mudanças de estado físico.

O calor sensível recebe esse nome porque pode ser percebido pelos nossos sentidos, ao encostar em objetos que se encontram em temperaturas maiores ou menores do que a do corpo humano. O fluxo de calor sensível entre corpos continua até que se atinja o equilíbrio térmico (Villas Bôas; Doca; Biscuola, 2012, adaptado pela autora, 2023).

Para o calor latente, o texto é:

Quando um corpo recebe ou libera calor, isso pode afetar ou sua temperatura ou seu estado físico. A mudança de estado físico corresponde a uma alteração no estado de agregação das partículas do corpo, fazendo com que um sólido, por exemplo, transforme-se em líquido. A energia térmica responsável pelas mudanças de estado físico é denominada calor latente.

Sendo assim, o calor latente é um fluxo de energia térmica que provoca a transformação do estado físico de um objeto, não afetando a sua temperatura.

Durante as mudanças de fase, em vez de aumentar o grau de agitação das moléculas, o calor latente é usado para quebrar as ligações entre elas, permitindo que passem para um estado físico diferente. Ao contrário do calor sensível, o calor latente não é percebido pelos sentidos (Villas Bôas; Doca; Biscuola, 2012, adaptado pela autora, 2023).

De forma semelhante, ao clicar no botão de ajuda ao lado da fórmula, o usuário encontra uma curta explicação de como funcionam as variáveis envolvidas na mesma e suas respectivas unidades de medida. Os demais botões de ajuda (ao lado dos botões relacionados às substâncias e do controle deslizante) exibem um pequeno texto explicando como funcionam esses elementos e como o usuário deve utilizá-los. As informações exibidas em cada uma dessas interações podem ser encontradas no Apêndice B: “Textos do simulador”.

- Contextualizando

A segunda tela de conteúdo do projeto é composta por exercícios de fixação dos conceitos de calor sensível e calor latente, conforme mostrado na Figura 23. Estão disponíveis cinco exercícios para cada, os quais também se encontram no Apêndice B: “Textos do simulador”.

Figura 23: Painel “Contextualizando” para o (a) Calor Sensível e (b) Calor Latente.

(a)

1 - Visitando a praia num belo dia de sol, é possível perceber que a areia está muito mais quente do que o água do mar, muitas vezes até queimando os pés de quem caminha descalço. Enquanto isso, o mar está gelado, desanimando os banhistas mais sensíveis ao frio. Isso acontece porque o calor específico da água é muito maior do que o da areia, dessa forma é necessário uma quantidade maior de energia para elevar sua temperatura em 1°C . Sabendo que no início do dia uma amostra de 420 g de água do mar se encontrava a 10°C , e no final do dia chegou a 20°C , calcule a quantidade de calor que o Sol precisou fornecer para provocar essa variação de temperatura. Dado: o calor específico sensível da água é $1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$.

☒ Água
☐ Alumínio
☐ Cobre
☐ Ácido [HCl]
☐ Base [NaOH]

$Q = \text{???? cal}$
 $m = 420 \text{ g}$
 $c = 1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$
 $T_i = 10^{\circ}\text{C}$
 $T_f = 20^{\circ}\text{C}$

? =

(b)

2 - Você trabalha em uma metalúrgica e precisa derreter uma barra de alumínio para produzir uma liga metálica que será usada para confeccionar utensílios de cozinha. A barra de alumínio tem massa de 243 gramas, e para derreter completamente a barra, você precisou fornecer 51030 calorias. Qual o calor específico latente do alumínio?

☐ Água
☒ Alumínio
☐ Cobre
☐ Ácido [HCl]
☐ Base [NaOH]

$Q = 51030 \text{ cal}$
 $m = 243 \text{ g}$
 $L = \text{???? cal/g}^{\circ}\text{C}$
 $T = 660,30^{\circ}\text{C}$

? =

Fonte: Autoria própria, 2023.

Abaixo das variáveis se localizam um campo de resposta e dois botões, cujas funções são respectivamente: conferir a resposta e pular para o próximo exercício.

O botão de conferir a resposta chama a parte da programação responsável por conferir o valor que o usuário digitou no campo de resposta, como será melhor explicado no tópico de programação das funcionalidades. Caso o valor digitado esteja correto, um texto parabenizador é exibido e um som de resposta correta é tocado. Caso contrário, é exibido um texto de resposta incorreta e toca-se um som correspondente.

O botão de pular para o próximo exercício, quando clicado, leva sempre ao exercício seguinte. Se a tela estiver no último exercício, o programa retornará ao primeiro.

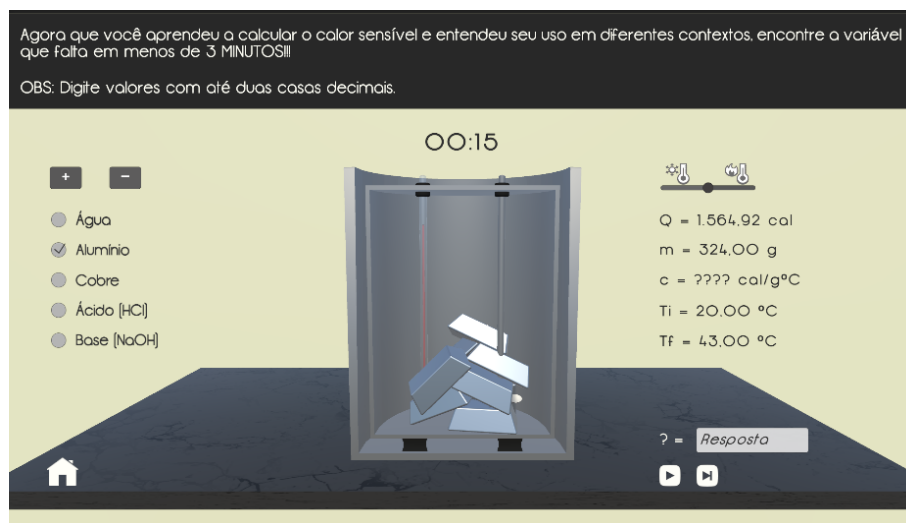
Diferentemente dos outros, o painel “Contextualizando” não exibe os botões de controle das substâncias nem o controle deslizante de calor ou estado físico. Como os dados que devem ser usados para chegar à resposta correta dependem exclusivamente dos enunciados dos exercícios, a livre manipulação dos elementos citados foi retirada nesse painel, evitando gerar confusão nos usuários.

- Desafio

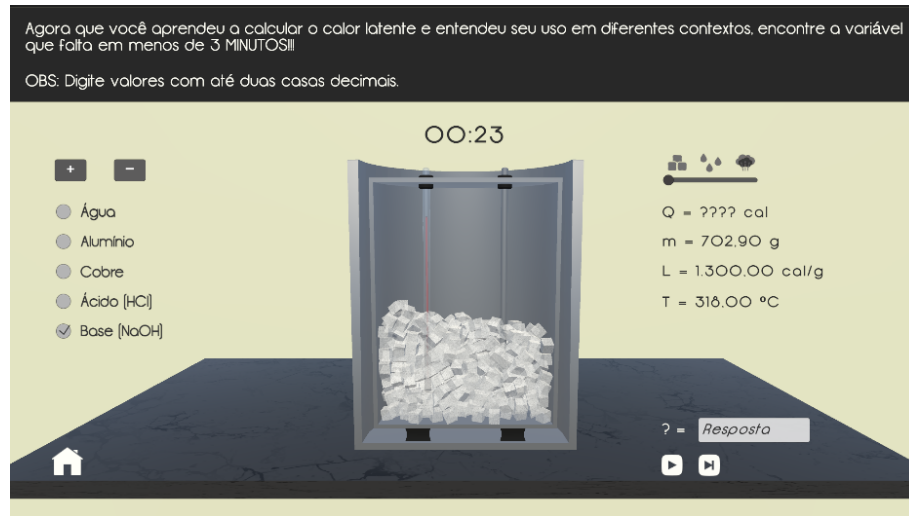
A terceira tela de conteúdo do simulador consiste em desafiar o usuário a descobrir o valor de uma variável que foi sorteada por meio da programação para ficar oculta. Nesse painel, as interações do usuário com os botões de substância e com o controle deslizante é que atualizam e definem o valor que terá a variável oculta, e o tempo dado para descobrir esse valor é de 3 minutos, como mostrado na Figura 24.

Figura 24: Painel “Desafio” para o (a) Calor Sensível e (b) Calor Latente.

(a)



(b)



Fonte: Autoria própria, 2023.

Para inserir a resposta, o modelo é o mesmo do painel “Contextualizando”. Os botões de conferir a resposta e de pular para o próximo exercício também funcionam da mesma maneira. Nesse contexto, pular para o próximo exercício fará com que uma nova variável seja sorteada para ficar oculta, e que o temporizador reinicie a contagem.

Caso o usuário erre ou acerte em mais de 3 minutos, o som tocado é o mesmo do painel anterior, e o texto exibido é semelhante. Caso acerte em menos de 3 minutos e tenha sucesso no desafio, o som tocado muda e o texto parabenizador é mais enfático.

- Menu geral

O menu geral é a tela que aparece logo que o simulador abre, oferecendo os painéis que o usuário pode acessar, conforme mostrado na Figura 25.

Figura 25: Menu geral.



Fonte: Autoria própria, 2023.

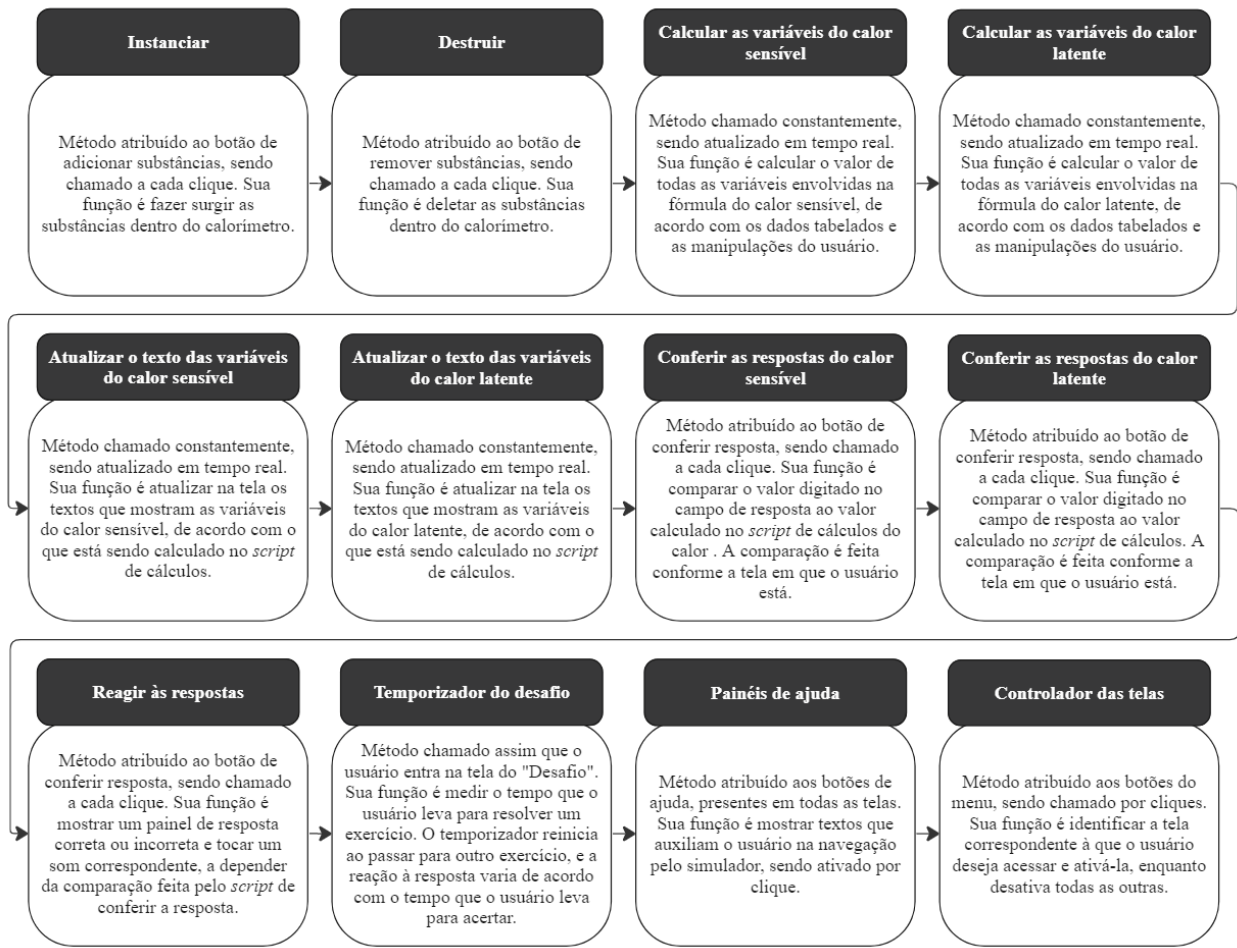
Como descrito anteriormente, essas opções são botões que levam aos conteúdos “Conhecendo as variáveis”, “Contextualizando” e “Desafio”, referentes ao calor sensível ou ao calor latente. Ao clicar nesses botões, o usuário é redirecionado para suas respectivas telas.

Para voltar ao menu e acessar um conteúdo diferente, basta que o usuário clique no botão “Menu”, visível na parte inferior esquerda das figuras anteriores. O botão Menu é representado por uma casinha branca.

5.5 Programação das funcionalidades

O tópico de programação das funcionalidades foi organizado na sequência em que os *scripts* foram criados, sendo que cada subtópico resume um *script* em si, como mostrado na Figura 26. Ao todo, o projeto possui 12 *scripts*, que serão explicados a seguir.

Figura 26: Esquematisação dos *scripts* no projeto.



Fonte: Autoria própria, 2023.

- **Instanciar**

No *script* “Instanciar”, a primeira funcionalidade programada foi o método de fazer surgir as substâncias dentro do calorímetro. Na *Unity*, o termo “instanciar” é equivalente a criar ou fazer surgir objetos na cena. Esse método foi atribuído ao botão de adicionar substâncias, sendo chamado a cada clique. Na Figura 27, é possível observar um pequeno trecho do código de instanciamento.

Figura 27: Método de instanciamento da substância água.

```
void InstantiateAgua()
{
    Vector3 AguaPosition = new (-0.03f, 0.93f + (0.15f * SubstanciasList.Length), -1.75f);
    Instantiate(AguaPrefab, AguaPosition, transform.rotation);
}
```

Fonte: Autoria própria, 2023.

Além de chamar esse método, o *script* em questão delimita as condições necessárias para que o instanciamento seja feito, como por exemplo estar abaixo do limite máximo de substâncias estabelecido, e ter um dos botões de seleção de substâncias ativo. O reconhecimento de qual substância está selecionada em cada momento também é feito nesse *script*.

Quando o número de substâncias no calorímetro alcança o limite estabelecido, o *script* para de adicionar objetos e dá o comando para que seja exibida uma mensagem de que o calorímetro está cheio.

- Destruir

O segundo *script* implementado foi o método de destruir objetos, que também age sobre as substâncias. O botão responsável por chamar essa função é o de remover substâncias. Na Figura 28, é possível observar um pequeno trecho do código:

Figura 28: Método de destruição da substância água.

```
void DestroyAgua()
{
    Destroy(instantiateSubstances.SubstanciasList[instantiateSubstances.SubstanciasList.Length - 1]);
}
```

Fonte: Autoria própria, 2023.

Quando o número de substâncias chega a zero, o *script* para de chamar essa função e dá um comando para que seja exibido uma mensagem de que o calorímetro está vazio. Além disso, quando o usuário alterna entre substâncias selecionadas, esse *script* desempenha o papel de eliminar todas as substâncias que estavam no calorímetro, para que outro tipo seja instanciado.

- Calcular o calor sensível

Com o intuito de mostrar os valores corretos para as variáveis na tela em tempo real, é necessário primeiramente calcular esses valores. Para esse *script*, foi utilizado um método padrão da *Unity*, o *Update*, como mostrado na Figura 29. Esse método é chamado diversas vezes por segundo, sendo a forma mais comum de usar funções que precisam ser atualizadas em tempo real.

Figura 29: Código para calcular as variáveis do calor sensível.

```
private void Update()
{
    CalorValue = MassaValue * CalorEspecificoSensivelValue * (TemperaturaFinalValue - TemperaturaInicialValue);

    if (instantiateSubstances.AguaToggle.isOn)
    {
        MassaValue = 15f * instantiateSubstances.SubstanciasList.Length;
        CalorEspecificoSensivelValue = 1f;
        TemperaturaInicialValue = 10f;
        TemperaturaFinalValue = 0f + (100f - 0f) * (FonteDeCalorSlider.value);
    }
}
```

Fonte: Autoria própria, 2023.

A quantidade de calor fica do lado esquerdo da igualdade, o que significa que depende das outras variáveis. Como especificado nas Tabelas 1 e 2, o calor específico sensível é uma constante única para cada substância, e a massa por unidade foi determinada pelos valores de densidade das mesmas. A massa total é proporcional à quantidade que o usuário adiciona. Já as temperaturas inicial e final, no caso do simulador, partem de um número absoluto dado e variam em uma faixa de 100°C, começando em valores diferentes para cada substância.

- Calcular o calor latente

As variáveis do calor latente são calculadas da mesma forma que as do calor sensível. A principal diferença, no caso do presente *script*, é que o controle deslizante do calor latente altera o estado físico, ao invés de controlar a fonte de calor. Esse controle deslizante só aceita duas posições: 0 e 1, como mostrado na Figura 30. Quando está no 0, a transformação que ocorre é a fusão, e quando está no 1, é a vaporização.

Figura 30: Código para calcular as variáveis do calor latente.

```
private void Update()
{
    CalorValue = MassaValue * CalorEspecificoLatenteValue;

    if (instantiateSubstances.AguaToggle.isOn)
    {
        MassaValue = 15f * instantiateSubstances.SubstanciasList.Length;

        if (EstadoFisicoSlider.value == 0)
        {
            CalorEspecificoLatenteValue = 79.7f;
            TemperaturaValue = 0f;
        }

        else if (EstadoFisicoSlider.value == 1)
        {
            CalorEspecificoLatenteValue = 540f;
            TemperaturaValue = 100f;
        }
    }
}
```

Fonte: Autoria própria, 2023.

As constantes para o calor específico latente de fusão e de vaporização são diferentes. Elas são tabeladas, assim como a temperatura em que a substância deve estar para ocorrer a transformação. Por isso, o *script* em questão foi organizado por meio de uma estrutura condicional (*if, else*). Essa estrutura funciona da seguinte maneira: se a condição estabelecida for verdadeira, o computador executa um trecho do código, e se não, ele executa outro.

- Atualizar o texto das variáveis de calor sensível

Depois de calcular as variáveis, elas precisam ser atualizadas na tela. Cada conteúdo requer uma manipulação específica das mesmas, por isso o *script* foi dividido em métodos distintos para cada uma, como mostrado na Figura 31.

Figura 31 (a, b, c): Código para atualizar o texto das variáveis do calor sensível nos painéis

(a) Conhecendo as variáveis, (b) Contextualizando e (c) Desafio.

(a)

```
public void AtualizarTextoConhecendoAsVariaveis()
{
    CalorText.text = string.Format("Q = {0:N2} cal", sensibleHeatCalculator.CalorValue);
    MassaText.text = string.Format("m = {0:N2} g", sensibleHeatCalculator.MassaValue);
    CalorEspecificoSensivelText.text = string.Format("c = {0:N2} cal/g°C", sensibleHeatCalculator.CalorEspecificoSensivelValue);
    TemperaturaInicialText.text = string.Format("Ti = {0:N2} °C", sensibleHeatCalculator.TemperaturaInicialValue);
    TemperaturaFinalText.text = string.Format("Tf = {0:N2} °C", sensibleHeatCalculator.TemperaturaFinalValue);
}
```

(b)

```
public void AtualizarTextoContextualizando()
{
    if (showHidePanels.CSEercicio1Text.activeSelf)
    {
        CalorText.text = "Q = ???? cal";
        MassaText.text = "m = 420 g";
        CalorEspecificoSensivelText.text = "c = 1 cal/g°C";
        TemperaturaInicialText.text = "Ti = 10°C";
        TemperaturaFinalText.text = "Tf = 20°C";
    }
}
```

(c)

```
public void SortearVariavelOculta()
{
    SorteioVariavelDesafio = Random.Range(1, 6);
}

public void AtualizarTextoDesafio()
{
    if (SorteioVariavelDesafio == 1)
    {
        CalorText.text = "Q = ???? cal";
        MassaText.text = string.Format("m = {0:N2} g", sensibleHeatCalculator.MassaValue);
        CalorEspecificoSensivelText.text = string.Format("c = {0:N2} cal/g°C", sensibleHeatCalculator.CalorEspecificoSensivelValue);
        TemperaturaInicialText.text = string.Format("Ti = {0:N2} °C", sensibleHeatCalculator.TemperaturaInicialValue);
        TemperaturaFinalText.text = string.Format("Tf = {0:N2} °C", sensibleHeatCalculator.TemperaturaFinalValue);
    }
}
```

Fonte: Autoria própria, 2023.

No primeiro método, todas as variáveis simplesmente recebem o valor calculado pelo *script* anterior. No segundo, elas recebem os dados do exercício que estiver ativo. Já no terceiro, uma variável é sorteada para aparecer como oculta, e as demais recebem o valor calculado previamente. Toda vez que esse método é chamado, o sorteio é refeito.

Assim como em outros *scripts*, essas funções estão dentro do *Update*, para que sejam atualizadas em tempo real.

- Atualizar o texto das variáveis de calor latente

As variáveis do calor latente são atualizadas da mesma forma que as do calor sensível, como mostrado na Figura 32.

Figura 32 (a, b, c): Código para atualizar o texto das variáveis de calor latente nos painéis

(a) Conhecendo as variáveis, (b) Contextualizando e (c) Desafio.

(a)

```
public void AtualizarTextoConhecendoAsVariaveis()
{
    CalorText.text = string.Format("Q = {0:N2} cal", latentHeatCalculator.CalorValue);
    MassaText.text = string.Format("m = {0:N2} g", latentHeatCalculator.MassaValue);
    CalorEspecificoLatenteText.text = string.Format("L = {0:N2} cal/g", latentHeatCalculator.CalorEspecificoLatenteValue);
    TemperaturaText.text = string.Format("T = {0:N2} °C", latentHeatCalculator.TemperaturaValue);
}
```

(b)

```
public void AtualizarTextoContextualizando()
{
    if (showHidePanels.CLEercicio1Text.activeSelf)
    {
        MassaText.text = "m = ??? g";
        CalorText.text = "Q = 3586,5 cal";
        CalorEspecificoLatenteText.text = "L = 79,7 cal/g";
        TemperaturaText.text = string.Format("T = {0:N2} °C", latentHeatCalculator.TemperaturaValue);
    }
}
```

(c)

```
public void SortearVariavelOculta()
{
    SorteioVariavelDesafio = Random.Range(1, 4);
}

public void AtualizarTextoDesafio()
{
    if (SorteioVariavelDesafio == 1)
    {
        CalorText.text = "Q = ??? cal";
        MassaText.text = string.Format("m = {0:N2} g", latentHeatCalculator.MassaValue);
        CalorEspecificoLatenteText.text = string.Format("L = {0:N2} cal/g", latentHeatCalculator.CalorEspecificoLatenteValue);
        TemperaturaText.text = string.Format("T = {0:N2} °C", latentHeatCalculator.TemperaturaValue);
    }
}
```

Fonte: Autoria própria, 2023.

- Conferir respostas do calor sensível

Nos painéis “Contextualizando” e “Desafio”, existe uma caixa de texto para que o usuário digite o valor que acredita ser a resposta correta. Ambos os painéis exigem abordagens diferentes para a checagem das respostas, conforme mostrado na Figura 33.

Figura 33 (a, b): Código para conferir as respostas do usuário nas telas do calor sensível nos painéis

(a) Contextualizando e (b) Desafio.

(a)

```
void ConferirRespostaContextualizando()
{
    RespostasContextualizando();

    if (showHidePanels.CSEercicio1Text.activeSelf)
    {
        Debug.Log("A resposta é: " + ContextualizandoResposta01);
        if (ContextualizandoRespostaDigitada == ContextualizandoResposta01) { reactToAnswer.AtivarPainelReacao(); reactToAnswer.
            AtivarTextoAcertou(); }
        else { reactToAnswer.AtivarPainelReacao(); reactToAnswer.AtivarTextoErrou(); }
    }
}
```

(b)

```
void ConferirRespostaDesafio()
{
    AproximacaoRespostasDesafio();

    if (sensibleHeatCalculator.MassaValue == 0)
    {
        reactToAnswer.AtivarPainelReacao(); reactToAnswer.AtivarTextoMassaZero();
    }

    else
    {
        if (updateVariableTexts.SorteioVariavelDesafio == 1) // Sorteou o calor "Q" como oculto.
        {
            Debug.Log("A resposta é: " + sensibleHeatCalculator.CalorValue);
            if (DesafioRespostaDigitada == AproxCalorValue && gameTimer.GameTime <= 180f) { reactToAnswer.AtivarPainelReacao(); reactToAnswer.
                AtivarTextoAcertouAntes(); }
            else if (DesafioRespostaDigitada == AproxCalorValue && gameTimer.GameTime > 180f) { reactToAnswer.AtivarPainelReacao();
                reactToAnswer.AtivarTextoAcertouDepois(); }
            else { reactToAnswer.AtivarPainelReacao(); reactToAnswer.AtivarTextoErrou(); }
        }
    }
}
```

Fonte: Autoria própria, 2023.

Em “Contextualizando”, o início do código chama uma função que guarda os valores de resposta para todos os exercícios. Em seguida, é feita a verificação do exercício que está ativo na tela, para que então o valor digitado pelo usuário seja comparado com a resposta guardada no *script*.

Caso o usuário acerte, o *script* ativa uma mensagem de acerto e um painel de reação, que é constituído por um fundo escuro para facilitar a leitura da mensagem. Caso o usuário erre, o mesmo painel é ativado, juntamente com um texto de resposta incorreta.

Já no painel “Desafio”, o código começa verificando se o usuário adicionou alguma das substâncias. Caso não tenha adicionado, é exibida uma mensagem pedindo para que faça isso. Essa implementação foi feita para evitar cálculos com a massa valendo zero, o que faria com que as respostas para outras variáveis fossem também zero, ou que qualquer valor fosse aceito (no caso da temperatura).

Em seguida, o *script* puxa o sorteio da variável oculta, descobrindo com que variável ele deve comparar a resposta digitada. Finalmente, o método chama uma função que faz o arredondamento dos valores encontrados nos cálculos anteriores. Esse arredondamento é importante porque em alguns casos, os cálculos devolvem valores com precisão de até 7 casas decimais. Sendo assim, o usuário precisaria digitar uma resposta exatamente igual para que o programa considerasse correta. Então, o *script* arredonda para no máximo duas casas decimais, e o simulador avisa ao usuário para se ater a essa precisão.

A mecânica para ativar os textos de acerto e erro e o painel de reação funciona da mesma forma que em “Contextualizando”. Porém, nesse caso é verificado se o acerto ocorreu antes ou depois do temporizador atingir 3 minutos.

- Conferir respostas do calor latente

O *script* que checa as respostas do calor latente funciona da mesma maneira que o anterior, como pode ser observado na Figura 34.

Figura 34 (a, b): Código para conferir as respostas do usuário nas telas do calor latente nos painéis

(a) Contextualizando e (b) Desafio.

(a)

```
public void ConferirRespostaContextualizando()
{
    RespostasContextualizando();

    if (showHidePanels.CLEercicio1Text.activeSelf)
    {
        Debug.Log("A resposta é: " + ContextualizandoResposta01);
        if (ContextualizandoRespostaDigitada == ContextualizandoResposta01) { reactToAnswer.AtivarPainelReacao(); reactToAnswer.
            AtivarTextoAcertou(); }
        else { reactToAnswer.AtivarPainelReacao(); reactToAnswer.AtivarTextoErrou(); }
    }
}
```

(b)

```

public void ConferirRespostaDesafio()
{
    AproximacaoValoresDesafio();

    if (latentHeatCalculator.MassaValue == 0)
    {
        reactToAnswer.AtivarPainelReacao(); reactToAnswer.AtivarTextoMassaZero();
    }

    else
    {
        if (updateVariableTexts.SorteioVariavelDesafio == 1) // Sorteou o calor "Q" como oculto.
        {
            Debug.Log("A resposta é: " + latentHeatCalculator.CalorValue);
            if (DesafioRespostaDigitada == AproxCalorValue && gameTimer.GameTime <= 180f) { reactToAnswer.AtivarPainelReacao(); reactToAnswer.
                AtivarTextoAcertouAntes(); }
            else if (DesafioRespostaDigitada == AproxCalorValue && gameTimer.GameTime > 180f) { reactToAnswer.AtivarPainelReacao();
                reactToAnswer.AtivarTextoAcertouDepois(); }
            else { reactToAnswer.AtivarPainelReacao(); reactToAnswer.AtivarTextoErrouu(); }
        }
    }
}

```

Fonte: Autoria própria, 2023.

- Reagir às respostas

A função do *script* de reagir às respostas é descobrir onde está o painel de reação e os textos que precisam ser ativados em caso de acerto ou erro da resposta digitada, conforme o painel de conteúdo em que o usuário está. Um desses métodos pode ser visto na Figura 35.

Figura 35: Código para ativar os painéis de reação à resposta.

```

public void AtivarPainelReacao()
{
    if (showHidePanels.ConhecendoVariaveisInfo.activeSelf) { PainelReacao = PainelReacaoConhecendoVariaveis; }
    else if (showHidePanels.ContextualizandoInfo.activeSelf) { PainelReacao = PainelReacaoContextualizando; }
    else if (showHidePanels.DesafioInfo.activeSelf) { PainelReacao = PainelReacaoDesafio; }
    PainelReacao.SetActive(true);
    Invoke(nameof(DesativarPainelReacao), 3.0f);
}

```

Fonte: Autoria própria, 2023.

Ao ativar um painel de reação, é chamado automaticamente um método para desativá-lo em alguns segundos, desativando também os textos que foram colocados dentro desse painel na hierarquia. Com essa funcionalidade, a jogabilidade não é comprometida e o usuário pode continuar tentando responder quantas vezes desejar.

Além disso, sempre que um texto de acerto ou erro é ativado, o som relacionado a ele toca. Isso acontece porque as ferramentas da *Unity* foram utilizadas para colocar os áudios como componentes dos próprios textos.

- Temporizador do desafio

A função de atualizar o temporizador do desafio utiliza uma contagem feita por um método pré-estabelecido da *Unity*, que conta os quadros do programa desde o início da sua execução. O projeto roda a uma taxa de 60 quadros por segundo, então são feitos cálculos matemáticos simples para converter os números em segundos e minutos, como pode ser observado na Figura 36.

Figura 36: Código do temporizador.

```
void AtualizarGameTimeText()
{
    Seconds = (int)(GameTime % 60);
    Minutes = (int)(GameTime / 60) % 60;

    gameTimeText.text = string.Format("{0:00}:{1:00}", Minutes, Seconds);
}
```

Fonte: Autoria própria, 2023.

- Painéis de ajuda

Os botões e painéis de ajuda são um importante tema do subtópico “Conhecendo as variáveis”, em “Interface do usuário”. Cada calor (sensível e latente) possui um texto distinto para: título, fórmula, botões de seleção de substância (*toggles*) e controle deslizante (*slider*), como mostrado na Figura 37.

Figura 37 (a, b): Código para ativar e desativar os painéis de ajuda no (a) Calor Sensível e (b) Calor Latente.

(a)

```
public void CSAtivarTituloHelpPanel() { CSTituloHelpPanel.SetActive(true); }
public void CSDesativarTituloHelpPanel() { CSTituloHelpPanel.SetActive(false); }

public void CSAtivarFormulaHelpPanel() { CSFormulaHelpPanel.SetActive(true); }
public void CSDesativarFormulaHelpPanel() { CSFormulaHelpPanel.SetActive(false); }

public void CSAtivarTogglesHelpPanel() { CSTogglesHelpPanel.SetActive(true); }
public void CSDesativarTogglesHelpPanel() { CSTogglesHelpPanel.SetActive(false); }

public void CSAtivarSliderHelpPanel() { CSSliderHelpPanel.SetActive(true); }
public void CSDesativarSliderHelpPanel() { CSSliderHelpPanel.SetActive(false); }
```

(b)

```

public void CLAtivarTituloHelpPanel() { CLTituloHelpPanel.SetActive(true); }
public void CLDesativarTituloHelpPanel() { CLTituloHelpPanel.SetActive(false); }

public void CLAtivarFormulaHelpPanel() { CLFormulaHelpPanel.SetActive(true); }
public void CLDesativarFormulaHelpPanel() { CLFormulaHelpPanel.SetActive(false); }

public void CLAtivarTogglesHelpPanel() { CLTogglesHelpPanel.SetActive(true); }
public void CLDesativarTogglesHelpPanel() { CLTogglesHelpPanel.SetActive(false); }

public void CLAtivarSliderHelpPanel() { CLSliderHelpPanel.SetActive(true); }
public void CLDesativarSliderHelpPanel() { CLSliderHelpPanel.SetActive(false); }

```

Fonte: Autoria própria, 2023.

O procedimento para habilitar os painéis de ajuda consiste fundamentalmente em associar os objetos correspondentes na *Unity* e conectá-los aos botões de ajuda, permitindo assim a ativação dos painéis mediante um clique. Para desativar os painéis, foi incorporado um botão de fechamento em cada um deles.

Até o momento, os painéis de ajuda foram apresentados exclusivamente na tela “Conhecendo as variáveis”. No entanto, é crucial destacar que, ao identificar a necessidade dessa mecânica em outros locais, eles foram implementados em todas as telas, conforme será abordado no tópico “Testes de aplicabilidade”.

- Controlador das telas

Com exceção dos painéis de ajuda, cada camada de informação que compõe as telas do simulador é referenciada e controlada pelo presente *script*, como mostrado na Figura 38.

Figura 38 (a, b, c): Código para ativar e desativar os painéis (a) Conhecendo as variáveis, (b) Contextualizando - Exercício 01 e (c) Desafio.

(a)

```

public void CSConhecendoAsVariaveis()
{
    ConhecendoAsVariaveis();
    CalorSensivelInfo.SetActive(true);
    CSConhecendoVariaveis.SetActive(true);
}

```

(b)

```
public void CSExercicio1()
{
    ContextualizandoCS();
    CSExercicio1Text.SetActive(true);
}
```

(d)

```
public void CSDesafioo()
{
    Desafio();
    CalorSensivelInfo.SetActive(true);
    CSDesafio.SetActive(true);
}
```

Fonte: Autoria própria, 2023.

Ao acessar o menu geral, o usuário encontra os primeiros botões que dependem desse código para funcionar, convocando o painel de conteúdo correspondente à sua seleção. O *script* “Controlador das telas” estabelece as condições para que cada informação apareça e desapareça na tela do usuário, sendo, portanto, o *script* mais extenso de todos, composto por diversas funções aninhadas.

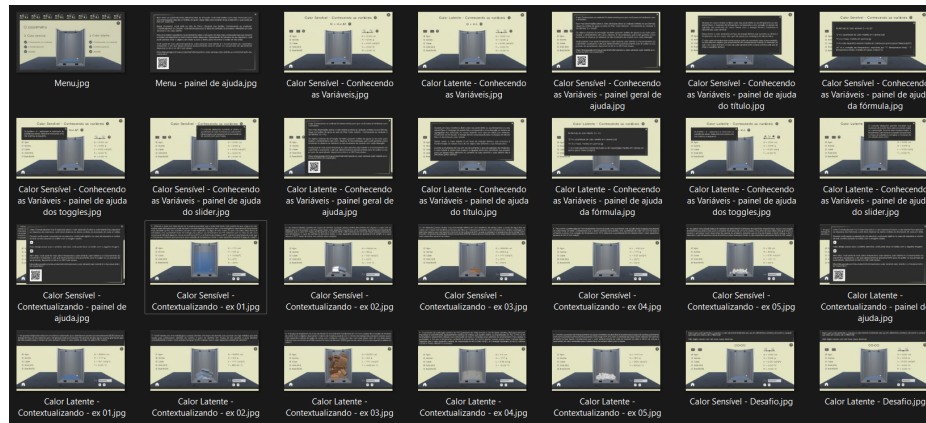
Os métodos foram organizados seguindo a mesma lógica das camadas de informação apresentadas na Figura 16: “Hierarquia do projeto na *Unity*”. Cada método é encarregado de agrupar as informações relativas a um painel de conteúdo específico, permitindo que o programa ative e desative as telas por completo de maneira eficiente.

5.6 Testes de aplicabilidade para a correção de erros e identificação de pontos de melhoria

Após um período de desenvolvimento do projeto como um todo, foram conduzidos alguns testes de aplicabilidade do simulador, por meio da avaliação de membros do Núcleo de Pesquisa e Extensão Tecnológica Baseado em Cultura Maker (NuPeMaker).

A fim de otimizar a experiência do usuário, as mudanças mais significativas foram em relação à adição de mais painéis de ajuda, como mostrado na Figura 39.

Figura 39: Botões e painéis de ajuda adicionados na etapa de aprimoramento.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Além de adicionar painéis de ajuda nas telas que não os continham, a mecânica de funcionamento desses painéis também foi alterada. Antes aparecendo pelo movimento do *mouse* e desaparecendo após alguns segundos de espera, os botões de ajuda agora funcionam por clique.

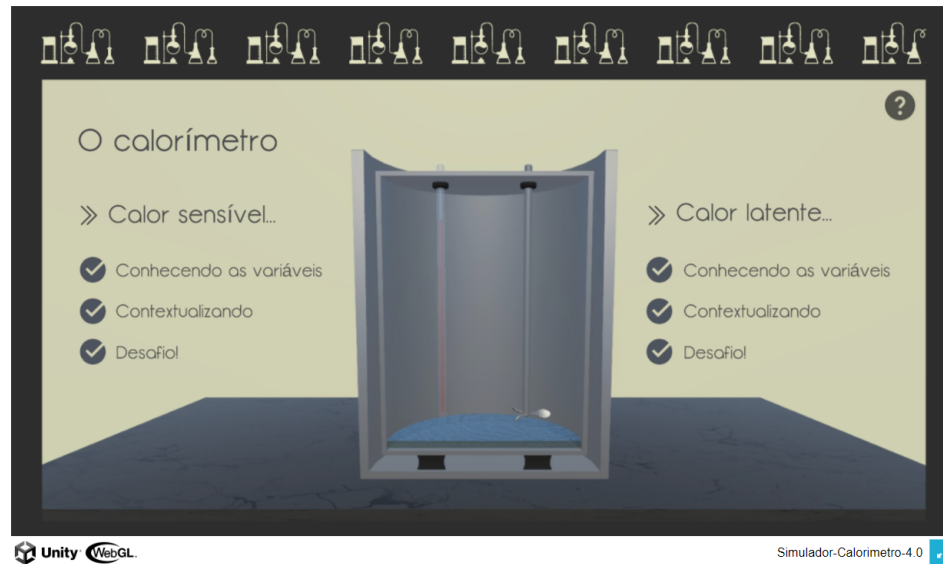
Outros problemas encontrados e corrigidos foram: resolução de erros relacionados ao arredondamento de cálculos com mais de duas casas decimais; criação de um *site* complementar para reforçar o entendimento dos conceitos de temperatura e calor; revisão dos textos que explicam o que é calor sensível e latente, com base em definições de livros didáticos; e remoção dos elementos interativos (botões de controle das substâncias e controle deslizante de calor e estado físico) nas telas de exercícios do painel “Contextualizando”.

Os aspectos supracitados já se encontram incorporados no simulador em funcionamento, e foram atualizados no texto do presente trabalho.

5.7 Publicação do projeto

Finalizado o desenvolvimento do simulador, por meio do serviço gratuito de hospedagem de *sites* que o *GitHub* oferece, o projeto foi publicado e pode ser acessado no *link*: <https://diulytofalo.github.io/Simulador-Calorimetro-4.0/>, como mostrado na Figura 40:

Figura 40: Publicação da versão final do simulador com o *GitHub Pages*.



Fonte: Autoria própria, 2023.

É interessante ressaltar que, nesse formato, o simulador também pode ser acessado pelo celular ou por qualquer aparelho que tenha *internet*. Porém, o *layout* da aplicação foi planejado para as dimensões da tela de um computador. A adaptação para telas menores é uma das alterações futuramente pretendidas.

6 DISCUSSÃO

A partir dos resultados apresentados, é possível realizar um paralelo com os assuntos abordados na seção “Aprendizagem significativa, ativa e gamificada”, presentes na revisão de literatura.

Conforme Moreira (2010), a aprendizagem significativa acontece mediante o contato do aluno com temas que fazem parte do seu cotidiano. No simulador, o painel “Contextualizando” foi desenvolvido diretamente para essa finalidade, buscando aproximar o conteúdo de situações comuns do dia a dia, que poderiam estar presentes na vida dos usuários.

Como apontam Bacich e Moran (2018), a aprendizagem ativa é aquela que envolve os estudantes em atividades práticas nas quais eles mesmos são os protagonistas, que testam e experimentam novas formas de elaborar e compreender ideias. Nesse contexto, a proposta da simulação, centrada na experimentação, está em sintonia com os preceitos defendidos pelos autores. Vale ressaltar ainda a criação do painel "Conhecendo as variáveis" e dos diversos painéis de ajuda, que buscam fornecer o suporte necessário para que o usuário compreenda e utilize o material de maneira autônoma e independente.

Quanto à aprendizagem gamificada, segundo Tolomei (2017), a utilização de jogos e elementos de jogos é benéfica ao processo de ensino-aprendizagem, tornando-o mais atrativo, lúdico e dinâmico ao aluno. O terceiro painel de conteúdo do simulador, intitulado “Desafio”, foi concebido com a finalidade específica de proporcionar esses benefícios. Isso é alcançado por meio de um temporizador que estabelece metas de curto prazo para o usuário, dos painéis de reação imediata às respostas e dos sons incorporados durante a utilização da aplicação.

Continuando para a expansão da discussão, é importante observar que os resultados do trabalho trazem uma análise dos simuladores semelhantes disponíveis na *internet*, avaliando-os pelos critérios de acessibilidade, usabilidade, conteúdo, didática, contextualização e interatividade, e que o planejamento da aplicação desenvolvida levou em consideração esses mesmos critérios.

Nesse sentido, a partir dos testes de aplicabilidade e da comparação com outros simuladores, a acessibilidade do material pode ser considerada razoavelmente satisfatória, pois é possível acessá-lo tanto pelo computador quanto pelo celular, porém algumas adaptações de *layout* ainda são necessárias para dispositivos móveis.

Por outro lado, a usabilidade pode ser considerada satisfatória, uma vez que, apesar da abordagem de conceitos ligeiramente técnicos, o simulador foi concebido com os ideais de simplicidade e facilidade em mente. Esse pensamento guiou as escolhas de *design* do projeto, e para atender à necessidade de aprofundamento nos conceitos sem comprometer a usabilidade, foi elaborado e disponibilizado um *site* complementar ao simulador.

De modo semelhante, tanto o conteúdo quanto a contextualização do material podem ser considerados satisfatórios, pois além da construção do *site* complementar, os exercícios foram elaborados com a premissa da necessidade de contextualização dos conhecimentos, abordando temas cotidianos e apresentando situações comuns do dia a dia.

No que se refere à didática, é importante que a aplicação passe pela fase de testes para que se avalie qualitativamente seu impacto no entendimento dos estudantes, em comparação às aulas expositivas sobre o assunto abordado.

Já a interatividade pode também ser considerada satisfatória, pois o simulador apresenta uma quantidade de objetos interativos igual ou maior às simulações avaliadas, e possui painéis de reação imediata às respostas digitadas pelo usuário.

Sendo assim, o material desenvolvido cabe como ferramenta tanto dentro quanto fora da sala de aula, servindo não só como instrumento de apoio e complemento às aulas de ciências, mas também como uma ferramenta que possibilita a aplicação do ensino híbrido, da aprendizagem por experimentação e do uso da tecnologia no ensino. Todos esses componentes, aliados ao professor como organizador, orientador e motivador, contribuem para um processo de ensino-aprendizagem mais dinâmico e ativo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do trabalho, é possível observar o planejamento, esquematização, modelagem, desenvolvimento, programação, exportação, hospedagem e testagem funcional de um simulador didático para a experiencição virtual de um calorímetro.

A interface é apresentada de maneira intuitiva e amigável, facilitando a navegação e a compreensão dos conteúdos de calor sensível e latente. Os botões e elementos interativos foram cuidadosamente projetados para auxiliar no aprendizado dos usuários e tornar a experiência mais agradável e envolvente.

Com os testes de aplicabilidade, o sistema de verificação de respostas certas e erradas se mostrou eficiente e confiável, permitindo aos usuários avaliar seu desempenho e identificar áreas que precisam de mais estudo e prática.

A acessibilidade, a usabilidade, o conteúdo, a contextualização e a interatividade do material mostraram-se satisfatórias quando comparado a outras aplicações, e por isso, o simulador pode ser considerado uma ferramenta valiosa para o ensino-aprendizagem.

No entanto, é importante ressaltar que ele ainda não passou pela fase de testes com estudantes. Dessa maneira, pesquisas futuras podem ser realizadas para avaliar sua eficácia em diferentes contextos educacionais, e com o seu aperfeiçoamento, espera-se diminuir a defasagem de conhecimento no ensino-aprendizado de química e física.

A perspectiva para os próximos trabalhos inclui a elaboração de simulações complementares ao atual projeto, acerca dos principais equipamentos e experimentos necessários à exploração das ciências naturais. Para tanto, planeja-se construir um grupo de pesquisa interdisciplinar com representantes das áreas de química, física, biologia, tecnologias e didática.

Sendo assim, este é apenas o início de um projeto colaborativo interdisciplinar de produção de materiais didáticos, que busca trazer ferramentas facilitadoras da abordagem prática, digital e interativa para o ensino-aprendizado de ciências.

REFERÊNCIAS

- AUGUSTO, Thaís Gimenez da Silva; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Dificuldades para a implantação de práticas interdisciplinares em escolas estaduais, apontadas por professores da área de ciências da natureza. **Investigações em Ensino de Ciências**, [s. l.], v. 12, p. 139-154, 2007.
- BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.
- BACICH, Lilian; TANZI NETO, Adolfo; TREVISANI, Fernando de Mello. **Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre: Penso, 2015.
- BARBOSA, Cairo Dias et al. O uso de simuladores via smartphone no ensino de ciência como ferramenta pedagógica na abordagem de conteúdos contextualizados de física. **Scientia Plena**, Marabá -PA, v. 13, n. 1, 2017.
- BASSALO, José Maria Filardo. A crônica do calor: Calorimetria. **Revista brasileira de ensino de física**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 29-38, 1992.
- BELO, Taciane Nascimento; LEITE, Luísa Beatriz Paixão; MEOTTI, Paula Regina Melo. As dificuldades de aprendizagem de química: um estudo feito com alunos da Universidade Federal do Amazonas. **Scientia Naturalis**, [s. l.], v. 1, n. 3, p. 1-9, 2019.
- BUENO, Debora Gonçalves. **Uso da experimentação para o ensino de calorimetria: uma proposta metodológica**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Faculdade de Educação e Meio Ambiente, Ariquemes - RO, 2019.
- CARDOSO, Gilson de Oliveira; GIRAFFA, Lucia Maria Martins. O material didático digital na perspectiva da educação integral: caminhos para reflexões. **Revista de Educação**, Brasília, v. 143, n. 156, 2018.
- CELESTINO, Marcelo Salvador; VALENTE, Vânia Cristina Pires Nogueira. Aplicabilidade e benefícios de softwares e simuladores em processos de ensino-aprendizagem. **Educação Temática Digital**, Campinas, SP, v. 23, n. 4, p. 881-903, 2021.
- CRUZ, Érica. Calor e temperatura no ensino da termodinâmica: o senso comum e o conceito científico. **Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 12, ed. 38, 2012.
- DOMINGUINI, Lucas et al. O ensino de ciências em escolas da rede pública: limites e possibilidades. **Cadernos de Pesquisa em Educação - PPGE/UFES**, Vitória, ES, v. 18, n. 36, p. 133-146, 2012.
- FALKEMBACH, Gilse Antoninha Morgental. Concepção e desenvolvimento de material educativo digital. **Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, 2005.
- FIFTY SOUNDS. **Royalty free music for commercial use**. [s. l.], 2020. Disponível em:

<https://www.fiftysounds.com/>. Acesso em: 24 ago. 2023.

FREEMAN, Scott et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences - PNAS**, Washington D.C., USA, v. 111, n. 23, p. 8410-8415, 2014.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FTD Digital. Simuladores. **Editora FTD**, [s. l.], 2022. Disponível em: <https://digital.ftd.com.br/conheca-objetos-simuladores>. Acesso em: 27 ago. 2022.

GALLO, Gabriel Francisco Sahm. **Uso da computação gráfica para ensino de astronomia: desenvolvimento de um software educacional utilizando Unity**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Universidade Estadual Paulista, Bauru - SP, 2023.

GOMES, Érica Cupertino; SOUZA, Xaieny Luiza de; ROCHA, Alexsandro Silvestre da. **Uso de simuladores para potencializar a aprendizagem no ensino da física**. Araguaína, TO: EDUFT, 2020.

ICONS8. **Ícones, ilustrações, fotos, músicas e ferramentas de design**. [s. l.], 2023. Disponível em: <https://icons8.com.br/>. Acesso em: 2 fev. 2023.

ISTOCK PHOTO. **Banco de fotos, imagens, vetores e vídeos de stock**. [s. l.], 2023. Disponível em: <https://www.istockphoto.com/br>. Acesso em: 2 fev. 2023.

IUPAC, International Union of Pure and Applied Chemistry. **Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry**, 3rd Edition. Oxford: Blackwell Science, 2007.

LABSTER APS. **Calorimetry: using a bomb calorimeter**. [s. l.], 2023. Disponível em: <https://www.labster.com/simulations/calorimetry-using-a-bomb-calorimeter-new>. Acesso em: 10 maio 2023.

LIMA, Antonia Suzete Freire de. **O ensino de química e a relação com o cotidiano: Dificuldades e desafios**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, 2017.

MELO, Bianca Joaquim Albuquerque de. Produção de Material Didático Digital para Ambientes Virtuais de Aprendizagem. **CIET - EnPED: Congresso Internacional de Educação e Tecnologias - Encontro de Pesquisadores em Educação à Distância**, São Carlos - SP, 2018.

MIRO. **Faça iterações, crie diagramas e solte sua criatividade rapidamente**. [s. l.], 2023. Disponível em: <https://miro.com/pt/app/>. Acesso em: 15 fev. 2023.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa crítica**. Instituto de Física da UFRGS, Porto Alegre, RS, 2010.

MOREIRA, Sandra Seabra. PNLD, Descompasso no digital. **Revista Educação**, Santa Maria, RS, ed. 284, 2022.

NIST, *National Institute of Standards and Technology*. **NIST Chemistry WebBook: Standard Reference Database 69**. [s. l.], 2021. Disponível em: <https://webbook.nist.gov/chemistry/>. Acesso em: 24 nov. 2022.

PEARSON EDUCATION. **Calorimetry**. [s. l.], 2014. Disponível em: <https://media.pearsoncmg.com/calorimetry>. Acesso em: 10 maio 2023.

PHET INTERACTIVE SIMULATIONS. **Estados da matéria**: Fundamentos. [s. l.], 2023. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics>. Acesso em: 10 maio 2023.

PHET INTERACTIVE SIMULATIONS. **Formas e transformações de energia**. [s. l.], 2023. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes>. Acesso em: 10 maio 2023.

PINHEIRO, Vinicius Serejo. **Produto educacional**: física na criação de jogos eletrônicos em Unity 3D. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - Campus Parnaíba, Bauru - SP, 2018.

RIBEIRO FILHO, José Gomes. **Nota de aula: temperatura e calor**. [s. l.], 2018. Disponível em: <https://docplayer.com.br/nota-de-aula-temperatura-e-calor>. Acesso em: 6 out. 2022.

SANTANA, Camila de Fatima; CASTRO, Denise Leal de. Ensino de Química em repositórios digitais: Uma análise de simuladores sob o viés da experimentação por investigação. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 1-20, 2019.

SANTOS, Lucelia Rodrigues dos; MENEZES, Jorge Almeida de. A experimentação no ensino de Química: principais abordagens, problemas e desafios. **Revista Eletrônica Pesquiseduca**, v. 12, n. 26, p. 180-207, 2020.

SILVA, Agmar José de Jesus; EGAS, Vera Sintia da Silva. Percepção da importância do uso de atividades experimentais na aprendizagem de química de um grupo de estudantes concluintes do ensino médio em uma escola pública em Tefé/AM. **Revista Insignare Scientia**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 209-234, 2022.

SILVA, André Luís de Almeida; MELO, Wilson de Souza; FREITAS, Alysson Miranda de. Uma proposta para o ensino de calorimetria utilizando a plataforma Arduino em uma sequência didática diversificada. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 7, n. 1, p. 20-38, 2023.

SILVA, Dayse Pereira da. **Questões propostas no planejamento de atividades experimentais de natureza investigativa no ensino de química**: reflexões de um grupo de professores. 2011. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de São Paulo, 2011.

SILVA, João Batista da. Ensino híbrido e Tecnologias digitais na educação básica: algumas contribuições do *Google Classroom*. **Revista Cocar**, Fortaleza, v. 14, n. 30, p. 1-17, 2020.

SILVA, Salomão Martins da. **Determinação experimental do calor específico do ferro, alumínio e cobre**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Física) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá - PA, 2016.

TAVARES, Guilherme W.; PRADO, Alexandre G. S. Calorímetro de gelo: uma abordagem histórica e experimental para o ensino de química na graduação. **Química nova**, São Paulo, v. 33, n. 9, p. 1987-1990, 2010.

TÓFOLO, Diuly Pereira. **Simulador Calorímetro 4.0**. [s. l.], 2023. Disponível em: <https://diulytofalo.github.io/Simulador-Calorimetro-4.0/>. Acesso em: 28 set. 2023.

TÓFOLO, Diuly Pereira. **Temperatura, calor sensível, calor latente e o funcionamento do calorímetro**. [s. l.], 2023. Disponível em: <https://sites.google.com/view/calorimetro/temperatura-calor-sensivel-calor-latente-e-o-funcionamento-do-calorimetro>. Acesso em: 28 set. 2023.

TOGINHO FILHO, Dari de Oliveira. **Calor específico de metais**. Universidade Estadual de Londrina, 2012.

TOLOMEI, Bianca Vargas. A gamificação como estratégia de engajamento e motivação na educação. **EaD em Foco**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 145-156, 2017.

UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER. **PhET: Interactive Simulations**. [s. l.], 2023. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt/>. Acesso em: 05 jan. 2023.

VASCAK. **Calorímetro**. [s. l.], 2019. Disponível em: https://www.vacak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_kalorimetr&l=pt. Acesso em: 10 maio 2023.

VILLAS BÔAS, Newton; DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José. **Tópicos de física, volume 2: Termologia, ondulatória e óptica**. 19. ed. São Paulo: Saraiva, 2012.

VITOR, Alice Correia Gonçalves; SILVA, Kaliana Mendes da; LOPES, Carla Bismarck. Análise das principais dificuldades enfrentadas pelos professores quanto ao ensino de ciências da natureza em meio a pandemia do Covid-19. **VII Conedu**, [s. l.], 2020.

APÊNDICE A: *SITE CRIADO PARA A COMPLEMENTAÇÃO DO SIMULADOR*

➤ Temperatura

A temperatura é a grandeza que caracteriza o estado térmico de um sistema. As principais unidades de medida da temperatura são graus Celsius, Fahrenheit e Kelvin, e o instrumento de medição mais usado é o termômetro.

É comum as pessoas avaliarem o estado térmico de um objeto pela sensação de quente ou frio que sentem ao tocá-lo. Embora não exista um limite superior para a temperatura de um material, existe um limite inferior, o zero absoluto, representado como o zero da escala Kelvin de temperatura.

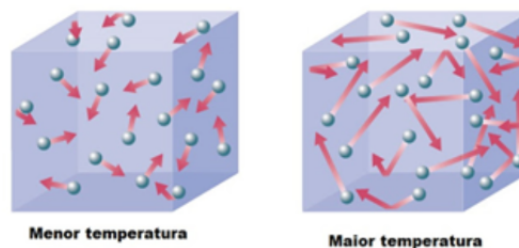
Muitos materiais apresentam variações significativas em suas propriedades quando são aquecidos ou resfriados. O volume dos líquidos, de alguns sólidos (como barras de metal) e a resistência elétrica de um fio tendem a aumentar com o aumento da temperatura e diminuir com a queda da mesma. Essas alterações podem ser usadas como base para a compreensão do conceito de temperatura.

Entretanto, numa perspectiva microscópica, a temperatura nada mais é do que a intensidade de agitação das moléculas de um corpo. Quanto maior o grau de agitação molecular, maior a temperatura, e quanto menor a agitação molecular, menor a temperatura.



Fonte: Guia do estudante. Temperatura.

Disponível em: <<https://guiadoestudante.abril.com.br/curso-enem/temperatura/>>

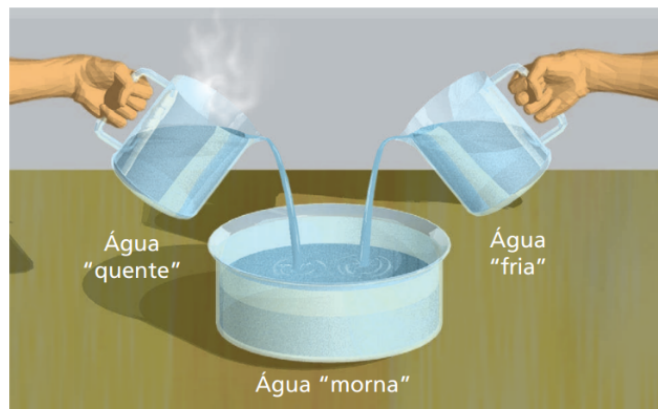


Fonte: Ciência em ação. Pressão, volume e temperatura.

Disponível em: <<https://cienciaemacao.com.br/pressao-volume-e-temperatura/>>

➤ Equilíbrio térmico

Quando dois corpos com diferentes temperaturas são colocados juntos em um sistema isolado, é observado que suas temperaturas entram em equilíbrio após um intervalo de tempo. O corpo com maior temperatura transfere parte da energia de agitação de suas moléculas para o corpo com menor temperatura, até que seus estados térmicos fiquem iguais. Dizemos, então, que esses corpos atingiram o equilíbrio térmico.

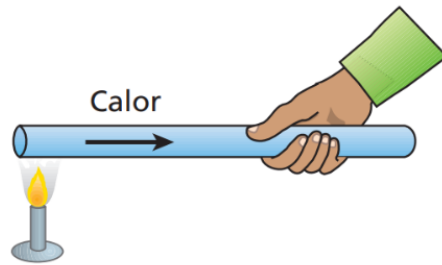


As partículas da água quente fornecem parte de sua energia de agitação para as partículas da água fria. Com esse fluxo de energia, a água fria esquenta e a água quente esfria. A troca de energia só é interrompida quando o equilíbrio térmico é atingido (toda a água se estabiliza na mesma temperatura).

Fonte: Newton Villas Bôas, Ricardo Helou Doca e Gualter José Biscuola. Tópicos de física, volume 2: Termologia, ondulatória e óptica. 19. ed. São Paulo: Saraiva, 2012.

➤ Calor

O calor é o fluxo de energia térmica. Como visto anteriormente, quando dois corpos com temperaturas diferentes são colocados em contato, o de maior temperatura fornece energia ao de menor temperatura, e enquanto a energia térmica está em trânsito, ela é denominada calor.



Na situação representada, o calor propaga-se da extremidade esquerda da barra, em contato com o fogo, para a extremidade direita. Note que o calor flui naturalmente da região de maior temperatura para a de menor temperatura.

Fonte: Newton Villas Bôas, Ricardo Helou Doca e Gualter José Biscuola. Tópicos de física, volume 2: Termologia, ondulatória e óptica. 19. ed. São Paulo: Saraiva, 2012.

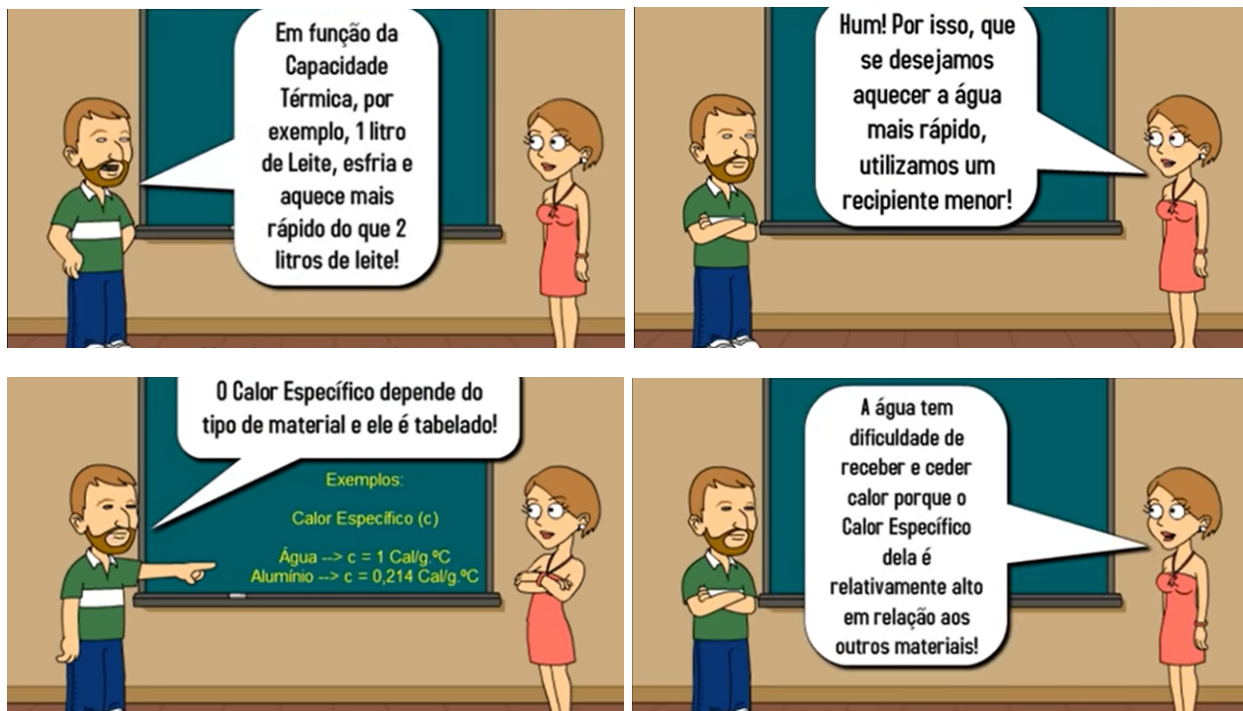
➤ Capacidade térmica e calor específico

Ao visitarmos a praia pela manhã, observamos que a água do mar está gelada, enquanto a areia da praia está quentinha, e fica cada vez mais quente com o passar do dia, recebendo o calor do sol. No momento mais quente do dia, a areia estará a ponto de queimar os pés, e a água do mar ainda estará fria. Contudo, ao cair da noite, a areia perde todo o seu calor, e a água do mar atinge seu momento de maior temperatura, estando mais quente do que esteve durante o dia.

Esse fenômeno acontece porque diferentes materiais possuem diferentes capacidades térmicas, que é a propriedade de guardar ou perder calor. A capacidade térmica da água é muito maior do que a da areia, o que significa que ela precisa de muito mais calor para aumentar sua temperatura, e quando está quente, precisa também perder muito mais calor para que fique fria. Sendo assim, a areia da praia, por ter uma capacidade térmica menor, é aquecida e resfriada mais facilmente que a água do mar.

A capacidade térmica (C) de um corpo indica a quantidade de calor que ele precisa receber ou ceder para que sua temperatura varie uma unidade. Já o calor específico (c) indica a quantidade de calor que cada unidade de massa do corpo precisa receber ou ceder para que sua temperatura varie uma unidade.

Desse modo, a principal diferença entre essas propriedades é que a capacidade térmica analisa o corpo como um todo, enquanto o calor específico analisa cada unidade de massa do corpo. Por isso, o calor específico é considerado uma característica do próprio material que compõe o corpo, e pode ser tabelado a partir de testes experimentais.



Fonte: Professor Viégas. Capacidade térmica x calor específico.

Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=capacidade-termica-x-calor-especifico>>

Nota: A expressão matemática que relaciona a capacidade térmica (C) e o calor específico (c) é: $C = m \cdot c$, onde m é a massa do objeto.

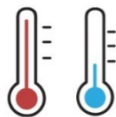
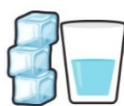
➤ Calor sensível e calor latente

Quando um corpo recebe ou libera calor, isso pode afetar ou sua temperatura ou seu estado físico. A mudança de temperatura corresponde a uma variação no estado de agitação das partículas do corpo. Nesse caso, a energia térmica transferida é denominada calor sensível. A mudança de estado físico corresponde a uma alteração no estado de agregação das partículas do corpo, fazendo com que um sólido, por exemplo, transforme-se em líquido. A energia térmica responsável pelas mudanças de estado físico é denominada calor latente.

Dessa forma, o calor sensível é um fluxo de energia térmica que aumenta ou diminui a temperatura de um corpo, sem que ele passe por mudanças de estado físico. O calor sensível recebe esse nome porque pode ser sentido diretamente, ao encostar em objetos que se encontram em temperaturas maiores ou menores do que a do corpo humano. O fluxo de calor sensível entre corpos continua até que se atinja o equilíbrio térmico.

Por outro lado, o calor latente é um fluxo de energia térmica que provoca a transformação do estado físico de um objeto, não afetando a sua temperatura. Durante as mudanças de fase, em vez

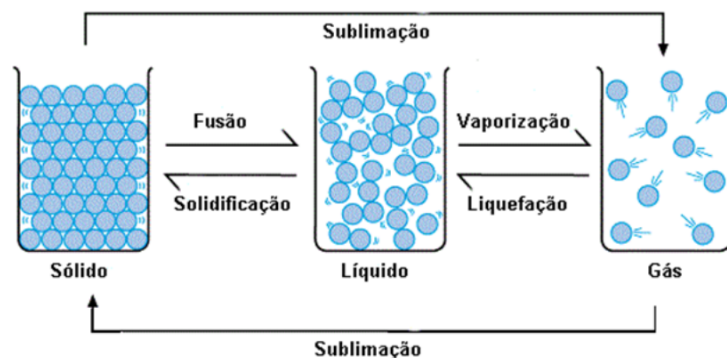
de aumentar o grau de agitação das moléculas, o calor latente é usado para quebrar as ligações entre elas, permitindo que passem para um estado físico diferente. Ao contrário do calor sensível, o calor latente não é percebido pelos sentidos.

	Calor sensível Provoca variação na temperatura  $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$ Na fórmula do calor sensível, $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$: "Q" é a quantidade de calor, medida em calorias (cal); "m" é a massa, medida em gramas (g); "c" é o calor específico sensível, medido em calorias por grama graus Celsius (cal/g°C); "ΔT" é a variação de temperatura, calculada por "Tf" (temperatura final) - "Ti" (temperatura inicial), e medida em graus Celsius (°C).	Calor latente Provoca alteração no estado físico  $Q = m \cdot L$ Na fórmula do calor latente, $Q = m \cdot L$: "Q" é a quantidade de calor, medida em calorias (cal); "m" é a massa, medida em gramas (g); "L" é o calor específico latente (de fusão ou de vaporização), medido em calorias por grama graus Celsius (cal/g°C).
---	---	---

Fonte: Planejativo. Resumo de calor sensível. Disponível em: <<https://app.planejativo.com/estudar/calor-sensivel>>

Como o calor latente está relacionado às mudanças de estado físico, existem quatro possibilidades: fusão, solidificação, vaporização e liquefação. Dessa maneira:

- o calor latente de fusão-solidificação indica a quantidade de calor que cada unidade de massa da substância precisa receber para que ocorra sua fusão ou ceder para que ocorra sua solidificação.
- o calor latente de vaporização-liquefação indica a quantidade de calor que cada unidade de massa da substância precisa receber para que ocorra sua vaporização ou ceder para que ocorra sua liquefação.



Fonte: PIBID e o Ensino de Química. Mudanças de Estado Físico da Matéria.

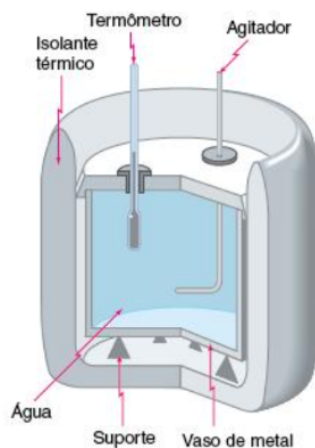
Disponível em: <<https://guilpibid.blogspot.com/2016/04/mudancas-de-estado-fisico-da-materia.html>>

Considerando que a única diferença entre a fusão e a solidificação é o caminho da reação (ganho ou perda de energia), o valor da constante de calor latente para ambos os casos é o mesmo. O mesmo acontece com a vaporização e a liquefação. Por isso, é possível simplificar os termos como apenas "calor latente de fusão" e "calor latente de vaporização". Para a água, por exemplo, o calor latente de fusão (a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$) equivale a 80 cal/g , enquanto o de vaporização (a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$) equivale a 540 cal/g .

➤ O calorímetro

O calorímetro é um aparelho termicamente isolado do ambiente, muito usado para possibilitar o cálculo da quantidade de calor deslocado entre dois corpos. De modo semelhante a uma garrafa térmica, possui no seu interior uma superfície reflexiva para impedir a propagação do calor, e no exterior uma camada grossa de material isolante, com um termômetro e um agitador acoplados.

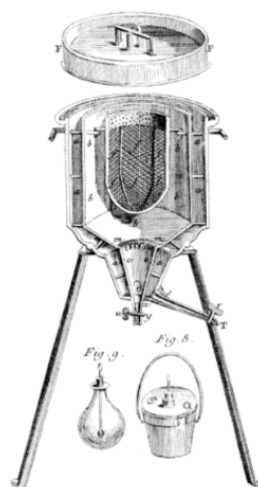
Com o termômetro medindo as temperaturas inicial e final da solução, e o agitador auxiliando na sua mistura, o calorímetro possibilita encontrar qualquer uma das variáveis envolvidas nas fórmulas do calor sensível ou latente, desde que se tenham as demais variáveis. Um calorímetro é denominado ideal quando, além de impedir as trocas de calor entre seu conteúdo e o meio externo, não troca calor com os corpos nele contidos. Esse tipo de calorímetro existe somente na teoria, mas aparece com frequência em exercícios, para facilitar os cálculos, e pode ser replicado em simulações computacionais.



Fonte: José Gomes Ribeiro Filho. Nota de aula: temperatura e calor.

Disponível em: <<https://docplayer.com.br/nota-de-aula-temperatura-e-calor>>

O primeiro calorímetro foi construído em 1784, pelos cientistas Laplace e Lavoisier, e ficou conhecido como “Calorímetro de gelo”. O seu funcionamento é descrito da seguinte maneira: "No recipiente interno é colocado um objeto à alta temperatura, previamente aquecido. Quando esse objeto que estava à alta temperatura estiver à temperatura do gelo, certa quantia de água é formada pelo derretimento do gelo, podendo ser drenada pela torneira de baixo e pesada posteriormente. Conhecendo o calor de fusão do gelo, o calor liberado por esse processo pode ser calculado pela massa de gelo fundido durante o processo".



Fonte: Laplace e Lavoisier, 1784, citado por Guilherme W. Tavares e Alexandre G. S. Prado. Calorímetro de gelo: uma abordagem histórica e experimental para o ensino de química na graduação. Química Nova, São Paulo, 2010, p. 1987.

➤ Simulação do funcionamento de um calorímetro

Sendo um equipamento simples e de fácil entendimento, mas que nem sempre está presente nos laboratórios de ciências, preparamos uma simulação prática, digital e interativa de um calorímetro funcionando pertinho de você, bem aí na sua tela, pra te ajudar a entender melhor os conteúdos de calor sensível e calor latente!



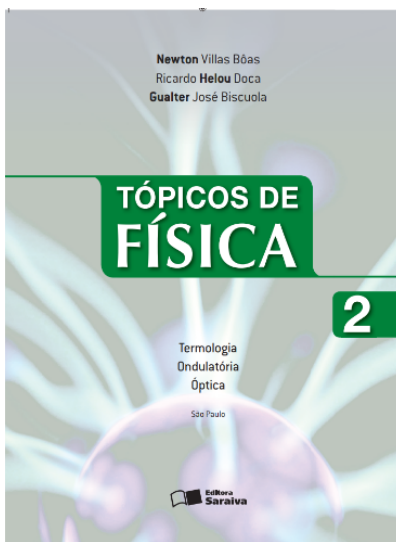
Entenda as variáveis envolvidas no cálculo dos calores sensível e latente, consolide seu conhecimento com exercícios e se divirta com desafios acessando o simulador: O calorímetro.

Fonte: Diuly Tófaló. O calorímetro.

Disponível em: <<https://diulytofalo.github.io/Simulador-Calorimetro-4.0/>>

➤ Sugestão de leituras para aprofundamento

Os materiais a seguir foram usados como base para a apresentação dos conceitos abordados, e podem ser úteis como leitura para aprofundamento no estudo da termodinâmica e da calorimetria:



Fonte: Newton Villas Bôas, Ricardo Helou Doca e Gualter José Biscuola. Tópicos de física, volume 2: Termologia, ondulatória e óptica. 19. ed. São Paulo: Saraiva, 2012.



Fonte: David Halliday e Robert Resnick. Fundamentos de física, volume 2: Gravitação, ondas e termodinâmica. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.



Fonte: Herch Moysés Nussenzveig. Curso de física básica, volume 2: Flúidos, oscilações, ondas e calor. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

➤ Sugestão de simulações complementares

Além do simulador indicado, existem diversos outros que também abordam calor e energia de maneira lúdica e didática, disponíveis na plataforma *PhET Interactive Simulations*:



Fonte: PhET Interactive Simulations.
Formas e transformações de energia.
Disponível em:
<<https://phet.colorado.edu/pt/simulations/energy-forms-and-changes>>



Fonte: PhET Interactive Simulations.
Energia do parque de skate: Básico.
Disponível em:
<<https://phet.colorado.edu/pt/simulations/energy-skate-park-basics>>



Fonte: PhET Interactive Simulations.
Estados da matéria: Fundamentos.
Disponível em:
<<https://phet.colorado.edu/pt/simulations/states-of-matter-basics>>



Fonte: PhET Interactive Simulations.
Estados da matéria.
Disponível em:
<<https://phet.colorado.edu/pt/simulations/states-of-matter>>

APÊNDICE B: TEXTOS DO SIMULADOR

➤ Tela do Menu

- Botão de ajuda:

Bem vindo ao calorímetro! Nas diferentes telas do simulador você verá botões como esse, marcados com uma interrogação. Eles são os botões de ajuda, clique neles para receber dicas e descobrir o que pode ser feito em cada tela.

Nesse momento, você está na tela do Menu. Clicando nos botões "Conhecendo as variáveis", "Contextualizando" ou "Desafio", você será levado para as telas de conteúdo do simulador, referentes ao calor sensível ou ao calor latente.

Para uma melhor experiência, recomendamos utilizar o simulador em tela cheia. Você pode fazer isso clicando no botão azul disponível no canto inferior direito dessa aba. Dependendo do tamanho do seu dispositivo, você pode precisar rolar a página para baixo e para a direita para encontrar o botão de tela cheia.

Você pode ler mais sobre temperatura, calor sensível, calor latente e o funcionamento do calorímetro acessando o site que desenvolvemos exclusivamente para te auxiliar na sua jornada de aprendizado, disponível no link e no QR Code abaixo:

<https://sites.google.com/view/calorimetro/temperatura-calor-sensivel-calor-latente-e-o-funcionamento-do-calorimetro>



➤ Tela “Conhecendo as variáveis” - Calor Sensível

- Botão de ajuda:

A tela "Conhecendo as variáveis" foi desenvolvida para que você possa se familiarizar com o simulador.

Para mais informações sobre o calor sensível e sobre as variáveis contidas na sua fórmula, clique nos botões de ajuda ao lado do título "Calor Sensível - Conhecendo as variáveis" e da fórmula " $Q = m.c.\Delta T$ ".

Os objetos clicáveis da simulação também possuem botões de ajuda ao seu lado, para facilitar o entendimento de como utilizá-los. É recomendado que você aprenda como funcionam e observe os números na tela mudarem de acordo com cada interação.

Você pode ler mais sobre temperatura, calor sensível, calor latente e o funcionamento do calorímetro acessando o site que desenvolvemos exclusivamente para te auxiliar na sua jornada de aprendizado, disponível no link e no QR Code abaixo:

<https://sites.google.com/view/calorimetro/temperatura-calor-sensivel-calor-latente-e-o-funcionamento-do-calorimetro>



- Título:

Quando um corpo recebe ou libera calor, isso pode afetar ou sua temperatura ou seu estado físico. A mudança de temperatura corresponde a uma variação no estado de agitação das partículas do corpo. Nesse caso, a energia térmica transferida é denominada calor sensível.

Dessa forma, o calor sensível é um fluxo de energia térmica que aumenta ou diminui a temperatura de um corpo, sem que ele passe por mudanças de estado físico.

O calor sensível recebe esse nome porque pode ser percebido pelos nossos sentidos, ao encostar em objetos que se encontram em temperaturas maiores ou menores do que a do corpo humano. O fluxo de calor sensível entre corpos continua até que se atinja o equilíbrio térmico.

- Fórmula:

Na fórmula do calor sensível, $Q = m.c.\Delta T$:

"Q" é a quantidade de calor, medida em calorias (cal);

"m" é a massa, medida em gramas (g);

"c" é o calor específico sensível, medido em calorias por grama grau Celsius (cal/g°C);

" ΔT " é a variação de temperatura, calculada por " T_f " (temperatura final) - " T_i " (temperatura inicial), e medida em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

- Botões de controle das substâncias:

Os botões + e - adicionam e removem as substâncias abaixo. Selecione marcando uma das bolinhas à esquerda.

- Controle deslizante de fonte de calor:

O controle deslizante aumenta e diminui a quantidade de calor fornecida ao calorímetro, influenciando a temperatura final da substância de acordo com sua massa.

➤ Tela “Conhecendo as variáveis” - Calor latente

- Botão de ajuda:

A tela "Conhecendo as variáveis" foi desenvolvida para que você possa se familiarizar com o simulador.

Para mais informações sobre o calor latente e sobre as variáveis contidas na sua fórmula, clique nos botões de ajuda ao lado do título "Calor Latente - Conhecendo as variáveis" e da fórmula " $Q = m.L$ ".

Os objetos clicáveis da simulação também possuem botões de ajuda ao seu lado, para facilitar o entendimento de como utilizá-los. É recomendado que você aprenda como funcionam e observe os números na tela mudarem de acordo com cada interação.

Você pode ler mais sobre temperatura, calor sensível, calor latente e o funcionamento do calorímetro acessando o site que desenvolvemos exclusivamente para te auxiliar na sua jornada de aprendizado, disponível no link e no QR Code abaixo:

<https://sites.google.com/view/calorimetro/temperatura-calor-sensivel-calor-latente-e-o-funcionamento-do-calorimetro>



- Título:

Quando um corpo recebe ou libera calor, isso pode afetar ou sua temperatura ou seu estado físico. A mudança de estado físico corresponde a uma alteração no estado de agregação das partículas do corpo, fazendo com que um sólido, por exemplo, transforme-se em líquido. A energia térmica responsável pelas mudanças de estado físico é denominada calor latente.

Sendo assim, o calor latente é um fluxo de energia térmica que provoca a transformação do estado físico de um objeto, não afetando a sua temperatura.

Durante as mudanças de fase, em vez de aumentar o grau de agitação das moléculas, o calor latente é usado para quebrar as ligações entre elas, permitindo que passem para um estado físico diferente. Ao contrário do calor sensível, o calor latente não é percebido pelos sentidos.

- **Fórmula:**

Na fórmula do calor latente, $Q = m.L$:

"Q" é a quantidade de calor, medida em calorias (cal);

"m" é a massa, medida em gramas (g);

"L" é o calor específico latente (de fusão ou de vaporização), medido em calorias por grama graus Celsius (cal/g°C).

- **Botões de controle das substâncias:**

Os botões + e - adicionam e removem as substâncias abaixo. Selecione marcando uma das bolinhas à esquerda.

- **Controle deslizante de mudança de estado físico:**

O controle deslizante permite escolher que mudança de estado físico está ocorrendo: fusão ou vaporização. Durante essa transformação, a temperatura permanece constante até que toda a massa da substância complete a mudança de um estado para outro.

➤ **Tela “Contextualizando” - Calor sensível**

- **Botão de ajuda:**

A tela "Contextualizando" traz 5 exercícios sobre o calor sensível e 5 sobre o calor latente. Para descobrir as respostas dos exercícios, você deve observar os dados contidos no enunciado de cada um deles.

Quando você souber a resposta de um exercício, você pode digitá-la na caixa de respostas e conferir se está correta clicando no botão com a imagem abaixo:



Caso deseje passar para o próximo exercício, você pode clicar no botão com a seguinte imagem:



Além disso, você pode ler mais sobre temperatura, calor sensível, calor latente e o funcionamento do calorímetro acessando o site que desenvolvemos exclusivamente para te auxiliar na sua jornada de aprendizado, disponível no link e no QR Code abaixo:

<https://sites.google.com/view/calorimetro/temperatura-calor-sensivel-calor-latente-e-o-funcionamento-do-calorimetro>



- Exercício 1:

Visitando a praia num belo dia de sol, é possível perceber que a areia está muito mais quente do que a água do mar, muitas vezes até queimando os pés de quem caminha descalço. Enquanto isso, o mar está gelado, desanimando os banhistas mais sensíveis ao frio. Isso acontece porque o calor específico da água é muito maior do que o da areia, dessa forma é necessário uma quantidade maior de energia para elevar sua temperatura em 1°C . Sabendo que no início do dia uma amostra de 420 g de água do mar se encontrava a 10°C , e no final do dia chegou a 20°C , calcule a quantidade de calor que o Sol precisou fornecer para provocar essa variação de temperatura. Dado: o calor específico sensível da água é $1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$. Resposta: $Q = 4.200 \text{ cal}$.

- Exercício 2:

Ao colocar bebidas quentes em copos de alumínio, qualquer pessoa sentirá desconforto em segurar o copo com os dedos. Isso ocorre porque o alumínio possui baixo calor específico e,

portanto, sofre variações de temperatura facilmente. Sabendo que o copo tem massa de 162 gramas, e a bebida dentro dele forneceu em torno de 782,46 calorias, descubra a que temperatura o copo de alumínio se encontra. Dados: o calor específico sensível do alumínio é $0,21 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$, e o copo estava a 20°C antes de entrar em contato com a bebida.

Resposta: $T_f = 43^\circ\text{C}$.

- Exercício 3:

Um eletricista precisa realizar uma manutenção elétrica em uma residência. Ele deseja soldar a ponta de alguns fios de cobre com massa total de 268,8 g. Para isso, ele utiliza um maçarico que fornece calor suficiente para realizar a soldagem. O eletricista registra que a temperatura inicial do fio de cobre é de 22°C , e após a soldagem, a temperatura do fio atinge 102°C . Durante o processo de soldagem, foram consumidas 1935,36 calorias de sua fonte de calor. Com base nesses dados, calcule o calor específico sensível do cobre.

Resposta: $c = 0,09 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$.

- Exercício 4:

Para evitar a proliferação de microorganismos nocivos à saúde, uma quantidade x de solução ácida é jogada nas piscinas do clube todas as noites. Considerando que o ácido clorídrico (HCl), perdeu uma quantidade de calor de 0,01 cal para o ambiente e sofreu uma variação de temperatura de -10°C , descubra a quantidade de HCl utilizada. Dado: o calor específico sensível do HCl é $0,01 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$.

Resposta: $m = 0,1 \text{ g}$.

- Exercício 5:

Ao aplicar uma solução básica de hidróxido de sódio (NaOH) na limpeza de superfícies engorduradas, ocorre uma reação endotérmica que libera calor para o ambiente. Na limpeza de um forno caseiro, uma dona de casa utilizou 63,9 g de NaOH, e durante o processo foram absorvidas 182 calorias do ambiente. Sabendo que ao final da limpeza o NaOH estava a 30°C , descubra a que temperatura ele se encontrava antes da limpeza. Dado: o calor específico sensível do NaOH é $0,57 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$.

Resposta: $T_i = 25^\circ\text{C}$.

➤ **Tela “Contextualizando” - Calor Latente**

- Botão de ajuda:

A tela "Contextualizando" traz 5 exercícios sobre o calor sensível e 5 sobre o calor latente. Para descobrir as respostas dos exercícios, você deve observar os dados contidos no enunciado de cada um deles.

Quando você souber a resposta de um exercício, você pode digitá-la na caixa de respostas e conferir se está correta clicando no botão com a imagem abaixo:



Caso deseje passar para o próximo exercício, você pode clicar no botão com a seguinte imagem:



Além disso, você pode ler mais sobre temperatura, calor sensível, calor latente e o funcionamento do calorímetro acessando o site que desenvolvemos exclusivamente para te auxiliar na sua jornada de aprendizado, disponível no link e no QR Code abaixo:

<https://sites.google.com/view/calorimetro/temperatura-calor-sensivel-calor-latente-e-o-funcionamento-do-calorimetro>



- Exercício 1:

Um grande refrigerador está com uma falha no isolamento que o está fazendo perder aproximadamente 512,36 calorias de energia térmica por dia. Sabendo que o refrigerador está acomodando 750 gramas de gelo agora, quantas gramas de gelo ele terá perdido após o tempo de uma semana? Dado: o calor latente de fusão do gelo é 79,7 cal/g°C.

Resposta: $m = 45$ gramas.

- Exercício 2:

Você trabalha em uma metalúrgica e precisa derreter uma barra de alumínio para produzir uma liga metálica que será usada para confeccionar utensílios de cozinha. A barra de alumínio tem massa de 243 gramas, e para derreter completamente a barra, você precisou fornecer 51.030 calorias. Qual o calor específico latente do alumínio?

Resposta: $L = 210 \text{ cal/g}$.

- Exercício 3:

A equipe de engenharia da Casa da Moeda do Canadá está trabalhando em um novo projeto de produção de moedas de cobre. Com o objetivo de produzir o máximo de moedas possível com o mínimo de energia, eles precisam calcular qual o calor específico latente de fusão do cobre, para configurar a fonte de calor com base nesse valor. Em um teste prévio, notaram que uma fonte de 42.094 calorias foi capaz de derreter 3.225,6 gramas de cobre. Qual o calor específico latente do cobre?

Resposta: $L = 13,05 \text{ cal/g}$.

- Exercício 4:

O processo de purificação química do PVC (policloreto de vinila), envolve o uso de ácido clorídrico (HCl) para remover impurezas e contaminantes, especialmente resíduos de metais, que podem afetar as propriedades do PVC. O PVC é um termoplástico amplamente utilizado para fabricação de tubos e conexões para sistemas de encanamento. Para realizar a purificação, o HCl, que à temperatura ambiente é encontrado em forma gasosa, precisa passar para o estado líquido. Sabendo que o calor específico latente de vaporização do HCl é $3,66 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$, e a energia necessária foi de 2,2 calorias, calcule a massa utilizada no processo.

Resposta: $m = 0,6 \text{ g}$.

- Exercício 5:

Durante o processo de branqueamento do papel, o hidróxido de sódio (NaOH) é adicionado à polpa da celulose, juntamente com outros produtos químicos branqueadores. Para reagir com uma certa quantidade de papel, foram utilizados 191,7 gramas de NaOH na fase líquida. Considerando que o calor sensível latente de fusão do hidróxido de sódio é 1.300 cal/g , calcule a quantidade de calor necessária para transformá-lo do estado sólido para o líquido.

Resposta: $Q = 249210$ calorias.

➤ Tela “Desafio” - Calor Sensível

- Botão de ajuda:

A tela "Desafio" é um campo de treinamento para que você possa aprimorar suas habilidades de calcular as variáveis na fórmula do calor sensível ou do calor latente.

Calcule a variável faltante (marcada com "????") o mais rápido que conseguir. Quando você souber a resposta, digite na caixa de respostas e confira se está correta clicando no botão com a imagem abaixo:



Caso deseje passar para o próximo desafio, você pode clicar no botão com a seguinte imagem:



Além disso, você pode ler mais sobre temperatura, calor sensível, calor latente e o funcionamento do calorímetro acessando o site que desenvolvemos exclusivamente para te auxiliar na sua jornada de aprendizado, disponível no link e no QR Code abaixo:

<https://sites.google.com/view/calorimetro/temperatura-calor-sensivel-calor-latente-e-o-funcionamento-do-calorimetro>



- Enunciado do desafio:

Agora que você aprendeu a calcular o calor sensível e entendeu seu uso em diferentes contextos, encontre a variável que falta em menos de 3 MINUTOS!!!

OBS: Digite valores com até duas casas decimais.

➤ Tela “Desafio” - Calor Latente

- Botão de ajuda:

A tela "Desafio" é um campo de treinamento para que você possa aprimorar suas habilidades de calcular as variáveis na fórmula do calor sensível ou do calor latente.

Calcule a variável faltante (marcada com "????") o mais rápido que conseguir. Quando você souber a resposta, digite na caixa de respostas e confira se está correta clicando no botão com a imagem abaixo:



Caso deseje passar para o próximo desafio, você pode clicar no botão com a seguinte imagem:



Além disso, você pode ler mais sobre temperatura, calor sensível, calor latente e o funcionamento do calorímetro acessando o site que desenvolvemos exclusivamente para te auxiliar na sua jornada de aprendizado, disponível no link e no QR Code abaixo:

<https://sites.google.com/view/calorimetro/temperatura-calor-sensivel-calor-latente-e-o-funcionamento-do-calorimetro>



- Enunciado do desafio:

Agora que você aprendeu a calcular o calor latente e entendeu seu uso em diferentes contextos, encontre a variável que falta em menos de 3 MINUTOS!!!

OBS: Digite valores com até duas casas decimais.