



Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Faculdade de Arquitetura

Curso de Design Visual

RAQUEL ARAUJO ALVES

Design de animações educacionais para o ensino de Física

Porto Alegre

2023

RAQUEL ARAUJO ALVES

Design de animações educacionais para o ensino de Física

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Design Visual, da Faculdade de Arquitetura, como requisito para a obtenção do título de Designer Visual.

Orientadora: Prof. Gabriela Perry

Porto Alegre

2023

RAQUEL ARAUJO ALVES

Design de animações educacionais para o ensino de Física

Este Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Design Visual, da Faculdade de Arquitetura, como requisito para a obtenção do título de Designer.

Orientadora: Prof. Gabriela Trindade Perry

Prof. Gabriela Trindade Perry
ORIENTADORA

Porto Alegre

2023

RESUMO

O motion design é cada vez mais usado como ferramenta educacional devido ao seu aspecto lúdico e informativo em canais de entretenimento e educação formal ou não-formal. Este projeto tem o objetivo de criar animações educacionais para o ensino de termodinâmica em aulas de física de pré-vestibulares. O produto final deve servir a professores como ferramenta de ensino, e a alunos, para os quais as animações serão dispostas nos materiais de consulta. Na fundamentação teórica apresenta-se uma súmula da história da animação até o surgimento do motion design, aspectos de cada uma de suas fases de produção atreladas à metodologia, um resumo sobre conceitos básicos da Física Termodinâmica e também sobre Concepções Alternativas, sendo essas as ideias dos estudantes sobre fenômenos da natureza que influenciam diretamente o aprendizado formal de física térmica. São trazidos ainda alguns apontamentos sobre a conjuntura de uma educação popular institucionalizada no curso pré-vestibular no qual trabalham os professores que colaboraram neste projeto e ao qual serão entregues as animações, o que outorga o caráter social do projeto de design. A metodologia escolhida foi o modelo para concepção colaborativa de animações educacionais proposto por Alves (2017), formado de quatro etapas de co-criação com diferentes *stakeholders*. A concepção dessa animação, por tanto, conta com a participação de professores de física do cursinho nas duas etapas iniciais: briefing e roteiro, enquanto os *storyboards* e *animatics* são de responsabilidade criativa da projetista. O levantamento de informações foi feito por meio de entrevistas semiestruturadas e observação direta das aulas, bem como da análise de similares de vídeos que utilizem recursos gráficos para explicar física térmica, e também por meio da análise formal de outras animações consumidas pelo público-alvo. Por fim, as decisões gráficas e de animação foram guiadas pelo conceito “simplicidade e energia”, visando a diminuição da carga cognitiva dos estudantes.

Palavras-chave: *Motion Design*, Animação Educacional, Física, Termodinâmica.

ABSTRACT

Motion design as an educational tool has increased due to its playful and informative aspect in entertainment channels and formal or non-formal education. This project aims to create educational animations for teaching thermodynamics in physics classes in pre-college courses. The final product should provide a learning tool for both teachers and students for whom the animations will be displayed. The Theoretical Foundation addresses four subjects: the history of animation and the emergence of motion design, aspects of each of its production phases linked to the methodology, a summary of basic concepts of Thermodynamic Physics and also of Alternative Conceptions, these being the ideas of students about phenomena of nature that directly influence the formal learning of thermal physics. Some notes are also brought about the situation of a free and anti-racist education institutionalized in the course in which the collaborators of this project teach, ensuring the social aspect of this project. The methodology chosen was a collaborative design model for educational animations proposed by Alves (2017), consisting of four stages of co-creation with different stakeholders. Therefore, the conception of this animation relies on the participation of physics teachers from the prep course in the two initial stages: briefing and script, while the storyboards and animatics are the author's creative responsibility. Interviews and attendance in classes were methods of gathering data as well as the analysis of similar videos that use graphic resources to explain thermal physics, followed by the formal analysis of other animations consumed by the target audience. Lastly, graphic and animation decisions were guided by "simplicity and energy" as the concept, aiming to reduce the cognitive load on students.

Keywords: Motion Design, Educational Animation, Physics, Thermodynamics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- “Desenrolar” da imagem de uma cabra numa tigela	5
Figura 2	- Ilustrações dos aparelhos que criavam ilusões de ótica com diferentes quadros de uma animação.	5
Figura 3	- Zoopraxiscópio de Muybridge, 1893	6
Figura 4	- Cinetoscópio	6
Figura 5	- Cinematógrafo	7
Figura 6	- Frames do curta Fantasmagorie (1908) de Émile Cohl.	8
Figura 7	- Frames de Anatomy of a Murder (1959), de Otto Preminger, por Saul Bass.	9
Figura 8	- “Logos Voadores” da Vetor Zero nos anos 1990	11
Figura 9	- Redesenho dos pólos entre animação ortodoxa e experimental de Wells (1998, p.36)	12
Figura 10	- Ilustração separada em camadas para aplicação de efeito paralaxe.	14
Figura 11	- Modelo final para Animação Educacional	21
Figura 12	- Comparativo do Animatic e Animação final de uma cena do desenho animado The Loud House.	25
Figura 13	Compilação de animações populares entre o público-alvo	30
Figura 14	- Quadros de diferentes vídeos na rede social TikTok	32
Figura 15	- Quadros do filme que utilizam motion para exemplificar interação dos personagens como um sistema de partículas e colisões e créditos finais em quadro negro.	33
Figura 16	- Quadros do filme que utilizam motion ao lado de cientistas.	33
Figura 17	- Quadros de O que é Energia, do canal Ciência Todo Dia	34
Figura 18	- Quadros do vídeo “Entropia” do canal Teded	35
Figura 19	- Quadros de similares temáticos.	36
Figura 20	- Quadro do vídeo Termodinâmica do canal Descomplica e mapa mental completo	37
Figura 21	- Quadros do vídeo Introdução à Termodinâmica e Conceitos Básicos	38

Figura 22	- Experimento de gases no simulador PhET.	38
Figura 23	- Card Sorting realizado com professores	42
Figura 24	- Figuras de convecção	44
Figura 25	- Storyboards desenhados em papel	45
Figura 26	- Painel Semântico	46
Figura 27	- Imagens com diferentes sistemas de cor para representar calor	47
Figura 28	- Desenvolvimento de estilo	48
Figura 29	- Exercício de estilização dos storyboards	49
Figura 30	- Paleta de Cores e texturas	50
Figura 31	- Família Tipográfica Manrope	51
Figura 32	- Quadros de dois gifs sobre o tema dilatação	52
Figura 33	- Comparativo do desenho original e a turbulência da expressão <i>wiggle</i>	53
Figura 34	- Modelo de lâmina com identificação e gif.	54
Figura 35	- Quadro da primeira cena sobre isolamento térmico	57
Figura 36	- Versão final do gif sobre dilatação, com elemento enfático novo	57
Figura 37	- Quadro da primeira versão sobre Máquina Térmica Invertida	58
Figura 38	- Quadros da versão final do gif Máquina Térmica Invertida	58
Figura 39	- Textura granulada de sombra e a sua aplicação na esfera cinza.	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	- Comparação entre concepções alternativas e conceitos científicos comuns na Física Térmica.	18
Quadro 2	- tópicos de briefing de definições básicas sugeridas por Márcia Alves (2017)	21
Quadro 3	- tópicos de briefing de Animação e Narrativa sugeridos por Márcia Alves (2017)	21
Quadro 4	- Questionário realizados com os professores	28
Quadro 5	- Considerações dos professores sobre as animações e correções	56
Quadro 6	- Questionário de validação com estudantes	60

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	1
1.1. Problema de projeto	3
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo geral	4
1.2.2. Objetivos específicos	4
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
2.1. Animação e Motion Graphic Design	4
2.1.1. Os precursores da animação	4
2.1.2. Motion Design	8
2.1.3. Tipos de Animação:	12
2.2. Ensino de física e vestibulares	14
2.2.1. Educação Popular no Dandara	15
2.2.2. Concepções Alternativas	17
2.2.3. Conceitos Básicos da Termodinâmica	18
3. METODOLOGIA	19
3.1. Etapas de projeto	22
3.1.1. Briefing	22
3.1.2. Roteiro	23
3.1.3. Storyboard	24
3.1.4. Animatic	25
3.1.5. Animação e pós produção	26
4. LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES	26
4.1. Briefing do Projeto	26
4.1.1. Briefing de Definições básicas	26
a) Análise de Similares	30
- TikTok	31
- Filme - As leis da termodinâmica	32
- Canais do Youtube	34
Canal Ciência Todo Dia	34
TedEd	35
Canal Descomplica	37
Canal Me Salva!	37
- Simulador PhET	38
4.1.2 Briefing de Animação e Narrativa	39
a) Técnicas e tipos de animação	40
4.1. Roteiro da Animação	41
5. GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS	43

5.1. Conceito da Proposta	44
5.2. Storyboard	45
5.3. Painel semântico	46
6. SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS	49
6.1. Definição de estilo	49
6.1.1. Paleta de Cores	50
6.1.2. Tipografia	51
7. DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO	51
8. VERIFICAÇÃO	53
8.1. Verificação com professores:	54
8.2. Verificação com estudantes	56
8.3. Aplicação de texturas	60
9. DETALHAMENTO	60
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
11. REFERÊNCIAS	65
12. ANEXOS	69
Anexo I	69
Anexo III	73
Anexo IV	74
Anexo V	75
13. APÊNDICE	76
Apêndice I	76

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Com o avanço tecnológico das últimas décadas, o acesso à informação, as comunicações e os relacionamentos humanos foram moldados e passaram a depender da cultura digital. Nela, somos expostos diariamente a inúmeras mídias que conduzem informações em todos os aspectos: da comunicação oral à imagem, do entretenimento à educação. Nesse último aspecto, a plataforma YouTube é um bom exemplo de como a aprendizagem com vídeos tem crescido nos últimos anos. Em 2020 a agência Talk Shoppe fez uma pesquisa global sobre a audiência da plataforma. Nela, 91% dos entrevistados afirmaram ter aumentado seu tempo de uso durante o primeiro ano de pandemia. Já na pesquisa realizada pela Oxford Economics no Brasil, 99% dos usuários relatam utilizar o YouTube para obter informações e conhecimento e 92% dos professores brasileiros da pesquisa afirmam usar conteúdos da plataforma em suas aulas, dentre os quais, 77% atestam a contribuição positiva no aprendizado dos alunos. O conceito de educação da plataforma é tão múltiplo quanto o seu público e pode se referir à educação financeira, política, palestras, entre outros. O mais comum, no entanto, ainda são os vídeos que apresentam conteúdos da educação básica, buscado pelo público infanto-juvenil como complemento ou para tirar dúvidas nos estudos.

Ao fim dos ciclos da educação básica, chega o momento de prestar o vestibular, no qual estudantes brasileiros são chamados a demonstrar domínio sobre um grande volume informacional, e para isso necessitam de recursos educacionais complementares. Para passar pelos exames que quantificam o conhecimento adquirido na jornada escolar, muitos estudantes, a maioria adolescentes ou jovens adultos, recorrem a cursos preparatórios que condensam os tópicos mais avaliados dos testes e baseiam o ensino em formas rápidas de absorver conteúdos, diferente de um plano educacional aprofundado, como ocorre no ensino médio. É comum que muitos alunos do ensino médio tenham dificuldade em disciplinas das ciências exatas, mais especificamente a física e a matemática, e essa dificuldade pode tornar-se uma aversão em um período crítico como o pré-vestibular.

Em ciência disso, esse projeto propõe-se a colaborar no apoio ao ensino e aprendizagem de conteúdos de física a partir de animações educacionais. Com a intenção de conhecer as reais necessidades do público alvo e de dar a este projeto um

caráter social, buscou-se professores de um curso pré-vestibular gratuito de Porto Alegre, mais especificamente os professores do Núcleo de Física do Curso Pré-Vestibular Popular Dandara dos Palmares. A eles foi perguntado: quais áreas da física seriam interessantes de serem representadas visualmente em animações? Alguns dos assuntos citados foram óptica, movimento circular uniforme e termodinâmica, assuntos nos quais os estudantes enfrentam maior dificuldade de entender as transformações de estado e seus cálculos. Para definir qual dos assuntos seria contemplado, buscou-se bibliografias que investigassem as práticas educacionais da física no ensino médio, em pré-vestibulares, e do desempenho no Exame Nacional do Ensino Médio. Nessa busca, o tema mais significativa quanto aos desafios no ensino-aprendizagem foi na Termologia - estudo da temperatura e trocas de calor-, e por consequência, na Termodinâmica - modos pelos quais a energia térmica (calor) pode ser usada para produzir trabalho (energia mecânica). Isso porque, desde os anos de 1970, pesquisas mostram como observações individuais dos alunos sobre fenômenos da natureza podem dificultar o aprendizado dos conceitos científicos, já que ao relacionar observações do cotidiano com as instruções formais nascem as chamadas concepções alternativas, também chamadas de ideias intuitivas, erros conceituais ou concepções espontâneas (LOUZADA;ELIA;SAMPAIO, 2015). Ocorre, no entanto, que as concepções alternativas e os fundamentos científicos podem ser conflitantes e prejudiquem o aprendizado caso não sejam corrigidas. Um exemplo comum, é quando o estudante tende a achar que um objeto de metal tem uma temperatura mais baixa que outro de plástico, enquanto os dois compartilham das mesmas condições no ambiente, confundindo o conceito de temperatura com sensação térmica e calor - energia térmica trocada entre dois corpos (BONJORNIO et al., 2016) -.

Outras pesquisas apontam como essas convenções perduram desde o primeiro contato com fundamentos da física até a sua revisão para o vestibular e consequentemente influenciam no rendimento nos exames. Barroso, Rubini e Silva (2018), investigam como algumas ideias intuitivas sobre “calor”, “frio” e “temperatura”, impactam negativamente no resultado do aluno em física do ENEM, e o fazem justificando acertos e erros em cada uma das 5 opções de resposta em uma prova de 2011. Além disso, os pesquisadores utilizaram dos microdados disponibilizados pelo

INEP, simulando o cálculo do desvio-padrão de nota e também o grau de dificuldade da questão. Nessa comparação, questões relativas à termodinâmica resultam em um grau de dificuldade elevado e portanto maior nota, mesmo que demandem conhecimento acerca de fundamentos básicos sem cálculos matemáticos. A questão sobre temperatura teve apenas 18% de acerto dentre os respondentes.

1.1. Problema de projeto

A partir da convergência dos resultados quantitativos do baixo rendimento em física térmica, da recorrência de concepções alternativas e do testemunho de professores entrevistados, chegou-se ao problema principal de projeto: a insuficiência suportes didáticos visuais para o ensino de termodinâmica em cursos pré-vestibulares. Esses suportes didáticos não podem apresentar erros conceituais que os professores dizem encontrar nas poucas ilustrações disponíveis na internet e elucidar o que acontece entre as etapas de uma transformação térmica.

Em seguida, investigou-se as principais dificuldades no ensino da física térmica por meio de entrevistas semiestruturadas com os professores do Curso Popular Dandara dos Palmares, a fim de ser esse o problema minimizado pelas animações.

O *motion graphics* foi escolhido como suporte para o projeto pois, comparado a formatos estáticos, este se mostra mais dinâmico e efetivo para a aprendizagem. Isso por que, não atendo-se a ser apenas apoio imutável do conteúdo textual, a peça animada possibilita inseri-lo na sua composição e dispor o assunto em uma sequência melhor distribuída de espaço e tempo, poupando o receptor de estruturá-la sozinho no processo cognitivo. Na área da termodinâmica, os professores têm dificuldade de encontrar representações animadas e softwares, e recorrem a desenhos no quadro ou imagens estáticas.

O público-alvo são estudantes de 16 a 19 anos que estão habituados à fluência tecnológica das mídias. No entanto, é imprescindível que o resultado projetual atenda requisitos que vão além do visual, como leveza (rápido processamento), necessários para abrir o material de consulta em qualquer dispositivo que o aluno utilize para o estudo, sem depender de internet ou grande volume de dados.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

Esse projeto tem como objetivo principal criar animações educacionais que auxiliem no ensino de termodinâmica em cursos pré-vestibulares.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Identificar os parâmetros que qualificam a animação enquanto objeto de aprendizagem, de modo que propicie a compreensão e diminuição da carga cognitiva;
- b) Definir qual(is) situações da termodinâmica será(ão) representadas(s) na animação
- c) Avaliar qual linguagem visual se adequa ao ensino de termologia;
- d) Submeter as animações à avaliação de professores e estudantes.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Animação e Motion Graphic Design

Este subcapítulo é dedicado à definição do *motion graphics* no que tange a este projeto e, também, a um resumo sobre suas origens, evolução e os componentes visuais nele presentes. Em seguida, será apresentada uma súmula dos fundamentos básicos da animação tradicional e por último, especificidades da animação enquanto objeto educacional.

2.1.1. Os precursores da animação

A expressão do movimento esteve presente na arte pictórica desde a pré-história. Nessa época, os animais eram representados em pinturas rupestres tendo mais de 4 patas, o que indicava os movimentos da corrida (Krasner, 2008) ou com diferenças na espessura do traçado em carvão (Proença, 2014, p.12). Outros exemplos de representação sequencial são as pinturas decorativas do Antigo Egito ou ainda as revistas em quadrinhos, populares até hoje. Uma descoberta recente é de uma tigela iraniana, datada de aproximadamente 5.200 a.C. em que é representado o movimento de uma cabra em direção a uma árvore (figura 1). A possível motivação recorre da

simbologia da cabra enquanto uma divindade feminina em povos hindus e teria sido esculpida por influência do contato com povos mesopotâmicos¹.

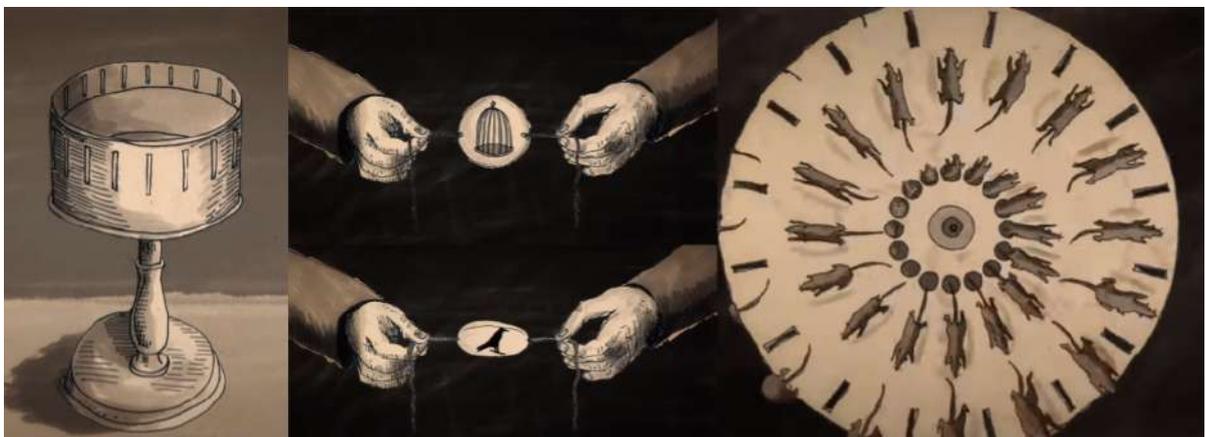
Figura 1: “Desenrolar” da imagem de uma cabra numa tigela.



Fonte: CHTHO

A partir do século XVII foram criados os “brinquedos filosóficos” (Ferreira, 2015) que nada mais eram que mecanismos para replicar a ilusão do movimento entre imagens a partir da rotação ou projeção com luz. Exemplos desses "brinquedos" foram o Epidiascópio, Taumatrópio e Fenaquistoscópio (figura 2). Esses experimentos de ilusão que fundamentaram a animação tradicional e o cinema só são possíveis graças ao fenômeno chamado persistência da visão (Krasner, 2008). Por meio deste, o cérebro humano retém uma imagem por frações de segundos e, se exposto rapidamente a outra que complementa o seu conteúdo, criará a ilusão de movimento.

Figura 2 - Ilustrações dos aparelhos que criavam ilusões de ótica



Fonte: San Francisco Museum of Modern Art, 2017

Mais a frente, em 1878, aconteceu um dos eventos mais importantes para a história do vídeo, da animação e do cinema: o então governador da Califórnia, Leland Stanford, contratou o fotógrafo Eadweard Muybridge para investigar qual era o exato movimento das patas de um cavalo, pois essa era uma dúvida frequente entre os apreciadores de corridas. Para solucionar, Muybridge colocou várias câmeras

¹ CHTHO - Cultural Blunder and Documentary Production on World's Oldest Animation. disponível em: <http://www.cais-soas.com/News/2008/March2008/04-03.htm>

fotográficas ao longo de uma pista que seriam acionadas por cordas individuais conforme o animal passasse. A partir do experimento, Muybridge criou o Zoopraxiscópio (figura 3), equipamento que levava para suas exposições e palestras guardava a sequência de até 200 imagens em um cilindro.

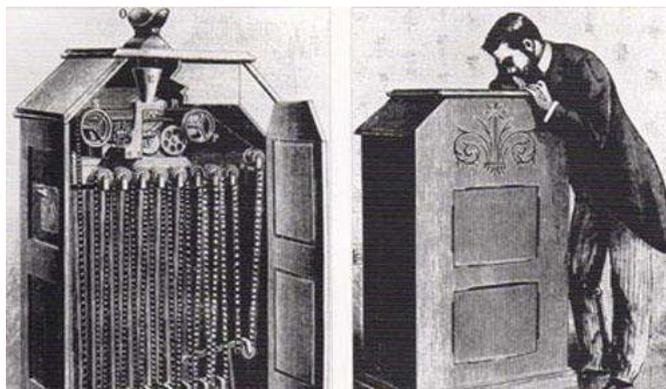
Figura 3: Zoopraxiscópio de Muybridge, 1893



Fonte: BARBOZA (2017)

De 1889 a 1891, foram desenvolvidos aparelhos que guardavam maiores sequências de imagem em fitas ou roletas. No entanto, estes equipamentos tinham a característica em comum de serem feitos para 1 observador por vez, que colocava o rosto em um visor e olhava para dentro da máquina. Exemplos desses equipamentos são o Kinora, desenvolvido pelos irmãos franceses Auguste e Louis Lumière e o Cinestocópio (figura 4) criado por William K.L. Dickson em 1891 (LUCENA, 2005).

Figura 4: Cinetoscópio



Fonte: BARBOZA (2017)

Contudo, foi em 1893 que esses projetores tiveram sua maior evolução com a criação do Cinematógrafo (figura 5) pelos irmãos Lumière². O aparelho que era capaz de captar, revelar e projetar os filmes para várias pessoas, além de multifuncional, pesava menos de 5 quilos e permitia que o filme ficasse pronto no mesmo dia. No

² Apesar da evolução técnica do cinema ser atribuída aos irmãos Lumière, a francesa Alice Guy Blaché é considerada a primeira cineasta e roteirista de filmes ficcionais.

entanto, a criação só foi patenteada e apresentada ao mundo em 1895. Apesar de ainda demandar a rotação de uma manivela continuamente por um funcionário, a invenção foi a mais bem sucedida entre as tentativas anteriores de registrar o mundo em movimento. Para Heffner (2020), os Lumière deram uma nova dimensão social e cultural ao filme, ao passo que era possível projetá-lo em uma sala escura, colocar uma plateia, cobrar ingressos e instituir o que hoje é o mercado cinematográfico.

Figura 5: cinematógrafo

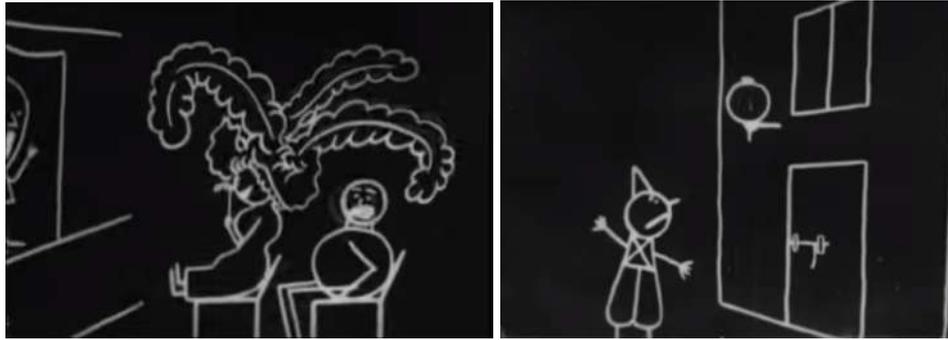


Fonte: Ernst (2017)

Ainda na época do cinema mudo, alguns animadores como Georges Méliès, J. Stuart Blackton e Emile Cohl foram os pioneiros a utilizar os projetores para exibir suas obras. Esse último veio a ser considerado o pai da animação francesa, com o curta *Fantasmagorie* de 1908 (figura 6). Para fazê-lo, o artista plástico francês adaptou uma de suas histórias em quadrinhos ao curta de 1 minuto e 57 segundos utilizando a técnica de desenhar quadro a quadro nos fotogramas³. Além disso, os desenhos foram ainda mais precisos graças a utilização de uma mesa de luz pelo autor. Essa é considerada a primeira animação no cinema não só pelo aprimoramento da técnica mas também por apresentar características estilísticas bem definidas (Lucena, 2005).

³ "Fotogramas" ou "quadros" são as imagens impressas quimicamente no filme cinematográfico

Figura 6: Frames do curta *Fantasmagorie* (1908) de Émile Cohl



Fonte: BARBOZA (2017)

Os avanços tecnológicos citados foram apenas alguns daqueles que fizeram parte da evolução do cinema. Para Thomaz e Johnston, a animação é uma forma de arte motivadora e transmissora de entretenimento e emoções (1995, *apud* ALVES, 2017 p. 43). Convém dizer que avanço tecnológico não diz respeito apenas às ferramentas de produção e reprodução da animação, mas da experiência do espectador em viver o curso do tempo conforme o ritmo planejado pelo animador. Segundo Vistisen (2021), a evolução foi tamanha ao ponto de legitimar a animação como forma de arte tal como o cinema live action, termo utilizado para definir os trabalhos que são realizados por atores reais.

2.1.2. Motion Design

Convém esclarecer que o *motion design* por ser considerada uma área nova, até então não há uma definição aceita universalmente, nem de sua totalidade nem do próprio termo. Isso porque as abundantes aplicações, meios de transmissão e linguagens visuais são o que diversificam sua definição. A seguir trago uma síntese sobre os elementos que constituem o *motion graphics*, o primeiro uso do termo e contextualização do seu desenvolvimento no Brasil.

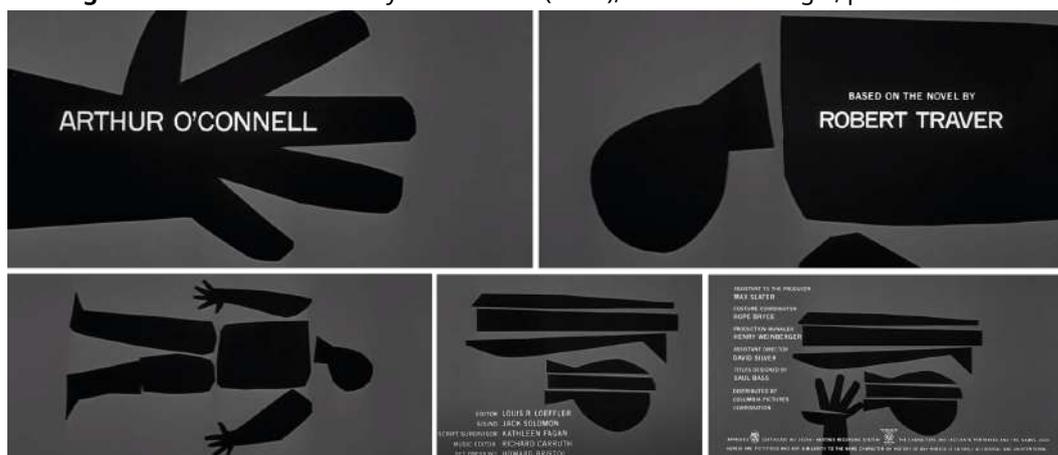
Para Aumont (1993, *apud* VELHO, 2008), a primeira característica que marca produtos videográficos é a temporalização da imagem, considerando que o espectador possa perceber a diferença do tempo entre o mundo real e da imagem produzida. Para o autor, a evolução tecnológica da videomontagem foi o que possibilitou que a expressão da temporalidade fosse aprimorada. Isso porque, em seus primórdios, o cinema utilizava apenas a justaposição física dos filmes enquanto hoje os efeitos,

sobreposições de camadas e as operações de transformação da resolução temporal⁴ contribuem para maior imersão na narrativa do vídeo (em sua própria temporalidade). A qualidade de apresentar diferentes tempos é ainda mais forte no *motion graphics* em comparação ao cinema pois, ao tratar cada elemento gráfico separadamente, podem ser atribuídos diferentes movimentos e velocidades a eles, de acordo com o software que os produz e apresenta.

Na década de 1960 os caminhos da animação e do cinema se cruzam mais uma vez, e acontece o primeiro uso do termo "*motion graphics*", pelo compositor e inventor John Whitney (VELHO, 2008, p. 25). Desde os anos 50, Whitney já vinha trabalhando em animações, mas foi no ano de 1960 que fundou a *Motion Graphics Incorporated* na qual utilizava um computador criado por ele mesmo para desenvolver sequências de títulos para a televisão. Whitney trabalhou na abertura do clássico filme *Vertigo* (1958) ao lado de Saul Bass (VELHO, 2008). Saul Bass é conhecido por seus trabalhos em *Anatomy of a Murder* (1959) (figura 7), *The Man With The Golden Arm* (1955) e *West Side Story* (1961). Em uma entrevista na Catalina Design Conference em 1962 Whitney afirma:

"Quando uma abertura de filme na tradição estabelecida por Saul Bass possui uma articulação interessante, geralmente obtém sucesso como abertura. (...). Essa questão da articulação é o que chamo de Motion Graphics e é claramente um novo problema no campo do design; tão pouco explorado que designers devem explorá-lo com cuidado e um senso de aventura." (Lessa et al., 2016)

Figura 7: Frames de *Anatomy of a Murder* (1959), de Otto Preminger, por Saul Bass.



Fonte: Youtube

⁴ Transformações artificiais da resolução temporal são associadas a efeitos como *slow motion*, *fast motion*, e remapeamento de tempo (VELHO, 2008, p. 64). Estas podem ainda ser aprimoradas quando, dentro da narrativa há uma rápida passagem de épocas, explicitadas por figurino e linguagens.

Até este período, as técnicas de manipulação de vídeo eram restritas à união de imagens reais e animação convencional. “O resultado remetia aos conceitos de colagem e fotomontagem, já conhecidos e explorados nas artes gráficas desde o início do século XX, acrescido da dimensão de tempo e de movimento.” (VELHO, 2008, p. 19). Após 1970, houve um salto tecnológico nas técnicas de computação gráfica, o que teve um expressivo impacto na produção cinematográfica. O progresso de dois fatores culminaram na expansão do vídeo: o primeiro foi a demanda de redes de televisão em expor elementos 3D, abrindo espaço para que marcas apresentassem seus logotipos tridimensionalmente como forma de publicidade. O segundo foi o surgimento de sistemas de composição de imagem, que permitiam a manipulação e sobreposição de camadas estáticas ou animadas. Por ser uma inovação, esses sistemas eram caros, além de que eram restritos às máquinas que os suportavam. Isso fez com que a produção de animações para vinhetas de programas ou publicidade fossem muito internalizadas em estúdios de televisão.

Para contextualizar o cenário Brasileiro dessa época, Baptistão (2021) faz declarações sobre a sua experiência enquanto um dos sócios fundadores do Estúdio Vetor Zero. Segundo ele, sua iniciativa de abrir uma empresa com o sócio Sergio Salles nos anos 1985, os tornou pioneiros nacionais no nicho. Para isso, Salles deixou sua parte na produtora em que trabalhava e usou o dinheiro para comprar o computador A500, da Commodore, equipamento que a dupla desenharia através de códigos de programação. Em 1990 fizeram seu primeiro grande trabalho, uma vinheta de 90 segundos para a marca CitroSuco, em que laranjas abasteciam caminhões que navegavam no espaço (figura 8). Esse trabalho exigiu um novo equipamento, o qual precisaram ir a Miami comprar, mas o investimento foi compensatório já que a visibilidade atraiu novos trabalhos de grandes marcas depois. A passos lentos, a Vetor Zero conseguiu se sobressair na década de 1990, mesmo enfrentando a concorrência com potentes redes de televisão como a Rede Globo, dado que a transmissora tinha muito mais capital para evoluir e capacitar equipe interna do que eles.

Figura 8: Alguns “Logos Voadores” da Vetor Zero nos anos 1990. As vinhetas mostravam o produto e sua marca em 3D, em fundo preto, como o cenário espacial de uma ficção científica.



Fonte: Compilação da autora.

Desde então o *motion graphics* tem se desdobrado ao passo que seus sistemas de produção incorporam mídias de diferentes formatos, efeitos e parâmetros personalizáveis como velocidade, movimento, entre outros. Para Velho (2008) a definição de *motion* se encontra no conjunto final de sua produção:

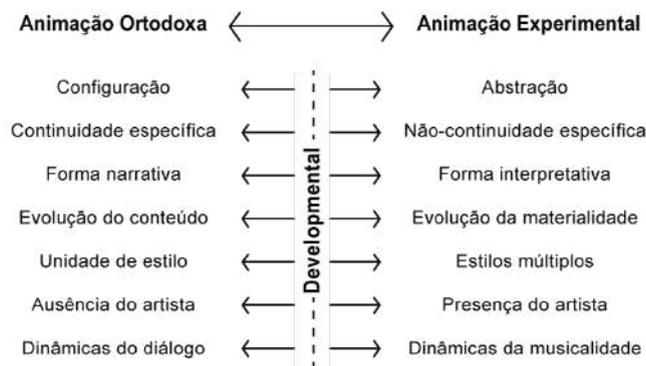
Em suma, proponho o entendimento do termo *motion graphics design* como uma área de criação que permite combinar e manipular livremente no espaço-tempo camadas de imagens de todo o tipo, temporalizadas ou não (vídeo, fotografias, grafismos e animações), juntamente com música, ruídos e efeitos sonoros (VELHO, 2008, p.19).

Além da origem híbrida de tecnologias de computação gráfica e vídeo, a prática projetual do *motion* é contemplada pelo privilégio de contar com o movimento enquanto componente visual e portanto, peça chave em sua linguagem. Por isso cabe dizer que, apesar de ainda não haver consenso sobre sua definição, o *motion graphics* se consolida como área do design em que é necessário know-how específico, práticas projetuais aplicadas a um tipo particular de artefato (LESSA, DIAS e XAVIER, 2016).

Não cabe, pela extensão limitada deste trabalho, tentar estabelecer divisão completa entre a animação e o motion design, já que em sua concepção ambos podem dividir metodologias projetuais, linguagens e narrativas. Trago, no entanto, a reflexão proposta por Wells (1998) na comparação entre a animação ortodoxa, (exemplificada pelos filmes da Disney em que histórias são centradas em personagem) e a animação experimental (utilizando gráficos, com finalidade artística e abstrata). Nessa comparação, as duas formas de animação estão esquematizadas em polos e, no meio,

encontra-se o que chamou de *development animation*. Esta, seria caracterizada pelo aspecto funcional de enquadrar fatos para uma aprendizagem informal sobre fenômenos, e que o designer pode deixá-la ainda mais interessante de acordo com as decisões de retirar elementos, estilizar e misturar linguagens, ou seja: explorar, explicar e manipular fatos sobre a realidade. Essa animação desenvolvedora, para Vistisen (2021), é a conjuntura adequada para a criação de *motion design* voltado para a divulgação científica.

Figura 9: Redesenho dos pólos entre animação ortodoxa e experimental de Wells (1998)



Fonte: Wells (1998, p.36) Tradução da autora.

Para fins projetuais, serão utilizadas referências tanto do motion design quanto da animação clássica, porém optou-se por denominar os objetos de "animações educacionais" já que o termo é capaz de sintetizar o produto final, o propósito e possibilita o fácil entendimento na língua portuguesa.

2.1.3. Tipos de Animação:

Meroz (2015) categoriza 5 tipos de animação principais feitas no mercado no início da década de 2020. A primeira delas, animação tradicional ou cell animation, consiste em desenhos feitos a mão quadro a quadro. Animações dos estúdios Disney são algumas das mais conhecidas dessa categoria já que idealizadores deram grande contribuição ao desenvolvimento de técnicas e ilustração que aprimoraram a ilusão de movimento. Também podemos acrescentar a essa categoria animes japoneses, que além da diferença de estilo, possuem uma taxa de frames por segundos mais baixa. Antigamente, cada quadro de uma animação tradicional era desenhado utilizando mesa de luz, mas hoje já existem softwares específicos como o Adobe Animate para

quem deseja manter essa tradição, geralmente utilizando uma mesa digitalizadora para replicar o processo de desenho a lápis.

A segunda categoria trazida por Meroz é a Animação 2D. Independente de a animação tradicional ser concebida com 2 dimensões, para Meroz (2015), essa categoria agrupa animações feitas com desenhos vetoriais de computação gráfica. Hoje é o tipo mais popular pois o acesso aos softwares e seu uso têm sido facilitados. Além disso, um animador não precisa ter tanta habilidade de desenho quanto na animação tradicional.

Animação 3D é a terceira categoria para Meroz (2015). É uma das formas de animação mais populares no cinema, com a capacidade de desenvolver uma atmosfera e profundidade de planos mais realista quando comparada aos outros tipos. O movimento corporal de personagens é feito por esqueletos que controlam os membros e expressões faciais, e são intercalados em keyframes. Essa forma de movimentá-los também é possível na animação bidimensional, mas a versão 3D espectadores estranham mais facilmente a fluidez de movimentos, podem ser mais críticos. Há uma expectativa geral também que a animação tridimensional se torne cada vez mais realista, independente de seu estilo gráfico.

Entre as duas categorias citadas anteriormente, podemos acrescentar uma não levantada por Meroz, mas que tem sido recorrente no cinema e jogos internacionais: a animação 2.5D, também chamada de pseudo-3D ou falso 2D. Como é possível se imaginar, essa categoria consiste na mescla das técnicas 2D e 3D, ou na aplicação da estética de uma na outra. A versão mais simples de executar essa mescla é adicionando um terceiro eixo de deslocamento a elementos bidimensionais, juntamente a uma diferença de tempo de deslocamento das camadas, conhecido como efeito paralaxe (figura 10). Em outras animações, opta-se pela a criação de cenários 3D para otimizar o tempo de produção e possibilitam explorar movimentos de câmera. O falso 2D pode ser criado também em softwares de três dimensões, enquanto os objetos recebem sombreamento chapado e contornos marcados, que remetem ao traçado manual, ou ainda usando vistas axonométricas e projeções oblíquas, uso de *skyboxes* e *skydomes*, rolagem parallax e escalonagem no eixo X (Darvideo, 2019).

Figura 10: Ilustração separada em camadas para aplicação de efeito paralaxe.



Fonte: Freepik

Aos produtos de vídeo com caráter comercial, Meroz (2015) chama de *Motion Graphics*, quarta categoria de animação. Para ele, o que separa Motion em uma categoria também é a narrativa não ser construída em torno de um personagem, mas em outros gráficos como textos. Alguns exemplos desses produtos são aberturas de programas de TV, infográficos animados, propagandas, entre outros.

Assim como a animação 2D, a animação Stop Motion é gerada a partir do registro quadro a quadro. Uma forma de fazê-la é utilizar materiais da vida real como massa de modelar e papel cortado para criar os elementos do vídeo e cada parte do seu movimento é fotografada. É possível também criar composições estáticas diretamente no computador, e dispô-las em sequência. A taxa de quadros por segundos geralmente é menor que na animação 3D, podendo ser percebida pelo espectador.

2.2. Ensino de física e vestibulares

Ao final dos anos 1970, fortificou-se no Brasil um movimento que questionava a pedagogia tradicional, contestava o autoritarismo do professor em sala de aula e propunha novas maneiras de relacionamento entre este e o aluno, cada vez menos impessoais (Wandscheer, 2020).

Segundo Libâneo (2005), entende-se por “aula” a instância em que métodos de ensino se convergem para proporcionar a aprendizagem. O autor ainda afirma que tais métodos são miscíveis, já que o professor tem liberdade de traçar estratégias de ensino, adotando diferentes métodos e relacionamentos com o aluno. Além do mais, tais métodos não devem ser generalistas para todo conteúdo apresentado, mas sim alterados conforme disciplina e assunto. Silva (2009) categoriza a prática de ensino em

quatro partes: a) o planejamento, no qual se estipulam os conteúdos, estratégias e os recursos didático-tecnológicos a utilizar; b) a aula, enquanto momento de execução do que foi estipulado no planejamento; c) interação, enquanto as relações interpessoais de professor-aluno e professor-estabelecimento; e por último d) a avaliação. (SILVA, 2009, p.109).

As estratégias de ensino em cursos preparatórios para vestibular, segundo Silva, se moldam à densidade de conteúdos. Em disciplinas como matemática e física, a abordagem dos professores é mais direcionada à memorização, repetição de exercícios e uso acrísticos para relacionar as iniciais de uma frase a parâmetros de uma equação⁵.

No contexto deste trabalho, o mais significativo é investigar a utilização dos recursos didático-tecnológicos por parte dos professores entrevistados e como o projeto de animação será utilizado em aula. No caso do curso pré-vestibular para o qual as peças de motion deste trabalho serão projetadas - o Curso Dandara - apesar de grande parte do conteúdo ser pré-estabelecido em editais das provas, o planejamento das aulas é condicionado à premissa de formar cidadãos através da Educação Popular, e não somente treinar para provas. Essas e outras condições influenciam na relevância social do projeto e foram questões exploradas na entrevista descrita nas próximas páginas.

2.2.1. Educação Popular no Dandara

Apesar da pedagogia não ser o assunto deste relatório, é válido apontar os conceitos básicos das premissas sobre Educação Popular, pois este é um dos principais pilares da existência do Pré-Vestibular Popular Dandara dos Palmares.

A Educação Popular nasceu no Brasil desde a década de 20 com o Manifesto dos Pioneiros da Escola Nova no qual os intelectuais brasileiros pregavam uma educação popular para todos [grifo nosso]. Todavia, somente na década de 60, devido ao processo de industrialização e urbanização, é que o Brasil começou a se preocupar com os altos índices de analfabetismo de jovens e adultos das classes populares em função da necessidade de mão de obra qualificada para o trabalho. Os movimentos migratórios das pessoas em busca de melhores condições de vida eram constantes e este aspecto fez com que o Estado repensasse as políticas educacionais para as classes populares (PAULA, 2009, p. 6136).

⁵ Um exemplo bastante conhecido é a "equação do sorvete", correspondente a equação ($S = S_0 + V.T$). Nela as consoantes da palavra sorvete correspondem aos parâmetros posição, velocidade, tempo, e a letra O ao numeral 0, que indica a posição inicial ocupada pelo corpo no exercício.

Desde o princípio, os precursores das diferentes gerações da educação popular visavam o cumprimento dos direitos humanos (ainda que na época não tivessem esse nome) de modo a provocar reflexão dos educandos sobre justiça e luta por seus próprios direitos. Apesar do nome ser facilmente confundido com o conceito de gratuidade ou o baixo investimento, a Educação Popular na verdade se refere ao compromisso com os mais pobres e com a emancipação humana. Essa ideia fortaleceu-se nos anos 1960 com o educador e líder Paulo Freire. Ao longo de sua bibliografia e trajetória, ele criticou a prática educadora da época, as condições sociais e passou a descrever a educação "como instrumento no domínio do conhecimento a serviço do processo de passagem do povo", tornando-o de sujeito econômico a sujeito político.

Na conjuntura brasileira podemos entender as organizações indígenas e dos negros escravizados como os primeiros movimentos sociais na busca por direitos, formando comunidades, refúgios e revoltas em nome da liberdade e sobrevivência. Com o passar dos anos, esses grupos alcançaram grande parte dos direitos requeridos, mas ainda precisam lutar por equidade salarial, educacional, territorial e saúde pública, além de questões de gênero, todas essas vistas como dívidas históricas. E é nessa idealização coletiva da busca por justiça social e acesso à educação superior que foi formado o Curso Dandara.

O trabalho realizado por professores e coordenadores do Pré-vestibular tem caráter voluntário, e a equipe se denomina um coletivo, guiado por ideias comuns sobre educação popular. O curso é estruturado sob a forma de um projeto de extensão do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Porto Alegre. No edital para seleção de estudantes de 2021, lê-se a seguinte definição do curso:

"O Curso Pré-Vestibular Popular Dandara dos Palmares é voltado para o acesso ao ensino superior de pessoas negras e/ou em situação de vulnerabilidade socioeconômica, sejam egressos de escolas públicas ou de escolas particulares com uso de bolsa de estudo. O curso desenvolve ações pedagógicas que têm como objetivo não apenas a preparação para o vestibular da Universidade Federal do Rio do Grande do Sul (UFRGS) e para o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), mas também a formação do cidadão crítico e reflexivo."

No curso, além da revisão dos conteúdos do ensino médio, há uma disciplina de Seminário Racial e Social, na qual a pessoa voluntária deve estar envolvida com a Educação para as relações étnico-raciais, estar de acordo com a educação popular. Para iniciar o trabalho em outras disciplinas, educadores também participam de formações e recebem materiais sobre educação popular (BRANDÃO E FAGUNDES, 2019; PELOSO, 2013), e estrutura democrática (FREEMAN, 1970). Além disso, os professores são incentivados a buscarem referências, notícias e teóricos através de uma lógica não dominante de classes, ou seja, que contribuam para o pensamento crítico e sejam representativos étnico e racialmente.

2.2.2. Concepções Alternativas

Assim como na Educação Popular, há outro fenômeno que reconhece a emancipação dos indivíduos na construção de seu próprio conhecimento, e este ocorre desde a infância. Durante o crescimento, desenvolvemos habilidades conforme as experiências do cotidiano e esse conhecimento empírico, chamado de concepções espontâneas, muitas vezes são divergentes de conceitos científicos aprendidos no ambiente escolar.

As concepções espontâneas são abordadas por diversos autores e recebem diferentes nomes como “conhecimentos prévios, concepções errôneas, concepções alternativas, pré-conceitos cotidianos”, entre outros, lista Teixeira e Sobral (2010). Para este trabalho, utilizarei a denominação Concepções Alternativas (CAMPANÁRIO, 2004) pois, em concordância com o autor, outros nomes como “errôneas” e “pré-conceitos”, dariam entonação negativa aquilo que, apesar de serem errados cientificamente, devem ser tratados com cuidado para que estudante façam o câmbio conceitual de forma efetiva.

Por volta de 1970 surgem as primeiras pesquisas sobre concepções alternativas no ramo da ciência, e entender qual seria o melhor tratamento delas em cada situação auxiliou na melhoria do pensamento construtivista⁶ de ensino. No entanto, Mortimer (1996) critica a tendência dos educadores em acomodar-se a tratar a abordagem construtivista como uma fórmula mágica de expansão do conhecimento, ou seja, como

⁶ Uma das abordagens que leva em conta o papel dos indivíduos na construção de seu próprio conhecimento e não apenas pelo "acréscimo de ideias". (Köihlein, 2001)

se a prática de demonstrar experimentos científicos aos alunos sempre resolvesse o conflito com as concepções alternativas.

Para Pérez (2013) a aprendizagem efetiva ou câmbio conceitual, consiste em adquirir uma nova forma de experimentar um fenômeno, e assim construir um conhecimento mais estruturado e coerente que lhes permita explicar fenômenos físicos. Isso porque algumas transformações físicas só podem ser entendidas a partir da observação e medição de moléculas e não a olho nu. Segundo Gonçalves (2005) Uma forma lúdica de fazê-lo é com ilustrações bem planejadas ou animações.

2.2.3. Conceitos Básicos da Termodinâmica

Termologia é o estudo da temperatura e do calor, suas medidas, processos de troca e transformações com mudanças de fase e dilatação térmica dos corpos. Junto a esses conceitos básicos temos a termodinâmica, que tem como foco estudar como a energia térmica (calor) associada a temperatura e pressão, podem produzir energia mecânica (BONJORNO et al., 2016). Outras situações do dia-a-dia funcionam por meio da mudança de temperatura e pressão, algumas dessas são: motores de combustão interna (motores movidos a gasolina, álcool, diesel, GLP e querosene), máquinas movidas a vapor (locomotivas), usinas termelétricas, refrigeradores e ar-condicionado (máquinas térmicas invertidas, chamadas de refrigeradores ou bombas de calor), entre outros e elas podem ser difíceis de entender devido as concepções alternativas.

Na Física Térmica as concepções alternativas ocorrem com frequência pois a ciência se apropria de palavras e expressões da linguagem cotidiana e seus conceitos científicos (apresentados em sala de aula) causam estranhamento aos alunos. Para apresentar alguns exemplos, estes foram dispostos no Quadro 1, lado a lado com as concepções alternativas mais comuns que permeiam a física térmica, levantadas por Köhnlein (2002). Como concepções alternativas têm protagonismo no que diz respeito à percepção de mundo individual e por isso são usadas para formular questões de vestibulares que testam o conhecimento científico dos estudantes, elas foram trazidas na primeira coluna e refutadas na segunda coluna.

Quadro 1: Comparação entre concepções alternativas e conceitos científicos comuns na Física Térmica.

Concepção Alternativa	Conceito ou argumento científico
O calor é geralmente associado a uma fonte ou a um estado; utiliza-se para designar um estado quente. Exemplo: "Hoje está calor". Macedo e Soussan (1986)	Calor é energia térmica em trânsito, motivada por uma diferença de temperatura, uma relação entre grandezas, adquirindo assim um caráter racional. (Amaral & Mortimer, 2001)
Devemos fechar as janelas no inverno para não "entrar o frio" - Questão do ENEM 2016	A energia térmica vai do meio de maior temperatura para o meio de menor temperatura.
Dizer que um objeto de metal é mais frio que um de plástico.	A grandeza é confundida com sensação térmica. Cada material tem a capacidade de conduzir calor de formas diferentes.
"A temperatura é a variação do calor." Grings, Caballero e Moreira (2007)	Calor é definido como energia cinética total das moléculas de uma substância enquanto temperatura é a medida da energia. O calor é medido por um calorímetro e a temperatura, por um termômetro. (BONJORNO, 2016)

Posteriormente, mais dessas questões serão exploradas para o desenvolvimento das animações junto aos professores do Curso Popular Dandara dos Palmares.

3. METODOLOGIA

Neste Trabalho de Conclusão de Curso assume-se a afirmação de Munari (1998) de que a metodologia é o conjunto de operações necessárias para a prática projetual em ordem lógica, organizadas para "atingir o melhor resultado com o menor esforço." (1998: p. 2). Apesar do projetista utilizar a experiência para traçar os caminhos que reduzem o tempo das fases de projeto, a metodologia do design não é absoluta. Logo, pode ser adaptada em razão de novos problemas encontrados ou a fatores favoráveis para o fluxo criativo.

A probabilidade de variar o fluxo projetual é ainda maior em uma área recente como o *Motion Graphics*, que possui uma ampla gama de produtos finais, meios de reprodução e públicos-alvo. A versatilidade nos métodos adotados em *motion* pode ser observada entre outros Trabalhos de Conclusão de Curso de Design da UFRGS. Como exemplo, cito as metodologias utilizadas em três projetos de animação: o primeiro de Chaves (2016) que abordou a "Conscientização Sobre a Doença De Alzheimer Através Do *Motion Graphics*", o trabalho "*Motion Graphics* como Auxílio no Ensino da História do

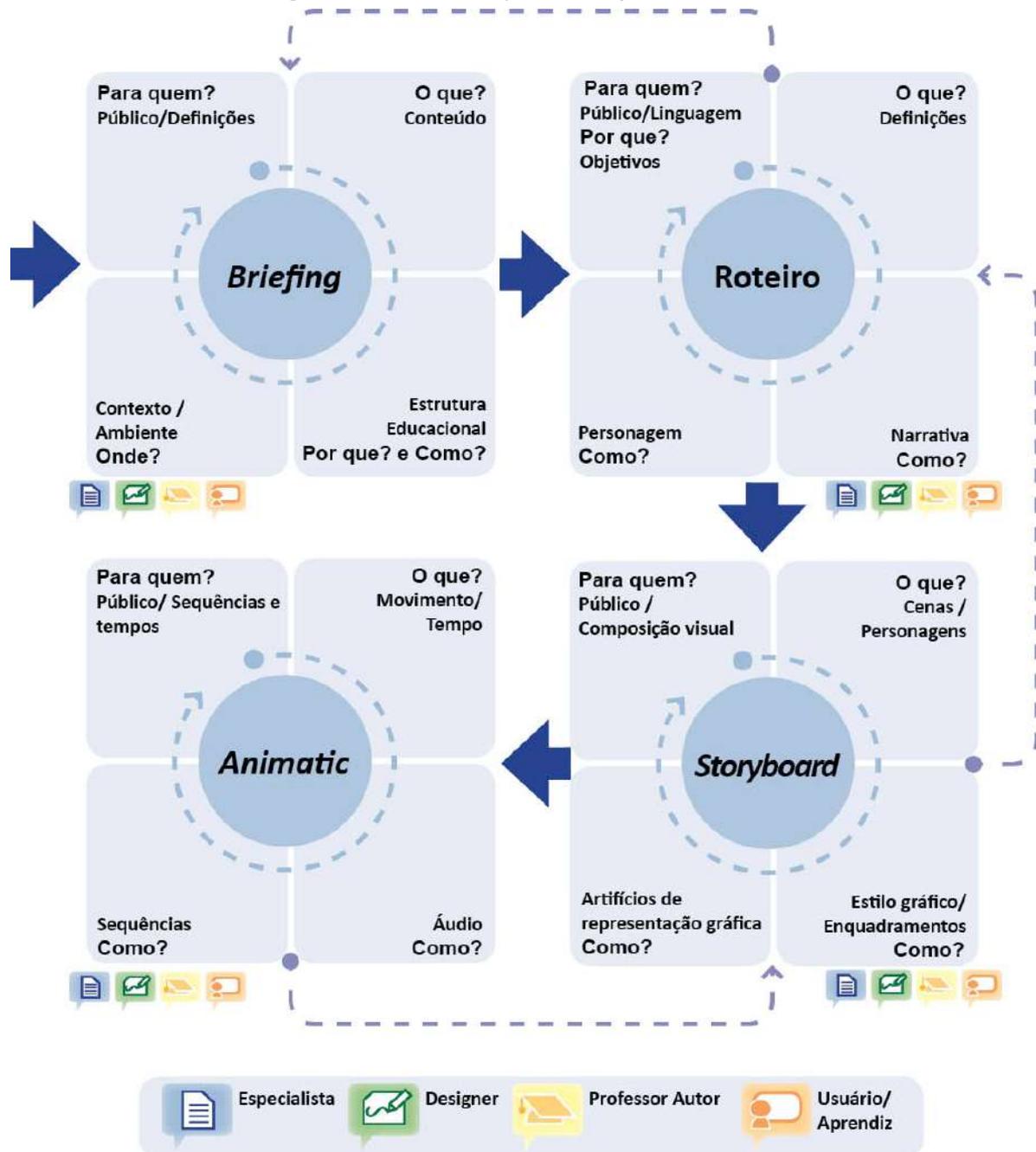
Design”, de Haupenthal (2012) e “*Motion Graphics em Cursos Abertos e Massivos: O Projeto do Santo TCC*” de Afonso (2021). Apesar de todos os trabalhos terem finalidade de instrução ou contexto educacional, nenhum deles utilizou uma única metodologia criada para animação, mas sim adaptadas através da combinação de outras áreas. Chaves utilizou a metodologia de Design Informacional de Redish (2000), Haupenthal optou pela metodologia ADDIE⁷ de design instrucional, enquanto Afonso se deteve às fases de projeto apresentadas na dissertação de mestrado de Velho (2008) “*Motion Graphics: linguagem e tecnologia – Anotações para uma metodologia de análise*”.

Mesmo tendo em mente a possibilidade de combinar e adaptar metodologias de diferentes áreas do design ao motion, buscou-se autores que tivessem se debruçado em construir uma sistematização para animações educacionais. O resultado dessa busca foi a tese de doutorado de Alves (2017), com uma metodologia de design circular e específica para educação.

Nela, Alves apresenta um modelo para a concepção colaborativa de animações educacionais feitas para o Ensino Fundamental, contudo, a etapa de briefing apresenta questões que dão abertura a qualquer faixa etária ou área de ensino. A autora divide o processo de criação em quatro módulos: briefing, roteiro, storyboard e animação (Figura 11). Cada módulo é dividido em quadrantes com questões básicas para cada parte do processo, são elas: “Por que?”, “Para quem?”, “O que?”, “Onde” e “Como?”. Em toda a metodologia adota-se uma dinâmica circular de ação que permite mudanças por parte do projetista. O nome dos módulos também é o produto intermediário das animações, e a documentação de cada um deles dá início ao próximo módulo.

⁷ ADDIE é um modelo para o design instrucional. O nome do modelo é uma sigla para: Analyze (Análise), Design, Develop (Desenvolvimento), Implement (Implementação) e Evaluate (Avaliação).

Figura 11: Modelo final para Animação Educacional.



Fonte: Alves, 2017 p. 173

O diferencial na metodologia proposta por Alves é a colaboração de todos dos *stakeholders* de forma planejada, isso por que em sua dissertação a autora percebeu a influência de diferentes pessoas na concepção das animações educacionais sem um padrão estabelecido. Por exemplo, algumas vezes o roteiro fica por parte dos designers, outras, por parte dos educadores; da mesma maneira, há diferenças em quem aprova o produto final, podendo ser um professor, um especialista em animação,

um funcionário da escola contratante ou o próprio professor (caso seja autor e animador).

Além do quadro trazido acima, a autora propõe fichas com perguntas que são úteis no levantamento de dados, estabelecimento de linguagens e solução de problemas em cada uma das fases. Os formulários foram elaborados pois a autora lecionou a metodologia para alunos graduação, e essa foi a maneira de resumir as etapas didaticamente. Assim, o modelo se mostra ainda mais adequado para o projeto.

3.1. Etapas de projeto

No canvas de metodologia de Alves (2017) podemos ver os quatro subprodutos das etapas. A seguir trago um resumo sobre cada um deles, e considerações sobre a etapa de pós-produção, não contemplada no modelo da autora, contextualizando-os para o presente projeto.

3.1.1. Briefing

De maneira geral no design, o briefing é o documento que explica os objetivos gerais do projeto, prazos e público, e deve servir como material de consulta para avaliação do trabalho ao longo do processo (LUPTON, 2013 *apud* CHAVES, 2016). Em seu modelo colaborativo de animação, Alves (2017) traz dois modelos de briefing: um que é extraído ou fornecido diretamente pelo cliente, e outro que diz respeito ao aprofundamento do designer no estudo do público-alvo, linguagem e suporte do produto final. Esses são os tópicos propostos pela autora para o briefing:

I. Briefing para Definições Básicas

- a) Definições básicas da animação: objetivos, tema, título e tempo.
- b) Público: Para quem, dados demográficos, questões culturais e porque fazer animação para eles
- c) Referências visuais do público alvo: Questionar o público alvo ou analisar similares
- d) Consultoria de Especialistas: Dificuldades do projetista e possibilidade de agregar outros animadores ou sonoplastas.
- e) Recurso: Equipamentos e pessoas

II. Briefing de Animação e Narrativa

- a) Tema da animação e problema a ser resolvido
- b) Assunto: O que será narrado e experiência do designer com o assunto narrado
- c) Mensagem objetivos, interesse e desfecho
- d) Espaço: Local e Contexto
- e) Tempo: Época da narrativa e duração
- f) Ação: Física ou emocional?
- g) Presença de Narrador: Se existe de de que tipo
- h) Estrutura da história: ficção ou não-ficção, manipulação do tempo e fidelidade a realidade
- i) Técnica de Animação Utilizada: direta ou quadro a quadro
- j) Canais Usados: Visual, textual ou sonoro
- k) Suporte/Mídia

Como Alves agrupou e disponibilizou posteriormente as questões de cada etapa em formulários para serem ensinadas a alunos de graduação em Design da UFPR (esses na perspectiva de projetistas), as fichas foram utilizadas no desenvolvimento. Os dois formulários de briefing (disponíveis nos Anexos 1 e 2) foram preenchidos a fim de resumir as principais tomadas de decisão da pré-produção.

3.1.2. Roteiro

Segundo Alves (2017), depois de concluída a fase de briefing, as informações coletadas são transformadas em um texto, que recebe o nome de roteiro após ser adaptado para um formato que torne o texto compreensível para a equipe de produção. Porém a sua elaboração varia por conta de quem se encarrega de fazê-lo. Para criar o modelo utilizado neste trabalho, Alves (2017) entrevistou diversos profissionais e equipes de criação, entre elas podemos identificar diferentes fluxos de trabalho. Como por exemplo, pode ocorrer a contratação de escritor principal e auxiliar, pode ser necessária também a presença de especialistas de conteúdo. Outras vezes, ele pode ser elaborado pelos próprios professores, entre outras possibilidades ou até mesmo por designers especializados em *storytelling*.

Independente de quem o fizer, o roteiro deve ser completo em relação aos diálogos dos personagens e narração (se houver), tal como ser objetivo quanto às diferentes cenas. No texto devem estar previstas as cenas posicionamento da câmera, as transições e os ângulos (MARX, 2007). Com o máximo de detalhes possíveis, os animadores serão capazes de planejar o produto final “a fim de tirar a carga de tutorial do conteúdo e transformá-lo em uma animação realmente” (ALVES, 2013).

No quadro de questões apresentado pela autora, estão presentes muitos tópicos referentes à criação do personagem, suas ações e arco narrativo. Como as animações deste projeto não pretendem utilizar personagens e mostrar fenômenos naturais que acontecem em objetos, o formulário sugerido por Alves (2017) será sintetizado no momento do uso, dando prioridade aos conteúdos sugeridos pelos professores de física.

3.1.3. Storyboard

O *storyboard* além de uma etapa, é um expansor criativo e o momento de visualizar como a história será contada além do roteiro, pois deve traduzi-lo visualmente. É nessa etapa em que são explorados planos e perspectivas de imagem, ritmo e movimento. Para isso, os desenhistas devem se atentar aos enquadramentos de cada cena e representar o extremo das ações de maneira sintetizada, uma maneira de fazê-lo é exprimindo velocidade e mudança de um corpo através do traço. Sendo assim, o *storyboard*:

Consiste de uma série de pequenos desenhos com legendas, fixados num quadro, que mostram as ações-chave do filme. Com isso, tem-se uma apreensão antecipada do ritmo, com o encadeamento visual das cenas permitindo decisões mais seguras e ajustes valiosos antes de a filmagem começar. É tão útil que se generalizou, e hoje qualquer comercial para a televisão ou filme que se preze (inclusive de ação ao vivo) não dispensa a preparação do *storyboard*. (LUCENA, 2005, p. 109).

Os primeiros registros da criação de *storyboard* para animação é dos estúdios Disney e datam de 1932. A técnica foi usada para o filme Three Little Pigs (Os Três Porquinhos) que faturou o Oscar de melhor curta de animação em 1934. (BARBOZA, 2017).

3.1.4. Animatic

Conforme o canvas da metodologia de Alves (2017), podemos ver que o subproduto do último módulo é o *animatic*, termo que designa a primeira versão de uma animação. Nessa fase, o *storyboard* é editado a uma linha do tempo junto aos áudios com a finalidade de testar o *timing* e garantir se não são necessários novos quadros entre os que foram desenhados no *storyboard*, além de verificar a qualidade do ritmo e movimento (MARX, 2007). Por isso, Krasner (2008) considera a etapa de *Animatic* sendo o momento de realmente dar vida às imagens. Além disso, ele lança um alerta ao animador:

Ao criar um *animatic*, é importante ter em mente que você não está apenas apresentando um *slideshow* do *storyboard* [...] Tenha certeza de esclarecer os tipos de movimento, ângulos de câmera e transições que irão ocorrer. Também tenha mente aberta e esteja preparado para desviar um pouco de suas ideias originais. É possível que você decida voltar aos sketches originais para explorar outras possibilidades (KRASNER, 2008, Tradução da autora).

Figura 12: Comparativo do Animatic e Animação final de uma cena do desenho animado The Loud House.



Fonte: Vida de Motion

Para Neto (2019), o animatic pode ser apenas uma versão temporizada do storyboard ou, caso o storyboard tenha sido feito de maneira muito simples, podem ser adicionados mais detalhes ao animatic. Outra opção é de ter vários animatics que vão se aperfeiçoando até chegar ao aspecto final da animação.

3.1.5. Animação e pós produção

Para Velho (2008) o processo do cinema e animação pode ser resumido em três etapas: a pré-produção, nas quais consta o projeto de filme (planejamento), a produção e a pós-produção, que diz respeito a montagem e procedimentos de finalização. No entanto, para o motion design essa fase está atrelada ao processo de animar, não necessitando a divisão de etapas ou entre animadores.

Por conseguinte, Alves (2017) desconsiderou descrever uma etapa de pós-produção ou mesmo da execução (aprimoramento do *animatic*) ao canvas final do modelo colaborativo de criação, pois esta seria uma etapa com protagonismo do animador e voltada a questões técnicas. Isso não significa que a autora não dê importância às tarefas posteriores ao animatics ou que haja uma maneira correta de tratar as etapas, já que no último capítulo do manual de uso do modelo, reitera que não é a intenção do material ser um modelo estático de projeto, mas sim colaborativo, coletivo e adaptável. Depois que o *animatic* estiver pronto, serão feitos os processos de animação dos elementos e cenas, adição de trilhas de áudio e renderização.

Tanto nas fases de *storyboard* quanto na animação serão levados os conceitos de aprendizagem multimídia de Mayer (2007), partindo do princípio de que há maneiras mais efetivas de dispor o layout de materiais que usem diferentes tipos de mídia ao mesmo tempo (imagem, texto, movimento, som). Os 12 princípios de Mayer serão melhor descritos durante a execução dos *animatics*, na fase de desenvolvimento do projeto. Ao fim da revisão metodológica, deu-se início ao projeto informacional conforme as etapas de projeto propostas por Alves, detalhadas a seguir.

4. LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES

4.1. Briefing do Projeto

4.1.1. Briefing de Definições básicas

Tal como proposto no modelo sistemático de Alves (2017), deu-se início o levantamento de informações para o briefing de definições básicas (aquelas coletadas com o cliente), para realizá-lo foram feitas entrevistas semiestruturadas individuais com os três professores do curso pré-vestibular, divididas em assuntos, enfoques e questionamentos (Quadro 4). Inicialmente, considerou-se realizar as perguntas em

grupo focal, no entanto, apesar de os três entrevistados se organizarem como um núcleo no qual dividem materiais e turmas, supôs-se a possibilidade de eles terem opiniões divergentes que seriam melhor exploradas em entrevistas individuais, além de haver indisponibilidade de horário comum.

Quadro 4: Questionário realizados com os professores

Assunto	Enfoques	Questionamentos
Perfil do Professor		Qual é o seu grau de formação?
		O trabalho do Dandara é um estágio, voluntariado ou trabalho formal?
		Qual é a sua idade?
		Há quanto tempo você dá aulas?
		Sempre foram aulas de física? E em quantos lugares?
Sobre o curso pré-vestibular		Quantos alunos o pré-vestibular tem por ciclo?
		Quantos chegam até o final sem desistência?
		O calendário letivo tem geralmente quantos meses?
		Há dados quantitativos do perfil dos alunos do Dandara?
		Qual é o tempo de duração das aulas no Dandara?
Sobre as aulas de física		Esse tempo é suficiente para os conteúdos do plano de aula? E no ano inteiro no geral?
		Média de alunos online por aula de física
		Como você considera ser o fluxo de aprendizado no curso pré-vestibular?
		Você dispõe de quais recursos para dar aula? Além do computador. Livros, animações, vídeos, simuladores, entre outros.
		O Dandara oferece algum material didático? Livros, apostilas, pdfs?
		O Dandara incentiva de alguma forma o uso de tecnologias educacionais?
		Vocês se denominam um “Núcleo de física”, como funciona essa dinâmica? a) dividem turmas? b) compartilham materiais? c) por quais canais?
		Qual é a proporção de tempo despendida na exposição dos fundamentos e da exemplificação com exercícios?
Uso de animações		Você já usou ou gostaria de usar animações como recurso de ensino?
		Se já usou, em qual área?
		Por que usou? Grau de dificuldade, era abstrato, era a melhor opção..?
		Nesses casos em que usou, o que mudou para o aluno?
Termodinâmica e Animações		Na nossa primeira conversa, vocês apontaram que precisavam de materiais de apoio para a termodinâmica. Por que essa área? (apenas a falta de material ou alguma característica da área
		Existe diferença do conteúdo de termodinâmica abordado no enem e no vestibular? Quais são as diferenças? Apenas abordagem ou conteúdo.

		Em que momento do ensino de termodinâmica vocês sentem falta de representação gráfica? (apresentação de conceitos fundamentais, exercício, fórmula, aplicação no mundo real, dinâmicas dentro do conceito).
		E porque? (pedir o motivo pelo qual a assimilação de cada coisa citada é difícil pelo aluno)
		Os alunos associam facilmente aplicações da vida real na termodinâmica? Que acontecimentos da rotina eles associam?
		Como esses fenômenos da rotina contribuem?
		A contribuição é sempre positiva?
		Algum de vocês já recebeu algum comentário ou feedback sobre a disposição do conteúdo em slides, pdfs, etc?
Acesso aos materiais		Antes da pandemia, slides já eram utilizados para exposição do conteúdo? a) Se sim, em qual suporte?
		E hoje, qual é a plataforma que vocês usam para apresentar a aula, gravar e criar os slides
		O material já era disponibilizado em um mooc? Se sim, os alunos acessam com frequência?

Depois de realizar os questionamentos aos três professores, buscou-se analisar problemas a serem mitigados pelo design em cada um dos assuntos. Nos parágrafos a seguir eles serão identificados pelos nomes fictícios de Aline, Bruno e Carlos, com a intenção de manter sigilo sobre suas identidades. Os perfis das pessoas entrevistadas possuem aspectos comuns: todas têm de 25 a 27 anos, grau superior incompleto, estudam em diferentes universidades e com o trabalho voluntário no Curso Dandara, estão lidando com educação popular pela primeira vez.

Nessa nova experiência, os três professores relatam sobre restrições de tempo, recursos e público. Por exemplo, Aline expõe que o núcleo de física não pode criar cronogramas anuais de estudo pois, por conta da evasão de alunos e da variação do tempo de assimilação de determinados assuntos, um mesmo conteúdo pode demorar de uma a três aulas para ser lecionado. Tal diferença de tempo decorre da carência de conhecimentos prévios que deveriam ter sido aprendidos no ensino médio pelos alunos, mas recaem em falhas no sistema social e de ensino, além da sobrecarga de estudos e trabalho enfrentada por alguns. Esses primeiros relatos reforçam a importância do projeto em auxiliar num tema difícil da física, podendo facilitá-lo com objetos educacionais.

Por ser um trabalho voluntário e exigir constante mudança no planejamento, os três educadores dividem materiais e revezam as aulas. Essa prática docente coletiva

exige que as animações devem ser disponibilizadas de maneira que eles, ou qualquer novo membro da equipe, tenham acesso para uso livre (dentro e fora do Dandara). E, como combinado com a coordenação, os administradores também devem receber as animações através do e-mail institucional.

Sobre o uso de animações, os três dizem utilizar gifs que encontram em sites de busca, mas sempre tiveram dificuldade encontrar animações sobre termodinâmica pois, segundo eles, os materiais são raros e por vezes apresentam erros conceituais. Para eles, o momento em que mais precisam de animações sobre terminologia é ao explicar situações do cotidiano, sendo esse o momento em que ocorre o conflito com concepções alternativas. Outra dificuldade é explicar que as situações cotidianas decorrem de fenômenos em nível de partículas, com transformações invisíveis a nível macroscópico e que isso pode ser melhor explicado em ilustrações ou animação.

As três pessoas entrevistadas alegam ainda que, justamente por ser um conteúdo difícil, é aplicado no ENEM como questão de alta dificuldade. A maneira como o assunto é trazido geralmente não envolve cálculos e sim as situações cotidianas e, portanto, decidiu-se que essas situações serão o conteúdo das animações geradas.

Sobre a educação popular e antirracista proposta pelo curso, as três pessoas entrevistadas relataram dificuldade em aplicar essas ideias no ensino da Física, por ser uma disciplina exata. Aline tenta trazer a relevância de teóricos negros, situações e notícias, enquanto Bruno e Carlos admitem não entender muito bem como aplicar esses valores no ensino da física.

Por último, o tipo de mídia e plataformas mais utilizadas pelas entrevistadas são a Google Suíte (para elaboração de apresentações, documentos e armazenamento). Nos anos de 2020 e 2021, época de maiores restrições decorrentes da COVID-19, as aulas foram ministradas virtualmente pela plataforma Google Sala de Aula, mas em decisão tomada poucos dias antes da entrega desse relatório, voltariam a ser presenciais. Portanto, para a exibição do conteúdo e das animações em sala de aula serão utilizados projetores. Essa informação influenciará nas decisões sobre a utilização de áudio e disposição das composições animadas.

a) Análise de Similares

O terceiro tópico do briefing de definições básicas (anexo I) diz respeito às referências visuais do público-alvo, tanto em questão de estilos quanto de similares da temática. No modelo, Alves (2017) sugere que seja feita uma pesquisa ou entrevista sobre os estilos comuns dos desenhos animados da faixa etária. Para isso, foi feito um levantamento de animações populares em *streamings* nos anos de 2019 a 2022, para verificar as características mais frequentes entre elas.

Figura 13: compilação de animações populares entre o público-alvo



Fonte: da Autora.

Durante a coleta de dados notou-se que entre os desenhos animados mais populares para adolescentes e jovens adultos, destaca-se o estilo 2D clássico e também os animes, nome dado por outros países à animação produzida no Japão, que possui um estilo de arte característicos e que também influenciam no design de personagens. Nesse levantamento, outra característica foi percebida: apesar do público não ser infantil, animações com temáticas filosóficas e de ficção científica possuem quadros

com mais cores, sendo essas saturadas, enquanto animações heróicas tendem a ser monocromáticas ou frias.

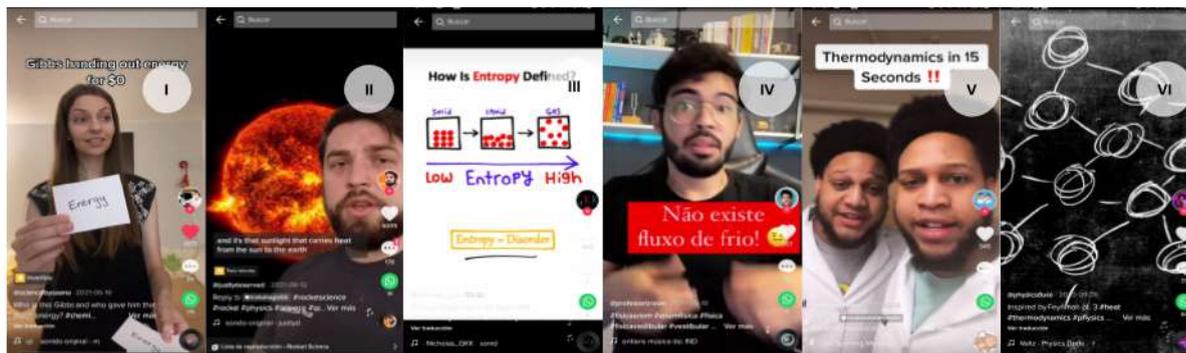
Para identificar diferentes formas de apresentar o conteúdo de termodinâmica, buscou-se sobre o tema em diferentes plataformas de vídeo como Youtube e TikTok, acrescenta-se a lista também o filme espanhol *Las Leyes de la Termodinámica*, e o simulador virtual de gases PhET.

O Youtube, como citado na introdução deste trabalho, tem categorias dedicadas à educação e por isso é possível encontrar vídeos com produções profissionais e diferentes linguagens gráficas. Já a rede social TikTok que é destinada para criação e postagem de vídeos curtos e verticais tem o seu potencial de alcance amplificados quando as são usadas ferramentas nativas da plataforma, incentivando o aspecto mais caseiro, próximo e natural do conteúdo. Por isso, para aumentar o engajamento em seus vídeos, professores utilizam as ferramentas de edição do aplicativo e humor para atrair o público desejado. Como as linguagens gráficas e abordagens se cruzam e repetem entre as plataformas, a análise foi esquematizada abaixo, destacando as principais categorias de cada uma: Tik Tok, filme “As leis da termodinâmica”, Canais do Youtube e Simulador PhET.

- **TikTok**

A busca pelo termo “termodinâmica” em diferentes idiomas resultou em centenas de resultados nos quais cientistas e professores produzem vídeos didáticos. Como as ferramentas de edição nativas do TikTok são em maioria de sobreposição e justaposição de mídias, as animações apareceram em menor quantidade, mas os métodos servem de referência para linguagem visual ou de roteiro. Entre os resultados, nota-se que há 6 principais tipos de abordagem do tema exemplificados com os quadros da figura 14:

Figura 14: Quadros de diferentes vídeos na rede social Tik Tok



Fonte: Compilação da Autora

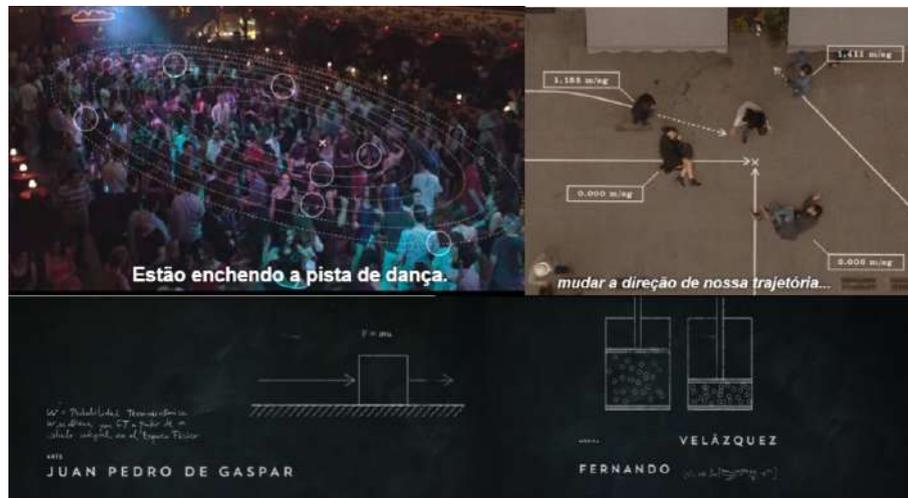
- I. Personificação do criador de conteúdo como parte do sistema termodinâmico, como uma esquete com mímica.
- II. Uso da Função Chroma Key para sobrepôr o explicador em figuras que dizem respeito a situação de vida real dos fenômenos térmicos.
- III. Ilustrações digitais com caráter manual em fundo branco. Como não são utilizadas ferramentas de texto da plataforma, presume-se que para essa linguagem, o vídeo provavelmente foi feito fora do aplicativo.
- IV. Explicação verbal legendada. Edição simples de corte seco e algumas mudanças de ângulo de câmera que tornam o vídeo mais dinâmico.
- V. Uso o tempo curto como um gatilho de atração. Um exemplo é o quadro 5 na figura 14. Com o título “Termodinâmica em 15 segundos” os irmãos gêmeos fazem alternância da fala para elucidar sobre uma fórmula em resposta a um comentário.
- VI. O professor filma o quadro, para explicar a agitação das moléculas (desenho) com a câmera na mão e sem estabilidade.

- Filme - As leis da termodinâmica

A comédia romântica disponível na plataforma Netflix utiliza a alternância da linguagem de filme documental e a comédia. A história conta sobre a vida romântica de Manel, um estudante de doutorado em física. Desde o término com sua namorada Raquel ao envolvimento com a coadjuvante Elena, o narrador usa metáforas que colocam os personagens como corpos ou partículas em um sistema energético. O

voiceover nas cenas são acompanhados por animações em linhas e setas que apontam para os elementos das cenas correspondentes ao fenômeno físico (figura 15).

Figura 15: quadros do filme que utilizam motion para exemplificar interação dos personagens como um sistema de partículas e colisões e créditos finais em quadro negro.



Fonte: Compilação da Autora

Os acontecimentos dos personagens são intercalados com cenas em que cientistas renomados foram convidados para explicar mais a fundo alguns conceitos da termodinâmica (figura 16). Nesses quadros, as animações ganham um pouco de cor, mas o estilo se mantém o mesmo. Para representar diferentes temperaturas é aplicado o sistema de cor vermelho e azul. O movimento da animação é lento e suave, nos pontos onde há destaque da ação foram incorporados feixes de luz e um leve desfoque. O cenário nesses momentos é de um estúdio escuro, como é comum em entrevistas documentais e por isso não se aplica um fundo nas animações. Por último, o mesmo motion é utilizado nos créditos do filme, porém com fundo de quadro negro e as ilustrações ganham um aspecto falhado de giz (figura 15).

Figura 16: Quadros do filme que utilizam motion ao lado de cientistas.

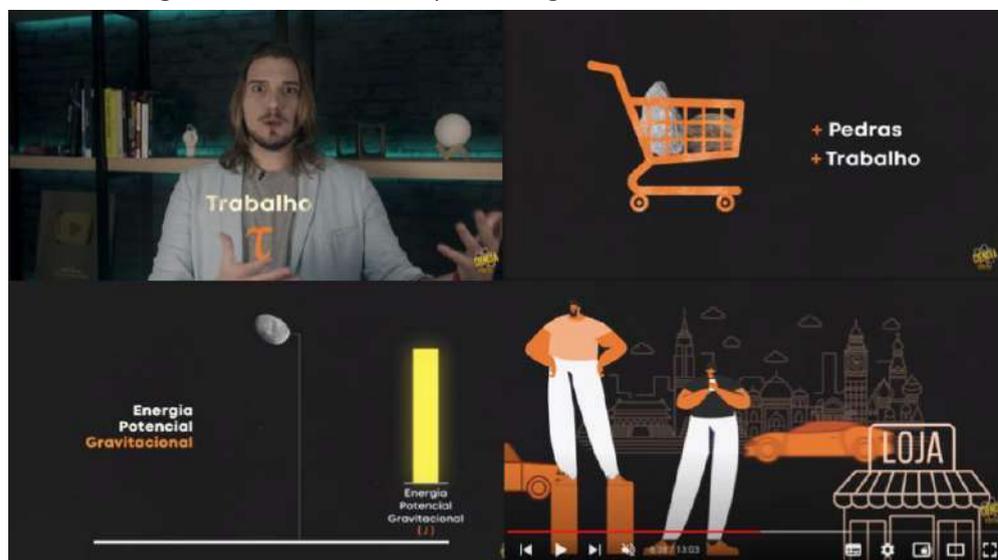


Fonte: Autora.

- Canais do Youtube

Canal Ciência Todo Dia

Figura 17: Quadros de O que é Energia, do canal Ciência Todo Dia



Fonte: Compilação da Autora

No canal Ciência Todo Dia, o apresentador Pedro Loos cria situações metafóricas que permeiam durante todo o vídeo, em “O que é energia?” (figura 16), ele compara um sistema térmico a uma cidade na qual os habitantes compram sapatos de diferentes alturas ou carros em troca de uma moeda: Joules (unidade de energia térmica). O propósito da narrativa é demonstrar que o sistema de trocas dessa cidade sempre está sempre equilibrado, mesmo quando parâmetros como a velocidade de carros e altura dos sapatos variam diariamente, assim como um sistema energético ideal.

Graficamente, o canal possui um estilo consistente e bem definido. O diretor de arte e o animador utilizam figuras vetoriais, uma paleta de cores reduzida e fundo escuro, que combinadas ao cenário de gravação do apresentador remetem à ficção científica. O movimento dos elementos animados é suavizado no início e fim do deslocamento, tanto com a mudança de aceleração como por leves rotações e mudança de escala conferindo naturalidade e fluidez às animações. Por esses e outros aspectos técnicos o Ciência Todo Dia é uma boa referência de animação didática. Em outros vídeos da mesma série, temperaturas altas e baixas foram representadas por moléculas (pequenas elipses de cor verde e rosa) em diferentes velocidades de agitação, diferente da maioria dos similares que utilizam azul e vermelho.

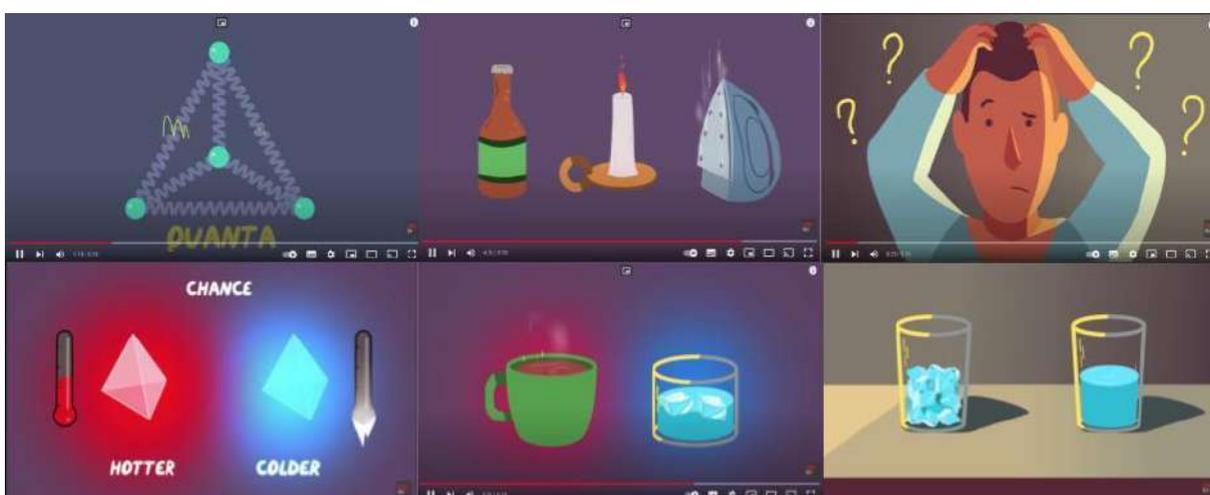
Uma característica deste canal é que os assuntos abordados instigam a curiosidade e conhecimentos gerais, não sendo tão focado em fórmulas ou ao menos não explicita ter finalidade de reforço escolar nem pré-vestibular.

TedEd

O canal TedEd é uma iniciativa da TED Conferences, marca de eventos e palestras curtas que ocorre ao redor do mundo. O canal exclusivo para postagem de animações educacionais tem mais de 3 bilhões de visualizações e um acervo diverso de temas. Correspondente à Termologia, foi encontrado o vídeo que explica o conceito de Entropia - grandeza estatística de como moléculas podem se organizar (MENDES, 2016) - e nele são apresentados exemplos similares aos de outros materiais de objetos cotidianos - como xícaras, gelo, termômetro e sol - e trocas de temperatura com o ambiente.

A linguagem gráfica do canal é de animação 2D, algumas vezes infantilizada, e as informações são bastante claras para um público amplo e democrático. No vídeo Entropia (figura 17), as ilustrações são mais simples que outros vistos no canal, com fundos simples em gradiente, e sem ambientação dos elementos, por exemplo. Para representar a temperatura, foram usadas as cores vermelho e azul. Quanto a animação, é do tipo direta, mas em certos momentos apresenta uma baixa taxa de frames por segundo, dando a impressão de ser frame a frame.

Figura 18: Quadros do vídeo “Entropia” do canal Teded



Fonte: Compilação da Autora.

Como o acervo de vídeos do canal é amplo e de vários estilos gráficos, buscou-se pelo termo “temperatura” em outras abordagens, resultando em temas como culinária, “por que temos febre?”, mudanças climáticas, “por que suamos”, entre outros. O intuito dessa busca foi entender como expressões e elementos como calor, frio, gelo, partículas, entre outros podem ser representados visualmente.

Figura 19: Quadros de similares temáticos.



Fonte: Autora.

Canal Descomplica

Figura 20: Quadro do vídeo Termodinâmica do canal Descomplica e mapa mental completo



Fonte: Descomplica

O Descomplica é uma plataforma de preparação para ENEM e vestibulares, muito popular no Brasil e vem expandindo seus produtos educacionais. Apesar de terem seu portal, ainda disponibiliza alguns conteúdos no Youtube para captar clientes, aulas essas que em sua maioria consistem em filmagem de professores utilizando a lousa para explicar. O vídeo de termodinâmica, no entanto, possui um estilo diferente: ele faz parte da série “Quer que Eu Desenhe?”, e usa um mapa mental que vai sendo preenchido durante o vídeo junto à narração.

O estilo do vídeo remete a anotações que os estudantes fazem no caderno, com tipografias manuscritas destacadas com marca-textos coloridos, bem como um mapa mental. Os elementos são divididos por tópicos que recebem uma cor de destaque, e a animação é majoritariamente tipográfica, já que o intuito é apresentar fórmulas e facilitar memorização.

Canal Me Salva!

O canal Me Salva! é outro cursinho que possui portal próprio mas publica alguns de seus conteúdos no Youtube. Seu formato padrão são filmagens com vista de topo da mesa utilizada pelo professor. Nela, o educador troca folhas de papel que contém explicações e ilustrações feitas com canetas hidrográficas, como quadros escolares brancos (Figura 21). Mesmo não sendo uma animação, o estilo gráfico é bastante característico para o público alvo, e o conteúdo serve de referência informacional.

Figura 21: Quadros do vídeo Introdução à Termodinâmica e Conceitos Básicos.

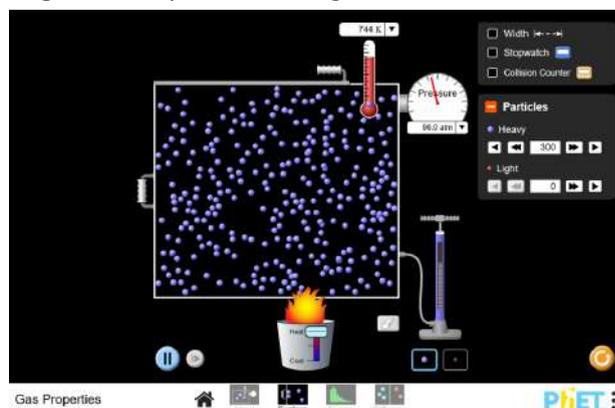


Fonte: Youtube

- Simulador PhET

Outro recurso computacional que auxilia muitos educadores a demonstrar transformações físicas são simuladores virtuais. Eles funcionam como complemento didático pois o professor pode usá-los não só para as explicações teóricas, mas demonstrar a interação entre os parâmetros de um sistema. No caso da termodinâmica, um simulador conhecido é o Propriedades dos Gases, da Phet (Figura 22), a iniciativa disponibiliza diversos simuladores de código aberto para serem executados em um navegador ou baixados livremente.

Figura 22: Experimento de gases no simulador Phet.



Fonte: PhET

No simulador de gases, o usuário pode adicionar moléculas de dois tipos: leves ou pesadas, representadas pelas cores azul e vermelha e diferentes tamanhos. Aqui as duas cores de moléculas não têm a ver e não se modificam com temperaturas baixas ou altas, mas elas aparecem no modificador de temperatura na base da caixa (figura 22). Além das cores, quando o interruptor é arrastado para uma temperatura alta, aparece uma ilustração estática de fogo, e quando para baixo, surge um amontoado de

cubos de gelo. Conforme o usuário altera o tamanho da caixa, temperatura, pressão e densidade, as partículas ganham diferentes acelerações e colidem entre si. O movimento da animação é bastante abrupto, pois quando não há colisão entre duas moléculas, a velocidade da partícula se mantém constante e graficamente, não há nenhum tipo de desfoque de movimento ou rastro.

4.1.2 Briefing de Animação e Narrativa

A partir dos formulários propostos por Alves (2017), foi possível tomar decisões que formaram o briefing de narrativa, complementando-se aos requisitos expressados pelos professores do curso pré-vestibular, e ao que foi percebido nas análises de similares. Respostas objetivas sobre tempo, espaço, narrativa e público podem ser lidos nos anexos I e II deste relatório.

Em suma, o projeto visa a criação de animações para o ensino de conceitos pontuais de termodinâmica para alunos entre 16 e 19 anos. O problema principal é como demonstrar situações de troca de calor em situações cotidianas. No entanto, a animação servirá ao objetivo de acompanhar os conteúdos teóricos, ou seja, como infográficos, e por isso decidiu-se que os sistemas termodinâmicos serão divididos em tópicos de modo que se apresentam em animações curtas de no máximo 10 segundos e entregues em extensão .gif. Assim, o produto final pode ser utilizado de maneira livre para ser organizado pelos professores nos slides de aula.

O produto final deve ser entendível com ou sem som, por isso a presença de narrador, efeitos sonoros ou música não é um requisito. Essa abertura se deve ao fato de que os professores fazem suas explicações enquanto mostram imagens, e nesse caso não há necessidade de incluir esses recursos para a sala de aula, entretanto eles podem ser úteis para o aluno que assiste em outro momento. Isso posto, os gifs serão organizados também em uma sequência de vídeo a ser publicado no youtube para livre uso de outros professores como também entregue ao Curso Dandara dos Palmares.

Como não houveram mais pessoas na equipe de produção da animação deste TCC, os professores de física colaboraram na decisão das situações narradas e quaisquer informações sobre física necessárias. Além disso decidiu-se que as animações serão do tipo diretas, e usarão gráficos vetoriais, também por restrição de

equipe e tempo, já que uma animação quadro a quadro ou com ilustrações feitas a mão demandaria mais horas de execução. A mídia gerada deve ser leve o suficiente para ser agregada aos materiais de aula e possibilitar acesso aos alunos que por vezes têm restrição de dados de internet.

a) Técnicas e tipos de animação

Uma decisão muito importante tomada no briefing da narrativa, como aponta Alves, é a escolha da técnica de animação. A autora traz duas opções no formulário: direta ou quadro a quadro. Por isso, viu-se a necessidade de explorar os diversos tipos e técnicas possíveis, as quais foram descritas a seguir, para tomar essa decisão projetual.

Para auxiliar na tomada de decisão de qual tipo de animação será feita nesse projeto, os atributos mais importantes do processo de execução foram esquematizados em uma Matriz de Pugh. Cada uma delas foi pontuada entre 1 e 3, sendo que a nota 3 configura execução fácil, viável, ou que a autora já tenha experiência, 2 quando exige esforço médio de viabilizar e que seja necessário revisar os softwares, já a nota 1 foi atribuída quando inviável ou que fosse necessário equipamentos mais avançados que os disponíveis.

Tabela 1: Matriz para decisão do tipo de animação do projeto.

	Tradicional Desenho	2D Vetorial com personagem	2.5D Paralaxe	3D	Motion Graphics sem personagem	Stop Motion
Tempo de Produção	1	2	3	1	3	2
Necessidade de Equipamentos	3	3	3	2	3	2
Tempo de Experiência necessário	2	2	3	2	3	1
Viabilidade de produção por um animador	2	3	3	1	3	1
Possibilidades expressivas e artísticas	1	2	3	1	3	2
Total	9	12	15	7	15	8

Fonte: Autora.

Por meio da soma total das pontuações, vê-se que as categorias mais viáveis de execução são de motion graphics sem personagem, acrescida de efeitos 2.5D ou ainda 2D com personagem. Para a decisão entre as duas, considerou-se que a aparição de personagens poderia desviar a atenção do aluno dado que enquanto o professor explica os gifs, não há necessidade de adicionar outro narrador. Além de que a figura humana é dispensável na maior parte dos exemplos de física térmica.

4.1. Roteiro da Animação

Após o mapeamento das definições do briefing, Alves (2017) sugere esquematizar outros tópicos acerca da narrativa (como premissa, argumento e ponto de virada), coesão e conteúdo de áudio (anexo III) de modo que as 47 indagações da autora conduziram à criação de uma narrativa de animação de personagem, o que foge das delimitado no briefing já que os exemplos de termodinâmica não precisam estar ligados entre si, dispensam áudios e personagem.

Deste modo, percebeu-se que o roteiro ideal consistia nos exemplos de física isolados, tanto ilustrações conceituais ou relativos à vida real. Para defini-los foi feito um mapeamento dos conteúdos dos vídeos similares descritos anteriormente, bem como das aulas gravadas do Curso Dandara dos Palmares e depois os temas foram revisados e organizados em uma dinâmica de criação coletiva. A dinâmica consistiu em dispor os tópicos da Termodinâmica em cartões de diferentes cores no Miro (uma plataforma virtual de ideação coletiva) com o intuito de organizar e destrinchar os subtópicos a serem ilustrados. Depois, os professores foram chamados para executar um *Card Sorting*, técnica usada para explorar como as pessoas agrupam itens de informação e entender como os usuários definem conjuntos de itens e estruturam informações em um sistema, expondo a representação mental, como define Nielsen (1993).

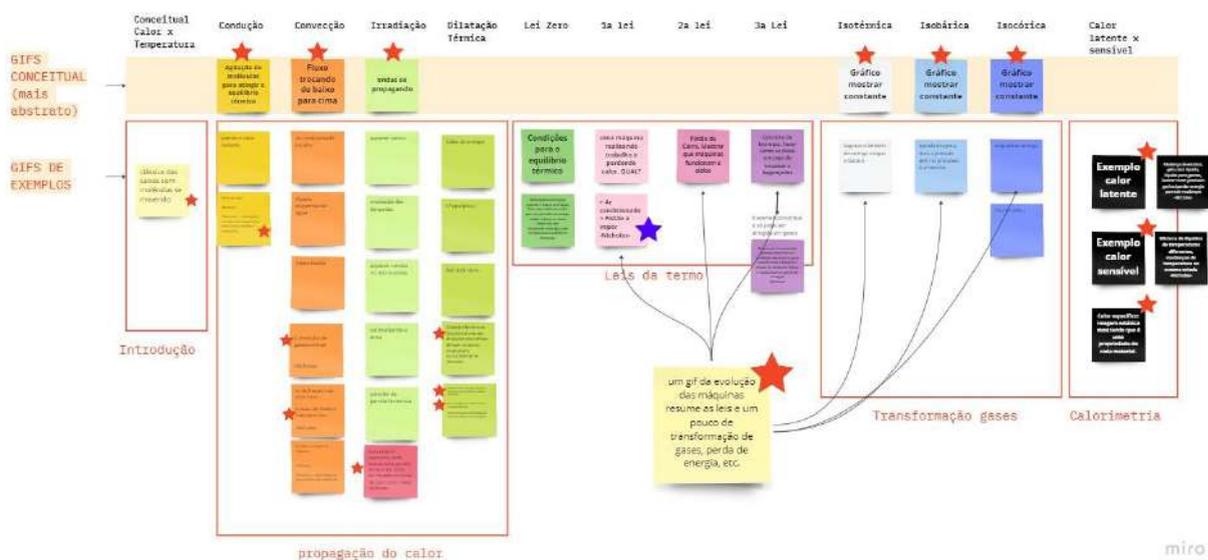
Os cartões dispostos inicialmente eram nove:

- i. Calor x Temperatura
- ii. Condução
- iii. Convecção
- iv. Irradiação
- v. Dilatação

- vi. Leis da Termodinâmica
- vii. Transformações Isotérmicas
- viii. Transformações Isobáricas
- ix. Transformações Isocóricas

Alguns destes foram subdivididos enquanto outros foram unidos em grupos, resultando em quatro macrotemas e treze microtemas. Dos microtemas, decidiu-se que seis (dispostos sobre o retângulo bege na figura 24) poderiam ter representações tanto do seu conceito quanto de exemplos da vida real, e os sete restantes (cores que aparecem apenas nos quadros brancos) seriam explicados apenas mimetizando a situação cotidiana.

Figura 23: Card Sorting realizado com os professores



Fonte: A autora.

Após a realização da dinâmica de *card sorting*, um dos professores observou que no bloco de leis da termodinâmica havia a oportunidade de ensinar sobre máquinas térmicas pois, além de explorar o ensino de Física considera também a História e Filosofia da Ciência. Ao representar “evolução das máquinas térmicas” em alguns gifs, seria exemplificado o conceito de calor e temperatura, os três tipos de transformação de gases e as Leis da Termodinâmica, reduzindo oito das ideias selecionadas a três. Essa observação foi adicionada no cartão amarelo claro (figura 24) e como as setas que saem dele indicam, esse único exemplo substitui/complementa várias animações.

Portanto, o produto da animação seriam doze gifs. A lista de animações a serem executadas foi a seguinte:

- I. Exemplo de condução: Assando um alimento em uma grelha.
- II. Conceito de convecção: mostrar o fluxo de moléculas
- III. Exemplo de convecção: chaleira ou panela sendo aquecida
- IV. Exemplo de irradiação: Sol aquecendo a terra
- V. Exemplo de isolamento de irradiação : funcionamento de uma garrafa térmica
- VI. Conceito de dilatação linear e volumétrica: diferença de um anel e uma esfera
- VII. Exemplo de dilatação linear: linha de trem ou ponte
- VIII. Conceito de Máquina Térmica: funcionamento do sistema
- IX. Exemplo de Máquina Térmica: Motor de carro
- X. Exemplo de Máquina térmica invertida: geladeira
- XI. Conceito de Calor Latente e sensível: gráfico e transformação da água
- XII. Calor sensível: mistura de duas substâncias de mesmo estado físico

5. GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS

A geração de alternativas no motion design possui diferentes etapas de criação e alinhamento já que o trabalho de vídeo é formado por diversas cenas que devem estar unificadas sob as mesmas diretrizes de estilo. Sassara (2020) exemplifica alguns dos atributos que o designer deve ter em mente para definir o estilo da animação. O designer deve estar ciente do público-alvo e questionar o quão abstrata ou literal a animação pode ser, bem como sobre ser minimalista ou detalhada. Do mesmo modo, a marca, o público e as emoções da narrativa guiam a decisão sobre a paleta de cores. Outros questionamentos de Sassara (2020) são, por exemplo, quanta tipografia está inclusa no projeto e quais as suas características, assim como os grafismos que podem ser orgânicos ou retos, chapados ou texturizados. E por último se há algum plugin ou ferramenta de software que traga um aspecto visual significativo para o estilo criado.

Neste projeto, a geração de alternativas foi dividida em três momentos: conceituação, storyboards e painel semântico (que acompanha os primeiros experimentos de estilo). Na etapa posterior, chamada Seleção de Alternativas, o estilo

gráfico será lapidado e as suas características se transformarão em diretrizes, com o intuito de unificar o projeto visualmente.

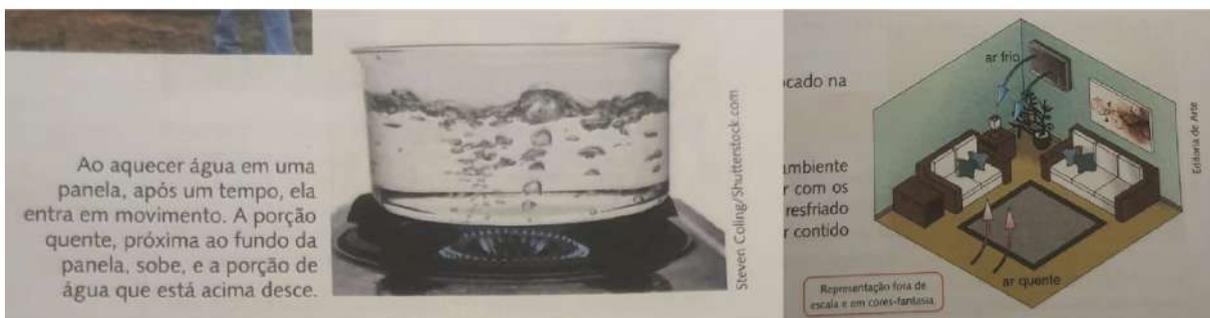
5.1. Conceito da Proposta

No presente projeto, ao considerar o público-alvo, entende-se que o contexto de um pré-vestibular apresenta uma carga cognitiva que deve ser reduzida pelos seus materiais didáticos, e portanto o estilo deve ter um limite de abstração que não atrapalhe o entendimento por parte do aluno. Para confirmar esta suposição, foi feita uma entrevista com uma aluna da rede pública que já passou pelo conteúdo de física térmica. Ao perguntar sobre a sua percepção sobre o conteúdo, ela usou as palavras “complicado”, “prestar atenção” e “memorizar”.

Na mesma conversa, indiquei algumas ilustrações do livro didático de Bonjorno et al. (2016) com exemplos similares aos propostos pelos professores do Curso Popular Dandara dos Palmares (figura 25). A primeira mostrava uma foto de uma panela com água fervente sem elementos enfáticos (setas, cores ou texto) e acompanhada de legenda, enquanto a segunda ilustrava uma sala climatizada com setas que indicavam a convecção do ar de diferentes temperaturas.

Na entrevista a adolescente foi questionada sobre o nível de entendimento da fotografia da panela depois de ler a legenda, ao que Ela respondeu que a primeira frase da legenda estava clara, até porque já havia visto uma panela fervendo, porém que não estava claro o fluxo de água. Já para a ilustração da sala, ela disse “aqui sim consigo ver, acho que porque é um desenho com setas”.

Figura 24: figuras de convecção.



Fonte: BONJORNO et al. (2016) p. 37

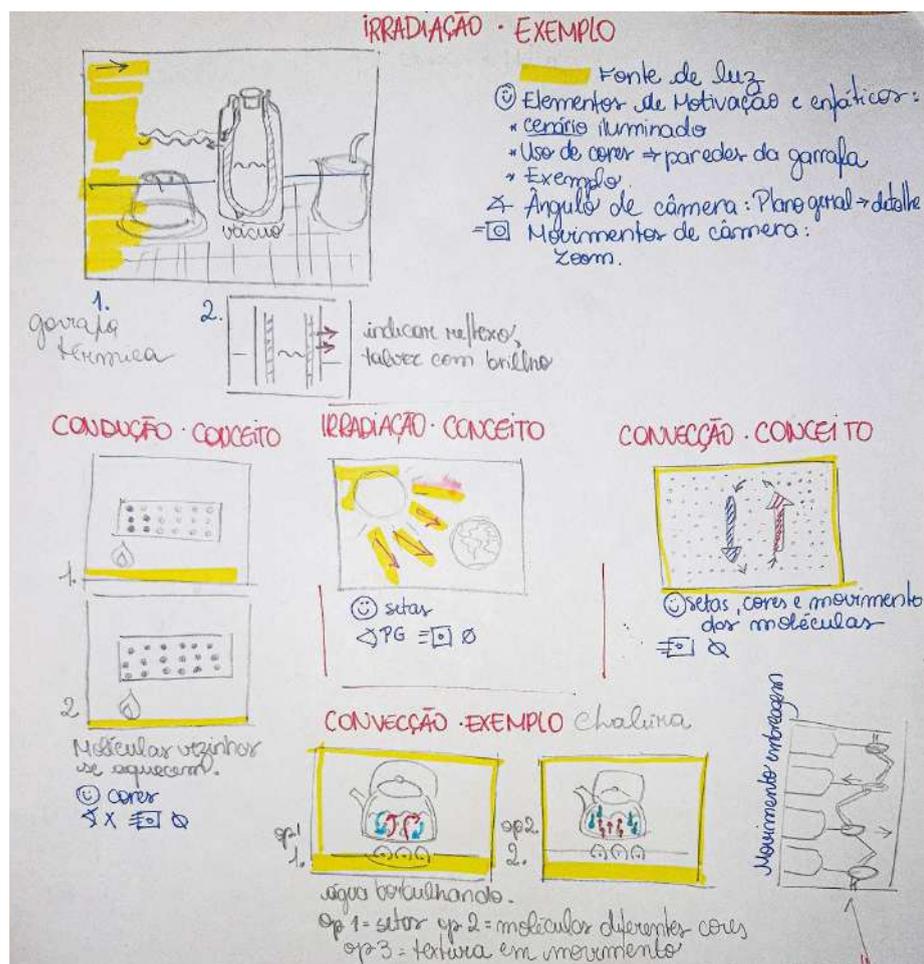
Tanto os argumentos dos professores quanto a fala da jovem deixam claro que o conceito do projeto é oposto à realidade enfrentada pelos alunos. A matéria

complicada que exige atenção e memorização deve ser clara, simples e que faça o assunto Calor (energia térmica) ganhar vida. Decidiu-se por fim que o conceito para as animações seria “simplicidade e energia”. Para complementar o conceito foram listados cinco atributos a serem expressados pelo projeto: versátil, geométrico, jovem, dinâmico e amigável.

5.2. Storyboard

Para esse trabalho, percebeu-se que assim como na fase de roteiro, as fichas disponibilizadas por Alves (2017) com questões para a criação de storyboards tinham foco em animações de personagens. Por isso, foram extraídas somente as questões necessárias para o presente projeto, dispostas em lista no anexo IV e que foram usadas como legendas nos quadros do storyboard (Apêndice I). Visando a fluidez do processo criativo, os primeiros storyboards foram desenhados a mão, no papel (Figura 26).

Figura 25: Storyboards desenhados em papel



5.3. Painel semântico

Dando início a delimitação visual do projeto, criou-se um painel com ilustrações que representassem as palavras do conceito e os atributos que o complementam (mostrado na Figura 27). Ao buscar os termos, é possível deparar-se com produções com alguns aspectos em comum como: predominância de imagens 2D, nenhuma ou pouca volumetria, alguns gradientes e granulados para criar texturas, figura humana geometrizada com mãos, braços e pernas alongados, dando ênfase a ação dos personagens. Os objetos também recebem o aspecto geométrico, com alguns detalhes em linha e outros com preenchimento. Percebe-se que ilustrar alguns elementos apenas em linhas finas é uma boa maneira de adicionar itens a uma cena conservando a simplicidade.

Figura 26: Painel semântico



Fonte: A autora

Como visto na compilação de animações consumidas pela mesma faixa etária dos alunos de cursos pré-vestibulares (figura 13), as cenas tendem a ser multicoloridas, dinâmicas e saturadas, reforçando o estilo que começa a se formar no painel semântico. Para tomar decisões sobre os matizes que formam a paleta de cores, a análise de similares correspondente às figuras 16 e 18 foi retomada. Naquela etapa, o

padrão de cores vermelho e azul se mostrava frequente em vários materiais para representar temperaturas e para comprovar se esse seria o padrão adequado, a adolescente entrevistada durante a etapa Conceito foi indagada sobre suas percepções de cores ao observar duas imagens de Bonjorno et al. (2016).

Figura 27: Imagens com diferentes sistemas de cor para representar calor



Fonte: BONJORNO et al. (2016) p. 40

Ao perguntar “Quando você observa essas duas imagens, entende o que elas querem dizer?”, a estudante respondeu que só de olhar a imagem ela conseguia entender o que é *mais frio* ou *mais quente* “porque eu já vi isso antes, é a mesma coisa da previsão do tempo na TV”, já nessa aqui (imagem 2) eu consegui deduzir um pouquinho mas tive que ler a legenda *pra* entender”.

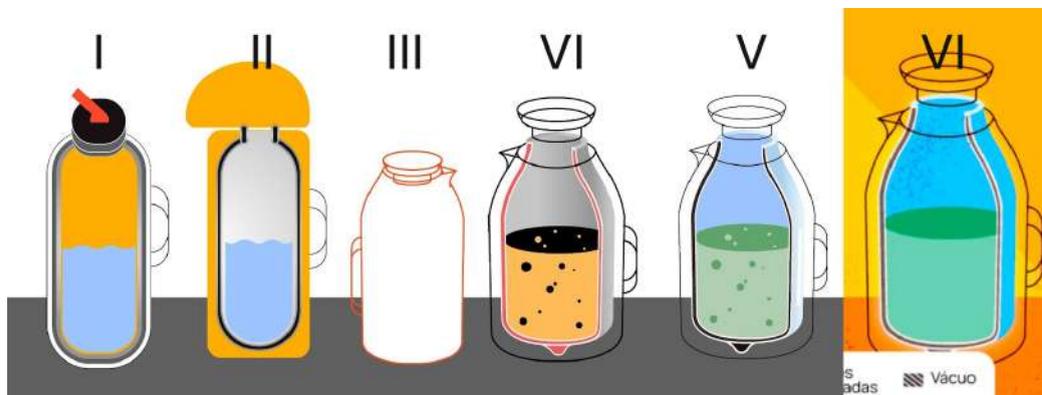
Ao perguntar se as cores da segunda imagem fazem sentido ela respondeu “eu acho que sim porque eu consigo ver mais, mas eu tive que *chutar pra* ver o que era a imagem, porque primeiro eu achei que fossem duas pessoas dando as mãos, duas silhuetas no caso.” Entende-se portanto que tons de vermelho, amarelo e laranja são ideais para tratar sobre temperaturas altas e que o contraste com tons de azul funcionam melhor para distingui-las, e também que as figuras e fundos precisam ser separados por uma linha ou diferentes tons, evitando mais trabalho cognitivo para os estudantes.

Até então, as respostas encontradas na técnica de painel semântico e na entrevista levavam a uma base concisa do estilo a ser explorado: os matizes eram semelhantes, o estilo bidimensional composto por formas contrastantes e alguns

contornos. Restava portanto, transferir os esboços de papel para o meio digital e concomitantemente explorar a ilustração dos objetos e a variação do estilo.

Para o desenvolvimento do estilo visual, selecionou-se alguns dos quadros planejados na etapa anterior com o propósito de representar objetos importantes das cenas e aplicar neles diferentes combinações de forma, perspectiva, cores e texturas. Um exemplo desse processo pode ser visto na figura 29 que corresponde ao gif explicativo do funcionamento de um uma garrafa térmica, sendo esse o elemento principal da peça. Para isso experimentou-se diferentes perspectivas, cores, presença e ausência de gradientes, além do modelo da garrafa em si. Entendeu-se que a representação em vista explodida seria a mais adequada pois, com clareza demonstra a existência de componentes dentro da garrafa, cujas camadas possuem funções específicas no processo de isolamento térmico. Na última representação, decidiu-se que não seriam utilizados gradientes, mas que em algumas partes seria aplicado o efeito de granulação, criado no software de animação After Effects.

Figura 28: Desenvolvimento de estilo



Fonte: A autora

Entre os experimentos, o desenho VI (Figura 29) apresentou maior conformidade em relação ao painel semântico e por tanto deu-se sequência a aplicação dos mesmos padrões de cor, linha e forma em outras cenas já definidas. Foi importante escolher as primeiras composições que tivessem contextos diferentes entre si para verificar se o estilo se comportava de forma semelhante em todos eles. Como exemplo, no canto superior direito da Figura 29 consta a base para o gif conceitual sobre convecção, ou seja, fluxo entre correntes de diferentes temperaturas. Para tratar do tema, reduziu-se a ilustração a moléculas que se movimentarão em direções opostas

usando apenas dois elementos enfáticos: setas e as cores que representam temperatura.

Figura 29: Exercício de estilização dos storyboards



Fonte: A autora

Usando o mesmo estilo, a segunda fileira da figura 29 apresenta uma chaleira que corresponde ao gif de exemplo do mesmo tema (convecção), porém aplicado à vida real. Usou-se o mesmo preenchimento em retícula branca das moléculas na parte externa da chaleira e nas bolhas que se formam na água fervente, assim como as setas no mesmo estilo. Por último, a fileira inferior refere-se ao funcionamento de um motor convencional de carro e seu ciclo em quatro tempos, por estar distante do imaginário do público, buscou-se o máximo de simplicidade na reprodução de um pistão e da alavanca de forma bidimensional, dando ênfase ao que acontece em cada uma das partes.

6. SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS

6.1. Definição de estilo

Buscando a unidade visual entre as animações, foram estabelecidas algumas diretrizes para a produção das seguintes ilustrações que compõem o *styleframe* final:

- As animações terão a uma proporção de 1440px por 1080px

- As linhas devem ser semelhantes à espessura de 4pt, independente da distância do objeto.
- Elementos enfáticos como setas, lupas ou riscos devem ter 8pt de espessura.
- Prioriza-se o caráter geométrico para as linhas e sua função deve ser realçar ou suavizar a presença de um objeto. Quando não necessárias, o objeto deve ser representado apenas com formas preenchidas de cores sólidas.
- O uso de texturas gradientes deve ser limitado e bastante suave, devido a que, podem induzir a uma má interpretação sobre o fluxo de calor, por exemplo. A única função das texturas deve ser a ideia de sombreamento.
- As ilustrações devem ser produzidas no programa Illustrator e as texturas podem ser planejadas no Photoshop, já a animação de todos os elementos deve ser feita no After Effects.

6.1.1. Paleta de Cores

A paleta de cores (figura 29) foi consolidada tendo em vista os fatores descritos anteriormente como: presença das matizes azul, amarelo e vermelho dotadas de vibratibilidade e saturação para representar energia. As cores foram desdobradas em duas tonalidades para possibilitar a construção de luz, sombra e contraste. Outro motivo para o desdobramento em dois tons é a aplicação das texturas granuladas e para que sejam suaves, o tom da textura deve sempre ser da cor dos pares organizados na figura 31.

Figura 30: Paleta de Cores e texturas



Fonte: A autora

6.1.2. Tipografia

A família tipográfica escolhida para compor legendas e elementos textuais nos gifs foi a Manrope. Os requisitos para a sua escolha foram a boa variedade de pesos, possibilitando a hierarquização de informações e a ausência de serifa, considerando que as animações podem ocupar um espaço pequeno em um slide ou até mesmo serem vistas em dispositivos móveis, evitando assim excesso de detalhes no corpo tipográfico.

Criada pelo designer Michael Sharanda, a Manrope é uma família open-source e portanto sua licença permite compartilhamento, modificação e distribuição livre de encargos. Seu desenho minimalista, moderno, geométrico e multilinguagem compartilham do caráter de simplicidade do conceito.

Figura 31: Família Tipográfica Manrope

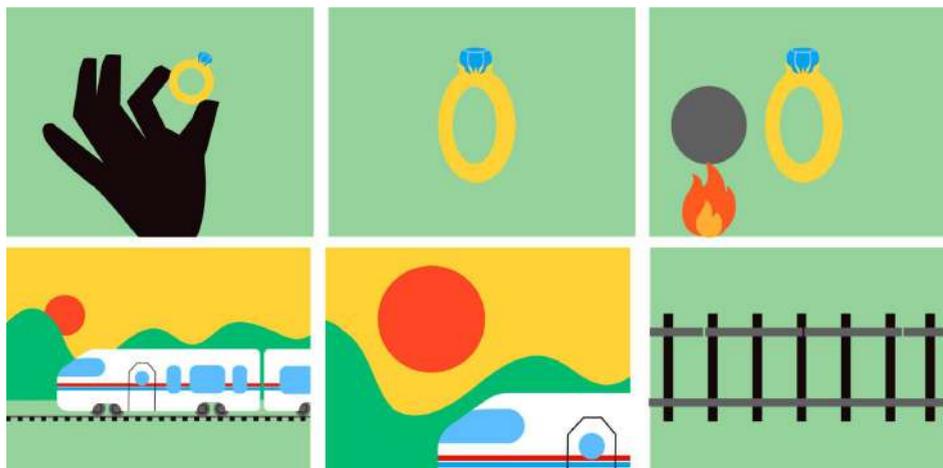


Fonte: A autora

7. DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO

Depois de definidas as diretrizes do estilo gráfico, cores e tipografia, foram planejadas as cenas dos gifs restantes. Nelas, foi priorizado não só o caráter geométrico, como também uma perspectiva frontal, visando a simplicidade da representação como pode ser visto na figura 33.

Figura 32: Quadros de dois gifs sobre o tema dilatação



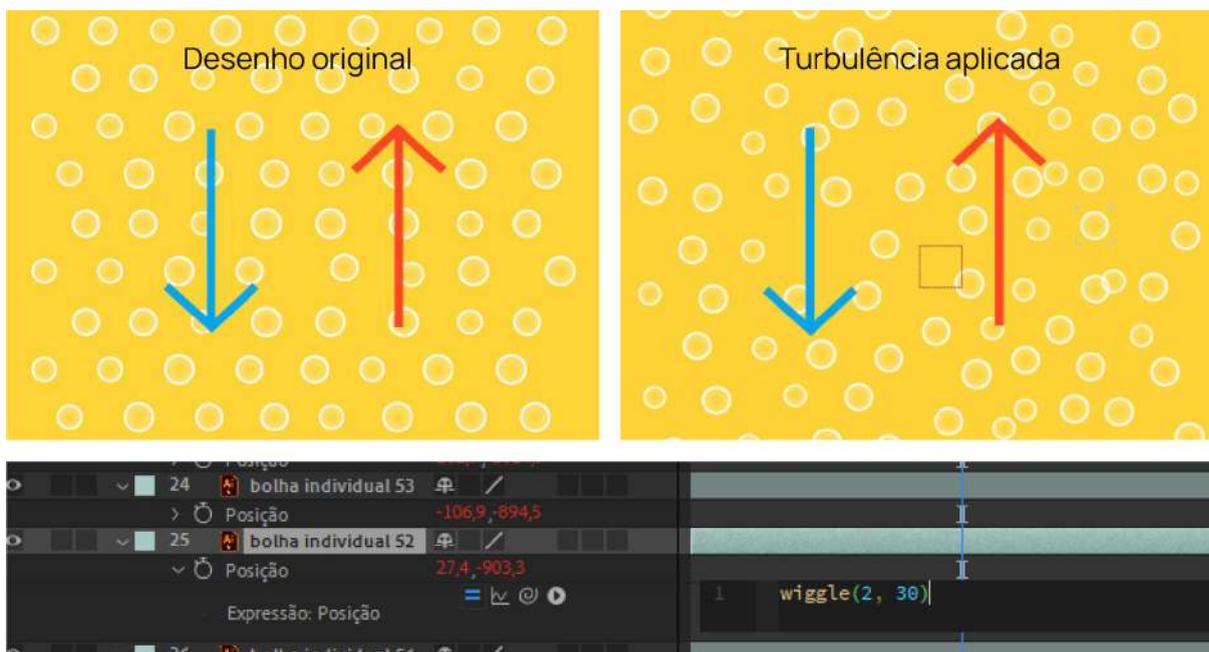
Fonte: A autora

No Adobe Illustrator, software utilizado para criar as ilustrações vetoriais, foi feita a organização das camadas a serem animadas posteriormente no after effects. Essa é uma etapa essencial no motion design pois o After effects interpreta cada camada do software de origem como um objeto, impedindo a sua separação em partes que estejam agrupadas em uma mesma camada.

Após a nomeação de cada uma das partes que ganhariam movimento nas cenas, foi feita a importação para o programa de animação. A partir daí, os elementos são movimentados com o controle de parâmetros como posição, escala e rotação. Nesse projeto, a repetição dos fenômenos representados é de grande importância, por isso foi recorrente o uso de pré-composições com tempo remapeado e a configuração de expressões de Loop ou de turbulência conhecido como wiggle.

Como pode ser visto na figura 34, o movimento individual das moléculas acontecia por 1 segundo mas sua repetição era necessária por toda a duração, além disso, era necessário aplicar um movimento aleatório dentro de parâmetros de frequência e amplitude. Por definição, moléculas submetidas a maiores temperaturas tendem a sofrer agitação e por isso foi aplicada a diferença entre o wiggle do lado quente (frequência 2/s e 30 pixels de amplitude) e o frio (frequência 1/s e 20 pixels de amplitude).

Figura 33: Comparativo do desenho original e a turbulência da expressão *wiggle*



Fonte: A autora

Para conferir dinamismo às cenas, a propriedade de tridimensionalidade foi ativada em algumas. Apesar do nome, esse fator não adiciona profundidade a ser renderizada nos objetos, mas permite que a orientação e posição possam seguir os eixos x, y e z. A simultaneidade entre esses movimentos, junto com o movimento de câmera simulado pelo programa resultam no que chamamos de animação 2.5D, como foi definido anteriormente que seria o tipo de animação neste projeto.

A exportação dos protótipos de teste foi feita com o Adobe Media Encoder em formato gif. Nessa etapa, foi tomada mais uma decisão de projeto, pois, devido ao peso e demora no processamento dos arquivos, concluiu-se que a espera poderia ser otimizada se os gifs tivessem uma menor taxa de frames por segundo. Tendo o conhecimento de que 12 quadros por segundo é uma quantidade mínima para conferir um movimento natural e contínuo, além de remeter à animação tradicional consumida pelo público alvo, foi decidido que esse o ritmo aplicado no salvamento.

8. VERIFICAÇÃO

Depois de renderizadas, as doze animações foram dispostas em lâminas de uma apresentação do Google Slides, cada uma delas foi identificada pelo nome (tema), se eram do tipo “exemplo” ou “conceitual” e acompanhavam uma breve explicação que

conduziu a designer no entendimento do tema, como se pode ver na Figura 34. Para verificar a efetividade do material, foi pedido aos professores de física que fizessem uma revisão minuciosa do conteúdo elaborado a fim de evitar erros conceituais que ocasionassem confusão dos alunos. De mesmo modo, foi pedido que as descrições textuais nas lâminas também fossem corrigidas, pois elas serviriam de apoio na verificação por parte dos estudantes.

Figura 34: Modelo de lâmina com identificação e gif

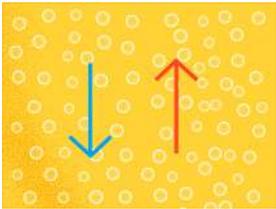


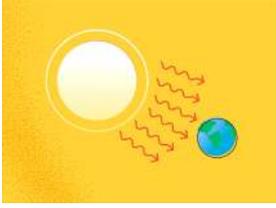
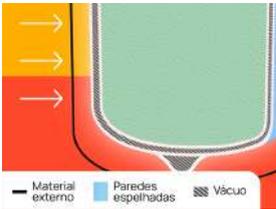
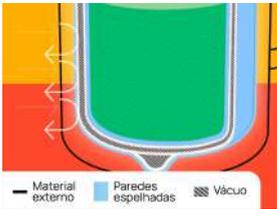
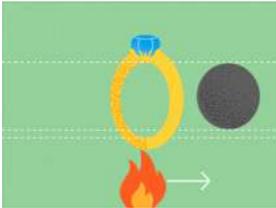
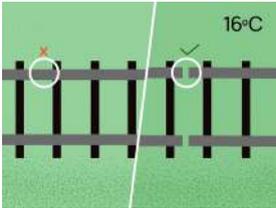
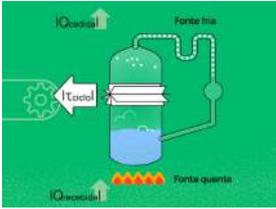
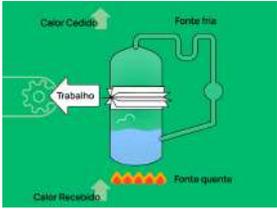
Fonte: A autora

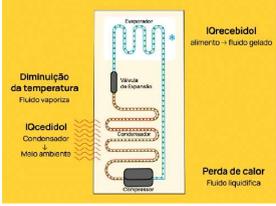
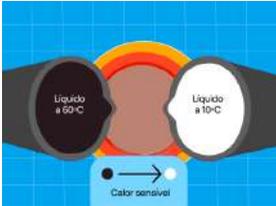
8.1. Verificação com professores:

Passados alguns dias, três professores enviaram os feedbacks sobre os gifs e explicações técnicas que permitiram a autora corrigir o texto e as animações. As principais considerações e alterações foram dispostas no Quadro 5.

Quadro 5: Considerações dos professores sobre as animações e correções

Identificação e Resumo	Quadro do gif	Considerações	Correção da animação
<p>Condução: Na condução, o calor é transferido através de um meio sólido.</p> <p>Exemplo: Grelha ou espeto</p>		<p>"Está sucinto e muito bonito."</p>	
<p>Transferência de calor por meio de um fluido (gás ou líquido).</p>		<p>"Simples e correto"</p>	

<p>Transferência de calor por meio de um fluido (gás ou líquido).</p> <p>Exemplo: aquecimento da água.</p>		<p>“Idem ao anterior”.</p> <p>“Acredito que essa vai exigir que eu explique algumas considerações sobre a formação das correntes, mas a animação está correta”</p>	
<p>Irradiação: Transferência de energia térmica sem meio material através de ondas eletromagnéticas.</p> <p>Exemplo: Sol aquecendo a Terra</p>		<p>“Ok”</p>	
<p>Isolamento de Irradiação e condução: Dificultar ondas de calor com um material isolante ou pelo vácuo.</p> <p>Exemplo: Garrafa térmica</p>		<p>“A parede espelhada deveria ser mais visível tanto no interior quanto no exterior da garrafa. Acrescentar uma camada azul, talvez.”</p>	
<p>Dilatação Linear x Volumétrica: A dilatação do anel é linear. Enquanto a esfera que é volumétrica.</p> <p>Exemplo: Anel x Esfera</p>		<p>“Muito bom, está bem explícita a diferença com as linhas.”</p>	
<p>Dilatação Linear: Projetos estruturais demandam o cálculo de frestas para possibilitar a dilatação dos materiais.</p> <p>Exemplo: Viadutos ou trilhos</p>		<p>“Fantástico!”</p> <p>“Essa está impressionante e vai ser muito útil.”</p>	
<p>Máquina térmica (conceito): Geração de trabalho por meio da transferência de calor por uma fonte quente para uma fonte fria.</p> <p>Em uma máquina ideal toda energia recebida se transforma em trabalho e energia cedida.</p>		<p>“Fazer a engrenagem girar. Substituir os símbolos Q e T pelos nomes Calor e Trabalho.”</p> <p>“Consegui retratar um sistema complexo, nunca encontrei uma animação sobre isso”</p>	
<p>Máquina térmica (exemplo): Geração de trabalho por meio da transferência de calor por uma fonte quente para uma fonte fria.</p> <p>Exemplo: Motor de Carro</p>		<p>“Os movimentos da etapa 3/4 deveriam ocorrer ao mesmo tempo.”</p>	

<p>Máquina Térmica Invertida: Obter a conversão de trabalho em retirada de calor. Exemplo: Refrigerador ou ar condicionado.</p>		<p>“Essa é a minha preferida, em 8 anos, nunca consegui essa representação dinâmica das etapas.” “Estou empolgado para usar essa.”</p>	
<p>Calor Latente: Enquanto a temperatura fica constante, o estado físico continua o mesmo. Exemplo: Estados da água</p>		<p>“Tomar cuidado nessa aqui, precisa sincronizar a animação do gelo. Segura o derretimento até chegar na linha vermelha”</p>	
<p>Um sistema tende ao equilíbrio térmico Exemplo: Duas substâncias no mesmo estado físico se misturam, há câmbio de calor. Sendo a temperatura final, a temperatura de equilíbrio.</p>		<p>“Acredito que esse seja um exemplo secundário, mas está muito bom.”</p>	

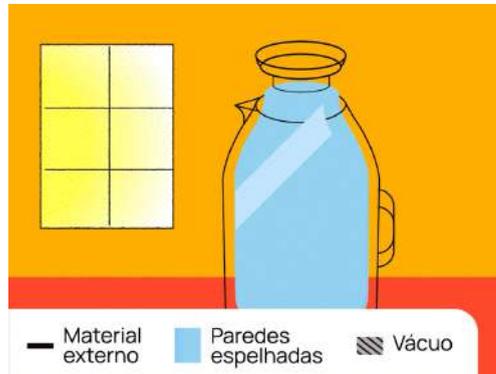
8.2. Verificação com estudantes

Os comentários dos professores sobre aspectos técnicos serviu de suporte para corrigir os erros conceituais e logo poder testar o funcionamento dos gifs com os estudantes. Devido ao calendário do curso Dandara dos Palmares, a lista de alunos selecionados para o ano de 2023 havia acabado de ser lançada e não seria possível obter contato imediato com eles, portanto, estudantes de uma instituição semelhante foram convidados a participar. Dois dos três adolescentes que aceitaram participar estão no último ano do ensino médio da rede pública e portanto já tiveram contato com o tema termodinâmica, enquanto a entrevistada recém-formada está estudando integralmente para exames vestibulares.

A verificação ocorreu em entrevistas semiestruturadas de forma individual. A primeira parte da conversa envolveu o processo de contextualização do trabalho e em seguida pedia-se que o estudante comentasse qualquer desentendimento nas animações, seja sobre os elementos, contexto, ou se a temporização lhes parecesse inadequada. As respostas foram de maioria positiva, apenas algumas considerações apareceram, como por exemplo, para a entrevistada 1, a primeira cena da garrafa

térmica pareceu muito rápida, e para atender essa demanda, foi estendida para dois segundos.

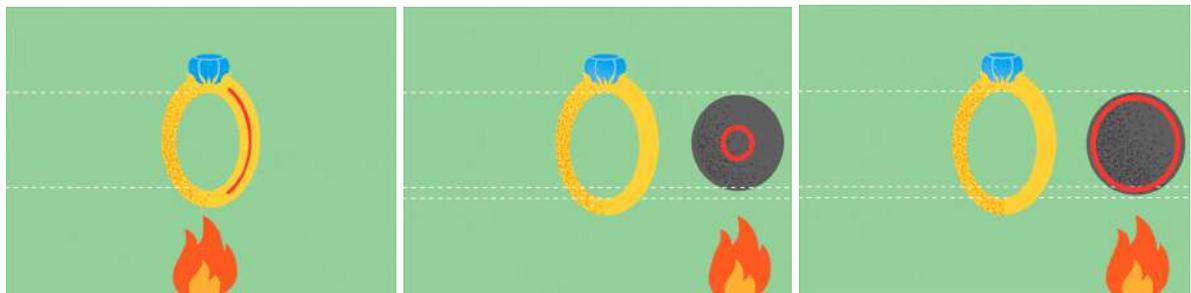
Figura 35: Quadro da primeira cena sobre isolamento térmico



Fonte: A autora

Para a mesma entrevistada, a dilatação volumétrica não estava bem representada no gif comparativo entre o anel e a esfera, de modo que ela não entendia a diferença entre as duas. Para isso, foi acrescentada uma elipse que expandia na esfera (figura 36), diferente do anel que recebeu uma linha que percorria o seu perímetro).

Figura 36: Versão final do gif sobre dilatação, com elemento enfático novo

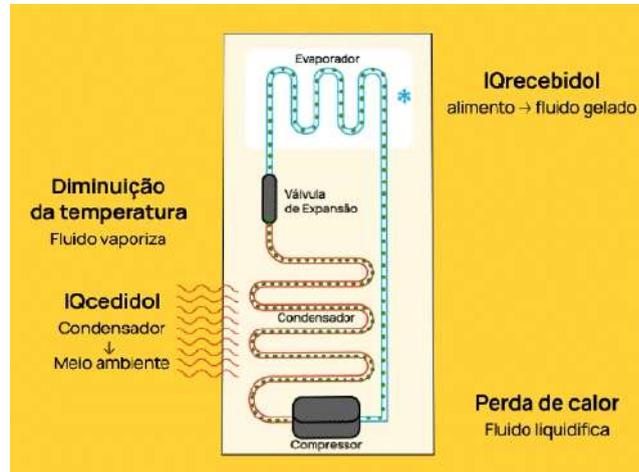


Fonte: A autora

Os três entrevistados tiveram dificuldade em visualizar a mudança de estados físicos do fluido que aparece no gif Máquina Térmica Invertida (figura 37). Originalmente as moléculas estavam representadas por uma linha tracejada verde e seus distanciamentos não se distinguiram o suficiente. Outro problema, esse identificado pela estudante egressa, foi que a estrutura completa parecia estar dentro da geladeira, enquanto parte dela deveria estar do lado de fora liberando calor para o meio ambiente. Já a primeira entrevistada encontrou dificuldade em enxergar o que

acontecia na caixa de compressão. Por isso, esse gif exigiu uma reestruturação completa.

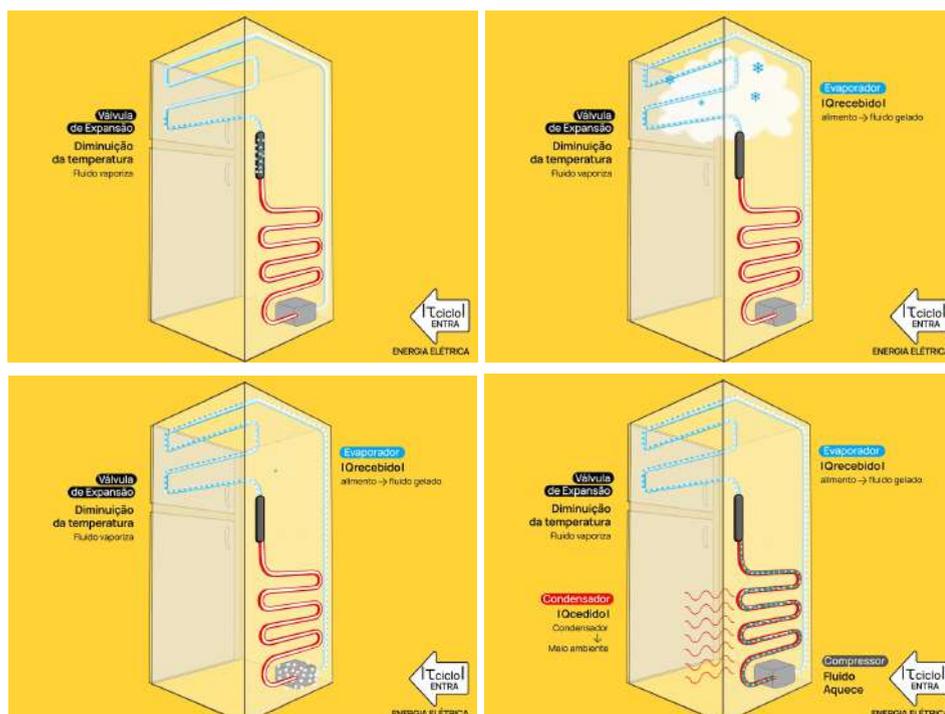
Figura 37: Quadro da primeira versão sobre Máquina Térmica Invertida



Fonte: A autora

A solução encontrada para este gif foi o redesenho e aplicação de perspectiva, mesmo que essa decisão contrarie uma das diretrizes de estilo, priorizando a aprendizagem em lugar da estética figura. Ainda assim, outros aspectos como a paleta, grafismos e tipografia mantiveram esse material dentro da mesma linguagem gráfica dos outros gifs.

Figura 38: Quadros da versão final do gif Máquina Térmica Invertida



Fonte: A autora

Na segunda parte das entrevistas, foi feito um questionário com o intuito de qualificar alguns aspectos do produto final e coletar opiniões, nas quais o estudante qualificava de 1 a 5 cada pergunta e fazia comentários livremente.

Quadro 6: Questionário de validação com estudantes

Estudante entrevistado	E1	E2	E3
a) Qual era o seu nível de compreensão do tema antes dessa conversa?	4	3	2
b) Os gifs ajudaram na compreensão dos temas abordados? Considere 1 "Não ajudaram nada" e 5 "Ajudaram muito"	4	5	5
c) Os gifs abordam o tema de forma sucinta? Considere 1 "Nada Sucinta" e 5 "Sucinta"	4	5	5
d) Os vídeos abordam o tema de forma cativante? Considere 1 "Nada Cativante" e 5 "Muito Cativante"	5	4	5
e) Você acredita que o seu estudo melhoraria caso tivesse materiais de animação para outros temas de física? Considere 1 "Não melhoraria em nada" e 5 "Mudaria totalmente"	5	5	5
f) Caso fosse fornecido esses materiais em formato de vídeo, qual seria a chance de recorrer a eles em outras situações? Considere 1 "Nenhuma" e 5 "Recorreria sempre"	4	4	4

Apesar da amostra de estudantes entrevistados ser insuficiente para uma análise quantitativa, foi interessante observar as suas respostas positivas de entendimento e autonomia na explicação dos gifs, da mesma maneira que a atenção deles apontou para as mesmas dificuldades, que foram melhoradas com ajustes nas ilustrações. Ainda sobre a amostra, deu-se mais relevância aos comentários dos professores que apontaram os erros conceituais, por já conhecerem os principais equívocos dos alunos, além de serem esses os stakeholders que expressaram a urgência do projeto gráfico desde o início do Trabalho de Conclusão de Curso, e que também serão os principais usuários dos gifs.

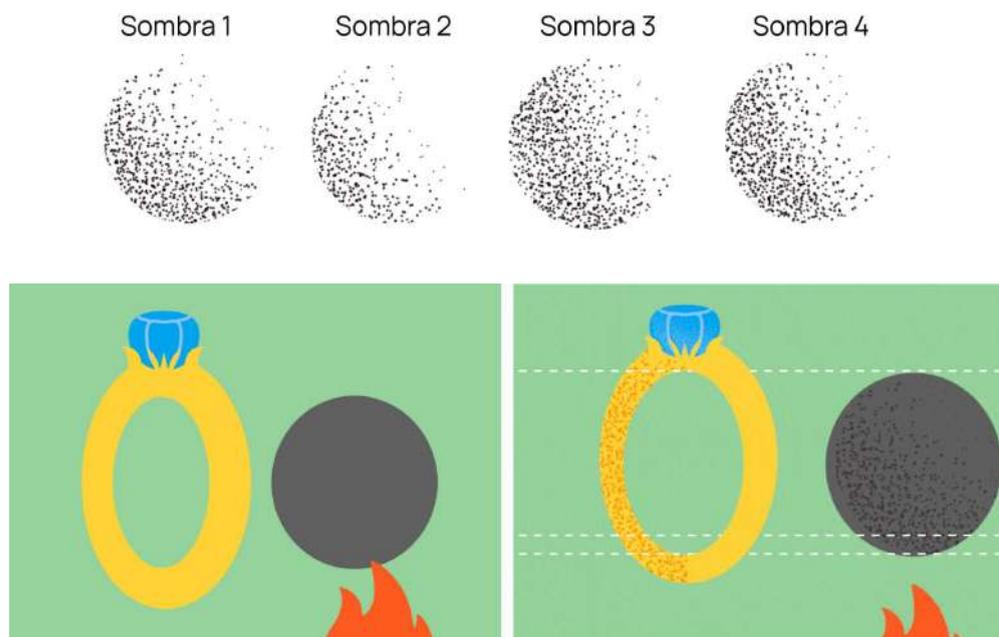
Por último, foi perguntado aos estudantes se estes teriam alguma sugestão, reclamação, opinião ou dúvida adicional. A entrevistada 1 incentivou o projeto pois segundo ela "poderia haver mais materiais assim, compreensíveis, simples e bonitos, porque as coisas que (os autores) colocam nos livros são bem feias e parecem ser antigas". O entrevistado 3 fez comentários positivos sobre a estética e mesmo alegando não gostar da disciplina, respondeu positivamente a cada um dos gifs. A segunda entrevistada também fez comentários positivos e afirmou que seria melhor se os

professores de seu pré-vestibular usassem de recursos visuais, “deixaria mais interessante”, afirmou a jovem.

8.3. Aplicação de texturas

Conforme cada animação recebia a aprovação dos professores e o entendimento por parte dos alunos, considerava-se que ela poderia passar pela adição de texturas granuladas feitas no Adobe Photoshop (figura 40), sendo essa a última etapa de produção. As texturas, tal como estabelecido nas diretrizes de estilo, são suaves e de modo que não devem interferir na interpretação das animações. Dentro do After Effects, as camadas de textura foram pré-compostas em uma animação de no máximo 4 variações da forma granulada e ao conjunto foi aplicada a expressão de repetição “loopOut”. Na composição principal, as pré-composições das texturas foram ligadas aos objetos correspondentes de modo a seguir os movimentos desse.

Figura 39: textura granulada de sombra e a sua aplicação na esfera cinza.



Fonte: A autora

9. DETALHAMENTO

Finalizadas as etapas de verificação com os dois públicos, as animações foram compactadas em um arquivo .zip para serem enviadas aos professores que colaboraram com o projeto. Para fins de organização, as animações seguiram a lógica

de nomenclatura GIF(número)_tema_conceito, ou GIF(número)_tema_exemplo. Além da identificação dos arquivos, o salvamento também foi padronizado e, caso o projeto ganhe alguma continuidade, novos gifs devem ser guardados pelo Adobe Media Encoder com as seguintes especificações:

- Formato: Gif animado
- Tamanho 1440 x 1080 pixels, podendo ser reduzido proporcionalmente priorizando a leveza do arquivo sem comprometer a legibilidade das cenas.
- Taxa de Quadros por segundo: 12,5
- Ordem de campo: progressivo
- Aspecto: Pixels Quadrados (1,0)
- Transparência: Nenhum

A entrega do produto final foi realizada por email aos professores e também pode ser encontrada no site GitHub⁸. A plataforma é conhecida por ser um dos principais armazenadores de códigos-fonte e arquivos *open-source* do mundo, possibilitando acesso simplificado e controle de versão para os arquivos de qualquer interessado, inclusive abrindo espaço para comentários.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho se propôs a utilizar a animação como suporte educacional para suprir uma lacuna que desafia professores no exercício de sua profissão e dificulta a aprendizagem dos estudantes. Desde as primeiras indagações aos profissionais, os mesmos demonstraram entusiasmo e necessidade em utilizar as animações não só pela falta desses materiais, como por concordarem que recursos de vídeo auxiliam na assimilação dos conteúdos.

Como a responsabilidade criativa cabia à autora e não aos professores de física, foi imprescindível o esmero sobre uma fundamentação teórica que abordou diversos aspectos fora do campo do design: a dinâmica dos vestibulares, Educação Popular, Concepções Alternativas, e Física Termodinâmica. A fundamentação também abordou a área escolhida para viabilizar a solução do projeto, sendo essa o motion design em sua história e fundamentos.

⁸ <https://github.com/raquelaraujoa/gifs>

Mesmo com a pesquisa de similares e assistindo aulas sobre termodinâmica, a autonomia da designer não era suficiente. Naquele momento, percebeu-se que encontrar uma metodologia de projeto colaborativa era uma prioridade para que os principais conhecedores do assunto auxiliassem na roteirização. Mais específico ainda foi encontrar uma metodologia colaborativa direcionada para a animação educacional, em um modelo muito bem esquematizado por Alves (2017). A metodologia escolhida foi fundamental para estabelecer as etapas de projeto e para conhecer uma proposta recente e específica para animações educacionais. O modelo é flexível, com foco no usuário e circular, e permite consultar especialistas em cada etapa.

Seguindo o modelo colaborativo, foi feito o levantamento de informações por meio de entrevistas e pesquisas sobre o público, o conteúdo, contexto e estrutura educacional de modo que as implicações deste objeto educacional justificam sua importância. Um dos motivos é que o ensino da termodinâmica vem sendo tema de debate sobre como o conhecimento de mundo influi na aprendizagem, tanto quanto da maneira em que a tecnologia pode melhorá-la. A relevância social foi outro motivador para a sua execução, quando a melhora na aprendizagem contribui não só no conhecimento dos estudantes, como também na conquista de entrar no ensino superior.

O levantamento das informações citadas somou-se à segunda análise de similares realizada a fim de entender os gostos atuais de produtos audiovisuais pelo público adolescente. Tais informações levaram a tomada de decisão sobre a linguagem, formato, estilo e artifícios de representação. Terminada a coleta de dados iniciou-se o Roteiro, fase que passou por diversas reestruturações, pois o tempo e a narrativa da animação ainda não estavam decididos. Alguns dos similares explicavam temas pontuais da termodinâmica através de histórias e uma narrativa linear, porém essa característica foi percebida como não adequada ao projeto. As necessidades aqui eram de mostrar situações específicas de maneira visual, que estão distantes dentro de um mesmo campo de estudo e às quais o tempo de entendimento do espectador é maior do que um narrador poderia acompanhar.

Assim, foi definido que as animações teriam o formato gif e cenas separadas em arquivos, de modo a isolar do tópico estudado com a repetição constante da animação.

Para escolher os temas a serem ilustrados, os professores de física participaram de uma dinâmica de *card sorting*, chegando a definição dos 12 temas ou situações a serem representadas.

A elaboração do projeto ganhou sequência na etapa de storyboard, na qual, tendo definidos os temas dos gifs, os primeiros desenhos foram feitos a mão em papel. Ao lado de cada esboço, foram adicionadas anotações sobre o movimento dos objetos e da câmera. Para passar as ilustrações para o meio digital, foram criados painéis semânticos, experimentados diferentes formas de representação (cores e formas) e ao chegar em um resultado condizente ao conceito “simplicidade e energia”, o mesmo estilo foi replicado em outras cenas. Ainda dentro da etapa de storyboard deu-se a seleção de alternativas pois, a partir do resultado satisfatório das primeiras ilustrações, foram estabelecidas algumas diretrizes de estilo ou seja, regras que facilitariam a criação das imagens restantes.

O desenvolvimento da solução, chamada também de *animatic* pela autora da metodologia, consistiu em organizar os arquivos para serem interpretados no Adobe After Effects e dispô-los em sequência, dando movimento às cenas com a manipulação de parâmetros, efeitos e câmera. As animações foram salvas em formato gif e dispostas em uma apresentação para a etapa de verificação.

Essa última etapa de revisão e configuração das animações foi dividida em duas partes de acordo com os dois grupos de interesse: professores e estudantes. Os comentários sobre desentendimento ou dificuldade foram supridos com ajustes e refação, enquanto os comentários positivos levam a considerar o cumprimento dos objetivos deste Trabalho de conclusão de curso, atestando a contribuição positiva no ensino-aprendizagem.

A realização deste Trabalho de Conclusão de Curso se deu de janeiro de 2022 a abril de 2023, período em que os semestres da Universidade Federal do Rio Grande do Sul estiveram em assincronicidade em relação ao habitual por decorrência da pandemia de Covid-19, e sucedeu no desencontro entre a data de entrega do projeto e o calendário do Curso Popular Dandara dos Palmares. De início, o projeto tinha os alunos deste curso como público-alvo e, na impossibilidade de encontrar os

professores com mais frequência e de não poder testar as animações in loco, pareceu pertinente ampliar o público-alvo.

Por esse motivo é possível perceber que parte da investigação sobre educação antirracista e o perfil dos estudantes (negros ou pardos e egressos de instituições públicas) ao final não teve influência sobre o estilo gráfico, e que a participação dos professores tenha influenciado apenas na ideação e correção. Ainda sim, foi possível contar com a ajuda constante destes no que diz respeito ao conhecimento técnico como sugere a autora da metodologia escolhida.

Por fim, ressalta-se a importância deste trabalho para o amadurecimento profissional da autora, pois sua execução permitiu acompanhar cada etapa de criação, atendendo às necessidades reais de uma instituição e solucionando um problema que influencia na educação de muitos jovens. As fases do projeto envolveram a participação de outros públicos, ressaltando a importância da colaboração no processo criativo, tal como a transdisciplinaridade que o motion design aborda ao ser um condutor de narrativas e nesse caso, da educação.

11. REFERÊNCIAS

AINSWORTH, Shaaron. **How do animations influence learning?** School of Psychology and Learning Sciences R. I., University of Nottingham, UK, 2008.

ALVES, M. M.; BATTAIOLA, A. L; **Animação enquanto objeto de aprendizagem: considerações sobre os modelos de concepção de objetos de aprendizagem e o design de animações educacionais**", p. 2524-2535 . In: Anais do 12º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design [= Blucher Design Proceedings, v. 9, n. 2]. São Paulo: Blucher, 2016.

AMARAL, E. M. R., & Mortimer, E. F. (2001). **Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. 1, 1-16. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4154>

ANTUNES et Al. **Cadernos de Formação: Educação Popular e Direitos Humanos**. Prefeitura de São Paulo. São Paulo, 2015

BARBOZA. **"O Controle"**: A produção de uma animação 2D utilizando recursos do After Effects. São Paulo, 2017.

BARROSO, M; RUBINI, G; SILVA, T. **Dificuldades na aprendizagem de Física sob a ótica dos resultados do Enem**. Revista Brasileira de Ensino de Física [online]. 2018, v. 40, n. 4 [Acessado 13 Fevereiro 2022] , e4402. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0059>

BASTOS, C. **ENTREVISTA VETOR ZERO**. Youtube, 5 de dez. de 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=6hNlvPTk6o&t=3s>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2022.

BEIRÃO, Fernanda. **Festival do Clube 2021: Vetor e a história da animação no Brasil**. [S. l.], 22 out. 2021. Disponível em: <https://www.clubedecriacao.com.br/ultimas/festival-do-clube-2021-54/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

BONJORNO, J. B. *et al.* **Física: Terminologia, óptica, ondulatória**, 2º ano. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016. 288 p. ISBN 987-85-96-00332-2.

BRANDÃO, C. R.; FAGUNDES, M. C. **Cultura popular e educação popular: expressões da proposta freireana para um sistema de educação**. Educar em Revista. 2016, v. 00, n. 61 Acesso em: 13 Março 2022 , pp. 89-106. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0104-4060.47204>

COHL, E. Fantasmagorie. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=o1d28X0lkj4>

Da oportunidade ao impacto: analisando os benefícios econômicos, sociais e culturais do youtube no brasil. In: Relatório. Oxford, Inglaterra: Oxford Economics, 2021. Disponível em:

<https://www.oxfordeconomics.com/recent-releases/From-Opportunity-to-Impact-Assessing-the-Economic-Societal-and-Cultural-Benefits-of-YouTube-in-Brazil>. Acesso em: 1 fev. 2022.

DARVIDEO. **What is 2.5D Animation?** Disponível em <https://darvideo.tv/dictionary/animation-2-5d/>. Acesso em: 1 mai. 2022.

DESCOMPLICA. Termodinâmica | Quer que desenhe. Youtube, 8 de nov. de 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GYxXCr6HXcw>. Acesso em: 20 mar. 2022.

ERNST, Priscila. **cinema e ensino: a produção de cinema de animação para o ensino de ciências por meio do enfoque ciência, tecnologia e sociedade (CTS)**. Ponta Grossa, 2017

FERREIRA, Joana Negri. **O Observador na Contemporaneidade: Um diálogo com Jonathan Crary e com o século XIX**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://entremeios.com.puc-rio.br/media/t4-v11n11.pdf>

FREEMAN, J. **The Tyranny of Structurelessness**, 1970. Disponível em: <https://millcreekurbanfarm.org/sites/default/files/tyranny%20of%20Structurelessness.pdf>. Acesso em 13 março 2022

GONDIM, M. **Concepções alternativas na formação inicial de professores de química: pressuposto para uma reflexão sobre o processo ensino/aprendizagem**. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/vienpec/cr2/p726.pdf

GIL, Antonio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed.

GONÇALVES, L. **Uso de animações visando a aprendizagem significativa de Física Térmica no Ensino Médio**. Porto Alegre, 2005.

Irmãos Lumière apresentavam o cinematógrafo há 125 anos 2020. 1 vídeo (1 min e 59s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=tpw4IU-pcDk>. Acesso em: 13 março 2022

KÖHNLEIN, J. F. K.; PEDUZZI, S. S. **Um estudo a respeito das concepções alternativas sobre calor e temperatura**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, [S. l.], v. 2, n. 3, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4133>. Acesso em: 19 fev. 2022.

LESSA et al.; **"BALIZAMENTO CONCEITUAL DO MOTION GRAPHIC DESIGN"**, p. 3452-3463 . In: Anais do 12º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design [= Blucher Design Proceedings, v. 9, n. 2]. São Paulo: Blucher, 2016.

LIBÂNEO, J. C.; OLIVEIRA, J.; TOSCHI, M. S. **Educação escolar**. São Paulo: Cortez, 2005.

LOUZADA et Al. **Concepções alternativas dos estudantes sobre conceitos térmicos: Um estudo de avaliação diagnóstica e formativa**. Revista Brasileira de Ensino de Física [online]. 2015, v. 37, n. 1. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1806-11173711598>>. [Acessado 19 Fevereiro 2022].

LUCENA, A. **Arte da Animação: técnica e estética através da história.** 2 ed. São Paulo: Senac, 2005. 456p.

LOWE, R. e SCHNOTZ, W. **Learning with animation: research implications for design.** New York: Cambridge University Press, 2008.

MAYER, R. E. **Multimedia learning.** 2nd. ed. Cambridge University Press: Library of Congress, 2007.

MENDES, Fábio Macêdo. Entropias generalizadas e os fundamentos estatísticos da termodinâmica. 2006. 149 f. Dissertação (Mestrado em Física)-Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

MEROZ, M. **The 5 types of animation.** Publicado em 14 de set. de 2015. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=NZbrdCAsYqU&t=14s>.

MONTEIRO, T. **YouTube faz balanço da pandemia e projeta 2021.** Meio&Mensagem, 2020. Disponível em: <https://www.meioemensagem.com.br/home/midia/2020/11/05/youtube-faz-balanco-d-a-pandemia-e-projeta-2021.html>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2022

MORTIMER, E. F. **Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?.** Belo Horizonte, 1996.

NIELSEN, J. **Usability engineering.** San Francisco, 1993

SILVA, D. **Estudo das Trajetórias Cognitivas de Alunos: No Ensino da Diferenciação dos Conceitos de Calor e Temperatura.** Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, 1995.

PÉREZ, F. Y. M. **Utilizando el experimento como herramienta de cambio conceptual.** Bogotá, Colômbia, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21623/01186503.2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 março 2022.

PROENÇA, G. **História da Arte.** São Paulo: Ática, 2014.

SASSARA, C. **What Are Mood Boards, Style Frames, and Storyboards?** 2020. Disponível em: <https://blog.vmgstudios.com/animation-mood-boards-style-frames-storyboards>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2022.

SILVA, K. C.. **A Prática Docente nos Cursos pré-vestibulares.** 2009. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/4240>. Acesso em: 5 de fevereiro de 2022.

Slices of Time: Eadweard Muybridge's Cinematic Legacy
<https://www.youtube.com/watch?v=wNU7sXkZmSw> San Francisco Museum of Modern Art

STOODY. **FÍSICA - TERMOMETRIA: Temperatura e Calor.** Youtube, 22 de jun. de 2014. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JkWzEq6ZO-0>. Acesso em: 15 mar. 2022.

TEIXEIRA, F. M.; SOBRAL, A. C.. **Como novos conhecimentos podem ser construídos a partir dos conhecimentos prévios:** um estudo de caso. *Ciência & Educação (Bauru)* [online]. 2010, v. 16, n. 3 [Acessado 13 Março 2022] , pp. 667-677. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-73132010000300011>>

THE HERITAGE TRUST. **World's oldest animation?** 25 de jul. de 2012. Disponível em: <https://theheritagetrust.wordpress.com/2012/07/25/worlds-oldest-animation/>. Acesso em: 18 de jan de 2022

VELHO, J. **Motion Graphics: linguagem e tecnologia** – Anotações para uma metodologia de análise. 2008. 191 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

VIDA DE MOTION. **O QUE É STORYBOARD, ANIMATIC E MOODBOARD? by Manuel Neto!** 17 de jan. de 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gAgtSwuWRks>. Acesso em: 01 de maio de 2022.

VISTISEN, P. **Science Visualization: Guiding principles for the motion design of scientific disseminations.** Proceedings of the Motion Design Education Summit 2021 (MODE 2021). Aalborg, Dinamarca. p. 162-170, 2021. Acesso em: 21 jan. 2022

WANDSCHEER, K. T. **Ensino Remoto: um caminhar de possibilidades educativas.** In.: PALÚ, Jante; SHÜTZ, Arlan Jenerton; MAYER, Leandro (Orgs.). *Desafios Da Educação Em Tempos De Pandemia.* Cruz Alta- Rio Grande do Sul: Editora Ilustração, 2020.

WELLS, Paul. **Understanding animation.** New York: Routledge, 1998.

WHITNEY, J. **Experiments in motion graphics by Whitney, John, Sr.,** 1917-1995. Disponível em <https://archive.org/details/experimentsinmotiongraphics>.

12. ANEXOS

Anexo I

Briefing - definições básicas

Definições Básicas:

1. Qual é o tema da animação? *Tópicos de física térmica*
2. Qual é o título da animação? *Termodinâmica*
3. Qual é o objetivo principal da animação? *Apresentar em animações curtas, vários tópicos de termodinâmica*
4. Qual é o objetivo secundário? *Facilitar o entendimento e term. para estudantes de exames pré-vestibulares*
5. Quais as metas a serem cumpridas? *Facilitação, dinamismo, conteúdo correto, fácil distribuição e compartilhamento*
6. Qual o tempo da animação? *Curtas (avaliar mais tarde)*

Definições sobre o público:

7. Para quem é a animação? *Alunos de cursinhos*
8. A animação está voltada para algum público específico? *Estudantes do curso Dandara*
9. Qual é a faixa etária? *Entre 15-18 anos*
10. Qual é a classe social? *Classes C, D e E. estudantes de escola públicas ou que recebem bolsa de estudos.*
11. Onde o público está localizado? *Região metropolitana de Porto Alegre*
12. Onde esse público reside? *Regiões periféricas*
13. Qual é o nível de alfabetização? *Ensino médio incompleto*
14. Qual é a religião/crença vigente? -
15. Qual é a língua falada? *Português*
16. Qual é a etnia da população? *Maior parte negros e pardos*

Referências visuais do público-alvo

(pesquisa com o público e pesquisa de similares):

17. Estilos preferido; *Animes, desenhos 2D*
18. Desenhos Animados preferidos; *AICO Incarnation, Hilda, (Des)encanto, Bojack Horseman, Midnight Gospel, outros*
19. Elementos atrativos nas animações; *Cores saturadas, linguagem coloquial, sátiras, estilo de anime japonês.*
20. Elementos que mais gostam.

Consultoria de Especialistas:

21. Você vai precisar da ajuda de algum especialista para desenvolver a animação? *Sim, dos professores de física do Curso Dandara*
22. Você vai precisar de especialistas em som/áudio? *Não.*
23. Qual é o melhor meio de comunicação para apresentar a animação? *Tê-las em um local de compartilhamento em nuvem e manter uma cópia no Youtube*
24. Qual é o interesse do público que pode ser atingido nessa animação? *Estudar para exames.*
25. Qual é a relevância do conteúdo para o público? *Fundamental*
26. Qual parte do projeto requer criatividade? *Representação de situações cotidianas.*

Recursos:

Quais os recursos necessários para a transmissão e produção da animação? (Equipamentos e pessoas).

Computador que suporte Adobe Suite (After Effects, Photoshop, Illustrator e Media Encoder), materiais de desenho, conta para armazenamento de dados online e Youtube. Transmissão é feita em sala de aula com projetor e, se online, Google Classroom,

Anexo II

Briefing - Definições: animação e narrativa

Definições sobre a Narrativa:

Tema:

1. Qual é o tema principal da animação? *Exemplos de termodinâmica.*
2. Qual é o problema a ser resolvido? *Representar os exemplos em situações que os alunos estejam familiarizados.*

Assunto:

3. O que você sabe sobre o assunto? *Tenho percepções cotidianas e o que aprendi no ensino médio.*
4. Qual é o fato ou acontecimento que será narrado? - *fatos individuais por tópicos a serem definidos na etapa de Roteiro com os professores*

Tempo:

5. Em que tempo a narrativa acontece? *Presente*
6. O tempo é cronológico ou psicológico? *Psicológico - Exemplo: moléculas se movendo devagar.*
7. O tempo é linear ou não linear? *Linear*

Ação:

8. As ações realizadas na narrativa são:
 - (X) Ação física (movimentação dos personagens)
 - () Ação emocional (interna ao personagem)

Presença de Narrador

9. Existe um narrador na sua animação? Em que pessoa (primeira, terceira, intruso parcial ou onipresente) *Não!*

Estrutura da história:

10. O nível de correção é:
 - Qual é o nível de precisão dos termos utilizados? *Preciso, não pode apresentar falhas conceituais importantes para o aprendizado de física*
11. Qual é o nível de fidelidade à realidade?
 - a) Aparência - *Média. Compreensível mas estilizada*
 - b) Movimento - *Não fiel. O tempo favorece o entendimento dos processos que na vida real acontecem muito mais rápidos.*
 - c) Ação ao fato real - *fiel*

Definições Técnicas da animação:

41. Qual a técnica escolhida: Direta ou Pose a pose - *Direta*

Técnica de desenho

42. Como a animação será representada? *2.5D*

Uso dos canais:

43. Quais canais serão utilizados?
 - a. visual, verbal (textual), sonoro - *Visual e Verbal*

Suporte/Mídia

44. Qual é a mídia de transmissão da animação?
exemplos: Tv, Computador, Celular, Data Show, Tablet, Lousa Digital.
Computadores, celulares ou tablet e Datashow (principal)

Anexo III

Roteiro – Questões Principais

Como?

Definições do Roteiro

R1 Tema, Assunto e Mensagem

1. Qual é o tema, o assunto e a mensagem principal?
2. Qual é a Premissa?
3. Qual é o Argumento?
4. Qual é o fato ou o acontecimento que será apresentado?
5. Quem são os personagens?
6. Qual é a história que será contada?
7. Qual é o desfecho?

R2 Espaço:

1. Onde a narrativa acontece?
2. Qual é o clima da narrativa? (socioeconômico, moral e psicológico).

R3 Tempo:

1. Em que época a narrativa acontece?
2. Para que o tempo é usado?
3. O tempo da narrativa é cronológico ou psicológico?
4. O tempo é linear ou não linear?

R4 Ação:

1. As ações realizadas na narrativa são:
 - () Ação física (movimentação dos personagens);
 - () Ação emocional (interna ao personagem).

R5 Áudio:

1. Como o áudio será utilizado?
2. Como é a composição das falas e diálogos?
3. Existe um narrador na animação? Se sim, de qual tipo?
 - () Não
 - () Sim: Terceira pessoa: onisciência / onipresença: intruso e parcial;
 - () Sim: Primeira pessoa: testemunha e protagonista.
4. Tem trilha sonora? Efeitos sonoros?

R6 Tipos de Áudio:

1. Que tipo de áudios serão utilizados?
 - () Falas; () Fiel ao real
 - () Ilustrativo; () Som Ambiente;
 - () Música; () Silêncio;
 - () Efeitos Sonoros; () Áudios de advertências.

R7 Estrutura Narrativa

1. Qual é o Conflito?
2. Quantos atos estão presentes na animação?
3. Qual é o ponto de virada?
4. Qual é o clímax?
5. Existem enredos secundários?
6. O desfecho é fechado ou o espectador pode definir o final?
7. A estrutura arquetípica foi empregada?

R8 Estrutura das cenas:

1. Quantas cenas tem a animação?
2. Quantos acontecimentos tem para ocorrer na animação?

3. Qual é a duração de cada cena?
4. Qual é o cenário utilizado em cada cena?
5. O que cada cena necessita além dos personagens e cenários?
6. Qual é a sequência das cenas?

R9 Coesão:

1. Quais são as dicas inseridas no decorrer do texto que vão se concretizando?
2. Quais os temas recorrentes: Imagem, ritmo ou som que se repetem ao longo do filme?
3. A Narrativa utiliza a repetição como recurso para memorização? De quais elementos?
4. A narrativa faz uso de Contrastes para ampliar a dramaticidade? Quais são utilizados?
5. A Unidade será mantida na narrativa? Qual é a história principal e quais as suas partes relacionadas?
6. A narrativa utiliza apelos emocionais? Quais:
 - () conexões com o espectador (por meio de personagens, cenários ou situações)?
 - () estereótipos e arquétipos?
 - () Razões e necessidades universais?

R10 Criação de Personagem:

1. Quem é (são) e quantos são os personagens?
2. Qual é a sua aparência?
3. Qual é o papel de cada personagem na trama?
 - () Protagonista (herói/antiherói), () Antagonista,
 - () Secundário, () Ajudantes,
 - () Coadjuvantes () Emblemas;
4. Quais personagens são ativos e quais são passivos?
5. Como são classificados os personagens?
 - () Planos: caricaturas e esteriótipos de personagens da sociedade;
 - () Redondos: personagens complexos com características físicas, psicológicas, sociais, ideológicas e morais;
6. Quais são as suas características psicológicas, morais, sociais e econômicas?
7. Quais são as necessidades e motivações dos personagens? O que o personagem quer e o que o impulsiona?
8. O personagem evolui durante a trama ou é passivo?
9. A construção do personagem possui base arquetípica?

R11 Participantes desta fase:

- Roteirista / professor autor / conteudista
- Usuários
- Designers
- Animadores

R12 Formas de envolver o usuário no Roteiro:

- Conversa direta com o público.
- Questionários de opinião;
- Escolha de estilos de história;
- Sessões para contar ao público alvo as histórias desenvolvidas,
- Apresentação da história para amigos e conhecidos;
- Leitura interpretada;
- Teste de empatia de personagens com atores reais.

Anexo IV

Storyboard - Anotações feitas diretamente nos esboços em papel

Público e Composição visual:

41. Elementos de Motivação:

- () Personagens () Metáforas () Analogias () Exemplos () Cenários () Texturas
 () Sons () Exagero () Antecipação () Esticar/Encolher

Cenas

42. O animador deve definir nos esboços:

- Estabelecimento dos Keyframes;
 Composição visual das falas ou textos;
 Composição visual - movimento e ações no tempo
 Cenário e ambiente
 Estilo gráfico e enquadramentos:
 Elementos de primeiro e segundo plano

43. Como serão compostos os conteúdos enfáticos?

- () Setas () Boxes () Numeração () Contrastes () Tamanho () Uso de cores
 () valor () Enquadramentos () Movimento () Tempo

Artifícios de representação gráfica;

44. Ângulos de Câmera

- a) Plano Geral b) Plano Conjunto c) Plano Médio d) Plano Fechado
 e) Plano Americano f) Primeiro Plano g) Plano Detalhe

45. Movimentos de Câmera

- Travelling, Zoom, Panorâmica ou sem movimento

Anexo V

Design de Animações *Animatic*

Parte 4/4

Estrutura dinâmica e sonora das cenas:

1. Definir:

- Quanto tempo vai ter cada cena?
- Qual é o som que será aplicado em cada cena?
- Quais são os quadros que eu preciso acrescentar para entender melhor a mensagem no tempo necessário?;
- Como vou inserir o tempo de falas;
- Escaletas: sequenciamento das cenas e ações;

2. Arquitetura de sequência de apresentação;

Composição sonora: áudio X visual

Tipos de Áudio:

- a. Falas;
- b. Fiel ao real ou ilustrativo;
- c. Som Ambiente;
- d. Som musical;
- e. Silêncio;
- f. Efeitos Sonoros.

3. Estabelecimento de sequências;

4. Cores e texturas (opcional)

Participantes desta fase:

- Cliente
- Usuário
- Designers
- Animadores
- Programadores

Formas de envolver o usuário no *Animatic*:

- Conversa direta com o público;
- Questionários de opinião;
- Apresentação do animatic para amigos e conhecidos;

13. APÊNDICE

Apêndice I

IRRADIAÇÃO - EXEMPLO

1. garrafa térmica

2. indicam reflexões, talvez com brilho

Fonte de luz

⊙ Elementos de Motivação e ênfaticos:

- * cenário iluminado
- * Uso de cores → paredes da garrafa

→ Exemplos:

- ⚡ Ângulo de câmera: Plano geral → detalhe
- = ⊞ Movimentos de câmera: Zoom.

CONDUÇÃO - CONCEITO

1. Moléculas vizinhas se aquecem.

⊙ cores

⚡ X ⊞ ⊚

IRRADIAÇÃO - CONCEITO

⊙ setas

⚡ PG = ⊞ ⊚

CONVECÇÃO - CONCEITO

⊙ setas, cores e movimento das moléculas

⚡ ⊞ ⊚

CONVECÇÃO - EXEMPLO Chaleira

op. 1. água borbulhando.

op. 2. moléculas diferentes cores

op. 3. textura em movimento

Movimento ondulatório

CONDUÇÃO - EXEMPLO

Frone 1: Carne ⊙ = X

Frone 2: Espátula X = ⊞

para o vidro ⊞ = ⊚

1. Churrasco

2. carne marcada

3. carne marcada

1º e 2º fei. Exemplos

Motor de 4 tempos

1. Admissão

2. Compressão

3. Combustão

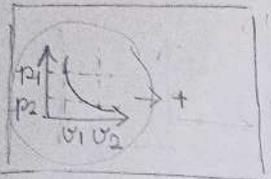
4. escape

acontece em todos os motores

⚡ setas escape

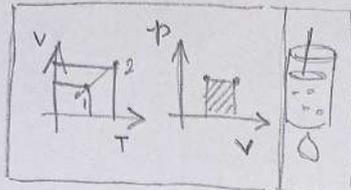
Transformações

ISOTÉRMICA
constante



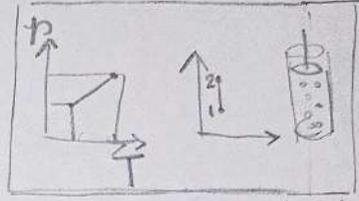
centralizar

ISOBÁRICA
constante
pressão



amostra
molecular

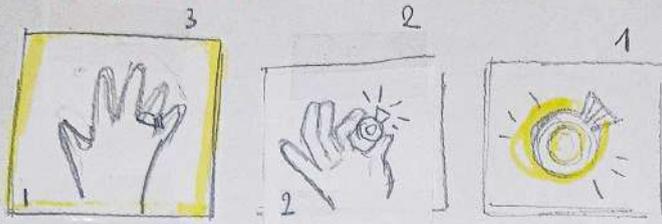
ISOCÓRICA
constante
volume



amostra
molecular

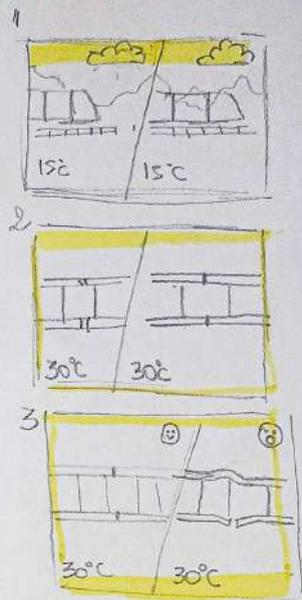
pome 1 = marcar um ponto no gráfico
 pome 2 = marcar o segundo ponto e anotar a constante.
 Simultaneamente, animar o êmbolo aquecendo

DILATAÇÃO 1: Dedo

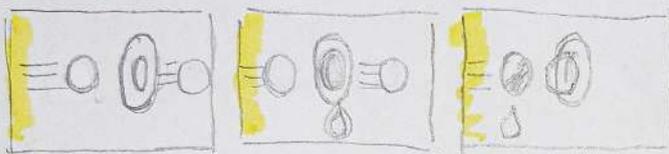


Da quente, dilatação da mão
 * Plano detalhe.
 Transição: todo objetos
 Zoom out e depois in
 @ brilho externo.

DILATAÇÃO ex 2

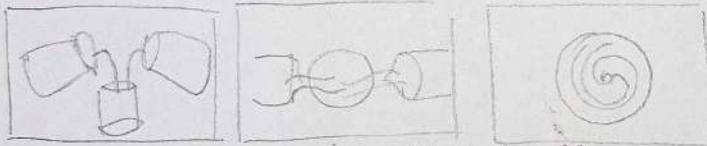


DILATAÇÃO 3: Anel



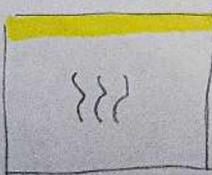
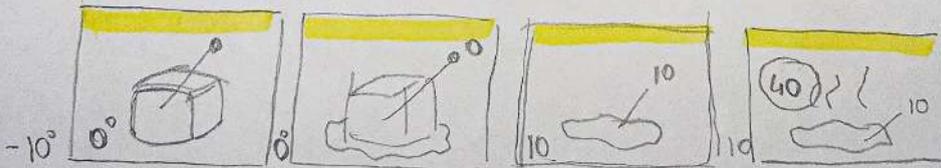
* x [] [] [] velocidade e antecipação

CALOR SENSÍVEL



* igual → manter-se o estado
 frente → tops @ 2 cores líquidas

CALOR LATENTE



manter a temperatura
 * igual [] [] [] setas/indicadores
 números.