



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO
MESTRADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

CAIO EDUARDO PEREIRA NUNES

**THUNDER: UM PROCESSO DE DESIGN PARA CRIAR VISUALIZAÇÕES MUSICAIS
COM FOCO NA COMUNICAÇÃO EMOCIONAL**

**FORTALEZA
2025**

CAIO EDUARDO PEREIRA NUNES

THUNDER: UM PROCESSO DE DESIGN PARA CRIAR VISUALIZAÇÕES MUSICAIS
COM FOCO NA COMUNICAÇÃO EMOCIONAL

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ciência da Computação do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciência da Computação. Área de Concentração: Interação Humano-Computador

Orientadora: Prof. Dr. Ticianne de Gois Ribeiro Darin

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

N924t Nunes, Caio Eduardo Pereira.

Thunder : Um processo de design para criar visualizações musicais com foco na comunicação emocional /
Caio Eduardo Pereira Nunes. – 2025.

150 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação
em Ciência da Computação, Fortaleza, 2025.

Orientação: Prof. Dr. Ticianne de Gois Ribeiro Darin.

1. Visualização Musical. 2. Experiência do Usuário (UX). 3. Design Emocional. 4. Processo de
Design. 5. Emoções. I. Título.

CDD 005

CAIO EDUARDO PEREIRA NUNES

THUNDER: UM PROCESSO DE DESIGN PARA CRIAR VISUALIZAÇÕES MUSICAIS
COM FOCO NA COMUNICAÇÃO EMOCIONAL

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ciência da Computação do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciência da Computação. Área de Concentração: Interação Humano-Computador

Aprovada em: 01 de Agosto de 2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ticianne de Gois Ribeiro
Darin (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Windson Viana de Carvalho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Antônio José Melo Leite Júnior
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Diego Enéas Peres Ricca
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho aos meus pais, cujo apoio
inabalável foi farol nas incertezas – e, por ele,
aprendi a acreditar em mim e a seguir até o fim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Selma e Ricardo, que me ajudaram de tantas maneiras – muitas vezes, até sem perceber. Eles sempre depositaram em mim uma confiança imensa, no meu potencial, e é justamente esse apoio que me faz sentir capaz de alcançar o que me proponho. Foi essa base firme que me sustentou nos momentos mais difíceis da jornada, quando tudo parecia incerto – e foram eles que me acolheram, cuidaram de mim e me ajudaram a seguir em frente. A vocês, meu eterno agradecimento. Agradeço também à minha irmã, Marina, que tornou os dias mais leves com nossas risadas e que, mesmo em silêncio, sempre esteve por perto com apoio e carinho. E deixo um agradecimento especial ao meu cachorrinho, Chico, que esteve ao meu lado em tantos dias, oferecendo companhia e conforto nos momentos em que precisei.

Aos amigos que ultrapassaram os limites da graduação e se tornaram parte essencial da minha vida – Lucas, Leonardo e Ulisses –, meu muito obrigado. Pela companhia, pelas conversas e pela presença constante, que fizeram toda a diferença. Um agradecimento especial ao Natã, parceiro de graduação e mestrado, com quem dividi dores, risadas, memes, músicas e conversas de todo tipo. Tua amizade foi uma das maiores alegrias que a vida acadêmica me trouxe. Ela me fortalece, me encoraja, e espero que continue fazendo parte do meu caminho por muito tempo ainda. Sou grato também aos amigos que passaram por mim ao longo dessa trajetória e deixaram marcas importantes. Vocês me moldaram com cada gesto, presença e troca – e eu não seria quem sou hoje sem isso.

Aos amigos e amigas que conheci na Célula Multimídia – Izac, Mateus, Mariana, David, Jamyle, Alairton, Rachel, Luiz, Bosco e Nayana –, meu carinho e reconhecimento. Compartilhamos pesquisas, eventos, conversas e muitas risadas. Vocês são talentosíssimos, fazem trabalhos incríveis e deixaram essa etapa muito mais especial. Agradeço com carinho à Isabelle Reinbold e Mariana Rangel, grandes parceiras da Célula e da jornada do Thunder. Vocês me ajudaram imensamente, principalmente nas dificuldades, nas descobertas e nas alegrias. Tornaram o Thunder possível e potente. Graças a vocês, o raio da experiência caiu duas vezes no mesmo lugar.

À querida Profa. Dra. Georgia da Cruz, que me acompanha desde a graduação e na Célula, minha admiração e gratidão. Me inspiro muito em ti – obrigada pelos ensinamentos, pelas conversas e pela generosidade constante.

Encerrando esta lista de amigos, deixo meu profundo agradecimento à minha orien-

tadora, Profa. Dra. Ticianne Darin, por quem tenho enorme admiração. É um privilégio fazer ciência contigo. Este trabalho só existe por causa da tua orientação generosa, tua paciência e teu cuidado atento. Uma das maiores conquistas que levo deste mestrado é perceber, hoje, o teu olhar científico refletido no meu – e é mágico reconhecer que carrego um traço de alguém que admiro tanto como pessoa e como acadêmica. Obrigado por tudo.

Agradeço também aos membros da banca – Prof. Dr. Windson Viana de Carvalho, Prof. Dr. Antônio José Melo Leite Júnior e Prof. Dr. Diego Enéas Peres Ricca – por gentilmente disporem de seu tempo e expertise para contribuir com este trabalho. Meu reconhecimento e admiração.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que, de alguma forma, fizeram parte da construção desta dissertação. Sem vocês, este trabalho não seria possível.

"Emoções, que se deixam descrever com tanta dificuldade por palavras, são transmitidas diretamente ao ser humano pela música – e nisso reside seu poder e sua importância."

(Atribuída a Leo Tolstoy)

RESUMO

A música é amplamente reconhecida por sua capacidade de evocar emoções complexas e vem sendo explorada em diversas experiências interativas. Nesse cenário, visualizações musicais – representações visuais geradas a partir de informações sonoras – têm ganhado espaço como recurso complementar à experiência auditiva. No entanto, ainda faltam processos sistemáticos que orientem designers a tomar decisões visuais alinhadas às emoções transmitidas pela música. Este trabalho tem como objetivo desenvolver e avaliar um processo de design voltado à criação de visualizações musicais com foco na comunicação emocional. A pesquisa foi estruturada em seis passos: (1) revisão da literatura sobre áudio e Player Experience (PX), seguida de um estudo bibliográfico sobre visualizações musicais; (2) avaliação da experiência emocional de cinco visualizações musicais; (3) desenvolvimento iterativo do processo de design Thunder; (4) aplicação preliminar do Thunder na criação de novas visualizações; (5) avaliação do processo por especialistas; e (6) desenvolvimento e avaliação do Guia de Uso do Thunder, uma ferramenta digital que dá suporte à execução do processo. Os resultados demonstram que o Thunder (1) é capaz de favorecer o alinhamento entre a percepção do usuário e intenção emocional da visualização, (2) foi percebido como claro, aplicável com potencial formativo e (3) possui um guia de uso com boa aceitação quanto à usabilidade. Como contribuição, este trabalho apresenta um processo sistemático para a criação de visualizações musicais emocionalmente expressivas, beneficiando designers e artistas visuais, que passam a contar com uma estrutura clara para embasar suas decisões criativas; pesquisadores em Música, Arte e Interação Humano-Computador (IHC), que encontram uma base metodológica para investigações sobre emoção e visualidade; e criadores de experiências interativas, como jogos, exposições imersivas e narrativas digitais, que podem integrar visualizações musicais mais expressivas para enriquecer o envolvimento emocional do público.

Palavras-chave: visualização musical; experiência do usuário (UX); experiência do jogador (PX); design emocional; processo de design; emoções.

ABSTRACT

Music is widely recognized for its ability to evoke complex emotional states and has been increasingly integrated into various interactive experiences. In this context, music visualizations – visual representations generated from sonic information – have gained relevance as a complementary resource to auditory perception. However, the creation of such visualizations still lacks systematic processes to guide designers in making visual decisions that align with the emotional content of the music. In this work, We aim to develop and evaluate a design process focused on creating emotionally expressive music visualizations. The research was structured in six steps: (1) a literature review on audio and Player Experience (PX), followed by a bibliographic study on music visualizations; (2) an emotional experience assessment of five music visualizations; (3) iterative development of the Thunder design process; (4) preliminary application of Thunder in the creation of new visualizations; (5) expert evaluation of the process; and (7) development and evaluation of the Thunder User Guide, a digital tool designed to support the execution of the process. The results demonstrate that Thunder (1) fosters alignment between user perception and the intended emotional expression of the visualization, (2) was perceived as clear, applicable, and potentially formative, and (3) includes a usage guide with positive usability reception. As a contribution, this work presents a systematic process for creating emotionally expressive music visualizations. It benefits visual designers and artists, who can rely on a structured framework to support their creative decisions; researchers in Music, Art, and Human-Computer Interaction (HCI), who are provided with a methodological foundation for investigating emotion and visuality; and creators of interactive experiences – such as games, immersive exhibitions, and digital narratives – who may integrate more expressive music visualizations to enhance emotional engagement with their audiences.

Keywords: music visualization; user experience (UX); player experience (PX); emotional design; design process; emotions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Visão geral da metodologia utilizada nesta pesquisa (aproxime para uma visualização mais detalhada), usando Business Process Model and Notation (BPMN) ¹ .	24
Figura 2 – Mapa interativo que separa as amostras analisadas em 13 categorias emocionais (Cowen <i>et al.</i> , 2020).	31
Figura 3 – Representação da correspondência entre cores e notas musicais segundo Isaac Newton.	32
Figura 4 – Caricatura do clavicembalo ocular de Louis-Bertrand Castel, representando um instrumento que emitiria cores correspondentes a notas musicais.	33
Figura 5 – Mosaico de cenas do filme Fantasia (1940), da Walt Disney.	33
Figura 6 – Patch em Max/MSP demonstrando a geração e distorção de uma esfera 3D em tempo real.	34
Figura 7 – Evolução das visualizações musicais: da síntese visual analógica à geração de gráficos dinâmicos em ambientes digitais. A imagem mostra no topo: Atari Video Music (à esquerda); Windows Media Player (à direita). Abaixo: iTunes (à esquerda) e Winamp com MilkDrop (à direita).	35
Figura 8 – Processo de revisão de literatura.	41
Figura 9 – Métodos utilizados nos estudos selecionados por tipo de áudio	43
Figura 10 – Construtos mais avaliados por tipo de áudio	44
Figura 11 – Resultados do PrEmo na Avaliação Inicial.	53
Figura 12 – Primeira versão do Thunder, com as técnicas escolhidas.	57
Figura 13 – Segunda versão do Thunder mostrando as etapas iterativas.	60
Figura 14 – Terceira versão do Thunder, mostrando as etapas iterativas.	61
Figura 15 – Quarta versão do Thunder, mostrando cada atividade e as técnicas.	63
Figura 16 – Versão preliminar do Thunder, utilizada no desenvolvimento das visualizações alternativas.	64
Figura 17 – <i>Moodboard</i> da alternativa 1, representando emoções como tristeza, solidão e angústia, com ênfase em elementos visuais como água, linhas fluidas e iluminação noturna.	70

Figura 18 – <i>Moodboard</i> da alternativa 2, representando a passagem do tempo e a melancolia por meio de cores do entardecer e elementos translúcidos associados à cena do trem.	71
Figura 19 – Esboço inicial da alternativa 1, representando a personagem principal sobre a água com iluminação focal e presença do trem, indicando a divisão simbólica entre mundos.	72
Figura 20 – Esboço inicial da alternativa 2, mostrando o ambiente do trem com elementos de transição temporal, sugerindo solidão e introspecção.	72
Figura 21 – Protótipo de média fidelidade da alternativa 1, representando a transição entre os mundos dos vivos e dos mortos por meio do reflexo na água e da iluminação do trem.	73
Figura 22 – Protótipo de média fidelidade da alternativa 2, representando a passagem do tempo e o crescimento da solidão à medida que o cenário escurece e a personagem se isola no interior do trem.	74
Figura 23 – Protótipo de alta fidelidade da alternativa 1, representando a solidão e a melancolia de Chihiro em um cenário escuro, com o reflexo na água reforçando a dualidade emocional da cena.	74
Figura 24 – Protótipo de alta fidelidade da alternativa 2, representando a personagem centralizada no trem e um ambiente cada vez mais escuro, simbolizando a intensificação da solidão e da introspecção.	75
Figura 25 – Resultados do PrEmo na avaliação preliminar.	76
Figura 26 – Aspectos gerais do Thunder avaliados por cada especialista.	84
Figura 27 – Aspectos da etapa de Conceitualização avaliados pelos especialistas.	86
Figura 28 – Aspectos da etapa Prototipação avaliados pelos especialistas.	87
Figura 29 – Aspectos da etapa Avaliação avaliados pelos especialistas.	88
Figura 30 – Thunder, um Processo de Design para Criação de Visualizações Musicais focadas na Comunicação Emocional da Música (aproxime para uma visualização mais detalhada).	94

Figura 31 – Interface do Guia de Uso do Thunder (aproxime para uma visualização mais detalhada). No topo: (à esquerda) página inicial apresentando o Guia de Uso; (à direita) apresentação dos passos do Thunder com status de completude. Abaixo: (à esquerda) exemplo de página do passo protótipo de média fidelidade; (à direita) interface de exportação do relatório final em PDF. . . .	99
Figura 32 – Resultado do questionário <i>ad hoc</i> utilizado na avaliação do Guia de Uso do Thunder.	103
Figura 33 – Imagens de referência utilizadas no moodboard.	142
Figura 34 – Esboços de conceitualização, gerados com auxílio de IA.	143
Figura 35 – Protótipos de média fidelidade, gerados com auxílio de IA.	143
Figura 36 – Protótipos de alta fidelidade, gerados com auxílio de IA.	144

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Trabalhos relacionados	36
Tabela 2 – Lista de termos separados por delimitador relacionados ao tema de pesquisa	40
Tabela 3 – Critérios de inclusão e exclusão para seleção de estudos	41
Tabela 4 – Perfil das pesquisadoras responsáveis pela análise de visualizações musicais.	50
Tabela 5 – Critérios de inclusão e exclusão dos participantes da análise de visualizações musicais.	50
Tabela 6 – Associação de palavras para cada peça musical	52
Tabela 7 – Resultados da escala IE do IMI-TEQ Br.	54
Tabela 8 – Resultados da escala UES Br SF.	54
Tabela 9 – Resumo comparativo entre as versões do Thunder.	57
Tabela 10 – Palavras associadas com a música.	69
Tabela 11 – Seleção de palavras-chave para o desenvolvimento das alternativas.	69
Tabela 12 – Critérios de inclusão e exclusão dos especialistas.	81
Tabela 13 – Perfil dos Participantes da Avaliação por Especialistas	83
Tabela 14 – Correspondência entre temas da avaliação qualitativa e refinamentos implementados no Thunder	95
Tabela 15 – Perfil dos participantes da avaliação de usabilidade	103
Tabela 16 – Estatísticas descritivas das subescalas do SUMI	105
Tabela 17 – Fonte: elaborado pelo autor	105
Tabela 18 – Estatísticas descritivas das subescalas do IMI-TEQ-Br	106
Tabela 19 – Trabalhos publicados durante o mestrado com relação direta ao Thunder.	119
Tabela 20 – Trabalhos publicados durante o mestrado sem relação direta a produção do Thunder, que ajudaram a compor a base teórica para sua construção.	120
Tabela 21 – Características dos jogos avaliados nos 26 artigos selecionados.	133
Tabela 22 – Número de artigos por veículo de publicação.	135
Tabela 23 – Resumo dos construtos da PX avaliados.	136
Tabela 24 – Temas principais da análise temática do <i>feedback</i> dos especialistas, com citações representativas e quantidade de comentários relacionados.	145
Tabela 25 – Temas emergentes da análise qualitativa do Guia de Uso do Thunder, com citações representativas.	147
Tabela 26 – Classificação dos pontos levantados e soluções propostas.	148

Tabela 27 – Requisitos funcionais do Guia de Uso Thunder.	150
Tabela 28 – Requisitos não funcionais do Guia de Uso do Thunder.	151
Tabela 29 – Fonte: elaborado pelo autor.	151

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PX	Experiência do Jogador
IHC	Interação Humano-Computador
PrEmo	Product Emotion Measurement Instrument
IMI-TEQ-Br	Intrinsic Motivation Inventory Task Evaluation Questionnaire em Português do Brasil
UES-Br	User Engagement Scale em Português do Brasil
RtD	Research Through Design
SUMI	Software Usability Measurement Inventory
UX	Experiência do Usuário
FPS	First-Person Shooter
SAM	Self-Assessment Manikin
GEQ	Game Experience Questionnaire
PANAS	Positive and Negative Affect Schedule
PENS	Player Experience of Needs Satisfaction
IMI	Intrinsic Motivation Inventory
UFC	Universidade Federal do Ceará
MIS	Museu da Imagem e do Som do Ceará
LED	Laboratório de Experiência Digital
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TDA	Teoria da Autodeterminação
CHI Play	Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play
RPG	Role-Playing Game
MOBA	Multiplayer Online Battle Arena
PXI	Player Experience Inventory
GEQ	Game Engagement Questionnaire
IEQ	Immersive Experience Questionnaire
AFQ	Attentional Focus Questionnaire

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	Contexto	20
1.2	Motivação	21
1.3	Questão de Pesquisa	22
1.4	Objetivos e Contribuição	23
1.5	Resumo da Metodologia	24
1.6	Organização do Documento	25
2	REFERENCIAL TEÓRICO	27
2.1	Experiência do Usuário (UX) e do Jogador (PX)	27
2.1.1	<i>Avaliação da Experiência em IHC</i>	28
2.2	Música e Emoções	29
2.3	Visualizações Musicais	32
2.4	Trabalhos Relacionados	35
3	PASSO 1: REVISÃO DA LITERATURA E ESTUDO BIBLIOGRÁFICO	39
3.1	Revisão da Literatura - Jogos e Experiência do Jogador (PX)	39
3.1.1	<i>Estratégia de Busca</i>	40
3.1.2	<i>Resultados da Revisão da Literatura</i>	42
3.1.3	<i>Direcionamento da proposta da pesquisa</i>	45
3.2	Estudo Bibliográfico – Artefatos de Suporte à Criação de Visualizações Musicais	46
3.2.1	<i>Estratégia de Busca</i>	46
3.2.2	<i>Resultados da Busca</i>	46
3.3	Conclusão	48
4	PASSO 2: ANÁLISE DE VISUALIZAÇÕES MUSICAIS	49
4.1	Participantes	50
4.2	Métodos e Instrumentos	51
4.3	Procedimento	51
4.4	Análise de Dados	51
4.5	Resultados da Análise de Visualizações Musicais	52
4.5.1	<i>Avaliação com espectadores</i>	52

4.6	Conclusão	55
5	PASSO 3: DESENVOLVIMENTO ITERATIVO DO PROCESSO THUNDER	56
5.1	Análise de Dados	56
5.2	Resultados das Iterações de Desenvolvimento do Thunder	57
5.2.1	<i>Primeira versão do Thunder</i>	57
5.2.2	<i>Segunda versão do Thunder</i>	60
5.2.3	<i>Terceira versão do Thunder</i>	61
5.2.4	<i>Quarta versão do Thunder</i>	63
5.2.5	<i>Versão preliminar do Thunder</i>	64
5.3	Conclusão	66
6	PASSO 4: APLICAÇÃO PRELIMINAR DO THUNDER	67
6.1	Participantes	67
6.2	Métodos e Instrumentos	68
6.3	Procedimento	68
6.4	Análise de Dados	68
6.5	Resultados da Aplicação Preliminar do Thunder	69
6.5.1	<i>Aplicação da Etapa 1: Conceitualização</i>	69
6.5.2	<i>Aplicação da Etapa 2: Prototipação de Média e Alta Fidelidade</i>	72
6.5.3	<i>Aplicação da Etapa 3: Avaliação (Teste em Laboratório)</i>	75
6.5.4	<i>Aplicação da Etapa 4: Implementação e Teste de Campo</i>	78
6.6	Conclusão	79
7	PASSO 5: AVALIAÇÃO COM ESPECIALISTAS	80
7.1	Participantes	80
7.2	Procedimentos da Avaliação	81
7.3	Análise de Dados	82
7.4	Resultados da Avaliação com Especialistas	82
7.4.1	<i>Resultados da Análise Quantitativa</i>	83
7.4.1.1	<i>Avaliação Geral</i>	84
7.4.1.2	<i>Análise da Etapa 1: Conceitualização</i>	85
7.4.1.3	<i>Análise da Etapa 2: Prototipação</i>	87
7.4.1.4	<i>Análise da Etapa 3: Avaliação</i>	88

7.4.1.5	<i>Avaliação da Etapa 4: Implementação</i>	89
7.4.2	Resultados da Análise Qualitativa	90
7.4.2.1	<i>Melhoria da Coerência e Transparência do Processo</i>	90
7.4.2.2	<i>Refinamento da Estrutura e da Adaptabilidade do Processo</i>	91
7.4.2.3	<i>Fortalecimento da Formação do Designer e da Acessibilidade ao Conhecimento</i>	91
7.4.2.4	<i>Direções Futuras e Expansão da Fundamentação Teórica</i>	91
7.5	Conclusão	92
8	O PROCESSO THUNDER	93
8.1	Etapa 1: Conceitualização - Definindo a Comunicação Emocional	93
8.2	Etapa 2: Prototipação - Refinamento Iterativo da Visualização	95
8.3	Etapa 3: Avaliação - Verificando Impacto Emocional e Coerência do Design	96
8.4	Implementação - Uma Etapa Externa e Flexível	97
9	PASSO 6: DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DO GUIA DE USO DO THUNDER	98
9.1	Avaliação de Usabilidade	100
9.1.1	Métodos e Instrumentos	100
9.1.2	Procedimentos	101
9.1.3	Análise de Dados	101
9.1.4	Resultados da Avaliação de Usabilidade do Guia de Uso do Thunder	102
9.1.4.1	<i>Avaliação Geral</i>	103
9.1.4.2	<i>Usabilidade</i>	104
9.1.4.3	<i>Motivação</i>	105
9.1.4.4	<i>Análise Qualitativa</i>	106
9.2	Refinamento do Guia de Uso do Thunder	109
9.3	Conclusão	110
10	DISCUSSÕES	111
10.1	Desafios no Design de Visualizações Musicais com Apelo Emocional	111
10.2	Música, Emoções e Bem-Estar	112
10.3	Implicações do Thunder para a Arte e a Arte Generativa	114
11	CONCLUSÕES	116
11.1	Resultados alcançados	116
11.2	Trabalhos Publicados	118

11.3	Limitações	120
<i>11.3.1</i>	<i>Limitações do Thunder</i>	120
<i>11.3.2</i>	<i>Limitações da Pesquisa</i>	121
11.4	Trabalhos Futuros	122
	REFERÊNCIAS	123
	APÊNDICES	133
	APÊNDICE A–DADOS COLETADOS NA REVISÃO DE LITERA-	
	TURA SOBRE ÁUDIO E PX	133
	APÊNDICE B–PROTÓTIPOS DESENVOLVIDOS	139
	APÊNDICE C–CENÁRIO DE TESTE DE USABILIDADE - GUIA DE	
	USO DO THUNDER	140
C.1	Introdução	140
C.2	Sobre o Thunder	140
C.3	Objetivo do teste	140
C.4	Cenário de uso do teste	140
<i>C.4.1</i>	<i>Preparação</i>	140
<i>C.4.2</i>	<i>Exploração</i>	141
<i>C.4.3</i>	<i>Duração Estimada</i>	141
<i>C.4.4</i>	<i>Após o Teste</i>	141
	APÊNDICE D–ASSETS UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO DE USABI-	
	LIDADE DO GUIA DE USO DO THUNDER	142
	APÊNDICE E–TEMAS DA ANÁLISE QUALITATIVA DA AVALIA-	
	ÇÃO DE ESPECIALISTAS DO THUNDER	145
	APÊNDICE F–TEMAS DA ANÁLISE QUALITATIVA DO GUIA DE	
	USO DO THUNDER	147
	APÊNDICE G–CLASSIFICAÇÃO DOS PONTOS LEVANTADOS NA	
	AVALIAÇÃO DE USABILIDADE DO GUIA DE USO	
	DO THUNDER	148
	APÊNDICE H–REQUISITOS DA FERRAMENTA GUIA DE USO DO	
	THUNDER	150

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta uma visão geral da pesquisa. Na Seção 1.1 é discutido o contexto da pesquisa. Em seguida, a seção 1.2 apresenta a motivação da pesquisa. A Seção 1.3 introduz a questão central da pesquisa. Na Seção 1.4, são destacados os principais objetivos e contribuições do trabalho. Posteriormente, a Seção 1.5 apresenta um resumo da metodologia aplicada. Por fim, a Seção 1.6 explica a organização do documento.

1.1 Contexto

A música é amplamente reconhecida como uma forma poderosa de expressão na cultura humana. Ela transcende barreiras culturais, geográficas e sociais (Munteanu, 2012; Pokharel, 2020), evocando emoções e transmitindo estados emocionais complexos (Pouris; Fels, 2012; Koelsch, 2015). A literatura tem demonstrado como sua influência nas emoções levou à sua aplicação em diversos campos. Por exemplo, a música tem sido utilizada como intervenção para promover o bem-estar emocional e está associada a benefícios para pessoas com depressão clínica e ansiedade (Hallam; Macdonald, 2013; Kamioka *et al.*, 2014). Além disso, ela tem sido identificada como um mecanismo eficaz na regulação do humor (Koelsch, 2010; Reybrouck; Eerola, 2017) e está relacionada à liberação de dopamina e ocitocina, neurotransmissores vinculados ao prazer e à conexão social (Chanda; Levitin, 2013).

Devido ao seu apelo emocional, a música tem sido amplamente aplicada em contextos de sistemas e instalações, especialmente no campo do entretenimento (Stewart *et al.*, 2010; Pereira; Chambel, 2023; Nunes; Darin, 2024b). Por exemplo, em jogos digitais a música desempenha um papel relevante na Experiência do Jogador (PX), contribuindo para a construção de emoções (Nunes; Darin, 2024b), aumento do engajamento (Hassenzahl, 2008; Hwang; Oh, 2020) e fortalecimento da imersão, ao ativar sistemas neurais relacionados ao prazer e à motivação, como o circuito de recompensa mesolímbico (Rogers, 2017). Da mesma forma, em instalações artísticas interativas e experiências museológicas sensoriais, a música pode orientar a atenção dos visitantes, intensificar a narrativa proposta e favorecer estados de presença e imersão emocional por meio da sincronia entre estímulos sonoros, visuais e espaciais (Bem, 2023; Luo *et al.*, 2024).

Além disso, a música pode ser representada visualmente, o que oferece novas formas de engajamento e interpretação. A visualização musical, que pode ser definida como a prática

de criar representações visuais que acompanham e refletem elementos de uma composição musical, como ritmo, melodia, harmonia e estrutura (Hiraga *et al.*, 2002; Fourney; Fels, 2009; Lima *et al.*, 2021), tem sido utilizada para complementar a experiência auditiva, amplificando sua carga emocional e tornando-a uma ferramenta poderosa para análise, expressão artística e acessibilidade (Fourney; Fels, 2009). Essas representações variam desde gráficos simples até animações complexas (Lee; Fathia, 2016; Almeida *et al.*, 2021), podem ser geradas em tempo real (Graf *et al.*, 2021) e sincronizadas com a música, e proporcionam uma experiência sensorial mais rica e imersiva (Almeida *et al.*, 2021; Lima *et al.*, 2021). Diferentes abordagens são empregadas para esse fim, desde partituras aumentadas que expandem a notação musical tradicional (Miller *et al.*, 2019) até representações abstratas baseadas em cores (Prisco *et al.*, 2018), formas e movimento (BEAT GAMES, 2019), criando experiências sensoriais únicas para espectadores, usuários e jogadores.

1.2 Motivação

Embora as visualizações musicais desempenhem um papel essencial na construção de experiências, sua eficácia está profundamente relacionada à capacidade de transmitir, de forma clara e envolvente, o conteúdo emocional da música (Fourney; Fels, 2009; Pouris; Fels, 2012). Quando se baseiam apenas em parâmetros estruturais, como ritmo ou melodia, e não partem de uma intenção clara de comunicação, essas representações podem carecer de coerência emocional. Sem um planejamento que defina o papel expressivo de cada elemento, a relação entre som e imagem tende a se tornar pouco significativa (Fourney; Fels, 2009; Mori; Fels, 2009). Assim, uma alternativa é a pesquisa em visualizações musicais se concentrar no desenvolvimento de métodos que mapeiem as emoções musicais para representações gráficas, intensificando a percepção do público e ampliando a sensação de imersão.

Outro desafio relevante na criação de visualizações musicais está relacionado à alta demanda de tempo e recursos envolvidos no processo de produção (Liu *et al.*, 2023). A montagem e sincronização de visuais com a música requer uma série de decisões artísticas e técnicas, desde a seleção e edição de trechos audiovisuais até a criação de gráficos e animações coerentes com o conteúdo musical (Abreu *et al.*, 2018). Essa complexidade pode tornar a produção manual inacessível para muitos criadores, especialmente para aqueles com recursos limitados (Chen *et al.*, 2023). Portanto, há uma clara necessidade de ferramentas que possam sistematizar e facilitar essa produção, permitindo que os designers se concentrem nos aspectos

criativos e narrativos sem comprometer a qualidade técnica.

Por fim, a integração eficaz de visualizações em narrativas digitais ainda representa um desafio significativo. O equilíbrio entre estímulos auditivos e visuais é um processo complexo, no qual a sobrecarga de informações ou a falta de coerência entre os elementos pode comprometer a experiência do usuário (Siu *et al.*, 2022). Além disso, a subjetividade na percepção das emoções musicais torna difícil criar representações visuais que reflitam com precisão as intenções emocionais da composição (Pouris; Fels, 2012; Ramos; Bueno, 2012; Barros, 2020).

1.3 Questão de Pesquisa

Dado o contexto e os desafios envolvidos na criação de visualizações musicais que efetivamente comuniquem emoções e promovam experiências imersivas, as seguintes questões de pesquisa são propostas:

- **QP1** – Quais estratégias e práticas existentes na criação de visualizações musicais têm como objetivo aprimorar sua comunicação emocional?
- **QP2** – Como diferentes elementos visuais e auditivos influenciam a percepção emocional do público em visualizações musicais?
- **QP3** – De que forma um processo de design estruturado pode apoiar a criação de visualizações musicais mais consistentes e emocionalmente expressivas?

Essas questões visam explorar o estado da arte sobre comunicação emocional na criação de visualizações musicais e investigar os componentes essenciais que devem ser considerados no desenvolvimento dessas visualizações, incluindo aspectos estéticos e de interação entre os estímulos auditivos e visuais.

A partir dessas questões, estabelecem-se as seguintes premissas que orientam o desenvolvimento deste trabalho:

- **P1:** Estratégias e práticas que integram elementos visuais baseados em princípios emocionais e narrativos são fundamentais para a criação de visualizações musicais mais expressivas e envolventes.
- **P2:** A combinação entre elementos visuais e auditivos, quando guiada por um processo sistemático, tende a favorecer a percepção emocional do público, promovendo maior alinhamento entre a emoção pretendida e a emoção percebida.
- **P3:** O uso de um processo de design centrado na comunicação emocional contribui para a criação de visualizações musicais mais claras, coerentes e eficazes, quando comparado a

abordagens não estruturadas.

1.4 Objetivos e Contribuição

Este estudo tem como objetivo geral desenvolver e avaliar um processo sistemático para a criação de visualizações musicais que comuniquem de forma eficaz as emoções evocadas por uma música.

Para alcançar esse objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- **OE1** – Investigar as abordagens utilizadas para promover a comunicação emocional em visualizações musicais;
- **OE2** – Analisar visualizações musicais existentes a fim de identificar padrões e práticas recorrentes voltadas à expressão de emoções por meio de elementos visuais e auditivos;
- **OE3** – Desenvolver um processo de design, estruturando suas fases e etapas com base em princípios da Interação Humano-Computador (IHC) e nas práticas identificadas nas análises anteriores;
- **OE4** – Aplicar o processo desenvolvido na criação de visualizações musicais, observando seu potencial de comunicação emocional;
- **OE5** – Coletar *feedback* de especialistas para refinar o processo, fortalecendo sua clareza, coerência e aplicabilidade prática; e
- **OE6** – Desenvolver uma ferramenta digital de apoio que funcione como guia de uso do processo, facilitando sua adoção por outros usuários;

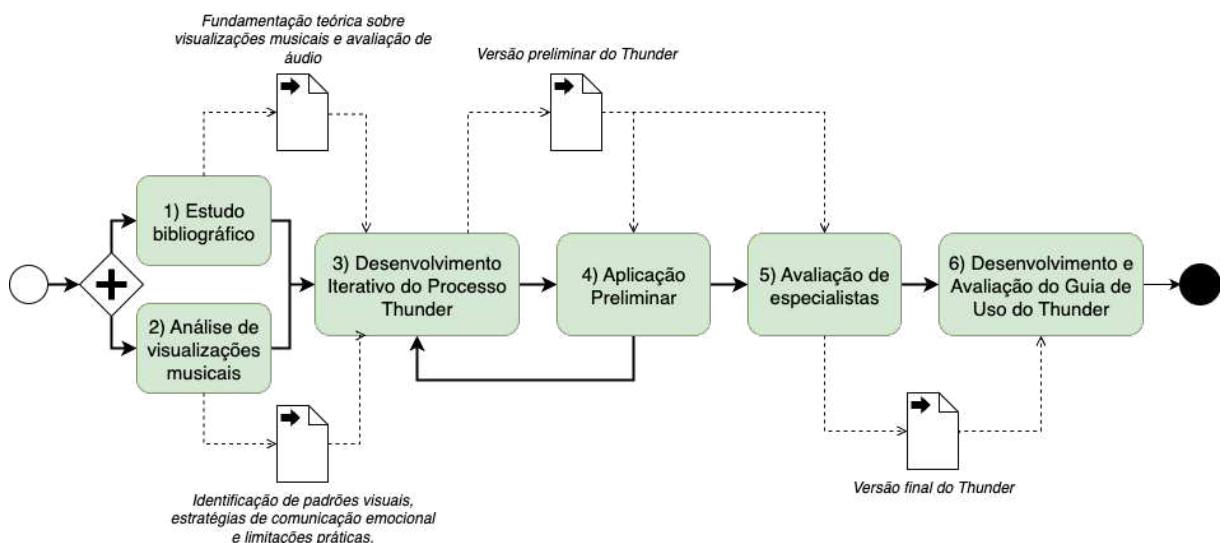
Como contribuição, este trabalho propõe o Thunder, um processo voltado ao desenvolvimento de visualizações musicais com foco na comunicação emocional. A proposta busca responder a três desafios principais: a falta de intencionalidade na comunicação emocional, a complexidade da produção e a dificuldade de integrar som e imagem de forma coesa. O Thunder aborda esses pontos ao orientar os designers, desde o início do projeto, a refletirem sobre o papel expressivo de cada elemento da visualização, estruturando o processo em etapas que facilitam decisões visuais mesmo com recursos limitados. Além disso, promove uma integração mais consistente entre estímulos visuais e auditivos, contribuindo para experiências mais imersivas em narrativas digitais. Para apoiar sua aplicação, foi desenvolvido o Guia de Uso do Thunder – uma ferramenta digital com instruções detalhadas e exemplos práticos, disponível gratuitamente em: <https://github.com/caionunespn/thunder-user-guide>.

O Thunder visa beneficiar diferentes públicos: designers que desejam criar visuali-

zações expressivas com apoio metodológico; pesquisadores das áreas de IHC, Música e Artes, interessados em investigações sobre visualidade e emoção; e criadores de experiências interativas, como jogos, exposições imersivas e narrativas digitais, que podem integrar visualizações musicais mais expressivas para enriquecer o envolvimento emocional do público.

1.5 Resumo da Metodologia

Figura 1 – Visão geral da metodologia utilizada nesta pesquisa (aproxime para uma visualização mais detalhada), usando Business Process Model and Notation (BPMN)¹.



Fonte: elaborado pelo autor.

Este estudo adota uma abordagem aplicada e empírica, utilizando métodos mistos para desenvolver e avaliar o processo Thunder na criação de visualizações musicais que comunicam emoções de forma eficaz. A metodologia foi estruturada em seis passos sequenciais (ver Figura 1), alinhados diretamente às questões de pesquisa e objetivos específicos:

- 1. Revisão da Literatura e Estudo Bibliográfico (QP1, OE1):** Realizou-se uma revisão da literatura (Creswell; Creswell, 2017) sobre a relação entre áudio e PX em jogos, seguida de um estudo bibliográfico sobre visualizações musicais e processos criativos, com buscas nas bases Google Scholar e Scopus. Esta etapa fundamentou os referenciais teóricos utilizados no desenvolvimento do processo Thunder.
- 2. Análise de Visualizações Musicais (QP2, OE2):** Foram avaliadas cinco visualizações

¹ A Business Process Model and Notation (BPMN) é uma notação gráfica padronizada para modelar processos de negócio, amplamente utilizada para facilitar a comunicação entre stakeholders técnicos e não técnicos (OBJECT MANAGEMENT GROUP, 2013).

musicais apresentadas em um concerto temático, com a participação de 57 espectadores. Utilizaram-se os instrumentos Product Emotion Measurement Instrument (PrEmo), Intrinsic Motivation Inventory Task Evaluation Questionnaire em Português do Brasil (IMI-TEQ-Br) e User Engagement Scale em Português do Brasil (UES-Br), com análise quantitativa descritiva e interpretação dos padrões emocionais percebidos.

3. **Desenvolvimento Iterativo do Processo Thunder (QP2, OE3):** Com base nas etapas anteriores e na abordagem Research Through Design (RtD), foi estruturado o processo Thunder em quatro fases – Conceitualização, Prototipação, Implementação e Avaliação – organizadas em um fluxo iterativo inspirado por princípios da IHC.
4. **Aplicação Preliminar do Thunder (QP3, OE4):** Duas designers utilizaram a versão preliminar do processo para criar visualizações da música *The Sixth Station*. As visualizações foram avaliadas por 5 participantes, por meio do PrEmo, associação livre de palavras e entrevistas semiestruturadas, com análise de dados mista (quantitativa e qualitativa).
5. **Avaliação com Especialistas (QP3, OE5):** Um grupo de 3 especialistas em Design, Música e IHC avaliou o processo com base em um documento descritivo e um questionário estruturado. As respostas foram analisadas por meio de estatísticas descritivas para os dados quantitativos e de análise temática aplicada às sugestões qualitativas.
6. **Desenvolvimento e Avaliação do Guia de Uso do Thunder (QP3, OE6):** A versão final do processo foi transformada em uma ferramenta digital de suporte, desenvolvida como uma aplicação *desktop* utilizando as tecnologias React e Electron. O Guia de Uso do Thunder permite que os usuários sigam cada etapa do processo registrando informações importantes, que podem ser exportadas em formato de relatório para futura consulta ou documentação. Além disso, a ferramenta reúne materiais complementares, como artigos científicos, orientações em vídeo e sugestões práticas. A ferramenta foi avaliada por sete participantes, por meio de testes remotos não moderados. Utilizaram-se os instrumentos Software Usability Measurement Inventory (SUMI), IMI-TEQ-Br e um questionário ad hoc, com análise de dados mista (quantitativa e qualitativa).

1.6 Organização do Documento

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma: o Capítulo 2 discute os fundamentos teóricos utilizados para embasar esta pesquisa e trabalhos relacionados. Dos Capítulos 3 a 9 são detalhadas as metodologias e resultados para cada um dos passos desta

pesquisa. Por fim, o Capítulo 10 traz as discussões da pesquisa e o Capítulo 11 as considerações finais e trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentados: (1) um panorama sobre a Experiência do Usuário e do Jogador, (2) a influência da música nas emoções humanas e (3) a criação e evolução das visualizações musicais.

2.1 Experiência do Usuário (UX) e do Jogador (PX)

A Interação Humano-Computador (IHC) é um campo interdisciplinar dedicado à compreensão, ao design e à avaliação de sistemas interativos, considerando as múltiplas dimensões do uso de tecnologias digitais (Barbosa *et al.*, 2021). Desde os anos 1980, a IHC evolui em ondas conceituais que refletem mudanças na relação entre pessoas e tecnologias. A primeira, centrada na usabilidade, priorizava desempenho e eficiência. A segunda incorporou dinâmicas sociais e comunicacionais. A terceira voltou-se a aspectos subjetivos, emocionais e culturais, entendendo a tecnologia como parte da vida cotidiana. A quarta, ainda em discussão, propõe um olhar ético, político e ambiental, buscando soluções inclusivas, críticas e sustentáveis (Pereira *et al.*, 2024).

Nesse percurso, o conceito de Experiência do Usuário (UX) ganhou centralidade. Introduzido por Donald Norman como crítica à ênfase exclusiva na usabilidade, o termo destacou que a experiência com sistemas envolve também aspectos emocionais, sensoriais e interpretativos (Norman *et al.*, 1995). Com o amadurecimento do campo, reconheceu-se que a UX resulta da combinação entre o estado interno do usuário (expectativas e emoções), as qualidades do sistema (estética e funcionalidade) e o contexto sociocultural de uso (Hassenzahl; Tractinsky, 2006; Lallemand *et al.*, 2015).

Essa experiência, no entanto, não é estática nem universal. Abordagens contemporâneas propõem compreender a UX como um fenômeno dinâmico, subjetivo e situado – uma experiência vivida que se constrói ao longo do tempo e em constante diálogo com o entorno (Coelho *et al.*, 2022). ROTO *et al.* (2011) estrutura essa complexidade a partir de uma visão temporal da UX, composta por quatro níveis: a experiência momentânea, ligada a percepções imediatas; a episódica, relacionada a eventos específicos de interação; a acumulada, que reflete o histórico construído com o sistema; e a antecipada, que envolve expectativas sobre interações futuras.

Além do tempo, a experiência é permeada por afetos, valores, cultura e construção

de sentido. Por isso, não pode ser reduzida a métricas técnicas ou instrumentos padronizados. A interação tecnológica deve ser entendida como prática estética e sensível do cotidiano, em que sistemas produzem experiências emocionais e simbólicas que devem ser consideradas no design (Wright *et al.*, 2003; McCarthy; Wright, 2004). Hassenzahl (2013) complementa que produtos bem-sucedidos vão além da funcionalidade, oferecendo experiências prazerosas, significativas e alinhadas às motivações pessoais.

No campo dos jogos digitais, essas discussões se expandem por meio do conceito de Experiência do Jogador (PX), que descreve a qualidade da experiência vivida pelo jogador durante sua interação com o jogo. Assim como a UX, a PX não se resume a aspectos estruturais como regras, mecânicas ou gráficos, embora esses elementos sejam fundamentais. A PX engloba também os sentimentos, as expectativas, as interpretações e os significados que emergem da relação do jogador com o jogo (Wiemeyer *et al.*, 2016; Barbosa *et al.*, 2021).

A complexidade da PX está no fato de que os jogos atuam como sistemas interativos, narrativos e simbólicos. A experiência do jogador não é apenas a realização de tarefas lúdicas, mas a vivência de atmosferas, emoções e sentidos mediados por elementos como som, imagem, narrativa e *feedback*. Sons, em especial, têm papel fundamental na construção da imersão e no reforço da ação, funcionando como elos entre gesto e afeto. Quando aliados a representações visuais cuidadosamente articuladas, esses elementos ampliam a expressividade da experiência lúdica.

2.1.1 Avaliação da Experiência em IHC

A IHC adota a avaliação como um componente essencial para o aprimoramento de sistemas interativos, buscando garantir que tecnologias digitais atendam às necessidades, expectativas e vivências dos usuários (Barbosa *et al.*, 2021). Nos estágios iniciais da área, esse processo concentrava-se em métricas de desempenho, como eficiência de tarefas e taxa de erros (Lazar *et al.*, 2017).

Com a ampliação do escopo da disciplina, a avaliação passou a incorporar também dimensões emocionais, subjetivas e contextuais, considerando a UX em sua complexidade (Hassenzahl; Tractinsky, 2006; Barbosa *et al.*, 2021). Métodos qualitativos e quantitativos são frequentemente combinados para explorar tanto percepções momentâneas quanto trajetórias de uso mais longas, envolvendo aspectos como prazer, significado, estética e pertencimento (Hassenzahl, 2013; Darin *et al.*, 2019).

No contexto dos jogos digitais, essas preocupações se expandem para a avaliação da PX, que investiga a qualidade da experiência vivida pelos jogadores. Avaliar a PX exige considerar não apenas os aspectos estruturais do jogo, mas também fatores emocionais como imersão, envolvimento afetivo e sensação de agência (Wiemeyer *et al.*, 2016; Barbosa *et al.*, 2021).

No entanto, realizar esse tipo de avaliação em contextos locais, como o brasileiro, ainda apresenta desafios. A escassez de instrumentos validados em português e a dificuldade de aplicar métodos qualitativos de forma sistemática podem limitar a compreensão mais profunda das experiências dos usuários e jogadores (Coelho *et al.*, 2022; Nunes; Darin, 2024a). Iniciativas como as adaptações do IMI-TEQ-Br e do UES-Br representam avanços importantes nesse cenário, ao possibilitar avaliações mais contextualizadas e sensíveis às realidades culturais (Nunes; Darin, 2023; Miranda *et al.*, 2021).

Em projetos que exploram dimensões subjetivas e afetivas – como a integração entre som e visualidade –, essa perspectiva ampliada é essencial. Métodos que consideram experiências vividas, percepções emocionais e sentidos atribuídos permitem analisar como elementos audiovisuais provocam envolvimento e ressonância simbólica. Avaliar esse tipo de experiência requer, portanto, abordagens interpretativas e sensíveis, capazes de captar a complexidade estética e emocional de propostas interativas.

2.2 Música e Emoções

A emoção é um conceito central para compreender como as pessoas respondem a estímulos em contextos criativos e interativos¹. Neste trabalho, adota-se uma abordagem baseada em avaliação cognitiva (*appraisal-based*), comum em IHC, que define emoção como uma experiência subjetiva influenciada por metas pessoais, contexto e interpretação individual (Desmet, 2002; Norman, 2004). Essa perspectiva comprehende a emoção não apenas como uma reação fisiológica, mas como um fenômeno ligado ao significado pessoal atribuído a uma situação – aspecto fundamental para a compreensão da Experiência do Usuário (UX) e da PX, já que emoções moldam diretamente a forma como os usuários e jogadores interpretam, valorizam

¹ Ao tratar de fenômenos emocionais, é importante distinguir entre afetos, emoções, sentimentos e humores (Barbosa *et al.*, 2021). De forma breve, **afetos** referem-se a respostas fisiológicas rápidas e inconscientes a estímulos, caracterizadas por sua intensidade e valência (positiva ou negativa). **Emoções** são estados afetivos breves e intensos, desencadeados por avaliações de eventos específicos (por exemplo, medo, raiva, alegria ou tristeza). **Sentimentos** são interpretações subjetivas derivadas das emoções, moldadas pelo contexto individual. Já os **humores** constituem estados afetivos mais difusos, de baixa intensidade, longa duração e sem causa claramente identificável, como ansiedade ou irritação.

e se engajam nas interações com sistemas e jogos digitais.

Nesse sentido, a música é amplamente reconhecida como um dos meios mais eficazes para evocar respostas emocionais. Pesquisadores das áreas de psicologia, neurociência e musicologia investigam como diferentes informações musicais – como tempo, melodia, harmonia, dinâmica, ritmo e timbre – interagem com os sistemas cognitivos e afetivos humanos para produzir experiências emocionais específicas (Prisco *et al.*, 2017). Esses elementos estruturais da música² moldam a percepção do ouvinte e impactam diretamente a forma como ele interpreta e sente a música.

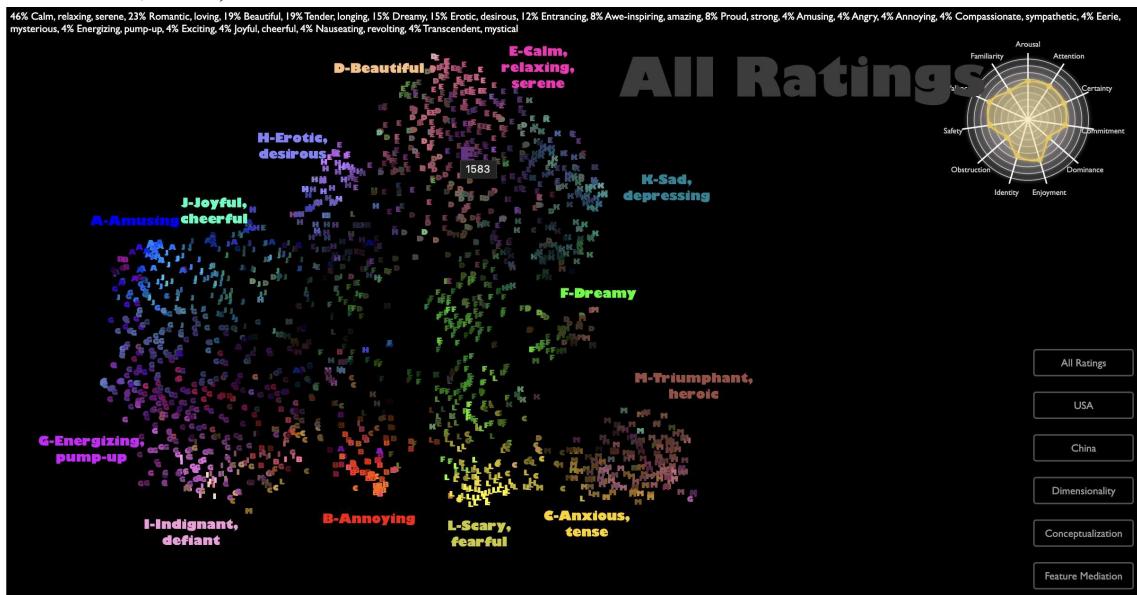
As reações emocionais à música, no entanto, não são universais e podem variar conforme o contexto individual e cultural. Para explicar essas diferenças, estudos sobre emoção musical distinguem entre dois tipos de respostas: emoções percebidas e emoções evocadas (Gabrielsson, 2001; Juslin; Laukka, 2004). Emoções percebidas são aquelas que os ouvintes reconhecem como sendo expressas pela música, ainda que não as sintam diretamente (por exemplo, reconhecer que uma música é triste sem, de fato, sentir tristeza). Já as emoções evocadas são aquelas sentidas genuinamente durante a escuta, influenciando o humor, os estados fisiológicos e a experiência subjetiva como um todo.

Com base nessa distinção, um estudo investigou como pessoas de diferentes culturas respondem emocionalmente à música (Cowen *et al.*, 2020). O estudo, realizado com ouvintes ocidentais e chineses, identificou 13 categorias emocionais (ver Figura 2) comuns evocadas por músicas: “divertido”, “irritante”, “ansioso/tenso”, “belo”, “calmo/relaxante/sereno”, “sonhador”, “energizante”, “erótico/desejável”, “indignado/desafiador”, “alegre/feliz”, “triste/depressivo”, “assustador/amedrontador” e “triunfante/heroico”. Esses achados revelam tanto a diversidade quanto os padrões compartilhados das emoções musicais, indicando que a música pode comunicar emoções amplamente compreensíveis entre diferentes culturas, ao mesmo tempo que suscita respostas individuais.

O poder emocional da música está diretamente relacionado à sua capacidade de influenciar o corpo e o cérebro. Estudos neurocientíficos demonstram que a música ativa

² Os elementos estruturais da música representam formas distintas de organizar os sons em uma composição (Schmidt-Jones, 2012). **Ritmo** é a maneira como os sons são distribuídos no tempo, formando padrões regulares ou irregulares. **Tempo** indica a velocidade da música, que pode ser medida em batidas por minuto (BPM) ou descrita por termos como *lento* ou *rápido*. **Melodia** é a sequência de notas que forma a “linha principal” da música – geralmente a parte que mais se destaca ao ouvirmos. **Harmonia** ocorre quando diferentes notas soam ao mesmo tempo, formando acordes e acompanhamentos. **Dinâmica** se refere às variações de volume ao longo da música, como sons mais suaves ou mais intensos. Já **textura** descreve como os diferentes sons se sobrepõem – pode haver apenas uma linha melódica ou várias camadas tocando juntas.

Figura 2 – Mapa interativo que separa as amostras analisadas em 13 categorias emocionais (Cowen *et al.*, 2020).



Fonte: Cowen *et al.* (2020).

áreas cerebrais associadas às emoções, como a amígdala e o hipotálamo, provocando reações fisiológicas e expressões motoras espontâneas (Koelsch, 2014). Essas reações incluem alterações na frequência cardíaca, na condutância da pele e na expressão facial, bem como comportamentos como sorrir, franzir a testa ou movimentar-se no ritmo da música. Isso confirma que a música não apenas representa emoções, mas também as desencadeia de forma concreta, afetando mecanismos neurais e biológicos subjacentes às respostas emocionais.

Além disso, a música é amplamente utilizada como ferramenta para codificar e transmitir emoções em contextos audiovisuais. Um exemplo clássico é o tema do filme *Tubarão* (1975), que se baseia na simples alternância entre as notas E e F. Como destaca MATESSINO (1999), esse padrão sonoro tornou-se tão marcante que muitos adultos norte-americanos o associam automaticamente à iminência de perigo, mesmo fora do contexto do filme. Esse fenômeno evidencia como a música pode comunicar emoções de forma culturalmente enraizada e amplamente reconhecida.

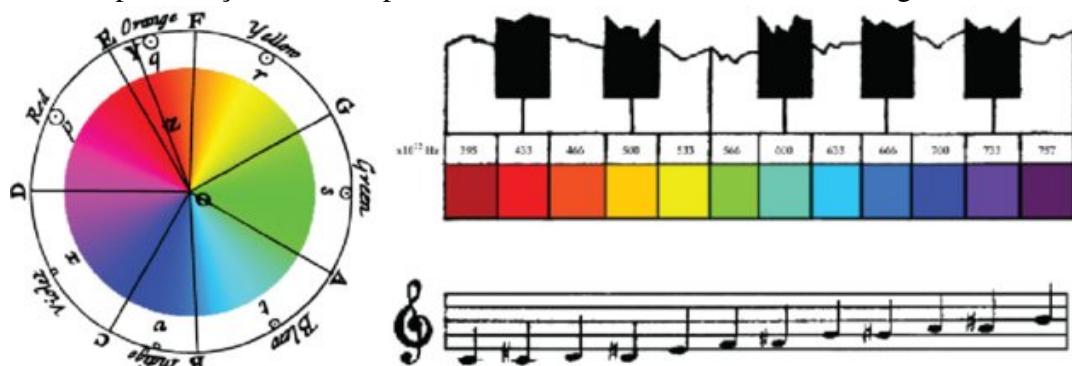
Diante disso, compreender os mecanismos emocionais da música – sejam eles estruturais, cognitivos ou culturais – é fundamental para investigar como a visualidade pode se articular com o som na criação de experiências afetivamente significativas. Por isso, este trabalho parte da premissa de que a música não apenas acompanha visualizações, mas constitui o eixo emocional sobre o qual essas visualizações devem ser construídas, orientando decisões estéticas e expressivas ao longo do processo de design.

2.3 Visualizações Musicais

A visualização musical é uma prática que une arte e tecnologia para transformar sons em representações visuais, criando experiências sensoriais que combinam audição e visão. Seu objetivo central é ampliar a percepção auditiva, oferecendo novas formas de interação com a música³. Essa técnica não apenas enriquece a apreciação estética, mas também tem aplicações importantes na análise musical, na arte digital e na acessibilidade, especialmente para pessoas com deficiência auditiva (Pouris; Fels, 2012; Fourney; Fels, 2009).

Desde os primeiros experimentos no século XVIII, a visualização musical passou por uma notável evolução. Isaac Newton propôs uma correspondência entre cores e notas musicais (ver Figura 3), enquanto Louis-Bertrand Castel desenvolveu o clavicembalo ocular (ver Figura 4), que sincronizava luzes coloridas com sons para criar uma experiência sensorial integrada (Bain, 2008). Ao longo do tempo, esse conceito sinestésico influenciou diversas inovações em ambientes como óperas, balés e, mais recentemente, ambientes computacionais.

Figura 3 – Representação da correspondência entre cores e notas musicais segundo Isaac Newton.



Fonte: (Klemenc *et al.*, 2011)

No campo do audiovisual, um exemplo marcante foi o filme *Fantasia* (ver Figura 5), da Disney, lançado em 1940, que combinava animações cuidadosamente sincronizadas com obras de música clássica, demonstrando como a imagem pode intensificar a narrativa musical e despertar emoções no público (DISNEY, 1940).

Com o avanço das tecnologias digitais, a prática entrou em uma nova fase. Na década de 1970, sistemas como GROOVE e VAMPIRE permitiram a integração entre áudio e vídeo em

³ No contexto das visualizações musicais, há um nível básico de reatividade ou mapeamento entre som e imagem, no qual parâmetros sonoros são traduzidos em parâmetros visuais. Esse mecanismo, comum ao gênero, garante que mudanças na música se refletem dinamicamente na visualização. Em contextos mais interativos – como jogos digitais ou instalações audiovisuais – soma-se um segundo nível, no qual o espectador ou jogador pode interagir diretamente com a experiência. Neste trabalho, o foco recai sobre o primeiro nível.

Figura 4 – Caricatura do clavicembalo ocular de Louis-Bertrand Castel, representando um instrumento que emitiria cores correspondentes a notas musicais.



Fonte: Ilustração de Charles-Germain de Saint-Aubin, século XVIII.

Figura 5 – Mosaico de cenas do filme Fantasia (1940), da Walt Disney.

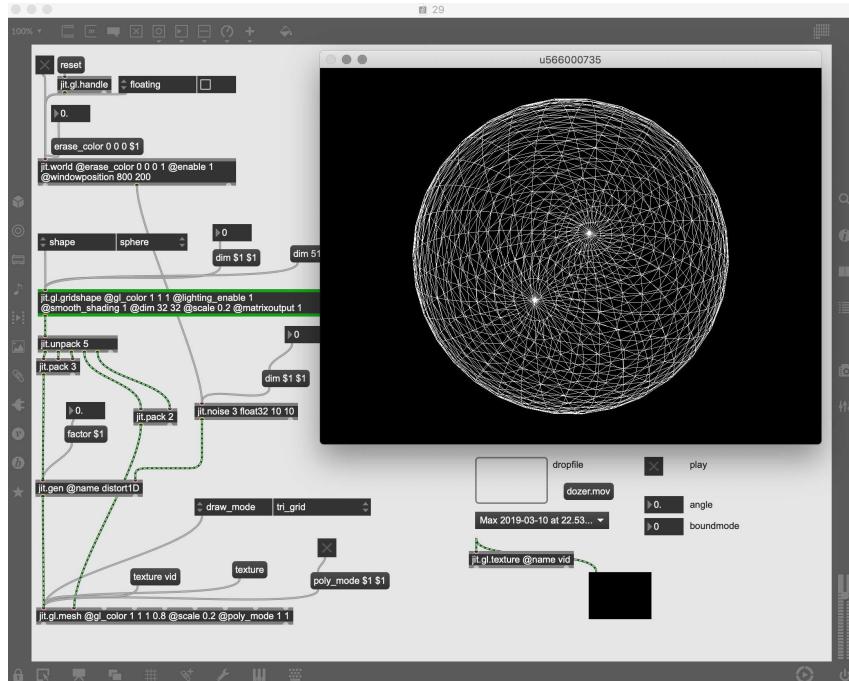


Fonte: Walt Disney Animation Studios, Fantasia (1940).

tempo real (Bain, 2008). Posteriormente, ferramentas como o Max/MSP (ver Figura 6) passaram a possibilitar representações visuais dinâmicas a partir do processamento simultâneo de áudio e vídeo (Li; Li, 2020). Com a popularização da web interativa, bibliotecas como Three.js e APIs como a Web Audio API tornaram ainda mais acessível a criação de visualizações musicais em tempo real, permitindo que dados musicais fossem traduzidos diretamente em formas visuais (Gomes *et al.*, 2020).

Nesse percurso, também se popularizaram dispositivos como os *VU-meters* e os analisadores de espectro sonoro, inicialmente associados a equipamentos de estúdio, mas que logo migraram para produtos de entretenimento, ajudando a consolidar a noção de que a música poderia ser representada visualmente por meio de padrões de intensidade e frequência. Um exemplo desse tipo de dispositivo é o Atari Video Music (ATARI, INC., 1976), um dispositivo

Figura 6 – Patch em Max/MSP demonstrando a geração e distorção de uma esfera 3D em tempo real.



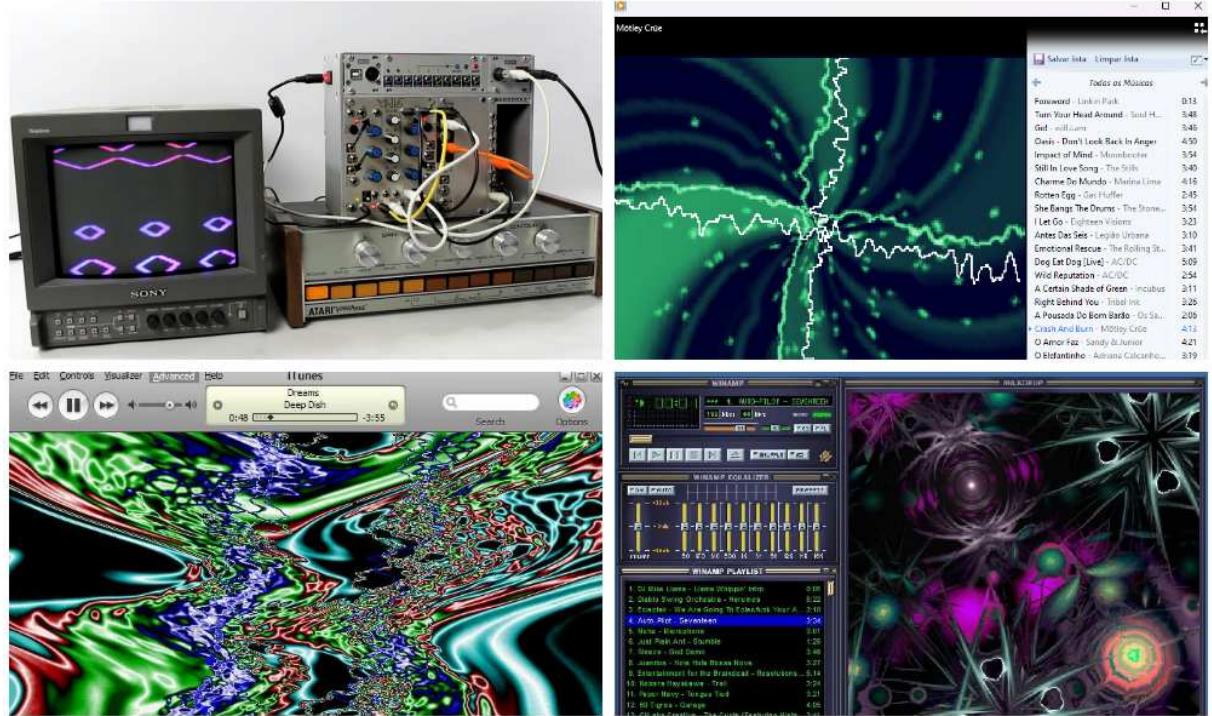
Fonte: Structure-void. *Max 8 - Max/MSP Training*. Disponível em: <https://structure-void.com/training/max-8-max-msp/>. Acesso em: 21 jun. 2025.

doméstico dedicado exclusivamente a gerar padrões visuais a partir do som, antecipando, décadas depois, o funcionamento de visualizadores modernos em players como o Windows Media Player, o iTunes e, especialmente, o Winamp (MICROSOFT CORPORATION, 1991; APPLE INC., 2025; NULLSOFT, 1997). Este último destacou-se pela personalização por meio de plug-ins como o MilkDrop, que influenciaram fortemente a estética da visualização musical dos anos 1990 e 2000 (ver Figura 7).

Além de seu papel no entretenimento, a visualização musical possui grande relevância para a acessibilidade. Para comunidades surdas ou com deficiência auditiva, ela oferece uma via alternativa para experimentar a música. As representações visuais funcionam como pontes sensoriais, facilitando a percepção de aspectos rítmicos, melódicos e estruturais por meio de estímulos visuais (Pouris; Fels, 2012; Journey; Fels, 2009), o que é especialmente relevante quando dispositivos auditivos distorcem a qualidade do som (Chasin, 2003).

Também surgiram ferramentas com foco na educação e na análise musical. A Music Animation Machine, criada por Stephen Malinowski, converte partituras em animações geométricas que se movimentam de acordo com os parâmetros sonoros das notas, facilitando a compreensão estrutural da música mesmo por pessoas sem formação formal (Bain, 2008). O Chrome Music Lab passou a oferecer visualizações interativas com fins didáticos, incluindo

Figura 7 – Evolução das visualizações musicais: da síntese visual analógica à geração de gráficos dinâmicos em ambientes digitais. A imagem mostra no topo: Atari Video Music (à esquerda); Windows Media Player (à direita). Abaixo: iTunes (à esquerda) e Winamp com MilkDrop (à direita).



Fonte: Montagem realizada pelo autor com imagens públicas de divulgação e captura de tela de softwares.

espectrogramas e formas de onda animadas (GOOGLE CREATIVE LAB, 2016).

Do ponto de vista técnico, um marco essencial foi o desenvolvimento da transformada de Fourier no século XIX, que permitiu decompor sinais complexos em suas frequências constituintes. Esse fundamento matemático ainda sustenta muitas das técnicas contemporâneas de análise espectral e visualização musical. Atualmente, algoritmos de aprendizado de máquina e abordagens baseadas em processamento digital do sinal vêm sendo aplicados para gerar visualizações ainda mais sofisticadas e detalhadas (Li; Li, 2020).

2.4 Trabalhos Relacionados

A criação de visualizações musicais é um campo que reúne propostas diversas quanto ao grau de automatização, ao papel dos usuários no processo criativo e aos objetivos pretendidos – desde ferramentas para análise estrutural da música até experiências imersivas com foco na sinestesia e na interação em tempo real (ver Tabela 1). Esta seção discute trabalhos relevantes para a presente pesquisa, destacando suas contribuições, limitações e a forma como cada um

Tabela 1 – Trabalhos relacionados

Trabalho	Tipo de proposta	Foco	Público-alvo	Aspectos emocionais
(Almeida <i>et al.</i> , 2021)	Processo participativo	Prototipagem rápida e animação manual	Designers	Não trabalha emoções diretamente
(Cantareira <i>et al.</i> , 2016)	Framework analítico	Análise técnica de padrões musicais	Usuários técnicos/pesquisadores	Não aborda aspectos emocionais
(Liu <i>et al.</i> , 2023)	Sistema com IA	Geração automática de videoclipes	Usuários criativos e desenvolvedores	Emoções não avaliadas formalmente
(Jin <i>et al.</i> , 2020)	Sistema sinestésico	Transformação estética de retratos musicais	Usuários finais/artistas	Baseado em metáforas sinestésicas, sem validação afetiva
(Reddy; Romapas, 2021)	Sistema interativo em RA	Visualização responsiva com gestos	Usuários finais	Emoções visadas com EEG, sem validação completa
(Huang <i>et al.</i> , 2025)	Pipeline automatizado com IA	Visualização em tempo real baseada em IA	Usuários ouvintes e D/HH	Emoções inferidas, com avaliação parcial
Este trabalho (Thunder)	Processo de design emocional	Comunicação emocional em visualizações musicais	Designers e desenvolvedores	Emoções como foco central, com métodos de avaliação qualitativa

Fonte: elaborado pelo autor.

se relaciona com o desafio de desenvolver representações visuais que comuniquem de forma expressiva as emoções evocadas pela música.

Entre as abordagens manuais e participativas, destaca-se o estudo de Almeida *et al.* (2021), que propõe um processo de design baseado em Design Thinking e prototipagem rápida para a criação de visualizações musicais animadas. Esse trabalho é relevante por estruturar um fluxo de trabalho iterativo com envolvimento de designers. No entanto, sua proposta se concentra na representação visual de eventos musicais específicos, sem incorporar técnicas sistemáticas para lidar com a expressividade emocional da música, o que limita seu alcance em contextos mais afetivos. A presente pesquisa parte justamente dessa lacuna ao investigar como a intencionalidade emocional pode ser incorporada desde as fases iniciais do processo de criação visual.

Por outro lado, Cantareira *et al.* (2016) apresenta o *framework* MoshViz, voltado à análise técnica de padrões melódicos, harmônicos e rítmicos. Embora seu foco seja distinto – a

visualização como ferramenta de estudo estrutural –, ele pode servir como recurso complementar no planejamento de visualizações musicais mais complexas. Sua relação com este trabalho reside no potencial de uso como apoio à identificação de momentos musicais-chave a serem destacados visualmente, ainda que sem considerar diretamente o impacto afetivo dessas escolhas.

Outros estudos propõem abordagens automatizadas com o uso de inteligência artificial. É o caso de Liu *et al.* (2023), que desenvolve o sistema *Generative Disco* para criação de videoclipes musicais com base em prompts e batidas. A proposta busca facilitar a produção por meio de descrições textuais interpretadas por modelos de linguagem e imagem, promovendo maior autonomia do sistema na geração de conteúdo visual. Entretanto, a ausência de estratégias voltadas à comunicação emocional intencional, além da baixa fluidez visual observada em suas animações, limita sua adequação a experiências sensoriais cuidadosamente desenhadas.

De modo similar, Huang *et al.* (2025) propõem um pipeline automatizado que traduz características musicais – como gênero, instrumentos e emoções – em descrições visuais sincronizadas. A proposta se destaca por incluir participantes com deficiência auditiva em sua avaliação, indicando esforços de acessibilidade. Ainda assim, a dependência de traduções textuais intermediárias e a falta de controle expressivo limitam sua capacidade de representar nuances emocionais específicas da música.

Algumas propostas adotam abordagens interativas e artísticas, explorando o vínculo entre música, imagem e sensações. Em Jin *et al.* (2020), é apresentada a experiência sinestésica *Draw Portraits by Music*, que transforma retratos em pinturas animadas influenciadas por ritmo e intensidade sonora. A estética da obra é baseada na ideia de que a música pode alterar visualmente a forma como um rosto é percebido. Apesar de inovador, o sistema depende de manipulações simples e não oferece um processo estruturado para criar novas visualizações nem avalia sistematicamente sua eficácia comunicacional.

Mais recentemente, foi introduzido o sistema *Liquid Hands* (Reddy; Rompas, 2021), que combina realidade aumentada, visualização responsiva e interação gestual em tempo real. A proposta visa gerar experiências imersivas e emocionalmente ressonantes por meio de partículas que reagem à música e aos movimentos do usuário. Embora tenha forte potencial expressivo e artístico, sua aplicabilidade depende de um ecossistema tecnológico específico e carece de validação sobre sua eficácia na comunicação emocional, especialmente fora de contextos performáticos.

De maneira geral, os trabalhos revisados se aproximam do presente estudo por

compartilharem o objetivo de conectar música e visualização. No entanto, evidenciam lacunas importantes: a ausência de processos estruturados com foco específico na expressividade emocional; a predominância de abordagens orientadas por estrutura musical ou automação; e a pouca atenção à acessibilidade de métodos para designers com diferentes níveis de experiência técnica. A presente pesquisa se diferencia justamente ao propor um processo de design centrado na emoção como elemento-chave da experiência musical visualizada. Ao oferecer diretrizes e suporte metodológico, a proposta visa preencher a lacuna entre liberdade criativa e intencionalidade expressiva – ainda pouco sistematizada na literatura.

3 PASSO 1: REVISÃO DA LITERATURA E ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

Este capítulo apresenta o primeiro passo da pesquisa, dedicado à construção da base teórica. Foram investigados o papel do áudio em contextos interativos – incluindo, mas não se limitando ao contexto de jogos – e as visualizações musicais como meio expressivo. Este passo está relacionado ao objetivo específico 1 (OE1), que busca investigar abordagens voltadas à comunicação emocional por meio de visualizações musicais.

O ponto de partida da investigação foi o mapeamento de métodos, instrumentos e desafios envolvidos na avaliação do áudio em estudos sobre jogos. A partir dessa análise, observou-se a escassez de abordagens que integrem som, imagem e emoção de forma intencional no design de aplicações voltadas para o entretenimento. Com isso, o foco foi redirecionado para o estudo de uma forma específica de combinar esses elementos – as visualizações musicais – com ênfase na expressão emocional, agora em um contexto mais amplo. Este capítulo sintetiza ambos os resultados, que foram essenciais para a formulação dos objetivos da pesquisa e para o delineamento do processo Thunder, servindo como base conceitual e prática para as etapas subsequentes.

3.1 Revisão da Literatura - Jogos e Experiência do Jogador (PX)

Esta seção apresenta contribuições já publicadas que correspondem a resultados parciais deste trabalho, referentes à avaliação de áudio na pesquisa sobre jogos e PX (Nunes; Darin, 2024b). Com o objetivo de investigar o estado atual dessa avaliação, a revisão de literatura foi conduzida com base na metodologia proposta por Creswell (Creswell; Creswell, 2017). Essa abordagem oferece uma estrutura rigorosa e coerente com os objetivos deste estudo, permitindo a aplicação de um processo sistemático de busca, seleção e análise crítica de trabalhos relevantes em bases de dados científicas. Entre os principais benefícios dessa escolha metodológica estão a abrangência da estratégia de busca, o alinhamento com práticas reconhecidas na área e a capacidade de síntese crítica dos resultados. Embora essa metodologia apresente limitações e potenciais vieses, sua adoção mostrou-se apropriada ao permitir a identificação de lacunas, desafios recorrentes e tendências emergentes, contribuindo para a formulação de implicações práticas e diretrizes que fundamentaram o desenvolvimento do processo Thunder.

A abordagem de Creswell é composta por seis etapas. Inicialmente, são identificadas palavras-chave associadas ao tema de pesquisa, as quais podem emergir na fase de delimitação

do tópico ou a partir de leituras preliminares. Em seguida, realiza-se a busca em bases de dados online para recuperar trabalhos relacionados aos termos identificados, com o intuito de reunir um conjunto variado de materiais. A partir desse levantamento, são selecionados cerca de 50 documentos relevantes, entre artigos e livros. Posteriormente, realiza-se uma triagem desses materiais, retendo aqueles mais centrais ao tema investigado. Na sequência, elabora-se um mapa conceitual da literatura, com o propósito de representar visualmente como o estudo proposto contribui para o campo existente e se posiciona frente ao corpo teórico consolidado. Simultaneamente, redigem-se resumos dos artigos mais pertinentes. Por fim, organiza-se a revisão de literatura com base em temas ou conceitos centrais.

As subseções a seguir detalham como cada etapa foi conduzida neste estudo para responder a três perguntas de pesquisa (PP): Quais abordagens, instrumentos e metodologias têm sido utilizados para avaliar o impacto do áudio na experiência do jogador? (**PP1**); Quais construtos de PX têm sido avaliados em estudos que envolvem áudio? (**PP2**); e Quais desafios são enfrentados por pesquisadores ao avaliar áudio em estudos de PX? (**PP3**).

3.1.1 Estratégia de Busca

A estratégia de busca foi iniciada com a identificação de palavras-chave no Google Scholar, resultando nos termos apresentados na Tabela 2. A *string* final utilizada foi: *(music* OR sound* OR audi*) AND (evaluation OR assessment) AND (game OR videogame) AND ((player OR user OR gaming OR gameplay) AND experience)*.

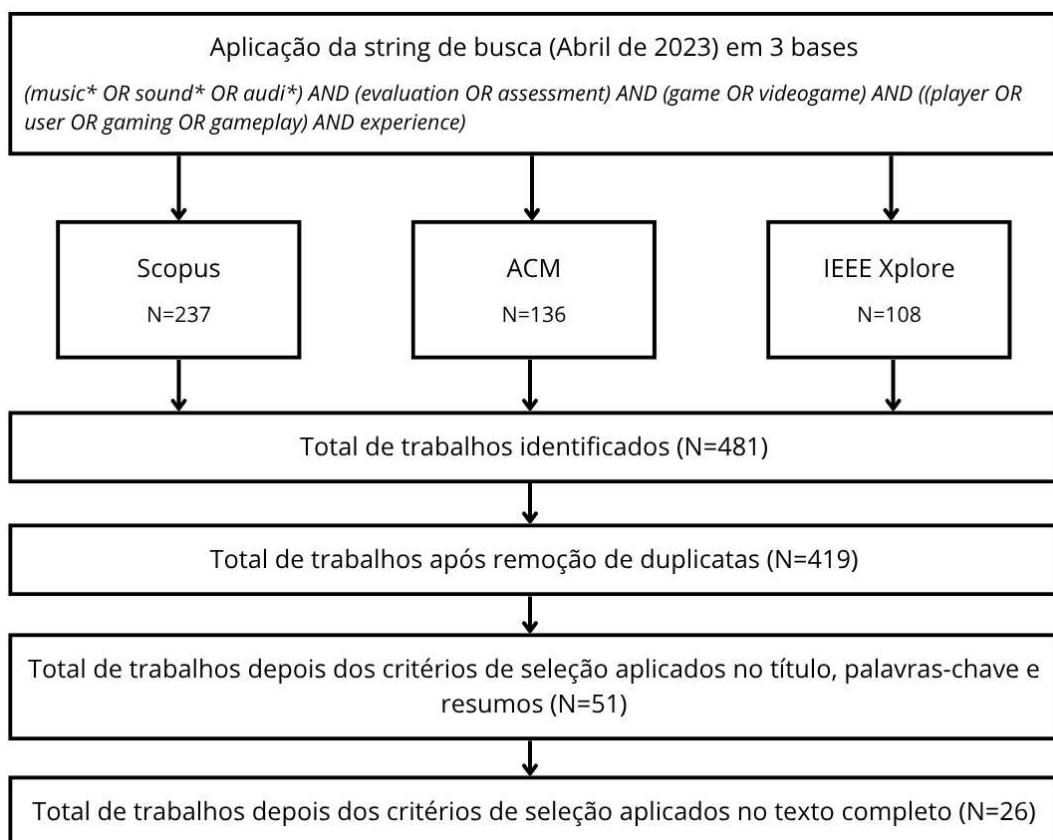
Tabela 2 – Lista de termos separados por delimitador relacionados ao tema de pesquisa

Delimitador	Termos
Música	Music, Sound, Audio, Auditory
Avaliação	Evaluation, Assessment
Jogos Digitais	Game, Videogame
Experiência do Jogador	Player Experience, User Experience, Game Experience, Gaming Experience, Gameplay Experience

Fonte: elaborado pelo autor.

A busca foi realizada nas bases Scopus, ACM e IEEE. Após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão (ver Tabela 3) e remoção de duplicatas, 26 estudos foram selecionados para análise. O processo é ilustrado na Figura 8.

Figura 8 – Processo de revisão de literatura.



Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 3 – Critérios de inclusão e exclusão para seleção de estudos

Critérios de Inclusão	Critérios de Exclusão
O artigo relata uma avaliação de PX envolvendo áudio como um dos elementos avaliados.	O artigo não considera o áudio como parte da avaliação de PX ou não apresenta diretrizes relacionadas à avaliação de áudio.
O artigo propõe diretrizes para avaliação de áudio em PX.	
O artigo está redigido em português, inglês ou francês.	O artigo está redigido em outro idioma.
O artigo trata-se de um estudo primário.	O artigo é uma revisão, editorial ou estudo secundário.
O artigo foi revisado por pares.	O artigo não foi revisado por pares.
O artigo possui mais de quatro páginas.	O artigo possui quatro páginas ou menos.
O texto está disponível para leitura integral.	O texto completo do artigo não está disponível.

Fonte: elaborado pelo autor.

3.1.2 Resultados da Revisão da Literatura

Os artigos foram publicados em 22 veículos diferentes, sendo a maioria em anais de conferências (16 – 72,8%) (ver Apêndice A). A Tabela 21 apresenta as características dos jogos avaliados nesses estudos. Os trabalhos concentraram-se em três temas principais: (i) design e avaliação de jogos baseados em áudio, (ii) avaliação do áudio como recurso de retorno não visual (*feedback*), e (iii) investigação do impacto do áudio na PX em gêneros específicos, com destaque para jogos First-Person Shooter (FPS), de terror e exergames.

Com relação a **PP1**, a maioria dos estudos (17 artigos – 65,38%) adotou métodos mistos, combinando técnicas quantitativas e qualitativas (Robb *et al.*, 2017; Schuurink *et al.*, 2008; Garner; Grimshaw, 2013; Oren *et al.*, 2008; Smets; Spek, 2021; Grimshaw *et al.*, 2008; Rector *et al.*, 2017; Ribeiro *et al.*, 2020; Prechtl *et al.*, 2014; Wedoff *et al.*, 2019; Carnovalini *et al.*, 2019; Tokuhisa *et al.*, 2006; Schmidt *et al.*, 2021; Nacke *et al.*, 2010; Andersen *et al.*, 2021; Conway; Paterson, 2010; Rogers *et al.*, 2018). Os demais se dividiram entre métodos quantitativos (7 artigos – 26,92%) (Charbonneau *et al.*, 2010; Berge *et al.*, 2020; Yin *et al.*, 2021; Ip; Sweetser, 2021; Salah *et al.*, 2018; Wongutai *et al.*, 2021; Cano *et al.*, 2020) e qualitativos (2 artigos – 7,69%) (Ragone *et al.*, 2020; Daengsi *et al.*, 2020).

Questionários foram os instrumentos mais frequentes, aparecendo em 23 estudos (88,4%). Entre os mais utilizados estão o Self-Assessment Manikin (SAM) (6 estudos – 26%), o Game Experience Questionnaire (GEQ) (4 – 17,3%), e o Positive and Negative Affect Schedule (PANAS), Player Experience of Needs Satisfaction (PENS) e Intrinsic Motivation Inventory (IMI), cada um presente em 3 estudos (12%). Esses instrumentos mediram aspectos como emoção, engajamento e motivação. Medidas psicofisiológicas também foram comuns, presentes em 8 estudos (30,7%), sendo os métodos mais utilizados a eletromiografia facial (EMG) (6 estudos – 24%), condutância da pele (3 – 12%) e resposta eletrodérmica (EDA) (2 – 8%). Entrevistas destacaram-se entre os métodos qualitativos, utilizadas em 4 estudos (15,3%), por permitirem compreender mais profundamente as percepções dos participantes. Observação direta (1 estudo – 3,84%) e gravação em vídeo (2 – 7,69%) foram menos frequentes.

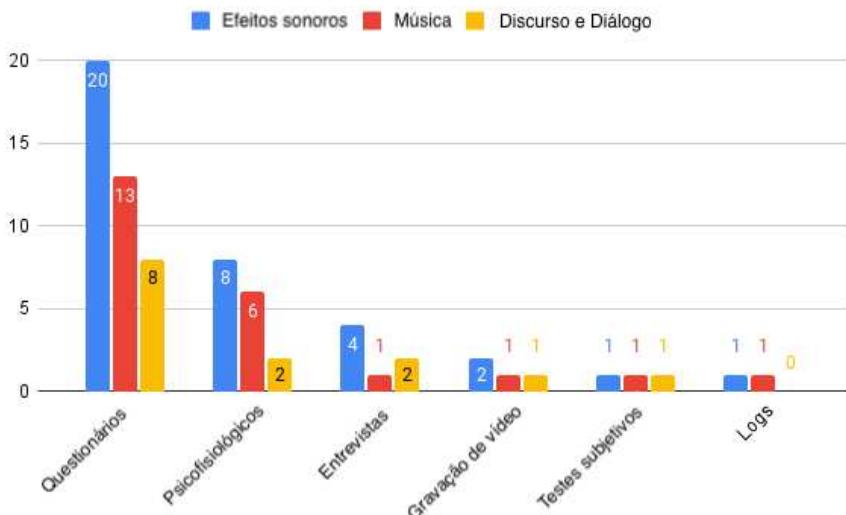


Figura 9 – Métodos utilizados nos estudos selecionados por tipo de áudio

Quanto à associação entre tipo de áudio e métodos utilizados (ver Figura 9), os questionários foram empregados em 90,9% dos estudos com efeitos sonoros, 92,8% com música e 88,8% com discurso ou diálogos. Medidas fisiológicas vieram em seguida, com 36% dos estudos para efeitos sonoros, 42% para música e 22% para fala. Testes subjetivos e logs apareceram apenas em um estudo para cada tipo.

Já com relação a **PP2**, foram identificados 54 construtos distintos avaliados nos 26 estudos, muitos derivados da estrutura fatorial dos questionários utilizados.

O mais frequente foi a imersão, presente em 11 estudos (42,3%), o que reforça sua centralidade nas pesquisas sobre áudio em jogos. Excitação (arousal) e afeto também foram recorrentes, avaliados em sete estudos (26,9%), geralmente por meio de medidas psicofisiológicas, como EDA e EMG. Outros construtos menos frequentes – citados em, no máximo, um estudo – incluíram: experiência auditiva, emoções positivas e negativas, envolvimento emocional, progresso no jogo, identificação, satisfação, influência comportamental, estética, conformidade de estilo, transmissão narrativa, esforço percebido, dissociação, ansiedade, adoção, utilidade, progresso de *feedback*, comprehensibilidade, adequação temática, atmosfera, influência na compra, qualidade percebida, frustração, imersão sonora, usabilidade, fidelidade sensorial e adaptação.

Observou-se também um padrão por tipo de áudio avaliado (ver Figura 10). Nos estudos com efeitos sonoros, os construtos mais abordados foram imersão (11 estudos – 50%), afeto (7 – 31%), desafio, competência e autonomia (6 – 27,2% cada). Para música, os destaques foram imersão (7 – 50%), afeto e desafio (6 – 42,8% cada). Já no caso de discurso e diálogo, a imersão apareceu em 8 estudos (88%), seguida por desafio e autonomia (4 – 44% cada).

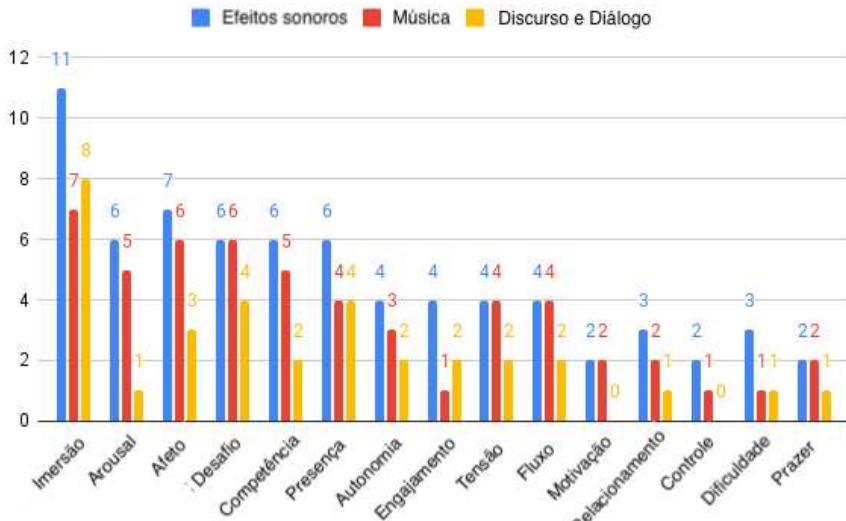


Figura 10 – Construtos mais avaliados por tipo de áudio

No que se refere à **QP3**, foram identificadas três grandes categorias de desafios enfrentados pelos pesquisadores na avaliação do áudio na PX. A primeira diz respeito à dificuldade de correlação entre dados subjetivos e objetivos. Diversos estudos relataram inconsistências entre os relatos dos jogadores e os dados fisiológicos ou de desempenho coletados. Por exemplo, Grimshaw *et al.* (2008) observaram que os resultados obtidos por meio de questionários e de eletromiografia facial (EMG) apontavam para interpretações divergentes da experiência, revelando baixa convergência entre os métodos aplicados. Esse desalinhamento metodológico compromete a confiabilidade das conclusões e evidencia a complexidade de avaliar emoções e estados internos em jogos.

O segundo grupo de desafios está relacionado à variação e personalização sonora. Estudos como o de Robb *et al.* (2017) demonstraram que alterações sutis no áudio nem sempre resultam em mudanças perceptíveis ou mensuráveis na experiência do jogador, o que dificulta a validação do impacto dessas variações. Em contextos terapêuticos, como no estudo de Carnovalini *et al.* (2019), a personalização dos sons se mostrou necessária para atender a diferentes perfis de usuários, mas também exigiu abordagens expressivas e sensíveis ao contexto, cuja implementação e avaliação se revelam complexas.

Por fim, destacam-se os desafios associados à acessibilidade, especialmente em jogos baseados exclusivamente em som, como os *audio games*. Avaliar esse tipo de experiência requer atenção a questões específicas de espacialização sonora, clareza de instruções e adaptação a diferentes capacidades sensoriais. No caso do jogo Pingball, Berge *et al.* (2020) relataram que os jogadores apresentaram dificuldades para interpretar o espaço do jogo apenas por meio de áudio.

Já Rector *et al.* (2017) mostraram que instruções auditivas metafóricas foram mais eficazes do que comandos diretos no contexto de um exergame, ressaltando a importância da experimentação contínua no design de soluções sonoras acessíveis.

3.1.3 *Direcionamento da proposta da pesquisa*

Embora inicialmente focada em jogos, a revisão da literatura ofereceu fundamentos para a delimitação do escopo desta pesquisa. Os desafios mapeados não apenas evidenciam lacunas na avaliação do áudio em jogos, como também sugerem a importância de abordagens que integrem som, imagem e narrativa de forma mais coesa e expressiva. Observou-se, por exemplo, que a música costuma ser estudada de maneira isolada, sem articulação clara com outros elementos da experiência interativa, como visualidade e enredo (Collins, 2008; Robb *et al.*, 2017; Medina-Gray, 2021). Essa abordagem fragmentada limita a compreensão do papel expressivo da música em experiências mais complexas. Como apontado por Siu *et al.* (2022), traduzir a música visualmente para reforçar emoções em narrativas digitais ainda é um desafio. Visualizações musicais podem atuar como ponte entre música e narrativa interativa, mas ainda carecem de diretrizes sistemáticas que orientem sua aplicação com intencionalidade emocional.

Dentre as diversas lacunas identificadas na revisão, este trabalho concentra-se na investigação de estratégias para a criação de visualizações musicais com ênfase na comunicação emocional. Optou-se por esse foco porque as visualizações musicais apresentam um potencial singular de atuar como elo expressivo entre som e imagem, promovendo uma integração sensível capaz de reforçar a carga afetiva da música em experiências interativas. Em vez de tratar som e visualidade como camadas independentes, essas visualizações permitem explorar correspondências perceptivas que favorecem a imersão e a construção de sentido. Inicialmente, considerou-se a aplicação desse recurso no contexto de jogos digitais, dado seu caráter interativo e multimodal. No entanto, investigar simultaneamente os efeitos da música visualizada e das ações do jogador implicaria desafios técnicos e metodológicos – como o controle de múltiplas variáveis dinâmicas, o desenvolvimento de protótipos funcionais e a definição de métricas compostas de avaliação – que extrapolariam o escopo desta pesquisa. Por esse motivo, adotou-se um recorte mais controlado, centrado na análise do impacto emocional das visualizações musicais de forma isolada, a fim de construir uma base sólida para investigações futuras que envolvam contextos interativos mais complexos.

Para embasar essa nova direção, decidiu-se realizar um estudo bibliográfico comple-

mentar voltado à identificação de estratégias, abordagens e princípios utilizados na criação de visualizações musicais, com foco na expressão de emoções.

3.2 Estudo Bibliográfico – Artefatos de Suporte à Criação de Visualizações Musicais

Esse estudo teve como objetivo fornecer fundamentos conceituais e práticos para o desenvolvimento do Thunder, com foco em como visualizações podem reforçar aspectos emocionais da música em experiências interativas. Diferentemente da revisão realizada anteriormente, esta etapa seguiu uma abordagem mais exploratória, com o intuito de reunir rapidamente referências úteis e alinhadas aos objetivos do projeto. A escolha por não seguir um protocolo rígido se justifica pelo foco prático e iterativo desta fase, em que a agilidade e a relevância das fontes foram priorizadas em vez da exaustividade. Esse tipo de busca é comum em pesquisas aplicadas em design, especialmente quando se busca embasamento conceitual para orientar decisões em contextos dinâmicos.

3.2.1 Estratégia de Busca

A busca foi realizada nas bases Google Scholar e Scopus, selecionadas por sua ampla cobertura nas áreas de Computação, Design, Música e UX. A estratégia consistiu em explorar livremente estudos relacionados à visualização musical, priorizando trabalhos que apresentassem propostas metodológicas, ferramentas de apoio ou abordagens visuais voltadas à expressão emocional da música. A expressão de busca utilizada foi: (*"music visualization"*) AND (*process** OR *methodolog** OR *tool** OR *development*) AND (*emotion** OR *"user experience"*).

Não foram aplicados filtros por data, tipo de publicação ou indexação. A seleção dos trabalhos foi feita com base na leitura de títulos, resumos e, em alguns casos, do texto completo. Foram considerados relevantes os estudos que apresentavam afinidade temática com os objetivos da pesquisa, mesmo que utilizassem abordagens técnicas distintas ou estivessem situados em contextos diversos.

3.2.2 Resultados da Busca

A busca resultou na identificação de sete estudos que se destacam por explorar diferentes caminhos para a criação de visualizações musicais, com propostas que variam entre sistemas participativos, frameworks analíticos, aplicações de inteligência artificial e experiências

interativas sensoriais. Esses trabalhos foram utilizados para a composição dos trabalhos relacionados desta pesquisa (ver Tabela 1) e foram classificados com base em três dimensões: o tipo de proposta (processo, sistema, framework), o contexto de aplicação e a contribuição principal da pesquisa.

A análise dos trabalhos permitiu identificar contribuições conceituais e operacionais para a construção do processo Thunder. A proposta de Almeida *et al.* (2021), por exemplo, forneceu base para a estruturação de ciclos iterativos de criação e validação, incorporando práticas participativas e uso de esboços. O uso de IA para geração automática de visuais, como nos sistemas de Liu *et al.* (2023) e Huang *et al.* (2025), evidenciou limitações em termos de controle expressivo e clareza emocional, o que reforçou a decisão metodológica de manter a autoria visual sob responsabilidade humana, mediada por mapeamentos afetivos intencionais.

Estudos como o de Cantareira *et al.* (2016) apontaram a importância da análise técnica da estrutura musical — ritmo, repetição, harmonia — como base para decisões visuais mais embasadas. Essa perspectiva motivou a inclusão de estratégias de segmentação musical no Thunder, de forma a identificar momentos-chave para exploração visual mais intensa. Por outro lado, abordagens sinestésicas como a de Jin *et al.* (2020) destacaram o potencial expressivo de metáforas visuais, como pineladas, partículas e distorções, influenciando diretamente as diretrizes de prototipação visual do processo.

Também foram considerados os limites de clareza perceptiva nos resultados visuais. No sistema *Liquid Hands* (Reddy; Rompapas, 2021), por exemplo, os autores relatam dificuldades de interpretação por parte dos usuários, sobretudo em experiências imersivas com pouca estrutura narrativa. Isso evidenciou a necessidade de incluir checkpoints formativos para avaliação da recepção emocional, etapa incorporada ao Thunder como forma de mitigar ruídos interpretativos durante a criação.

De forma geral, ainda que exploratória, essa busca permitiu reunir referências complementares à revisão sistemática anterior, oferecendo um repertório visual, técnico e metodológico que apoiou a definição do processo Thunder. Os trabalhos analisados forneceram tanto inspirações para soluções visuais quanto alertas sobre limitações técnicas e comunicacionais, contribuindo diretamente para a construção de uma proposta mais sensível à expressão emocional por meio de visualizações musicais.

3.3 Conclusão

Os achados deste primeiro passo foram fundamentais para a formulação do processo Thunder, ao oferecer uma base conceitual sólida e identificar direções práticas para sua estruturação. A revisão sistemática evidenciou lacunas na forma como o áudio tem sido avaliado em jogos, especialmente no que diz respeito à integração entre som, imagem e emoção de forma intencional. Já o estudo bibliográfico complementou esse panorama ao mapear propostas metodológicas e estratégias visuais voltadas à criação de visualizações musicais com foco na expressão emocional. Essas duas frentes de investigação foram desenvolvidas em paralelo ao próximo capítulo, que se dedica à análise de visualizações existentes. Em conjunto, os dois passos forneceram insumos decisivos para a definição das etapas do Thunder, desde a conceitualização das emoções até a avaliação da recepção afetiva da visualização, conectando teoria, prática e experimentação de forma integrada.

4 PASSO 2: ANÁLISE DE VISUALIZAÇÕES MUSICAIS

Este passo alinha-se ao objetivo específico 2 (OE2) desta pesquisa, voltado à identificação de práticas e limitações na expressão de emoções por meio de recursos visuais e sonoros. O foco foi avaliar a eficácia comunicacional dessas visualizações em relação ao conteúdo emocional da música, ou seja, investigar até que ponto as emoções evocadas pelas músicas eram compreendidas, percebidas e refletidas pelas imagens apresentadas. Esse tipo de análise é fundamental para compreender os desafios na tradução da expressividade musical para o domínio visual, oferecendo subsídios para o refinamento de estratégias de design emocional.

Foram analisadas cinco visualizações¹ exibidas em um concerto temático dedicado ao Studio Ghibli, promovido pela Camerata de Cordas da Universidade Federal do Ceará (UFC) e realizado no Museu da Imagem e do Som do Ceará (MIS), em Fortaleza, em novembro de 2023. O concerto, concebido como tributo às trilhas sonoras do estúdio, reuniu um público diversificado que potencialmente já conhecia as obras originais e poderia estabelecer alguma relação afetiva ou nostálgica com elas. As obras analisadas nesta etapa foram desenvolvidas fora do escopo direto deste trabalho, no contexto de um projeto de design multimídia coordenado pelo Prof. Roberto Vieira, em parceria com o Grupo de Design Computacional do Laboratório de Experiência Digital (LED)². Embora sincronizadas com parâmetros musicais como volume e ritmo, essas visualizações não foram concebidas com foco explícito na comunicação emocional, o que as tornava apropriadas para análise crítica sob esse aspecto.

As músicas apresentadas foram: *Itsumo Nando Demo* (A Viagem de Chihiro) (KIMURA, 2001) e *Sanpo* (Meu Amigo Totoro) (INOUE, 1988)³; *Country Road* (Sussurros do Coração) (HONNA, 1995)⁴; e *Mononoke Hime* (Princesa Mononoke) (HISAISHI, 1997) e *The Sixth Station* (A Viagem de Chihiro) (HISAISHI, 2001)⁵. Dentre elas, a visualização de *The*

¹ A seleção das cinco visualizações considerou tanto a disponibilidade para análise quanto sua representatividade dentro do concerto. Elas apresentavam variações nos estilos visuais e nas trilhas, oferecendo um panorama geral das obras exibidas. Além disso, compartilhavam características estéticas e estruturais que já geravam, no grupo de design, interesse em entender como o público percebia suas dimensões emocionais.

² Essa parceria com a Camerata e o Grupo de Design Computacional foi viabilizada por meio de um projeto de Iniciação Científica (PIBITI), cujo objetivo era investigar formas de explorar aspectos emocionais na visualização musical. No âmbito desse projeto, duas alunas do curso de Sistemas e Mídias Digitais atuaram como bolsistas e foram responsáveis, em etapas posteriores desta pesquisa, pelo desenvolvimento de visualizações alternativas. O autor deste trabalho atuou como coordenador das atividades do projeto, organizando as etapas de produção e conduzindo a pesquisa principal, enquanto a orientadora deste trabalho assumiu o papel de supervisora acadêmica, acompanhando o andamento do projeto e oferecendo suporte metodológico e científico.

³ Ilustrações criadas por @robot_b0y: https://www.instagram.com/robot_b0y/

⁴ Ilustração criada por @elita_maria: https://www.instagram.com/elita_maria/

⁵ Ilustrações criadas por @lyacalvet: <https://www.instagram.com/lyacalvet/>

Sixth Station foi selecionada para reelaboração por apresentar uma discrepância entre a emoção evocada pela música e a percepção do público. A justificativa dessa escolha será aprofundada na Seção 4.5.

4.1 Participantes

Inicialmente, foram convidadas duas pesquisadoras independentes para realizar uma associação livre de palavras com o objetivo de compreender a comunicação emocional das músicas representadas nas visualizações. A Tabela 4 apresenta o perfil das pesquisadoras.

Tabela 4 – Perfil das pesquisadoras responsáveis pela análise de visualizações musicais.

Pesquisadora	Idade	Formação	Experiência
Pesquisadora A	22 anos	Graduanda em Sistemas e Mídias Digitais (UFC)	3 anos de experiência em Design Gráfico e IHC. Atua em projetos de design de UX, visualização de dados e animações.
Pesquisadora B	21 anos	Graduanda em Sistemas e Mídias Digitais (UFC)	3 anos de experiência em Design Gráfico e IHC. Atua em projetos de design de UX e animações.

Fonte: elaborado pelo autor.

Para a avaliação com os espectadores da Camerata, foram utilizados os critérios de seleção da Tabela 5.

Tabela 5 – Critérios de inclusão e exclusão dos participantes da análise de visualizações musicais.

Critérios de Inclusão	Critérios de Exclusão
Ter entre 18 e 59 anos de idade	Ter menos de 18 anos ou mais de 59 anos de idade
Ser alfabetizado	Não ser alfabetizado
Ter assistido à apresentação da Camerata de Cordas com visualizações musicais	Não ter assistido à apresentação

Fonte: elaborado pelo autor.

A faixa etária determinada foi adotada por corresponder a um público adulto funcional, evitando potenciais implicações éticas mais sensíveis relacionadas a públicos legalmente vulneráveis, como menores de idade e idosos. Além disso, a exigência de alfabetização se justifica pela necessidade de compreensão e preenchimento autônomo dos instrumentos aplicados na pesquisa, como os questionários de avaliação, garantindo a confiabilidade das respostas sem a necessidade de mediação externa.

4.2 Métodos e Instrumentos

A avaliação das visualizações musicais foi composta por três etapas. Antes do concerto, aplicou-se uma técnica de associação livre de palavras com duas pesquisadoras, que escutaram individualmente as trilhas e registraram termos que emergiam espontaneamente a partir da escuta. Durante o concerto, utilizou-se a escala não verbal PrEmo (Desmet, 2018), composta por 14 ilustrações de emoções (sete positivas e sete negativas), aplicada ao público nos intervalos entre as visualizações, com tempo médio de um minuto e meio. Ao final da apresentação, os participantes responderam aos questionários Interest/Enjoyment do IMI-TEQ-Br (Nunes; Darin, 2023) e à versão reduzida do UES-Br (Miranda *et al.*, 2021), ambos aplicados via Google Forms. Os resultados são apresentados na Seção 4.5.

4.3 Procedimento

O procedimento iniciou-se com sessões auditivas independentes, realizadas pelas pesquisadoras, sem exposição a estímulos visuais, com o objetivo de gerar repertórios emocionais iniciais a partir da escuta das músicas.

Em seguida, foi realizada a avaliação com os espectadores da Camerata de Cordas. Durante a apresentação, o público respondeu à escala PrEmo nos intervalos entre as peças. Ao final, preencheram os questionários IMI-TEQ-Br e UES-Br, possibilitando a análise de aspectos motivacionais e de engajamento associados às visualizações. Esses dados forneceram a base para investigar o alinhamento entre a intenção emocional expressa pelas trilhas sonoras e a percepção mediada pelas imagens.

4.4 Análise de Dados

As análises acompanharam as três etapas descritas no procedimento. Primeiramente, os registros da associação livre de palavras foram reunidos pelo autor desta pesquisa. Em seguida, foi feita uma análise comparativa dos conjuntos de palavras produzidos, com o objetivo de verificar a presença de termos recorrentes e possíveis divergências significativas entre as percepções das pesquisadoras. Essa comparação permitiu consolidar um conjunto de referências emocionais associadas a cada música, que serviu de base para interpretar os dados obtidos junto ao público durante a avaliação.

Na segunda etapa, as respostas do público à escala PrEmo foram analisadas quantita-

tivamente. Cada uma das 14 emoções foi contabilizada por peça, permitindo observar tendências emocionais evocadas pelas visualizações. Por fim, as respostas aos questionários IMI-TEQ-Br e UES-Br também foram tratadas quantitativamente, com cálculo de média, desvio padrão, valores mínimo e máximo para cada item e para os escores totais. Esses resultados contribuíram para avaliar o nível de interesse, motivação e engajamento do público com as visualizações apresentadas. As análises são detalhadas na Seção 4.5.

4.5 Resultados da Análise de Visualizações Musicais

Entre as cinco músicas analisadas, três evocaram predominantemente emoções positivas: paz e tranquilidade para "*Itsumo Nando Demo*", felicidade para "*Country Road*" e motivação para "*Sanpo*". A música "*The Sixth Station*" evocou principalmente emoções negativas, como solidão e medo, enquanto "*Mononoke Hime*" apresentou uma combinação de emoções negativas e positivas, incluindo melancolia, tristeza e confiança (ver Tabela 6).

Tabela 6 – Associação de palavras para cada peça musical

Música	Palavras (Pesquisadora 1)	Palavras (Pesquisadora 2)
<i>Itsumo Nando Demo</i>	Tranquilidade, esperança, serenidade, paz, amizade	Paz, tranquilidade, alegria, calma
<i>Country Road</i>	Animação, felicidade, diversão, otimismo	Tranquilidade, aventura, felicidade, jornada
<i>Sanpo</i>	Confiança, motivação, triunfo, coragem, orgulho	Jornada, heroísmo, confiança, felicidade, motivação
<i>Mononoke Hime</i>	Tristeza, sofrimento, melancolia, aceitação, coragem	Calma, melancolia, medo, inse- gurança, paz interior, confiança, aventura
<i>The Sixth Station</i>	Insegurança, solidão, confusão, destruição	Medo, solidão, tristeza, incerteza

As palavras mais recorrentes e emocionalmente relevantes foram utilizadas como referência para orientar as decisões de design nas visualizações musicais subsequentes, garantindo alinhamento entre a percepção emocional da música e sua representação visual.

4.5.1 Avaliação com espectadores

Durante a apresentação, foi possível coletar respostas de 57 participantes, dividido entre as músicas (*Itsumo Nando Demo*, N=12; *Country Road*, N=9; *Sanpo*, N=10; *Mononoke Hime*, N=14; e *The Sixth Station*, N=12). Não foi possível traçar um perfil dos espectadores

devido a natureza do contexto de avaliação, que ocorreu durante a apresentação da Camerata de Cordas, onde cada coleta foi realizada no intervalo de cada apresentação. Após a apresentação, foram aplicados os questionários IMI-TEQ-Br, para medir a motivação e interesse da audiência com as visualizações e UES-Br para medir o engajamento dos participantes, onde obteve-se respostas de 39 participantes.

A análise dos resultados do PrEmo (ver Figura 11) revelou predominantemente emoções positivas, com apenas 11,1% (N=6) de respostas negativas. Essa predominância sugere uma lacuna na expressividade emocional das visualizações musicais, possivelmente devido à ausência de elementos que capturem e transmitam de forma eficaz as emoções evocadas pela música. Mesmo em composições mais melancólicas e emotivas, observou-se uma menor correspondência entre as emoções transmitidas pela música e aquelas despertadas pelas visualizações.

Figura 11 – Resultados do PrEmo na Avaliação Inicial.



Fonte: elaborado pelo autor.

Por exemplo, a música "*The Sixth Station*" apresentou associações com emoções negativas na tarefa de associação livre de palavras, mas seus resultados no PrEmo foram predominantemente positivos. Da mesma forma, "*Mononoke Hime*" apresentou um equilíbrio entre emoções positivas e negativas na associação de palavras, mas no PrEmo predominavam emoções positivas. Esses achados indicam que as visualizações não possuíam elementos suficientes para representar emoções negativas de maneira eficaz, mesmo quando a música tenha um tom mais negativo. As músicas "*Itsumo Nando Demo*", "*Country Road*" e "*Sanpo*", por outro lado, foram associadas a emoções positivas, resultado que foi refletido nos PrEmo, sugerindo que as

visualizações conseguiram transmitir emoções positivas com maior facilidade.

Em relação à experiência geral, a escala Interesse/Prazer (IE) do IMI-TEQ-Br apresentou uma média de 6,32, próxima do valor máximo de 7, indicando uma recepção positiva das visualizações musicais pelo público-alvo (ver Tabela 7). No entanto, ressalta-se que, devido ao ambiente da apresentação, não é possível afirmar que esse interesse e engajamento estejam exclusivamente relacionados às visualizações.

Tabela 7 – Resultados da escala IE do IMI-TEQ Br.

IMI-TEQ Br	Média	Desv. Padrão	Mín.	Máx.	Moda
IE1	6	1,317	2	7	7
IE5	6,46	1,022	2	7	7
IE8	6,38	1,016	3	7	7
IE10	6,35	1,087	3	7	7
IE14	1,67	1,578	1	7	1
IE19	6,41	1,117	3	7	7
Pontuação (IE)	6,32	0,927	2,67	7	7

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 8 – Resultados da escala UES Br SF.

UES Br SF	Média	DP	Mín.	Máx.	Moda
FA	3.99	0.93	1.67	5	4.67
PU	4.41	0.99	1	5	5
AE	4.55	0.54	2	5	5
RW	4.61	0.71	2	5	5
UES	4.39	0.72	2	5	4.92

Fonte: elaborado pelo autor.

Similar ao IMI-TEQ-Br, a análise estatística do UES-Br (ver Tabela 8) demonstrou padrões consistentes nos resultados. A média geral das escalas foi de 4,39, próxima do valor máximo de 5. No entanto, a escala Atenção Focalizada (FA) apresentou a menor média, sugerindo que alguns participantes podem não ter se sentido completamente imersos durante a apresentação. Isso pode ser um indício de uma possível redução do engajamento ao longo do tempo.

A comparação entre as associações de palavras e os resultados das avaliações revelou discrepâncias entre as emoções esperadas e aquelas percebidas pelo público. Apesar disso, as visualizações foram bem recebidas, conforme indicado pelas médias elevadas no IMI-TEQ-Br e UES-Br. No entanto, a menor pontuação da escala FA sugere que melhorias são necessárias para aumentar a expressividade emocional e o engajamento das visualizações musicais.

4.6 Conclusão

Os resultados da análise revelaram limitações importantes na capacidade das visualizações avaliadas em comunicar emoções negativas de forma eficaz. Apesar de bem recebidas pelo público, com altos índices de interesse e engajamento, observou-se uma predominância de emoções positivas nos dados do PrEmo, mesmo em músicas com forte carga melancólica. Essa discrepância apontou uma carência de elementos visuais que expressassem emoções mais densas ou ambíguas. A menor média na escala de atenção focalizada também indicou momentos de desconexão ao longo da experiência. Esses achados reforçaram a necessidade de um processo mais sistemático e intencional de design emocional, capaz de alinhar som, imagem e percepção. Foi a partir dessas lacunas que se iniciou o desenvolvimento do Thunder, apresentado no próximo capítulo.

5 PASSO 3: DESENVOLVIMENTO ITERATIVO DO PROCESSO THUNDER

O desenvolvimento do Thunder¹ teve como objetivo estruturar um processo capaz de orientar a criação de visualizações musicais voltadas à comunicação emocional, em consonância com o objetivo específico 3 desta pesquisa (OE3). A definição do Thunder como um processo estruturado surgiu de um percurso iterativo, envolvendo experimentações sucessivas, reformulações e análises críticas. Esse percurso foi orientado por fundamentos da literatura em design e por desafios enfrentados na criação de visualizações musicais emocionais, revelando lacunas metodológicas que o Thunder se propôs a preencher.

O desenvolvimento foi conduzido segundo os princípios da abordagem *Research through Design* (RtD) (Zimmerman; Forlizzi, 2014), em que o conhecimento é gerado e comunicado por meio das atividades de design e dos artefatos produzidos. Cada etapa prática do processo, bem como os protótipos e materiais visuais desenvolvidos, desempenhou papel central tanto na formulação conceitual do Thunder quanto na disseminação do conhecimento obtido ao longo da pesquisa.

Os resultados e reformulações geradas durante esse percurso são descritos nas seções a seguir, evidenciando a evolução do Thunder até sua versão final.

5.1 Análise de Dados

Os dados foram analisados de forma qualitativa a partir de uma documentação contínua e sistemática das decisões metodológicas, mudanças estruturais e *feedback* ao longo do desenvolvimento do Thunder. A cada iteração, a versão mais recente do processo era comparada com a anterior, buscando identificar pontos de melhoria e refinar sua estrutura.

Esse acompanhamento incluiu os registros das atividades de design e anotações de reuniões, mas também revisões críticas realizadas pela orientadora desta pesquisa sobre os artefatos desenvolvidos e discussões entre o autor e as duas pesquisadoras responsáveis pelas aplicações práticas do processo (Capítulo 6). Essas interações contribuíram para decisões mais fundamentadas e para o amadurecimento progressivo do Thunder. Toda a documentação foi organizada em uma linha do tempo, facilitando a compreensão das alterações e de sua relação com os desafios enfrentados e os objetivos da pesquisa.

¹ O trovão é uma metáfora para as forças invisíveis. Simboliza algo invisível por detrás de uma tempestade, tal como o nosso processo revela as emoções invisíveis por detrás da música, tornando-as visíveis e palpáveis através de imagens cativantes.

5.2 Resultados das Iterações de Desenvolvimento do Thunder

Ao todo, foram desenvolvidas cinco versões do Thunder, cada uma aplicada em contextos distintos e ajustada com base em análises críticas e *feedback* de especialistas. A Tabela 9 apresenta um resumo comparativo entre essas versões.

Tabela 9 – Resumo comparativo entre as versões do Thunder.

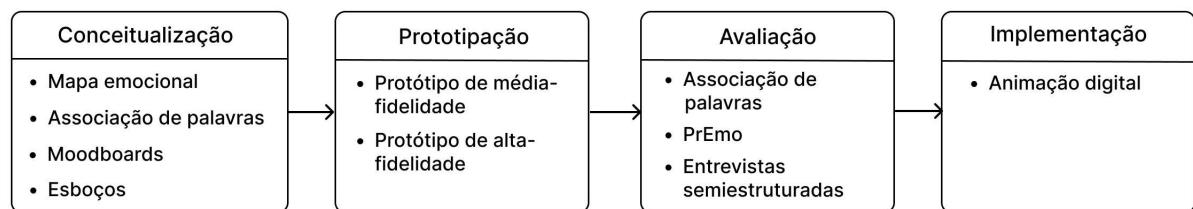
Versão	Resumo das principais mudanças
V1	Adaptação das 3 fases de Almeida <i>et al.</i> (2021) em 4 macroetapas (Conceitualização, Prototipação, Avaliação, Implementação). Introdução do mapa emocional e associação de palavras. Reorganização das fases originais: Inspiração, Ideação e Validação.
V2	Inclusão de subetapas nas macroetapas principais. Representação linear iterativa substitui a circular da V1, eliminando ambiguidades no fluxo entre etapas.
V3	Detalhamento das atividades em cada subetapa. Introdução de técnicas específicas diretamente vinculadas às atividades.
V4	Reorganização visual das atividades de avaliação ao longo do processo. Redução de conexões visuais excessivas. Redistribution da sessão de <i>feedback</i> .
Preliminar	Consolidação de todas as mudanças anteriores. Foco em clareza e aplicabilidade prática. Remoção de representações visuais densas e apresentação separada das técnicas para não sobrecarregar o fluxo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Inicialmente baseado no processo descrito por Almeida *et al.* (2021), o Thunder evoluiu a partir da aplicação prática e das reflexões que surgiram durante reuniões periódicas de orientação, nas quais o *feedback* foi fundamental para identificar fragilidades e propor melhorias. Essa evolução permitiu consolidar o Thunder como um processo mais coerente e aplicável, integrando técnicas específicas e uma visão iterativa ajustada à natureza exploratória do design.

5.2.1 Primeira versão do Thunder

Figura 12 – Primeira versão do Thunder, com as técnicas escolhidas.



Fonte: elaborado pelo autor.

Para guiar o processo de design das visualizações alternativas – resultantes da

avaliação de visualizações musicais na etapa anterior –, buscou-se no estudo bibliográfico métodos, ferramentas e processos que pudessem estruturar seu desenvolvimento. O trabalho de Almeida *et al.* (2021) foi identificado durante o estudo bibliográfico sobre visualizações musicais como a referência mais próxima, pois propunha um processo experimental de prototipagem rápida para visualizações musicais animadas. Esse processo foi desenvolvido com base nos princípios do Design Thinking e estruturado em três fases iterativas:

- **Fase 1 - Inspiração e Síntese:** O objetivo dessa fase é definir a escolha da música e compreender quais conceitos musicais devem ser abordados na visualização.
- **Fase 2 - Ideação:** Com base nas definições da fase anterior, o usuário seleciona um trecho da música e esboça representações gráficas, criando um protótipo inicial da animação.
- **Fase 3 - Validação:** Os protótipos são digitalizados e apresentados ao usuário especialista que os concebeu, permitindo uma análise crítica sobre se a animação final atende aos objetivos propostos. Essa fase também envolve a iteração das etapas anteriores conforme necessário para refinamento contínuo.

Embora eficaz em contextos exploratórios, o processo proposto por Almeida *et al.* (2021) apresentava limitações quando aplicado a um design mais estruturado e com foco na comunicação emocional. Isso ocorria principalmente porque este processo não previa técnicas ou critérios específicos para orientar a identificação e representação de emoções na música. Por exemplo, a fase de Validação restringia-se a uma avaliação subjetiva do protótipo feita pelo próprio criador, sem prever a coleta de *feedback* estruturado de outros especialistas ou do público-alvo. Isso limita o refinamento crítico das visualizações e dificulta a identificação de ajustes necessários para garantir que a emoção pretendida estivesse sendo de fato transmitida. Diante das lacunas encontradas, foi necessário reorganizar e detalhar as fases do processo, incorporando técnicas específicas, como o mapa emocional e a associação de palavras, e prevendo avaliações mais estruturadas com especialistas e usuários, como forma de fortalecer a precisão e a intencionalidade emocional no design das visualizações.

Uma das primeiras decisões tomadas durante o desenvolvimento do Thunder foi reorganizar as três fases propostas por Almeida *et al.* (2021) – Inspiração e Síntese, Ideação e Validação – em quatro etapas: Conceitualização, Prototipação, Avaliação e Implementação (ver Figura 12). Essa divisão visou tornar o processo mais detalhado e adequado às especificidades do design de visualizações musicais emocionais, permitindo um acompanhamento mais preciso de cada etapa. Em especial, a fase de Validação foi desmembrada para separar o momento de análise

crítica e ajustes (etapa de Avaliação) da fase de execução técnica final (etapa de Implementação), oferecendo maior clareza e controle sobre o refinamento e a aplicação das decisões de design.

Além dessa mudança, a fase de Inspiração e Síntese foi renomeada como Conceitualização, mantendo o foco na definição de aspectos musicais da visualização, mas com a inclusão de técnicas específicas voltadas para a identificação da comunicação emocional. Uma das técnicas escolhidas foi a utilização do mapa emocional de músicas (Cowen *et al.*, 2020), que oferece uma abordagem baseada em dados para a análise das emoções evocadas pela música. O mapa interativo² permite que designers visualizem a relação entre diferentes trechos de música e emoções, facilitando a identificação das emoções predominantes em uma peça musical.

A associação de palavras também foi introduzida como uma técnica complementar, com o objetivo de capturar aspectos subjetivos da experiência musical. Ela consiste na geração de palavras relacionadas a emoções, lugares ou imagens evocadas pela música, servindo como uma forma de explorar associações simbólicas e narrativas que podem enriquecer a construção visual. Essa técnica amplia a compreensão das emoções envolvidas, oferecendo uma perspectiva qualitativa que complementa a análise mais sistemática do mapa emocional.

Além dessas técnicas, foram incorporados *moodboards*³ e esboços⁴ como ferramentas essenciais para consolidar as ideias visuais e traduzir conceitos emocionais em representações gráficas iniciais. O *moodboard* serve como um ponto de partida visual, organizando referências relacionadas ao tema emocional definido na etapa anterior. Ele ajuda a criar uma linguagem visual consistente, que orienta a estética da visualização musical. Os esboços, por sua vez, permitem explorar graficamente esses conceitos, transformando as ideias abstratas em representações tangíveis que podem ser refinadas ao longo do processo.

Esse detalhamento e reorganização trouxe avanços importantes para a construção estrutural do Thunder. A separação das etapas garantiu maior clareza no fluxo de desenvolvimento, estabelecendo momentos distintos para análise crítica e execução prática. A etapa de Avaliação passou a oferecer um espaço mais estruturado para revisões, enquanto a Conceitualização permitiu uma exploração mais aprofundada das direções emocionais e estilísticas das

² Disponível em: <https://www.ocf.berkeley.edu/~acowen/music.html>

³ *Moodboard* é uma ferramenta visual de design que reúne imagens, cores, texturas e outros elementos visuais para evocar o estilo, o clima ou as emoções desejadas para um projeto. Funciona como referência conceitual compartilhada entre designers e partes interessadas, orientando a criação e validação estética inicial (Chang *et al.*, 2014).

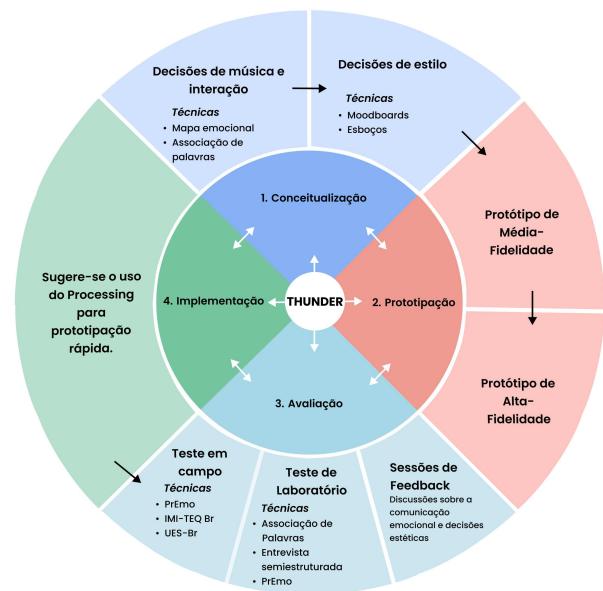
⁴ Neste contexto, os esboços referem-se a representações visuais iniciais, desenhadas à mão ou digitalmente, de forma livre e simplificada. Funcionam como protótipos de baixa fidelidade que exploram ideias visuais e estruturais sem o rigor narrativo de um storyboard. Seu objetivo é tangibilizar conceitos emocionais e facilitar iterações rápidas ainda nas fases iniciais do design.

visualizações.

Entretanto, durante as discussões desta versão, foram identificadas lacunas importantes. A primeira dizia respeito à linearidade do modelo original, que não refletia adequadamente a natureza iterativa do design de visualizações musicais. Esse fluxo sequencial sugeria uma progressão rígida entre as etapas, sem indicar que revisões e ajustes contínuos são parte essencial do processo. Além disso, observou-se, a partir das dificuldades relatadas pelas designers participantes, que as etapas principais careciam de subdivisões e orientações mais específicas, o que gerava incertezas sobre como avançar de forma consistente. Essas limitações reforçaram a necessidade de estruturar o processo de forma mais dinâmica e detalhada, com passos menores e instruções claras, tornando-o mais operável para os designers.

5.2.2 Segunda versão do Thunder

Figura 13 – Segunda versão do Thunder mostrando as etapas iterativas.



Fonte: elaborado pelo autor.

A segunda versão do Thunder (ver Figura 13) introduziu uma mudança significativa na forma de representar o processo, adotando uma estrutura circular para evidenciar a possibilidade de revisitação entre etapas e a natureza cíclica do design. Essa mudança buscava comunicar que decisões e resultados poderiam ser continuamente revisitados ao longo do desenvolvimento, contribuindo para uma abordagem mais flexível e iterativa.

Contudo, durante as discussões da revisão da versão, foram identificadas limitações importantes. A principal crítica dizia respeito à rigidez implícita nas conexões entre etapas, que acabavam sugerindo relações diretas e fixas que não refletiam com precisão o fluxo real do processo. Por exemplo, a seta que indicava retorno direto da Implementação para a Prototipação poderia levar à interpretação equivocada de que bastava redesenhar o protótipo após a implementação, sem considerar a mediação necessária da Avaliação. Isso contrariava a lógica do processo, no qual o protótipo deveria ser avaliado antes de qualquer novo ciclo de desenvolvimento.

Além disso, a estrutura circular não deixava claro que problemas encontrados no Teste em Campo – etapa posterior à Implementação – muitas vezes exigiam revisões profundas em fases anteriores, como a Conceitualização ou a própria Prototipação, e não apenas uma repetição técnica. A falta de clareza nessa dinâmica gerou dúvidas entre os especialistas sobre o caminho correto a seguir em casos de ajustes necessários.

Ficou evidente, após a revisão, que a representação visual utilizada era insuficiente para orientar decisões iterativas mais complexas, especialmente em cenários que exigiam retornos seletivos, refinamentos ou saltos entre etapas não adjacentes. Assim, tornou-se necessário repensar o modelo, buscando uma estrutura que tornasse o fluxo de revisão mais claro e contextualizado.

5.2.3 Terceira versão do Thunder

Diante das considerações da segunda versão, desenvolveu-se uma nova representação que preservava a clareza sequencial, mantendo a estrutura linear como base, mas detalhando melhor a relação lógica entre as etapas (ver Figura 14). Essa mudança garantiu uma representação mais fiel ao fluxo real do processo, destacando as interações possíveis entre as etapas.

Figura 14 – Terceira versão do Thunder, mostrando as etapas iterativas.



Fonte: elaborado pelo autor.

Dando continuidade ao refinamento iniciado na versão anterior, a terceira versão do

Thunder buscou equilibrar clareza sequencial e flexibilidade iterativa. Abandonou-se o formato circular anterior – que gerava interpretações equivocadas sobre as relações entre as etapas – em favor de uma estrutura linear aprimorada, capaz de representar com mais precisão o fluxo real do processo.

Uma das principais mudanças introduzidas nesta versão foi a subdivisão das três grandes etapas – Conceitualização, Prototipação e Avaliação – em subetapas mais específicas. Essa reorganização respondeu à necessidade de maior detalhamento interno, observada durante a aplicação prática do Thunder, em que a ausência de orientação clara dificultava o avanço e a tomada de decisões. Ao estruturar cada etapa em componentes menores, buscou-se oferecer um caminho mais progressivo, com marcos e critérios objetivos para avaliação.

Na etapa de Conceitualização, foram definidas duas subetapas: (1) Música e Decisões de Interação, responsável por identificar os aspectos musicais a serem visualmente representados – como ritmo, intensidade, melodia – e suas possíveis interações; e (2) Decisões de Estilo, voltada à definição dos elementos visuais que comporiam a linguagem estética da visualização – como paleta de cores, formas e tipografia. Essas decisões são registradas em um documento, associando cada elemento visual a um aspecto musical, a uma emoção predominante e à sua aplicação prevista na interface, estabelecendo uma base conceitual sólida para os protótipos subsequentes.

A etapa de Prototipação foi dividida entre Média Fidelidade e Alta Fidelidade. A primeira visava a experimentação de ideias iniciais, por meio de animações simplificadas e *frames* estáticos que testassem a coerência entre música e imagem. A segunda priorizava o refinamento técnico e expressivo, buscando maior aproximação com a experiência final da visualização. Ao final de cada fase, sessões de *feedback* eram conduzidas com outros designers, de forma a validar as decisões tomadas e orientar os próximos ajustes.

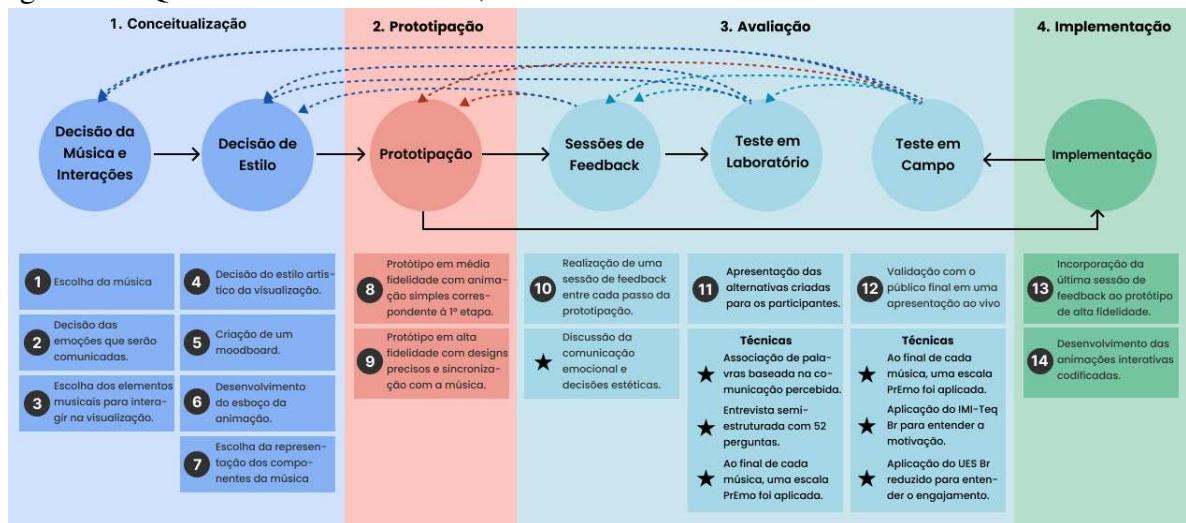
Na Avaliação, três estratégias foram formalizadas: sessões de *feedback* internas, Teste de Laboratório e Teste em Campo. O Teste de Laboratório, realizado com o público-alvo, permitia verificar a correspondência entre a intenção emocional e a resposta evocada pela visualização. Já o Teste em Campo avaliava a performance e o impacto emocional da visualização em contextos reais de uso, como instalações ou eventos.

As melhorias propostas nesta versão emergiram de um processo reflexivo contínuo, fundamentado em discussões críticas entre o autor desta pesquisa e sua orientadora. A partir dessas interações, foram identificadas limitações na clareza e operacionalidade da estrutura anterior, o que motivou a introdução de subetapas mais delineadas, o fortalecimento da lógica de iteração

e a formalização de instrumentos de avaliação ao longo do processo. Esses aprimoramentos – especialmente a estruturação progressiva das atividades, o detalhamento das transições e a integração sistemática da avaliação – tornaram-se elementos centrais e permanentes na versão preliminar do Thunder.

5.2.4 Quarta versão do Thunder

Figura 15 – Quarta versão do Thunder, mostrando cada atividade e as técnicas.



Fonte: elaborado pelo autor.

A quarta versão do Thunder buscou tornar o processo mais concreto e acessível, principalmente para designers que não participaram de sua formulação inicial. Para isso, foram detalhadas as atividades específicas de cada etapa, estruturando um passo a passo mais explícito e didático. Essa reformulação visava reduzir ambiguidades e facilitar a adoção do processo em contextos reais de criação.

Entre os principais ajustes, destaca-se a inclusão direta das técnicas vinculadas a cada atividade – como os testes de laboratório e em campo. Apesar de tornar o processo mais completo, essa estratégia acabou sobrecregendo a representação visual, dificultando a leitura fluida do fluxo e exigindo familiaridade prévia com os métodos envolvidos. A partir das revisões realizadas, optou-se por transferir a explicação completa das técnicas para um material complementar, reservando ao diagrama principal o foco nas atividades e suas conexões.

Outro ponto revisto foi a representação das interações entre as etapas. A tentativa de ilustrar as possíveis iterações – como o retorno da Avaliação para fases anteriores – gerou um número excessivo de conexões visuais, comprometendo a clareza do fluxo principal. Isso

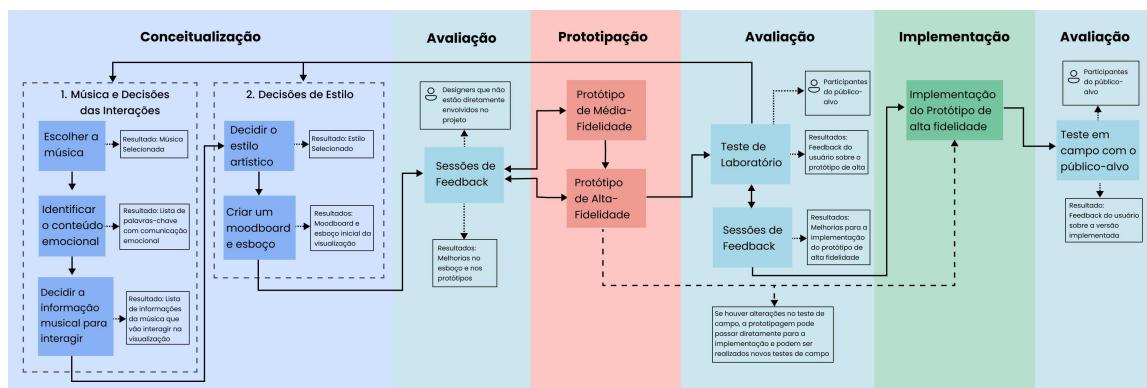
levou à decisão, para a versão seguinte, de organizar as setas de forma mais seletiva e estratégica, destacando apenas os retornos mais relevantes.

Além disso, identificou-se a necessidade de reposicionar visualmente as atividades de Avaliação ao longo do processo. A disposição linear anterior dificultava a compreensão de que certos momentos avaliativos, como as sessões de *feedback*, deveriam ocorrer logo após a Conceitualização ou a Prototipação. A partir dessas observações, foi discutida a importância de distribuir essas atividades de maneira mais contextualizada, reforçando sua integração às etapas a que pertencem. Essas decisões de organização e hierarquização visual influenciaram diretamente o desenho da versão preliminar do Thunder, consolidando práticas mais claras e aplicáveis.

5.2.5 Versão preliminar do Thunder

A versão preliminar do Thunder (ver Figura 16) consolidou os aprendizados obtidos nas etapas anteriores da pesquisa, resultando em uma estrutura sistemática composta por quatro passos principais: Conceitualização, Prototipação, Implementação e Avaliação. Cada passo foi delineado com o objetivo de orientar designers no desenvolvimento de visualizações musicais emocionalmente expressivas, por meio de decisões progressivamente fundamentadas e validadas em ciclos iterativos.

Figura 16 – Versão preliminar do Thunder, utilizada no desenvolvimento das visualizações alternativas.



Fonte: elaborado pelo autor.

O passo de Conceitualização compreende a definição das diretrizes musicais, estéticas e emocionais que nortearão o projeto. Organiza-se em duas subetapas: (1) Música e Decisões das Interações e (2) Decisões de Estilo. A primeira envolve a escuta atenta da música, identificação das informações musicais relevantes, e a definição das emoções predominantes a partir de técnicas como associação de palavras e mapas emocionais. Esses dados estruturam a

base conceitual da visualização.

Na segunda subetapa, os designers traduzem essas emoções e características musicais em diretrizes visuais, por meio da elaboração de *moodboards*, coleta de referências estéticas e criação de esboços iniciais. Ao fim dessa etapa, ocorre a primeira sessão de *feedback* com designers, voltada à validação da coerência entre emoção, música e linguagem visual. Esse momento marca o início do passo de Avaliação, que seguirá acompanhando os demais passos do processo.

Após a sessão de *feedback*, inicia-se o passo de Prototipação que é dividido em duas fases: média fidelidade e alta fidelidade. Na prototipação de média fidelidade, *frames* estáticos ou animações simplificadas são construídos para testar a lógica visual em resposta à música. O objetivo é validar rapidamente se as decisões tomadas na conceitualização geram respostas visuais condizentes. Após essa etapa, uma nova sessão de *feedback* é conduzida, com foco na adequação conceitual e na clareza expressiva dos elementos.

Na sequência, desenvolve-se a prototipação de alta fidelidade, com inserção de texturas, cores, movimentos detalhados e maior sofisticação visual. Este protótipo simula de forma mais próxima a experiência final pretendida, permitindo que a comunicação emocional seja avaliada com mais precisão. O protótipo de alta fidelidade também é submetido a uma sessão de *feedback*, que fornece subsídios para ajustes finos antes da implementação.

O passo de Implementação consiste na transformação do protótipo em uma visualização funcional e interativa. Essa etapa exige a tradução das decisões criativas em código, utilizando ferramentas como p5.js (MCCARTHY, 2024), Three.js (CABELLO, 2024) ou Unity (UNITY TECHNOLOGIES, 2024), de acordo com as exigências do projeto. Um ponto central deste passo é garantir que os elementos visuais respondam de forma precisa às propriedades da música, como ritmo, volume e frequência, mantendo a intenção emocional definida nas fases anteriores.

O passo de Avaliação está presente ao longo de todo o processo, articulando sessões de *feedback* e testes com usuários. Após os protótipos de alta fidelidade, realiza-se o teste de laboratório com o público-alvo, com o objetivo de verificar se a visualização transmite as emoções pretendidas e proporciona engajamento significativo. Podem ser utilizados métodos qualitativos (como associação livre de palavras e entrevistas) e quantitativos (como PrEmo, UES-Br e IMI-TEQ-Br).

A última instância de avaliação ocorre após a implementação, em cenários reais

de uso, como instalações artísticas ou eventos ao vivo. Os dados coletados nesses contextos permitem avaliar o impacto emocional e a experiência geral da visualização. Este ciclo final consolida o processo de validação, sendo crucial para confirmar que as decisões projetuais foram bem-sucedidas.

5.3 Conclusão

As reformulações sucessivas do Thunder refletiram um esforço contínuo para torná-lo mais compreensível, aplicável e sensível às nuances emocionais da música. Ao longo das cinco versões, buscou-se não apenas ajustar sua estrutura visual, mas também detalhar atividades, definir subetapas e distribuir logicamente as avaliações, com o objetivo de facilitar sua adoção por designers não especialistas. Importa destacar, contudo, que o processo de desenvolvimento não ocorreu de forma isolada: as versões foram sendo aprimoradas à medida que eram aplicadas em contextos reais – conforme a abordagem RtD –, em um ciclo iterativo de testes e refinamentos. Assim, a versão utilizada no próximo capítulo, referida a partir de agora como versão preliminar, foi consolidada com base na experiência prática acumulada ao longo de sua aplicação. Essa versão, junto da aplicação preliminar, foram publicadas em Nunes *et al.* (2024).

6 PASSO 4: APLICAÇÃO PRELIMINAR DO THUNDER

Neste passo, realizou-se a aplicação da versão preliminar do Thunder com o objetivo de examinar sua efetividade na criação de visualizações musicais focadas na comunicação emocional. A atividade consistiu no desenvolvimento de duas novas visualizações para a música *The Sixth Station*, previamente analisada no passo 2. Esta etapa está alinhada ao objetivo específico 4 (OE4), que trata da aplicação prática do processo proposto.

A aplicação foi dividida em duas fases: o desenvolvimento das visualizações alternativas e a avaliação em laboratório. Inicialmente, duas designers aplicaram o Thunder para criar as visualizações, seguindo as etapas de Conceitualização, Avaliação e Prototipação. Após o desenvolvimento dos protótipos de alta fidelidade, foi conduzido um teste de laboratório com participantes do público-alvo, que avaliaram e compararam a eficácia em comunicar as emoções da música das três versões das visualizações musicais: a versão original, projetada pelo grupo e as duas alternativas desenvolvidas com o Thunder.

6.1 Participantes

O desenvolvimento das visualizações contou com a participação de duas designers selecionadas por conveniência (Subseção 4.1), ambas com experiência em design visual e familiaridade com ferramentas de criação multimídia. As designers participaram ativamente de todas as etapas da versão preliminar do Thunder, aplicando as técnicas propostas e ajustando as visualizações com base nas sessões de *feedback*.

Para o teste em laboratório, foram recrutados cinco participantes por conveniência através das redes sociais Instagram, Facebook e TikTok, assim como em listas de e-mail de finalidade acadêmica. A participação destes seguiu os seguintes critérios de inclusão:

1. A pessoa deve ter no mínimo 18 anos e no máximo 59 anos;
2. A pessoa deve ser alfabetizada;
3. A pessoa não deve ter participado das etapas anteriores.

De maneira similar, os critérios de exclusão para esta etapa são:

1. Pessoas com menos de 18 anos ou mais de 59 anos;
2. Pessoas não alfabetizadas;
3. Pessoas que já participaram de etapas anteriores.

6.2 Métodos e Instrumentos

Para analisar a recepção das visualizações musicais no teste em laboratório, foram utilizados métodos quantitativos e qualitativos. A escala PrEmo foi escolhida pois permite mapear as emoções evocadas pelas visualizações e respostas emocionais autorrelatadas pelos participantes. Além do PrEmo, foi utilizada a técnica de associação de palavras. Por fim, aplicou-se uma entrevista semiestruturada para coletar comentários adicionais que não foram captados com os outros métodos.

6.3 Procedimento

A aplicação da versão preliminar do Thunder foi conduzida de forma iterativa, acompanhando o trabalho de duas designers em suas práticas de criação. Nesse processo, elas desenvolveram as etapas de conceitualização e prototipação de visualizações musicais, conforme descrito no Capítulo 5. Em diferentes momentos, participaram também de sessões de *feedback*, nas quais as decisões de design foram discutidas à luz da coerência entre os objetivos emocionais definidos e as soluções visuais propostas.

Após essa etapa, foi realizado um teste de laboratório com participantes do público-alvo. No início da sessão, os participantes receberam explicações sobre os objetivos da pesquisa e os procedimentos do teste. Em seguida, assistiram a cada uma das visualizações musicais. Durante a exibição, realizaram uma associação livre de palavras, registrando termos que descrevessem suas percepções e emoções. Entre cada visualização, foi aplicada a escala não verbal PrEmo. Ao final da sessão, os participantes responderam a uma entrevista semiestruturada, relatando suas percepções sobre as visualizações, com foco na clareza da comunicação emocional e na experiência estética.

6.4 Análise de Dados

A escala PrEmo foi analisada quantitativamente, por meio da frequência das emoções selecionadas pelos participantes, permitindo identificar as mais recorrentes para cada visualização.

As palavras registradas e os relatos das entrevistas foram analisados de forma conjunta, por meio de análise temática. Essa abordagem permitiu identificar padrões de percepção sobre as emoções evocadas, a relação entre som e imagem, e a estética das visualizações

desenvolvidas.

6.5 Resultados da Aplicação Preliminar do Thunder

Nas seções a seguir, são apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação da versão preliminar do Thunder, que serviram de base para a validação de sua aplicabilidade prática.

6.5.1 Aplicação da Etapa 1: Conceitualização

Inicialmente, o mapeamento emocional da música foi realizado utilizando o mapa interativo de (Cowen *et al.*, 2020). Foram identificadas três amostras musicais similares a *The Sixth Station*: (1) a amostra **1808**; (2) a amostra **1483**; e (3) a amostra **219**, todas pertencentes à dimensão *Triste, Depressiva*. Em seguida, as designers responsáveis por cada alternativa produziram uma associação de palavras evocadas pela música *The Sixth Station*, resultando nas palavras descritas na Tabela 10. Posteriormente, as palavras principais foram selecionadas para guiar a comunicação emocional de cada alternativa, conforme apresentado na Tabela 11.

Tabela 10 – Palavras associadas com a música.

Designer	Palavras-chave
1	Insegurança, Solitude, Confusão, Tristeza, Desconhecido, Angústia, Desconforto, Linhas Flúidas, Noite, Luzes brilhantes
2	Solitude, Resiliência, Tristeza, Passagem de Tempo, Constância, Passagem, Transformação, Desconhecido

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 11 – Seleção de palavras-chave para o desenvolvimento das alternativas.

Alternativa	Palavras-chave
1	Solitude, Tristeza, Angústia, Linhas Flúidas, Noite, Luzes brilhantes
2	Solidão, Tristeza, Passagem de Tempo, Constância

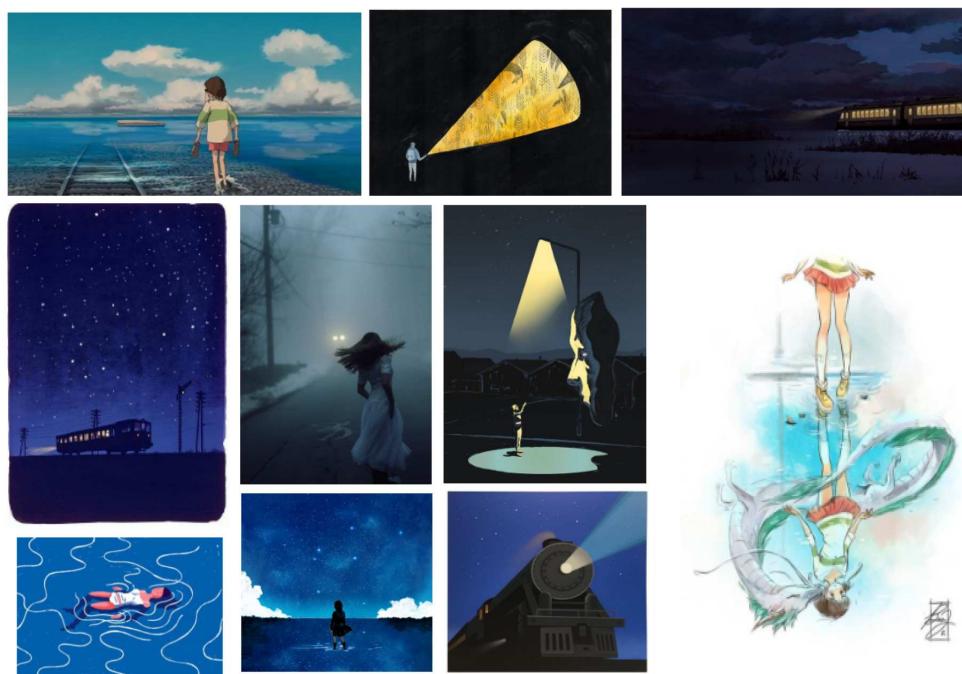
Fonte: elaborado pelo autor.

A seleção dos elementos-chave da música que influenciariam os elementos visuais interativos foi realizada pelas designers. Foram considerados o ritmo, a velocidade, o volume e a frequência da música. A combinação entre ritmo e velocidade musical foi escolhida devido às mudanças que refletem diferentes estados emocionais. A variação entre momentos mais lentos e rápidos da música permite uma conexão mais profunda com a atmosfera melancólica da canção.

Além disso, as oscilações de volume ao longo da composição foram consideradas essenciais para estabelecer profundidade emocional e contraste, capturando a atenção do ouvinte nos momentos mais expressivos. Por fim, a interação entre frequências de diferentes instrumentos e melodias contribui para a percepção de profundidade e complexidade musical.

Para conceituar os aspectos estéticos da visualização musical, foram elaborados *moodboards* representando as emoções indicadas pelo mapeamento emocional e associação de palavras. O primeiro *moodboard* (Ver Figura 17) buscou referências relacionadas às sensações de solidão e medo, explorando representações visuais de água, linhas fluidas, trens e luzes piscantes para estabelecer uma conexão com a cena do filme em que a música aparece. Além disso, uma paleta de cores mais escura foi utilizada para reforçar as emoções de tristeza e solidão.

Figura 17 – *Moodboard* da alternativa 1, representando emoções como tristeza, solidão e angústia, com ênfase em elementos visuais como água, linhas fluidas e iluminação noturna.

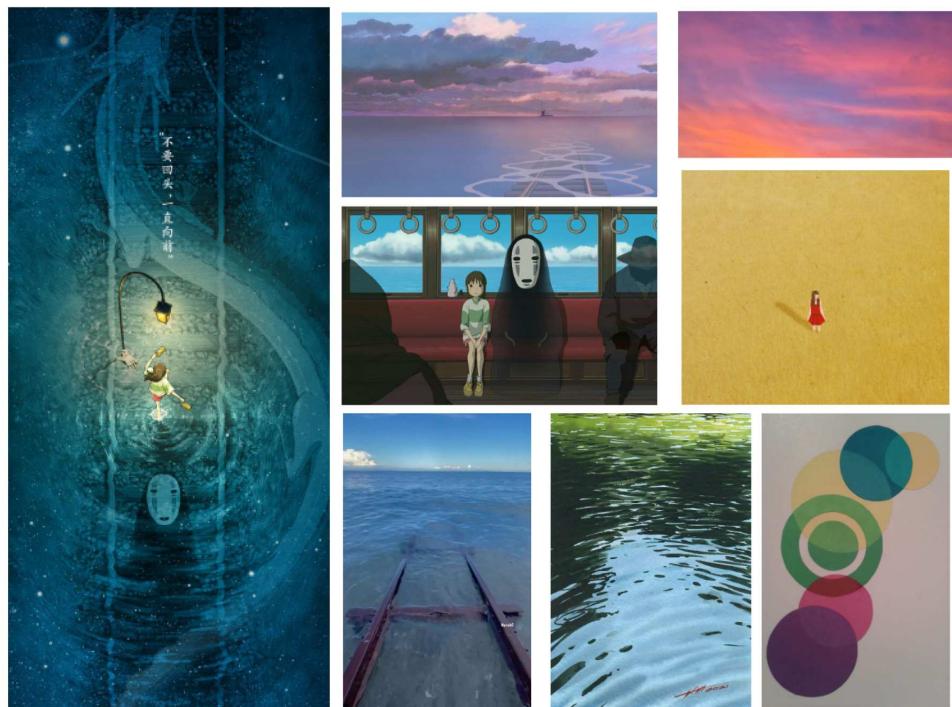


Fonte: elaborado por Mariana Rangel.

O segundo *moodboard* (Ver Figura 18) enfatizou o conceito de solidão e passagem do tempo, utilizando tons de pôr do sol e anoitecer para simbolizar a transição entre o dia e a noite, bem como elementos translúcidos e círculos sobrepostos inspirados na cena do trem passando sob a água.

Após a elaboração dos *moodboards*, as designers iniciaram o desenvolvimento dos

Figura 18 – *Moodboard* da alternativa 2, representando a passagem do tempo e a melancolia por meio de cores do entardecer e elementos translúcidos associados à cena do trem.



Fonte: elaborado por Isabelle Reinbold.

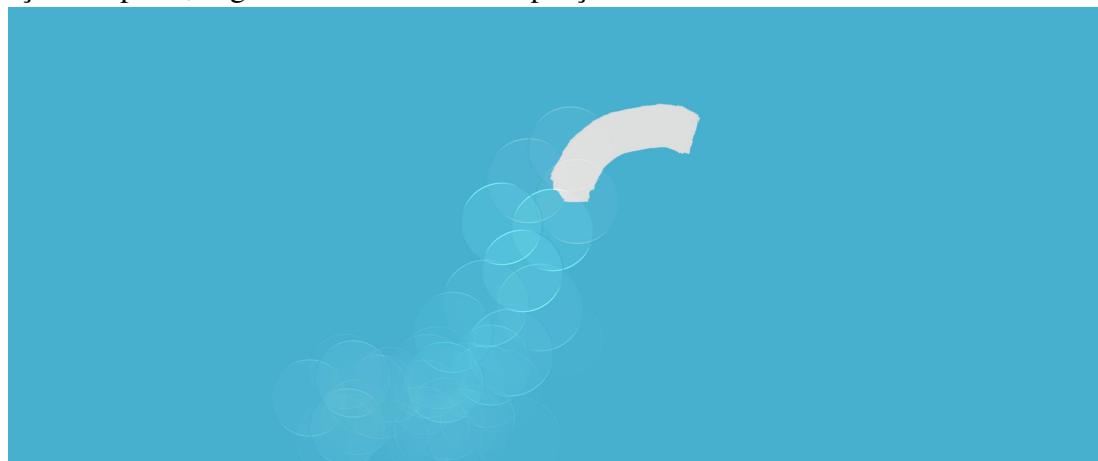
primeiros esboços (Ver Figuras 19 e 20). Posteriormente, todo o material produzido até então foi submetido a uma sessão de *feedback* conduzida pelo autor desta pesquisa e sua orientadora. Nesse processo, as listas de palavras, *moodboards* e esboços foram analisados e revisados. Os avaliadores consideraram as decisões tomadas até aquele momento coerentes, sugerindo apenas ajustes pontuais. Dentre as principais recomendações, destacou-se a necessidade de uma definição cromática mais estratégica para intensificar a expressão das emoções associadas às palavras-chave selecionadas. Além disso, foi sugerida uma abordagem mais ampla na integração dos elementos musicais escolhidos (como ritmo e volume), explorando sua interação com componentes ambientais, como o céu e a água, em vez de restringi-los apenas aos objetos ou personagens da cena.

Figura 19 – Esboço inicial da alternativa 1, representando a personagem principal sobre a água com iluminação focal e presença do trem, indicando a divisão simbólica entre mundos.



Fonte: elaborado por Mariana Rangel.

Figura 20 – Esboço inicial da alternativa 2, mostrando o ambiente do trem com elementos de transição temporal, sugerindo solidão e introspecção.



Fonte: elaborado por Isabelle Reinbold.

6.5.2 Aplicação da Etapa 2: Prototipação de Média e Alta Fidelidade

Após a etapa de conceitualização, as designers desenvolveram os protótipos de média e alta fidelidade utilizando os softwares *Krita*¹ e *Procreate*² (ver Apêndice B). O processo de prototipação estendeu-se por aproximadamente um mês, com dedicação intensiva das designers no âmbito do projeto PIBITI. Nesse período, cerca de uma semana foi dedicada à elaboração dos

¹ Krita é um software de código aberto para pintura digital e ilustração. Mais informações em: <https://krita.org/en/about/>.

² Procreate é um aplicativo profissional de desenho digital para iPad. Mais informações em: <https://procreate.com/>.

protótipos de média fidelidade e duas semanas ao desenvolvimento das versões de alta fidelidade. Além disso, ocorreram duas sessões de *feedback* – um encontro após a produção da média fidelidade e outro após a alta fidelidade.

O protótipo de média fidelidade da alternativa 1 (Ver Figura 21) apresenta a personagem principal, Chihiro, do filme *As Viagens de Chihiro*, posicionada sobre a água, em uma composição inspirada na cena original do filme. Na parte superior da ilustração, Chihiro está representada sozinha, enfatizando a sensação de solidão. Na parte inferior, seu reflexo e a figura do trem estão presentes, estabelecendo uma divisão simbólica entre a personagem no mundo dos vivos e sua contraparte no mundo dos mortos. O trem, por ser um elemento de caráter fantástico, é representado apenas como um reflexo, enquanto Chihiro transita entre essas duas realidades. A iluminação do trem foi projetada para reforçar a sensação de angústia e do desconhecido, sendo utilizada de forma intermitente para potencializar esse efeito. A água, elemento central na cena original, constitui o principal componente interativo da visualização, juntamente com as nuvens e as estrelas. O período noturno foi escolhido para intensificar as emoções de tristeza e solidão, alinhando-se à proposta emocional da representação visual.

Figura 21 – Protótipo de média fidelidade da alternativa 1, representando a transição entre os mundos dos vivos e dos mortos por meio do reflexo na água e da iluminação do trem.

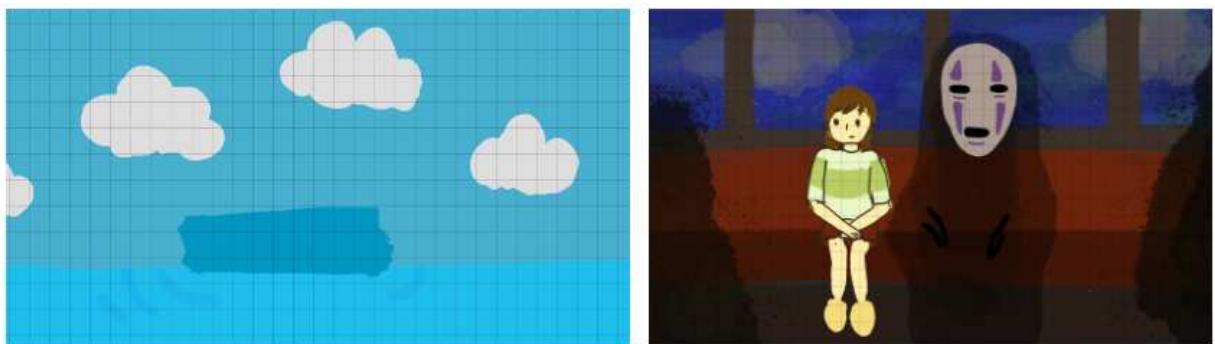


Fonte: elaborado por Mariana Rangel.

O protótipo de média fidelidade da alternativa 2 (Ver Figura 22), enfatizou a passagem do tempo como elemento central da representação visual, em consonância com a cena do filme. Inicialmente, a visualização apresenta um cenário diurno, com o trem posicionado em uma perspectiva lateral e tonalidades mais claras. Conforme a música progride, as nuvens deslocam-se, simbolizando o movimento e a transição temporal, enquanto as cores tornam-se progressivamente mais escuras para representar o entardecer. A partir da metade da composição musical, a cena desloca-se para o interior do trem, onde os personagens Chihiro e Sem Rosto

estão sentados lado a lado, cercados por sombras, enquanto a movimentação das nuvens externas continua. No decorrer da execução musical, os tons de azul são gradativamente escurecidos e o céu torna-se mais nublado, intensificando a atmosfera de solidão e melancolia pretendida na composição visual.

Figura 22 – Protótipo de média fidelidade da alternativa 2, representando a passagem do tempo e o crescimento da solidão à medida que o cenário escurece e a personagem se isola no interior do trem.



Fonte: elaborado por Isabelle Reinbold.

As alterações sugeridas após a sessão de *feedback* dessa etapa foram incorporadas aos protótipos. Para a alternativa 1, foi sugerido que a expressão do personagem fosse ajustada para intensificar a sensação de tristeza. Para a alternativa 2, foi sugerido que: (1) fossem adicionadas nuvens cinzentas e um céu fechado para reforçar a atmosfera melancólica e (3) a personagem fosse representada sozinha no trem para destacar a sensação de solidão.

Após a prototipação de média fidelidade, as designers desenvolveram a prototipação de alta fidelidade (Ver Figuras 23 e 24).

Figura 23 – Protótipo de alta fidelidade da alternativa 1, representando a solidão e a melancolia de Chihiro em um cenário escuro, com o reflexo na água reforçando a dualidade emocional da cena.



Fonte: elaborado por Mariana Rangel.

Figura 24 – Protótipo de alta fidelidade da alternativa 2, representando a personagem centralizada no trem e um ambiente cada vez mais escuro, simbolizando a intensificação da solidão e da introspecção.



Fonte: elaborado por Isabelle Reinbold.

Após seu desenvolvimento, os protótipos passaram por uma nova sessão de *feedback*. Como ajustes, os designers sugeriram para a alternativa 1 que o conceito de solidão fosse reforçado por elementos como (1) o ajuste da expressão facial para tristeza e medo; (2) um céu mais escuro para sugerir uma tempestade iminente; e (3) a redução progressiva dos elementos visuais para enfatizar a solidão. Para a alternativa 2, por sua vez, foi sugerido que: (1) a paleta de cores fosse inicialmente escura para aumentar a sensação de medo; (2) a posição da personagem no trem fosse centralizada para evidenciar a solidão; e (3) houvesse uma transição da cena para o entardecer, acompanhada pelo surgimento de estrelas em sincronia com o ritmo musical.

6.5.3 Aplicação da Etapa 3: Avaliação (Teste em Laboratório)

O teste de laboratório da visualização original e das visualizações alternativas produzidas contou com cinco, sendo quatro participantes do sexo masculino e um participante não binário, com idades entre 20 e 28 anos. Todos os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e assegurados do anonimato da pesquisa e de seu direito de se retirar da pesquisa com total exclusão de dados.

Ao comparar as emoções evocadas nas associações de palavras da etapa de Conceitualização do Thunder com as emoções indicadas pelo PrEmo da avaliação preliminar (Figura 25), verificou-se que a visualização original de *The Sixth Station* apresentou resultados divergentes. Enquanto as associações indicaram emoções negativas, como tristeza e solidão, os resultados do PrEmo para a visualização original foram predominantemente positivos, como "satisfação", "esperança" e "admiração", com algumas emoções negativas, como "vergonha" e

Figura 25 – Resultados do PrEmo na avaliação preliminar.



Fonte: elaborado pelo autor.

"tristeza", mas com menor frequência. Esses achados corroboram com os resultados da primeira etapa – avaliação de visualizações musicais –, demonstrando uma tendência das visualizações em transmitir predominantemente emoções positivas. Essa tendência persiste mesmo sem influências contextuais específicas, indicando uma deficiência na comunicação eficaz de emoções negativas dentro das visualizações. Apesar do conteúdo negativo subjacente das músicas correspondentes, observou-se que as visualizações carecem de elementos que evoquem essas emoções de maneira efetiva.

Já para as alternativas Thunder, ambas comunicaram predominantemente emoções negativas, como tristeza e vergonha, conforme esperado pelas designers. A Alternativa 1 obteve maior sucesso na transmissão das emoções associadas, sendo as principais emoções evocadas "tristeza" e "vergonha", ambas no espectro negativo. A Alternativa 2 também evocou "tristeza" e "vergonha", mas apresentou também emoções positivas, como "fascinação", "esperança" e "orgulho".

Ao comparar as associações de palavras realizadas durante o teste da visualização original com aquelas previamente conduzidas pelas designers na etapa de Conceitualização, identificaram-se pontos de convergência. Por exemplo, a visualização original de *The Sixth Station* destacou palavras como "solidão" e "solitário" em ambas as avaliações.

Com relação às alternativas Thunder, os resultados das nuvens de palavras foram positivos, apresentando palavras próximas às esperadas durante a produção das visualizações. Por exemplo, "solidão" e "tristeza" na Alternativa 1; e "tempo", "paz" e "solidão" na Alternativa 2.

Isso indica que as emoções que as designers pretendiam transmitir foram evocadas com sucesso.

A partir da transcrição das entrevistas, três categorias foram emergiram: **Emoção** (1), incluindo trechos relacionados à comunicação emocional transmitida pela música e pela visualização, subdividida em (i) problemas na comunicação de aspectos emocionais, (ii) elogios à comunicação emocional, (iii) sugestões para aprimoramento da emoção, (iv) influência do trabalho nas emoções e (v) motivação da emoção; **Música** (2), contendo unidades relacionadas à comunicação dos elementos musicais e sua sincronização com a visualização, subdividida em (vi) problemas na comunicação de elementos musicais, (vii) elogios à comunicação dos elementos musicais, (viii) problemas de sincronização, (ix) elogios à sincronização e (x) sugestões para aprimoramento da música; e **Estética** (3), incluindo unidades relacionadas aos elementos visuais da visualização e sua influência na atratividade, foco e engajamento, subdividida em (xi) problemas estéticos, (xii) elogios estéticos, (xiii) problemas de foco, (xiv) sugestões para aprimoramento estético e (xv) influência do trabalho na estética.

Na categoria **Emoção**, observou-se que a escolha das cores e elementos visuais influenciou significativamente os sentimentos dos participantes. Quando esses elementos harmonizavam-se com a música, as emoções foram facilmente identificadas. Por exemplo, em relação à alternativa 1, um participante mencionou: "*os tons da animação, as cores da animação, vejo uma bela escala de cinza, com alguns tons de azul, mas percebo que é frio, percebo que há melancolia... o céu estrelado, as nuvens escuras, o cenário como um todo são melancólicos.*" Em contrapartida, elementos desalinhados quebraram as expectativas dos participantes, conforme relatado: "*acho que aqui não transmite como é melancólica a criança que está perdida sem os pais, sabe? Há todo um peso nisso.*"

Além disso, alguns participantes que não conseguiram relacionar as emoções da música e da visualização associaram as emoções sentidas durante o teste às emoções sentidas ao assistir ao filme. Um participante comentou: "*Acho que todo o cenário, sua construção, remete ao filme [...]. Sinto que esta faz uma conexão direta e acabou me trazendo sentimentos do filme, sabe?*", indicando que as emoções evocadas foram influenciadas pelo contexto do filme, devido à falta de expressividade emocional na visualização.

Na categoria **Música**, observou-se que os elementos visuais influenciaram a percepção da música pelos participantes, intensificando ou reduzindo o impacto de determinados momentos. Por exemplo, um participante afirmou: "*Nesta, acho que foi a que mais me deu a sensação do som. Sabe, vê-lo piscando, vibrando e aumentando*", referindo-se à alternativa 1.

No entanto, esses elementos podem ser confusos caso não estejam harmonizados com a música, como outro participante mencionou: "*Mas há alguns pontos que me incomodam, como o piscar dela e como tudo se move sem uma certa homogeneidade*", referindo-se à visualização original.

Na categoria **Estética**, constatou-se que os participantes demonstraram maior preferência quando os elementos visuais estavam integrados ao contexto da ilustração da visualização, misturando-se harmoniosamente sem causar desconforto visual. No entanto, elementos fora do contexto causaram desconforto visual e foram considerados desnecessários, conforme observado: "*É mais fácil ter algo pequeno, como apenas as ondas, que vejo que combina com a música, do que adicionar muitas coisas e ver que há algo que não combina, que incomoda.*"

Dessa forma, compreendeu-se que a seleção e a disposição dos elementos dentro da visualização, juntamente com o contexto geral da ilustração e sua coerência com a narrativa do filme e a música, são cruciais para a comunicação eficaz das emoções ao espectador. Quando esses elementos não estão integrados à visualização ou aparecem fora de contexto, o espectador pode ter dificuldades em associar emoções e se sentir confuso quanto a qual elemento focar. Além disso, a escolha dos elementos não apenas influencia a comunicação emocional, mas também impacta a transmissão dos aspectos musicais da canção.

Os resultados indicam que as alternativas desenvolvidas empregando o Thunder demonstraram maior eficácia na comunicação emocional esperada, visto que evocaram predominantemente as emoções negativas previstas pelas designers, como tristeza e vergonha. Em contrapartida, a visualização original apresentou uma divergência entre as emoções esperadas e as emoções percebidas pelos participantes, sugerindo uma menor precisão na transmissão emocional. Assim, os achados reforçam que as alternativas do Thunder conseguiram alinhar melhor os elementos visuais e musicais à intenção emocional do projeto.

6.5.4 Aplicação da Etapa 4: Implementação e Teste de Campo

As etapas de implementação e teste em campo não foram incluídas neste passo de aplicação preliminar do Thunder, pois o principal objetivo foi verificar e validar a estrutura metodológica do processo. Assim, a prioridade foi dada às etapas de conceitualização e prototipação das visualizações musicais, com foco na análise da eficácia na comunicação emocional e na coerência estética das alternativas, em condições controladas de avaliação em laboratório.

6.6 Conclusão

Os resultados desta aplicação preliminar reforçaram o potencial do Thunder como ferramenta para orientar a criação de visualizações musicais emocionalmente expressivas. As alternativas desenvolvidas apresentaram maior coerência entre intenção e percepção emocional, além de melhor integração entre som e imagem, sugerindo que o processo já se mostra funcional em sua versão preliminar. Diante disso, a pesquisa avançou para uma etapa de avaliação com especialistas, apresentada no próximo capítulo, a fim de verificar se o processo estava suficientemente claro, aplicável e sensível às exigências práticas de acadêmicos e profissionais das áreas de IHC, Design e Música.

7 PASSO 5: AVALIAÇÃO COM ESPECIALISTAS

Este passo consistiu na avaliação da versão preliminar do Thunder por especialistas em IHC, Design e Música. O objetivo foi verificar sua clareza, aplicabilidade e utilidade, identificando pontos fortes e sugestões de melhoria. Ao final, esta etapa contribuiu com o refinamento do Thunder com base em evidências e recomendações práticas, alinhando-se ao objetivo específico 5 (OE5) desta pesquisa.

No desenvolvimento de novos processos, é essencial garantir robustez, clareza e alinhamento com os resultados esperados. A incorporação de revisões por especialistas possibilita a identificação de percepções relevantes, desafios potenciais e oportunidades de aprimoramento (Armstrong, 2001; Rubio *et al.*, 2003). Apesar de os pareceres especializados apresentarem certo grau de subjetividade e possíveis vieses (Rubio *et al.*, 2003), sua utilização contribui de forma significativa para a redução de revisões futuras e para a otimização do uso de recursos, complementando outras estratégias de validação.

7.1 Participantes

A literatura não estabelece um número mínimo específico para a aplicação desse método. Alguns autores afirmam que grupos de especialistas devem ser compostos por aproximadamente 5 a 20 membros (Armstrong, 2001), a depender da disponibilidade de profissionais e da natureza do retorno desejado. Painéis menores podem ser mais adequados quando se busca aprofundamento nas análises, enquanto painéis maiores podem ser preferíveis para a coleta de uma variedade de opiniões. Por outro lado, outros autores afirmam que para obter percepções aprofundadas de especialistas da área, não é necessário um grande número de participantes – apenas dois ou três especialistas motivados podem ser suficientes (Lazar *et al.*, 2017).

Para esta etapa da pesquisa, optou-se pelo recrutamento de, no mínimo, três especialistas, selecionados por conveniência, para participarem da avaliação. A Tabela 12 apresenta os critérios de seleção dos especialistas.

Tabela 12 – Critérios de inclusão e exclusão dos especialistas.

Critérios de Inclusão	Critérios de Exclusão
Ter idade mínima de 21 anos	Ter menos de 21 anos
Possuir formação em nível de pós-graduação	Não possuir formação em nível de pós-graduação
Atuar ou ter atuado nas áreas de Computação, Música, Design ou IHC	Nunca ter atuado nas áreas de Computação, Música, Design ou IHC

Fonte: elaborado pelo autor.

A idade mínima de 21 anos foi definida com o intuito de assegurar um nível mínimo de maturidade pessoal e acadêmica. Considerando que os participantes seriam responsáveis por avaliações críticas de cunho metodológico, tornou-se essencial selecionar indivíduos com formação superior completa e experiência em suas respectivas áreas de atuação.

7.2 Procedimentos da Avaliação

Os especialistas receberam dois documentos por e-mail: um deles apresentava detalhadamente o processo Thunder – incluindo suas quatro fases iniciais (Conceitualização, Prototipação, Implementação e Avaliação), acompanhadas de um diagrama ilustrativo –, enquanto o segundo, de leitura opcional, descrevia a aplicação preliminar do Thunder na criação de duas visualizações musicais alternativas, servindo como referência prática. Após a leitura dos materiais, os participantes foram convidados a responder um questionário online de avaliação do Thunder.

O questionário foi elaborado com o objetivo de avaliar a clareza metodológica, a viabilidade e a efetividade do Thunder na estruturação de visualizações musicais. A estrutura do instrumento foi dividida em duas seções: a primeira coletava dados demográficos e de formação profissional, incluindo idade, gênero, área acadêmica, nível de experiência e familiaridade prévia com visualizações musicais.

A segunda seção foi dedicada à avaliação do processo Thunder como um todo e de cada uma de suas quatro fases: Conceitualização, Prototipação, Implementação e Avaliação. Na fase de Conceitualização, foram avaliadas a clareza dos métodos de identificação emocional, a efetividade da associação livre de palavras e do mapeamento emocional proposto por COWEN *et al.*, bem como o papel dos *moodboards* e esboços na definição da direção artística. A fase de Prototipação foi analisada quanto à distinção entre níveis de fidelidade, ao refinamento iterativo e à clareza das instruções para o desenvolvimento dos protótipos. A fase de Implementação

foi avaliada em relação à viabilidade técnica, à flexibilidade para ajustes e à adequação das ferramentas e bibliotecas sugeridas. Por fim, a fase de Avaliação considerou a efetividade das sessões de *feedback*, a estruturação dos métodos de teste e a integração de métricas qualitativas e quantitativas de UX.

Cada seção do questionário incluiu campos abertos para comentários adicionais, permitindo que os especialistas destacassem eventuais desafios e sugerissem melhorias no processo.

7.3 Análise de Dados

As respostas quantitativas provenientes das questões fechadas do questionário foram analisadas por meio de estatísticas descritivas, com o intuito de mensurar o grau de consenso quanto à clareza, coerência metodológica e aplicabilidade do processo Thunder. Os dados qualitativos foram submetidos a uma análise temática indutiva, com o objetivo de identificar percepções relevantes e sugestões recorrentes. A primeira etapa consistiu em uma codificação aberta de todas as respostas textuais, realizada pelo autor deste trabalho, cujos códigos foram posteriormente agrupados em temas mais amplos com base em similaridades conceituais. Em seguida, uma segunda rodada de codificação foi conduzida para o refinamento das definições temáticas. Para reforçar a confiabilidade do processo, toda a análise foi revisada pela orientadora desta pesquisa com mais de 10 anos de experiência em IHC e aplicação de métodos qualitativos.

As percepções extraídas de ambas as fontes de dados subsidiaram discussões estruturadas com o autor desta pesquisa e sua orientadora, nas quais foram interpretados *feedbacks* ambíguos, resolvidas possíveis contradições e avaliadas as implicações das sugestões de aprimoramento. Esse processo reflexivo permitiu refinamentos iterativos fundamentados tanto nas contribuições dos especialistas quanto na lógica de projeto que sustenta o Thunder. O processo de refinamento é apresentado em detalhes no Capítulo 9.

7.4 Resultados da Avaliação com Especialistas

Três especialistas participaram da avaliação, trazendo formações acadêmicas e trajetórias profissionais complementares. A Tabela 13 resume as informações sobre cada participante envolvido no estudo, incluindo faixa etária, gênero, formação acadêmica, área de atuação, tempo de experiência e envolvimento prévio com visualizações musicais.

Tabela 13 – Perfil dos Participantes da Avaliação por Especialistas

ID	Faixa Etária	Gênero	Formação	Área de Atuação	Experiência com Visualizações Musicais
1	40–49	Masculino	Doutorado	Mais de 10 anos de experiência em Design, Computação e IHC.	Desenvolveu uma instalação multimídia que transforma áudio (via transformadas de Fourier) em animações em tempo real.
2	30–39	Feminino	Doutorado	3 a 5 anos de experiência em IHC.	Investigou aspectos performativos e participou de apresentações ao vivo com visualizações musicais.
3	40–49	Masculino	Doutorado	Mais de 10 anos de experiência em Música e Computação.	Trabalhou com métodos orientados a objetos para traduzir estruturas sonoras (como ritmos de Bossa Nova) em formas visuais.

Fonte: elaborado pelo autor.

De modo geral, o grupo de especialistas apresentou sólida formação acadêmica – todos possuem doutorado – e atua em campos interdisciplinares, especialmente Design, Computação, IHC e Música. Dois participantes possuem mais de uma década de experiência em projetos que integram Computação e Música, e todos já estiveram envolvidos com visualizações musicais, seja por meio da criação de ferramentas multimídia, investigações performativas ou análises musicais.

As idades variam entre 30 e 49 anos e em relação ao gênero, participaram dois homens e uma mulher. Embora cada especialista tenha um foco distinto (Design, Computação, IHC, Música), a combinação dessas perspectivas complementares contribui para uma compreensão abrangente das exigências e possibilidades envolvidas, ampliando a profundidade conceitual da aplicação do Thunder em contextos criativos e técnicos.

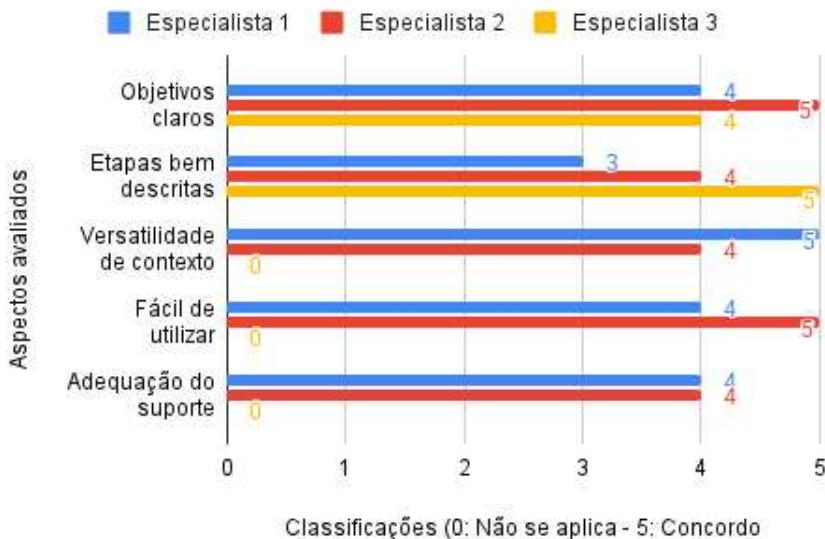
7.4.1 Resultados da Análise Quantitativa

A avaliação quantitativa do Thunder foi dividida em cinco seções: avaliação geral e avaliações das fases conceitualização, prototipação, avaliação e implementação. Os resultados são apresentados nas subseções a seguir.

7.4.1.1 Avaliação Geral

Conforme ilustrado na Figura 26, os resultados indicam que o Thunder é bem estruturado e apresenta forte potencial de aplicação em diferentes contextos, com os especialistas destacando sua clareza e flexibilidade.

Figura 26 – Aspectos gerais do Thunder avaliados por cada especialista.



Fonte: elaborado pelo autor.

A clareza dos objetivos do Thunder foi bem avaliada ($M = 4,33$; $DP = 0,58$; $Mín = 4$; $Máx = 5$), indicando que seu propósito está claramente definido. Da mesma forma, a compreensão das etapas do processo também foi avaliada positivamente ($M = 4$; $DP = 1$; $Mín = 3$; $Máx = 5$), o que demonstra que, embora o processo seja detalhado e sistemático, certos aspectos ainda podem ser enfatizados para maior clareza. Um dos especialistas sugeriu que a fase de avaliação poderia ser diferenciada de forma mais evidente em relação às etapas centrais do processo, uma vez que sua recorrência pode gerar confusão. Isso indica uma oportunidade de aprimorar a forma como a natureza iterativa da avaliação é comunicada no Thunder.

A aplicabilidade do processo em diferentes contextos recebeu notas elevadas da maioria dos especialistas ($M = 3$; $DP = 2,65$; $Mín = 0$; $Máx = 5$), que reconheceram sua versatilidade. A abrangência foi percebida como uma força, permitindo a aplicação do Thunder em distintos cenários. A capacidade do processo de acomodar diferentes abordagens para o mapeamento entre elementos sonoros e visuais também foi valorizada, reforçando sua relevância em contextos interdisciplinares. Da mesma forma, a facilidade de utilização foi bem avaliada (M

= 3; DP = 2,65; Mín = 0; Máx = 5), com os especialistas destacando a estrutura metodológica clara do processo. Os resultados sugerem que o Thunder fornece uma abordagem consistente para orientar profissionais, mantendo margem para adaptações. O modelo de avaliação de conteúdos emocionais musicais também foi bem recebido, em especial por considerar diferentes estados afetivos como parte da estrutura do processo.

Um dos especialistas atribuiu score 0 as categorias: versatilidade de contexto, facilidade de utilização e adequação do suporte. De acordo com os comentários qualitativos, o score 0 em versatilidade sugere que o processo poderia se beneficiar de uma diferenciação mais clara quanto aos cenários de aplicação pretendidos – se limitados a visualizações musicais ou estendidos a outras mídias artísticas e interativas. Já os scores 0 em usabilidade e suporte podem estar relacionadas a desafios práticos no desenvolvimento de protótipos de média e alta fidelidade, sugerindo que diretrizes ou ferramentas adicionais poderiam ser úteis. Tais considerações apontam áreas para aprimoramento, especialmente no fornecimento de recursos explícitos para apoiar a criação e validação de protótipos.

Por fim, a suficiência dos recursos oferecidos pelo Thunder para profissionais foi positivamente avaliada ($M = 2,67$; DP = 2,31; Mín = 0; Máx = 4), confirmando que o processo fornece uma base abrangente para aplicação. A análise também destacou a importância de integrar diferentes critérios analíticos – objetivos e subjetivos – a fim de fortalecer ainda mais o processo, especialmente nas etapas finais, em que avaliações mais profundas são necessárias. Endereçar essas considerações pode ampliar ainda mais a robustez do Thunder como um processo de design.

7.4.1.2 Análise da Etapa 1: Conceitualização

A fase de Conceitualização recebeu *feedback* positivo por parte dos especialistas, conforme ilustrado na Figura 27. Os resultados indicam que os métodos e atividades dessa etapa foram geralmente percebidos como relevantes ou muito relevantes, reforçando sua efetividade na estruturação das etapas iniciais do design de visualizações musicais.

A identificação das emoções evocadas pela música foi um dos aspectos mais bem avaliados, sendo consistentemente classificada como altamente relevante. Isso indica que o processo contribui de forma eficaz para que os designers construam uma base emocional sólida para suas decisões criativas. É importante destacar que, assim como em todas as etapas do Thunder, a identificação emocional não é automatizada — trata-se de uma tarefa interpretativa

Figura 27 – Aspectos da etapa de Conceitualização avaliados pelos especialistas.



Fonte: elaborado pelo autor.

realizada pelo designer. O papel do Thunder, nesse caso, não é conduzir essa análise, mas integrá-la ao desenvolvimento de visualizações emocionalmente coesas, conectando os repertórios afetivos à linguagem visual adotada.

Dois instrumentos complementares apoiam esse processo de identificação: a associação livre de palavras e o mapa emocional de músicas (Cowen *et al.*, 2020). A associação livre permite que o designer externalize suas respostas afetivas imediatas e intuitivas à música, capturando impressões emocionais brutas. Essa técnica aberta favorece uma conexão personalizada e exploratória com o conteúdo musical.

O mapa emocional de músicas (Cowen *et al.*, 2020) fornece uma referência empírica estruturada. Designers exploram interativamente a distribuição espacial de amostras de áudio previamente classificadas, cada uma associada a categorias emocionais em 13 dimensões. Ao escutar as amostras e compará-las com trechos da música selecionada, os designers identificam manualmente quais agrupamentos emocionais mais se alinham à intencionalidade expressiva da composição. As dimensões escolhidas são então registradas e utilizadas para orientar a narrativa emocional da visualização.

Esses dois métodos combinam percepção subjetiva e fundamentação empírica. Enquanto a associação livre possibilita *insights* pessoais e contextuais, o mapa emocional oferece referenciais afetivos derivados de dados em larga escala. Essa abordagem permite que os designers realizem uma análise emocional rica, alinhada aos seus objetivos criativos.

A definição do estilo artístico com base nas emoções identificadas também foi positivamente avaliada, enfatizando seu papel prático em garantir coerência entre interpretação afetiva e representação visual. Ademais, o uso de *moodboards* para consolidar emoções e direção artística em referências visuais coesas foi amplamente reconhecido como uma etapa essencial para manter a consistência ao longo do processo de design.

O uso de esboços iniciais para traduzir ideias conceituais em visualizações preliminares também recebeu apoio expressivo, sendo considerado um elo eficaz entre a exploração conceitual e as etapas subsequentes de prototipação. Além disso, a coerência geral entre as subetapas da fase de conceitualização e sua integração ao processo Thunder como um todo foi positivamente avaliada, indicando que o processo consegue manter continuidade lógica entre suas etapas.

7.4.1.3 Análise da Etapa 2: Prototipação

A fase de Prototipação também recebeu avaliações positivas dos especialistas, conforme ilustrado na Figura 28. Os resultados indicam que os avaliadores consideram essa etapa valiosa para o refinamento e aprimoramento das visualizações musicais, com notas variando entre relevante e muito relevante.

Figura 28 – Aspectos da etapa Prototipação avaliados pelos especialistas.



Fonte: elaborado pelo autor.

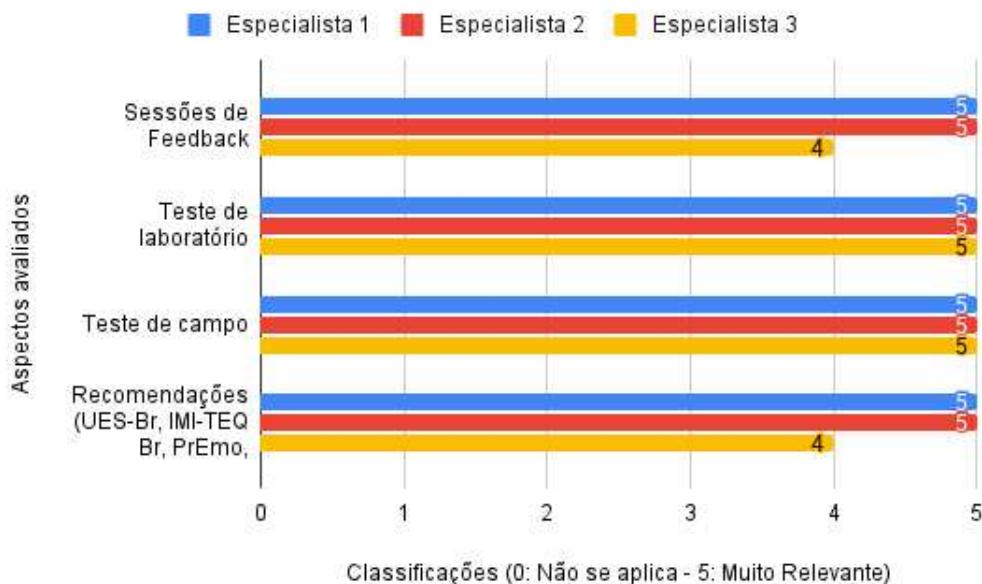
A estruturação dos protótipos de média e alta fidelidade foi amplamente bem recebida, demonstrando que a diferenciação entre esses dois níveis de fidelidade está clara para a maioria dos avaliadores. Além disso, os resultados esperados da fase foram considerados bem definidos

e alcançáveis, reforçando a efetividade das diretrizes propostas pelo Thunder. Os especialistas também destacaram que as conexões entre as subetapas da prototipação e o processo como um todo são coerentes, validando a integração dessas etapas no processo geral.

7.4.1.4 Análise da Etapa 3: Avaliação

A Figura 29 resume os resultados da avaliação da etapa de Avaliação, destacando sua efetividade no refinamento de visualizações musicais por meio de ciclos estruturados de *feedback* e métodos de validação. Os especialistas atribuíram notas altas para as sessões iterativas de *feedback*, testes em laboratório e testes em campo, reforçando a importância dessas etapas na melhoria do design final.

Figura 29 – Aspectos da etapa Avaliação avaliados pelos especialistas.



Fonte: elaborado pelo autor.

As sessões estruturadas de *feedback* foram bem avaliadas ($M = 4,67$; $DP = 0,58$; $Mín = 4$; $Máx = 5$), confirmando sua utilidade na orientação de ajustes no design. Os especialistas reconheceram também a clareza das sessões após a conceitualização e a transição entre os protótipos de média e alta fidelidade, embora alguns tenham sugerido ajustes pontuais para aumentar a especificidade do que cada sessão deve englobar. De modo semelhante, a integração do *feedback* do público nas etapas finais foi considerada prática e bem documentada.

Os métodos de teste em laboratório receberam forte apoio ($M = 5$; $DP = 0$; $Mín = 5$; $Máx = 5$), validando sua estrutura e adequação para a avaliação da experiência do usuário. No

entanto, um especialista atribuiu um score mais baixo (1) para a descrição do teste de campo, possivelmente indicando a necessidade de diretrizes mais detalhadas sobre sua implementação e seu papel na avaliação do impacto emocional em contextos reais.

A combinação de métodos quantitativos e qualitativos sugeridos foi, em geral, considerada suficiente ($M = 4,67$; $DP = 0,58$; $Mín = 4$; $Máx = 5$), embora um especialista tenha marcado esse aspecto como "Não se aplica"(0), o que pode indicar incerteza quanto à aplicabilidade direta em determinados casos. Isso revela uma oportunidade de esclarecer como tais métodos se integram à estratégia de avaliação mais ampla do Thunder.

7.4.1.5 Avaliação da Etapa 4: Implementação

A avaliação da fase de Implementação destacou seu papel na transposição das visualizações concebidas para aplicações funcionais. Os especialistas forneceram *feedbacks* diversos, com a maioria dos aspectos recebendo avaliações positivas, mas também sendo identificadas oportunidades de aprimoramento.

As conexões entre a implementação e as etapas anteriores foram bem avaliadas ($M = 4,67$; $DP = 0,58$; $Mín = 4$; $Máx = 5$), sugerindo que o processo garante coerência ao longo do desenvolvimento. A flexibilidade para ajustes técnicos foi reconhecida como um ponto forte ($M = 2,67$; $DP = 2,52$; $Mín = 0$; $Máx = 5$), demonstrando que o processo permite refinamentos sem comprometer a experiência final. Da mesma forma, as ferramentas e bibliotecas sugeridas foram consideradas adequadas a diferentes contextos ($M = 4,33$; $DP = 0,58$; $Mín = 4$; $Máx = 5$), o que reforça a adaptabilidade da fase de implementação.

Entretanto, um especialista atribuiu scores significativamente mais baixos (0, 1) a certos aspectos, especialmente no que se refere à clareza das diretrizes de execução, recomendações técnicas e resultados esperados. Isso sugere que a fase de implementação pode demandar documentação adicional ou exemplos práticos que aprimorem sua aplicabilidade. Além disso, a diversidade de abordagens para produção de visualizações musicais levanta questionamentos sobre a pertinência da manutenção da implementação como etapa central do Thunder. Dada a ampla gama de tecnologias, plataformas e direções artísticas que podem influenciar a implementação, mantê-la como uma fase separada e adaptável pode permitir que o Thunder se concentre mais efetivamente no design de visualizações, em vez de prescrever caminhos técnicos específicos.

7.4.2 Resultados da Análise Qualitativa

A análise temática qualitativa das opiniões dos especialistas permitiu identificar temas-chave relacionados à clareza, adaptabilidade, estruturação do processo, estratégias de avaliação e aplicação prática do Thunder (ver Apêndice E). Esses *insights* orientaram os refinamentos no processo, garantindo uma abordagem mais estruturada e amigável ao usuário, sem comprometer sua flexibilidade.

7.4.2.1 Melhoria da Coerência e Transparência do Processo

Os especialistas recomendaram deixar mais evidente quais elementos – especialmente os sonoros, mas também os visuais e emocionais – são abordados em cada etapa, a fim de facilitar a compreensão e evitar que o processo pareça excessivamente genérico. Para isso, foram incorporados ícones nas atividades do processo, permitindo que designers identifiquem facilmente os componentes relevantes em cada fase.

Além disso, um dos especialistas sugeriu integrar os métodos de avaliação recomendados (como PrEmo, UES-Br, IMI-TEQ-Br) diretamente ao diagrama do processo. Contudo, optou-se por não incluí-los graficamente, a fim de preservar a flexibilidade do Thunder, uma vez que a escolha dos instrumentos deve depender dos objetivos específicos de comunicação emocional de cada visualização. Como alternativa, foi incorporado o *framework* DECIDE (Rogers *et al.*, 2023), que orienta de maneira estruturada e adaptável as subatividades de Testes de Laboratório e Campo.¹

Outras preocupações referiram-se à distinção entre as fases do Thunder, em especial a de avaliação. Dois especialistas destacaram que o fluxo de trabalho precisava de diferenciações mais claras entre avaliações iterativas e as transições entre conceitualização, prototipação e testes. Para resolver essa questão, incluiu-se uma seção de cabeçalho com descrições objetivas para cada etapa, destacando seu propósito e os participantes envolvidos. Ademais, elementos de tomada de decisão – como declarações condicionais – foram inseridos para reforçar a estrutura lógica, e atividades de avaliação foram divididas em subatividades para maior clareza.

¹ O *framework* DECIDE (Rogers *et al.*, 2023) é um método sistemático amplamente utilizado em IHC para planejar e conduzir avaliações. É composto por seis etapas bem definidas que ajudam designers e pesquisadores a estruturar suas avaliações desde a definição dos objetivos até a análise dos resultados. Sua natureza estruturada, mas flexível, alinha-se à filosofia iterativa e centrada no usuário do Thunder, oferecendo consistência metodológica sem comprometer a adaptabilidade.

7.4.2.2 Refinamento da Estrutura e da Adaptabilidade do Processo

O especialista nas áreas de Computação e Música expressou preocupação quanto à relação entre tempo musical e representação visual, apontando que diversas músicas passeiam por diferentes momentos emocionais com diferentes durações. Para endereçar essa questão, foi incorporada uma subetapa de mapeamento destinada a estabelecer uma correlação estruturada entre tempo musical e elementos visuais. Essa atividade foi integrada às fases de conceitualização e prototipação, aprimorando a clareza na tradução de múltiplos contextos emocionais da música para o plano visual.

Adicionalmente, a fase de implementação foi amplamente debatida, o que resultou em refinamentos significativos na estrutura do Thunder. Com base no *feedback* qualitativo e quantitativo, decidiu-se pela retirada da implementação do fluxo principal do Thunder. Dada a diversidade de abordagens na criação de visualizações musicais – envolvendo diferentes tecnologias, plataformas e direções artísticas – seria inviável definir um caminho único de implementação. Assim, adotou-se uma abordagem de "caixa preta", em que, após os testes de laboratório, o processo segue para a implementação e retorna posteriormente para os testes em campo. Essa decisão visa preservar a flexibilidade do Thunder, permitindo que usuários integrem suas próprias estratégias de implementação conforme suas necessidades.

7.4.2.3 Fortalecimento da Formação do Designer e da Acessibilidade ao Conhecimento

Dois especialistas enfatizaram a importância de garantir que os designers tenham formação adequada antes de aplicar o Thunder. Eles destacaram que o uso eficaz do processo exige conhecimento prévio sobre metodologias de avaliação, mapeamentos emocionais e abordagens de prototipação. Para isso, optou-se pela criação de uma ferramenta de apoio ao processo que visa disponibilizar materiais complementares como recursos sugeridos, oferecendo subsídios teóricos e práticos que ajudem os designers a aplicar o processo com mais propriedade. A ferramenta visa incluir também artigos acadêmicos sobre avaliação de IHC, vídeos e exemplos de visualizações musicais.

7.4.2.4 Direções Futuras e Expansão da Fundamentação Teórica

O especialista nas áreas de Design, Computação e IHC propôs a exploração de técnicas de modelagem como árvores de decisão ou máquinas de estados finitos, com o objetivo

de ampliar a liberdade criativa e automatizar partes da prototipação. Embora tais abordagens apresentem potencial, encontram-se atualmente fora do escopo imediato do projeto, podendo ser abordadas em estudos futuros.

Outra direção de investigação refere-se à acessibilidade e à inclusão em visualizações musicais. Alguns especialistas destacaram a relevância de considerar experiências artísticas acessíveis. Embora esses aspectos sejam extremamente pertinentes – principalmente no contexto de visualizações musicais –, estão fora do escopo atual do Thunder e serão indicados como caminhos para pesquisas futuras. Iterações posteriores do processo poderão explorar métodos que tornem as visualizações musicais mais inclusivas para audiências diversas, incluindo usuários com deficiências sensoriais.

7.5 Conclusão

A avaliação com especialistas revelou que o Thunder, em sua versão preliminar, já apresentava estrutura metodológica clara, coerência entre as fases e forte potencial de aplicação prática. No entanto, foram identificadas oportunidades de refinamento, como a necessidade de tornar mais explícitos os elementos sonoros e emocionais abordados em cada etapa, melhorar a distinção entre os ciclos de avaliação e oferecer maior apoio à formação dos designers. Com base nessas contribuições, ajustes específicos foram realizados, incluindo a reorganização visual do processo, o detalhamento de subetapas, a retirada da fase de implementação do fluxo principal e a criação de uma ferramenta de apoio. Assim, conclui-se esta etapa com uma versão final do Thunder mais consistente, acessível e alinhada aos desafios apontados pelos especialistas – ajustada com base nas recomendações recebidas e apresentada no capítulo seguinte.

8 O PROCESSO THUNDER

O Thunder é um processo de design estruturado e iterativo, desenvolvido para a criação de visualizações musicais com foco na comunicação emocional. A versão refinada (ver Figura 30) parte da abordagem centrada no usuário da versão original, incorporando o *feedback* de especialistas para aprimorar a clareza, a estruturação do processo e o rigor na avaliação.

As principais mudanças em relação à versão anterior incluem: (1) a reestruturação da etapa Conceitualização, agora voltada à contemplação de músicas com múltiplos contextos emocionais por meio de atividades de mapeamento; (2) a remoção da etapa Implementação como etapa central, conferindo maior flexibilidade para adaptação técnica e contextual; (3) a inserção de ciclos de *feedback* mais estruturados, garantindo que os refinamentos ocorram de forma sistemática a partir de avaliações de designers externos; (4) a inclusão de listas com critérios específicos para orientar o avanço entre as etapas; e (5) a expansão das subatividades do Teste em Laboratório e Teste de Campo da etapa Avaliação, que passa a incorporar o *framework* DECIDE para estruturar o planejamento.

A versão refinada do Thunder é composta por três etapas principais: Conceitualização, Prototipação e Avaliação. Cada etapa garante uma abordagem rigorosa para o design de visualizações musicais emocionalmente envolventes.

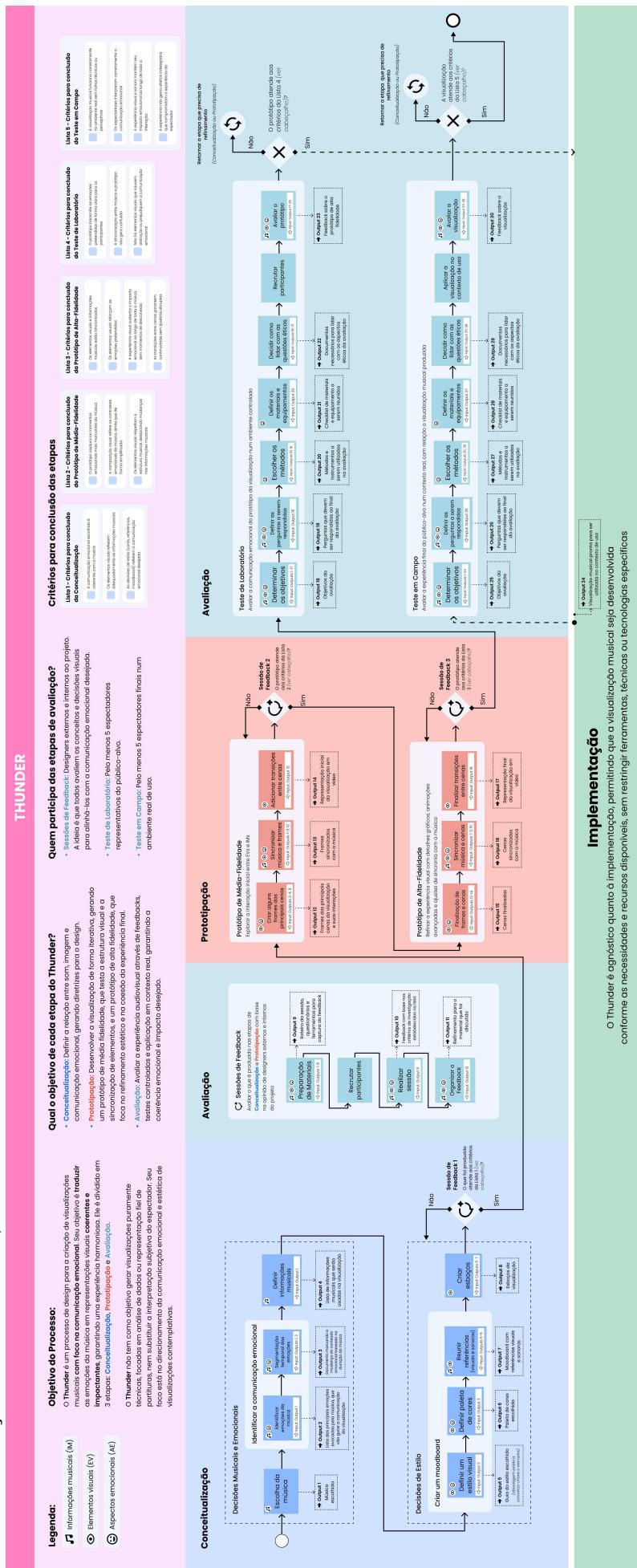
8.1 Etapa 1: Conceitualização - Definindo a Comunicação Emocional

A primeira etapa estabelece a base da visualização, definindo a intenção emocional e a estética visual do projeto. Diferentemente da versão anterior, essa fase agora separa explicitamente as decisões musicais e emocionais das decisões estéticas, assegurando que a comunicação emocional da música oriente as escolhas visuais, em vez de ocorrerem em paralelo.

Decisões Musicais e Emocionais: O(a) designer seleciona uma peça musical e analisa seu conteúdo emocional. Um refinamento central nesta versão do Thunder é o mapeamento temporal explícito das emoções ao longo da música. Isso garante que músicas com múltiplos contextos emocionais sejam representadas de forma precisa. Ao segmentar a obra em fases emocionais, o(a) designer pode estruturar a visualização para refletir essas transições de forma dinâmica.

Decisões Estéticas: Com o mapeamento emocional concluído, o(a) designer avança para as escolhas artísticas, garantindo que o estilo visual selecione e reforce a mensagem

Figura 30 – Thunder, um Processo de Design para Criação de Visualizações Musicais focadas na Comunicação Emocional da Música (aproxime para uma visualização mais detalhada).



Fonte: elaborado pelo autor.

Implementação

O mundo é um sistema que é o resultado de um processo que o vislumbra e o modifica, penitente que o vislumbra e o modifica

Tabela 14 – Correspondência entre temas da avaliação qualitativa e refinamentos implementados no Thunder

Tema da Avaliação	Descrição	Refinamento (Implementado)
Melhoria da Coerência	Necessidade de tornar mais visível a relação entre mídia sonora, elementos visuais e fases do processo.	Inclusão de ícones representando sons, emoções e visuais em cada atividade; cabeçalhos com propósito de cada etapa.
Transparência do Processo	Falta de clareza sobre o papel de cada fase e sobre a relação com o público e objetivos emocionais.	Inserção do <i>framework</i> DECIDE na fase de Avaliação; detalhamento da definição de objetivos e públicos por etapa.
Refinamento da Estrutura do Processo	Sugestão de reorganizar etapas e explicitar subetapas para maior clareza e fluidez do processo.	Redefinição das etapas principais (removendo a Implementação); inclusão de subetapas e declarações condicionais.
Preparação do Designer	Preocupações com a formação dos designers para aplicação adequada do Thunder.	Desenvolvimento de uma ferramenta de apoio com materiais complementares teóricos e práticos.
Expansão da Fundamentação Teórica	Demandas por maior embasamento nas decisões estéticas e emocionais.	Adição de recomendações bibliográficas na ferramenta de apoio.
Adequação da Fase de Implementação	Divergência sobre a centralidade dessa etapa devido à variabilidade técnica entre projetos.	Implementação reposicionada como etapa externa e flexível, fora do fluxo principal do Thunder.
Representação de múltiplos contextos emocionais	Dificuldade em representar músicas com várias mudanças afetivas ao longo do tempo.	Introdução de subatividade de mapeamento temporal de emoções na etapa Conceitualização.

Fonte: elaborado pelo autor.

emocional da música. O processo refinado oferece orientações mais claras para a construção de *moodboards* e esboços, alinhando estética e som antes da etapa de prototipação.

8.2 Etapa 2: Prototipação - Refinamento Iterativo da Visualização

A fase de prototipação manteve sua estrutura básica, dividida em dois níveis: Prototipação de Média Fidelidade e Prototipação de Alta Fidelidade.

Prototipação de Média Fidelidade: Corresponde à primeira representação animada da visualização, incorporando os principais pontos de interação entre música e animação. O protótipo inicial utiliza uma paleta de cores simplificada, transições visuais básicas e uma

primeira tentativa de sincronização entre os elementos musicais e visuais. Nesta etapa, é conduzida uma sessão de *feedback* com designers externos, que avaliam se o protótipo comunica adequadamente as emoções pretendidas, se as decisões estéticas auxiliam na compreensão e se os elementos musicais foram traduzidos com sucesso em interações visuais.

Prototipação de Alta Fidelidade: O processo evolui para uma visualização mais refinada, incorporando os ajustes derivados do *feedback* anterior. Essa versão do protótipo abrange a animação completa da peça musical, apresenta melhorias visuais e define com clareza os elementos interativos. O protótipo de alta fidelidade é a representação mais próxima do produto final antes da implementação.

8.3 Etapa 3: Avaliação - Verificando Impacto Emocional e Coerência do Design

A fase de avaliação assume um papel mais estruturado na versão refinada do Thunder, garantindo que o *feedback* seja incorporado de forma contínua ao longo do processo. A estrutura geral da etapa foi mantida, dividida em três atividades: Sessões de *Feedback*, Testes de Laboratório e Testes de Campo.

Sessões de Feedback: Ocorrem após a fase de conceitualização e ao longo da prototipação, com a participação de designers externos. O objetivo é avaliar a eficácia da comunicação emocional, a coerência das decisões estéticas e a integração entre elementos musicais e visuais.

Testes de Laboratório: Essa atividade avalia as respostas emocionais dos usuários em ambiente controlado, bem como a eficácia dos elementos interativos. Diferentemente da versão anterior, o Thunder agora incorpora os passos do *framework* DECIDE como subatividades, permitindo o planejamento estruturado da avaliação – desde a seleção de participantes até a coleta e análise dos dados.

Testes de Campo: Após a implementação, a visualização passa por uma avaliação em contexto real, validando seu impacto emocional. O diagrama refinado do Thunder explicita a possibilidade de reiterações nessa etapa, indicando que resultados insatisfatórios podem demandar novos refinamentos e testes antes da finalização do projeto. O *framework* DECIDE também foi adotado aqui para estruturar o planejamento, a execução e a análise dos resultados.

8.4 Implementação - Uma Etapa Externa e Flexível

Na versão refinada do Thunder, a implementação deixa de ser uma etapa fixa interna ao processo, como na versão preliminar, e passa a ser concebida como uma etapa externa e adaptável. Essa decisão parte do reconhecimento de que a implementação está sujeita a uma série de variáveis técnicas, contextuais e logísticas que variam amplamente entre os cenários de aplicação. Mantê-la como uma fase prescritiva poderia comprometer a versatilidade do processo e limitar a atuação de designers em diferentes condições.

Ao externalizar essa etapa, o Thunder permite que a visualização final seja desenvolvida por meio de diversas estratégias de implementação. Seja como sistema em tempo real (Graf *et al.*, 2021), animação renderizada (DISNEY, 1940), instalação audiovisual (Erdmann *et al.*, 2025) ou experiência interativa em navegador (Lee; Hong, 2025), a escolha do meio permanece aberta à adaptação, assegurando que as intenções emocionais e estéticas definidas no design sejam preservadas, independentemente da tecnologia utilizada.

Essa flexibilidade reforça o foco do Thunder na comunicação emocional e no design expressivo, reconhecendo que a fase de implementação geralmente envolve colaborações multidisciplinares e é moldada por fatores como infraestrutura, cronograma de produção e formato de exibição. Em vez de prescrever um modo único de execução, o Thunder encoraja os designers a tratem a implementação como uma extensão do raciocínio de design, adaptado ao contexto, ampliando sua aplicabilidade em diferentes cenários criativos e tecnológicos.

9 PASSO 6: DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DO GUIA DE USO DO THUNDER

A avaliação com especialistas indicou que, apesar da clareza metodológica e do foco na comunicação emocional do processo Thunder, sua aplicação prática exige conhecimentos prévios nem sempre dominados pelos designers. Foram destacadas lacunas relativas à avaliação de experiências, mapeamentos emocionais e prototipação, sinalizando a necessidade de um suporte adicional para garantir a efetividade do processo.

Diante desse cenário, desenvolveu-se uma ferramenta de apoio com conteúdos formativos e recursos de orientação, visando facilitar a aplicação do Thunder em contextos diversos, especialmente na ausência de mediação direta. O Guia de Uso do Thunder foi estruturado como um ambiente interativo que reúne artigos, vídeos, exemplos práticos e funcionalidades que acompanham e registram o andamento do projeto. Mais do que um repositório, o guia oferece suporte operacional e conceitual em todas as fases do processo – da Conceitualização à Avaliação – permitindo que os usuários documentem decisões, acessem materiais complementares e mantenham um histórico estruturado de seu projeto. Este capítulo descreve as tecnologias utilizadas, funcionalidades e os resultados da avaliação de usabilidade, alinhando-se ao objetivo específico 6 (OE6).

A construção do Guia de Uso do Thunder (ver Figura 31) seguiu uma abordagem iterativa, com ciclos curtos de desenvolvimento e refinamento. A definição dos requisitos funcionais e não funcionais (ver Apêndice H) foi orientada pelas recomendações dos especialistas e pela organização em passos da versão refinada do Thunder, com foco em facilitar a aplicação prática do processo. As funcionalidades iniciais priorizaram a documentação das decisões criativas, o gerenciamento de referências visuais, o acompanhamento por etapas e a geração de relatórios.

Optou-se pelo desenvolvimento de uma aplicação *desktop*, considerando que o processo envolve o uso intensivo de imagens, vídeos e áudios que podem estar sujeitos a direitos autorais. A adoção de uma solução em nuvem exigiria infraestrutura robusta para armazenamento e controle de acesso de múltiplos usuários, o que foi considerado pelo autor desta pesquisa como inviável neste estágio. A versão local permite que cada usuário armazene seus dados com segurança em sua própria máquina, mantendo controle total sobre os arquivos e possibilitando a execução autônoma de todas as etapas do processo.

A aplicação foi implementada com o *framework* React (META OPEN SOURCE,

Figura 31 – Interface do Guia de Uso do Thunder (aproxime para uma visualização mais detalhada). No topo: (à esquerda) página inicial apresentando o Guia de Uso; (à direita) apresentação dos passos do Thunder com status de completude. Abaixo: (à esquerda) exemplo de página do passo protótipo de média fidelidade; (à direita) interface de exportação do relatório final em PDF.

The figure displays four screenshots of the Thunder application interface:

- Top Left (Initial Page):** Shows the "Guia de Uso do Thunder" (User Guide) with a brief description of the application's purpose and how it helps users through the Thunder process.
- Top Right (Process Steps):** Displays a grid of cards representing 10 steps of the Thunder process. Each card includes an icon, a title, a brief description, and a progress bar indicating completion status (e.g., "Em Andamento" - In Progress, "Não iniciado" - Not Started).
- Bottom Left (Prototype Documentation):** Shows a page for documenting the "Protótipo de Média Fidelidade" (Media Fidelity Prototype). It includes a section for uploading images related to the prototype's development.
- Bottom Right (PDF Export):** Shows a screenshot of a PDF document titled "2. Decisões de Estilo" (Style Decisions), which is part of the "Decisões de Estilo" (Style Decisions) step. The PDF includes sections for "Palavra de Cores" (Color Word) and "Referências" (References).

Fonte: elaborado pelo autor.

2024), utilizando TypeScript (MICROSOFT, 2024) para garantir tipagem estática e maior robustez no código. A versão *desktop* foi viabilizada por meio do framework Electron (OPENJS FOUNDATION, 2024), que permite empacotar aplicações web como programas nativos compatíveis com Windows, macOS e Linux. Além disso, a aplicação inclui suporte a múltiplos idiomas por meio da biblioteca i18next (MÜHLEMANN, 2024), geração de relatórios em PDF com o uso de @react-pdf/renderer (MURACCIOLE, 2024), e armazenamento local persistente com electron-store (SORHUS, 2024).

O refinamento da ferramenta ocorreu ao longo de reuniões periódicas entre o autor da pesquisa e sua orientadora, nas quais foram discutidas e testadas diferentes abordagens para a estruturação das funcionalidades, organização dos conteúdos e adequação da interface às necessidades de designers com diferentes níveis de familiaridade com o Thunder.

Após o desenvolvimento da versão funcional da ferramenta, foi conduzida uma avaliação de usabilidade com participantes externos, visando identificar potenciais barreiras de

uso e oportunidades de melhoria.

9.1 Avaliação de Usabilidade

Participaram desta etapa sete pessoas selecionadas por conveniência, todas com formação acadêmica de nível superior em andamento ou completo nas áreas de Design, Computação ou IHC. A amostra foi composta majoritariamente por participantes da região Nordeste do Brasil, com experiência prévia em projetos de design ou pesquisa em áreas correlatas.

Foram definidos os seguintes critérios de inclusão para participação na avaliação:

- Ter no mínimo 18 anos;
- Ser alfabetizado; e
- Possuir formação ou atuação em áreas relacionadas ao Design, Computação ou IHC.

Foram estabelecidos também os seguintes critérios de exclusão:

- Participantes com menos de 18 anos;
- Pessoas não alfabetizadas;
- Indivíduos que não possuem formação ou atuação em áreas relacionadas ao Design, Computação ou IHC.

Todos os participantes foram convidados a realizar a avaliação de forma remota e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), garantindo o sigilo das informações e a possibilidade de desistência a qualquer momento sem prejuízo à pesquisa.

9.1.1 Métodos e Instrumentos

A avaliação foi conduzida com o apoio de três instrumentos complementares, que permitiram analisar diferentes dimensões da experiência de uso: o SUMI, o IMI-TEQ-Br e um questionário *ad hoc*.

O SUMI (Kirakowski *et al.*, 1993) é uma escala padronizada para avaliação de usabilidade e experiência do usuário. Contém 50 afirmações com três opções de resposta (“Concordo”, “Não sei” e “Discordo”), gerando escores em cinco dimensões (Eficiência, Afeto, Ajuda Percebida, Controle e Facilidade de Aprendizado) e um escore global. Os resultados seguem uma escala com média 50 e desvio padrão 10, permitindo comparações com dados internacionais. Pode ser aplicado a amostras pequenas e controladas, com resultados confiáveis a partir de cinco participantes.

O IMI-TEQ-Br foi aplicado para mensurar a motivação durante o uso da ferramenta. O questionário *ad hoc* continha sete itens avaliativos e três campos abertos. As afirmações, em escala Likert de 5 pontos, abordaram clareza do propósito, organização do processo, instruções, facilidade de uso, qualidade visual e adequação da linguagem. Os campos abertos permitiram o registro de sugestões e comentários. Esse instrumento apoiou a coleta de percepções específicas para refinamento da ferramenta.

9.1.2 Procedimentos

A avaliação foi realizada de forma remota e não moderada. Os participantes receberam um convite com instruções detalhadas por e-mail, contendo um link para download da ferramenta Guia de Uso Thunder, um arquivo em PDF com a descrição do cenário a ser seguido no teste (ver Apêndice C) e uma pasta de materiais complementares (ver Apêndice D). As orientações explicavam o objetivo do estudo, o papel do participante e a sequência esperada de atividades.

O cenário propunha que o participante assumisse o papel de um designer convidado a criar uma visualização para a música *West Coast* (REY; NOWELS, 2014), da cantora Lana Del Rey, destinada a uma instalação imersiva – entendida aqui como um espaço de projeção em larga escala que envolve o público visual e sonoramente. A escolha da canção baseou-se na familiaridade do pesquisador e em suas variações expressivas de andamento e atmosfera, que a tornam apropriada para explorar contrastes emocionais no processo de design. Utilizando a ferramenta, o participante deveria estruturar e documentar esse processo de criação com base nas etapas do Thunder. Os materiais fornecidos incluíam áudios e referências visuais para composição do *moodboard*, esboço e prototipações.

A atividade foi conduzida de forma autônoma, permitindo que cada participante explorasse a ferramenta em seu próprio ritmo e ambiente. Estimou-se um tempo total de 40 minutos, sendo cerca de 30 minutos para interação com a ferramenta e 10 minutos para preenchimento do formulário de avaliação. Após a exploração da ferramenta, os participantes foram convidados a responder aos instrumentos.

9.1.3 Análise de Dados

A análise dos dados coletados adotou uma abordagem quantitativa descritiva, considerando as especificidades metodológicas de cada instrumento aplicado. Os resultados foram

organizados em planilhas eletrônicas e analisados por meio de estatísticas descritivas.

No caso do SUMI, os scores das subescalas foram comparados à média de referência definida pelo instrumento, conforme estabelecido em sua metodologia original (Kirakowski *et al.*, 1993). Essa comparação permitiu identificar em quais dimensões a percepção dos participantes esteve acima, abaixo ou dentro do padrão de usabilidade esperado. Além disso, o SUMI também inclui questões abertas. Essas perguntas – voltadas a identificar o uso principal do software, seus pontos fortes e os aspectos que mais demandam melhorias – foram analisadas por meio de análise temática, buscando padrões e comentários recorrentes entre os participantes.

Para o IMI-TEQ-Br, os scores das subescalas foram calculados individualmente para cada participante e, em seguida, agregados por meio de estatísticas descritivas. O questionário *ad hoc* foi analisado com base nas frequências das respostas aos sete itens avaliativos em escala Likert, possibilitando identificar os aspectos da ferramenta mais bem avaliados, bem como aqueles que apresentaram maior dispersão entre os participantes. As respostas aos campos abertos foram revisadas manualmente e classificadas numa análise temática junto das respostas qualitativas do SUMI, com o intuito de agrupar sugestões, críticas e dúvidas relacionadas à usabilidade e ao fluxo da ferramenta.

9.1.4 Resultados da Avaliação de Usabilidade do Guia de Uso do Thunder

A amostra da avaliação de usabilidade foi composta por sete participantes, todos com formação e/ou atuação em áreas relacionadas à Computação, Design ou Interação Humano-Computador (IHC). A Tabela 15 apresenta a caracterização sociodemográfica dos participantes.

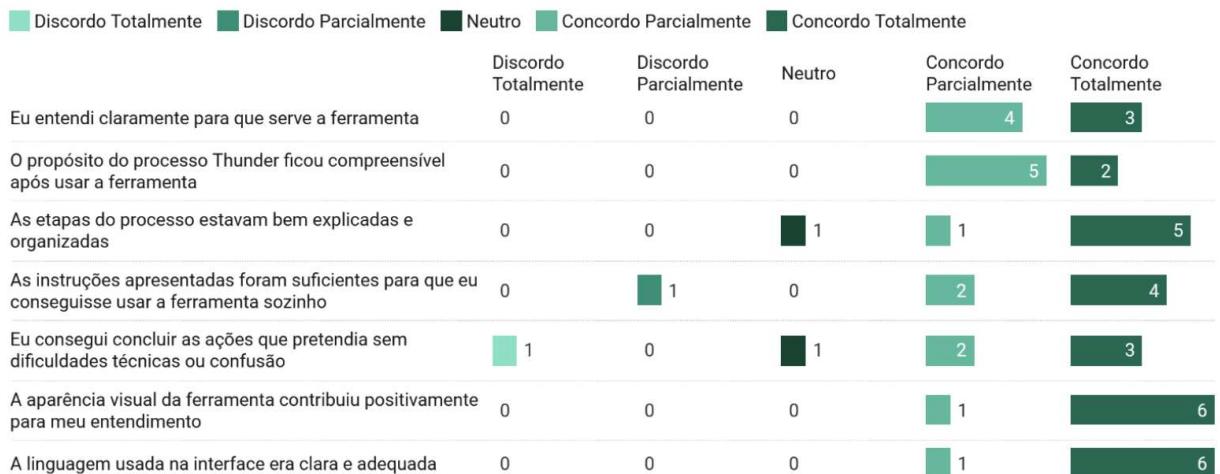
Com relação ao gênero, quatro participantes se identificaram como do sexo masculino (57%) e três como do sexo feminino (43%). Nenhum participante se identificou com outro gênero ou preferiu não declarar. A idade média foi de aproximadamente 24 anos. A faixa etária observada variou entre 20 e 30 anos, indicando um perfil relativamente jovem. Todos os participantes atuam ou possuem formação em áreas afins ao escopo do processo Thunder, como Computação, Design ou IHC, não havendo registros de participantes oriundos de outras áreas do conhecimento.

Dos sete participantes, cinco relataram já ter assistido a alguma apresentação que utilizava visualizações musicais. Apenas dois afirmaram não ter tido contato prévio com esse tipo de recurso. Apesar do interesse demonstrado, nenhum dos participantes atua diretamente na criação de visualizações musicais, tendo suas experiências sido majoritariamente como

Tabela 15 – Perfil dos participantes da avaliação de usabilidade

Gênero			
Masculino	4		($\cong 57\%$)
Feminino	3		($\cong 43\%$)
Idade			
Média	24,86		
Desvio padrão	4,10		
Mín – Máx	20 – 30		
Área de atuação (Múltipla Escolha)			
Computação	2		($\cong 29\%$)
Design	6		($\cong 86\%$)
IHC	7		(100%)
Tempo de experiência na área de atuação			
0–2 anos	4		($\cong 57\%$)
3–5 anos	2		($\cong 29\%$)
6–10 anos	1		($\cong 14\%$)

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 32 – Resultado do questionário *ad hoc* utilizado na avaliação do Guia de Uso do Thunder.

Fonte: elaborado pelo autor.

espectadores.

9.1.4.1 Avaliação Geral

A Figura 32 apresenta a distribuição das respostas ($N = 7$) ao questionário *ad hoc* elaborado para complementar a avaliação de usabilidade e clareza do Guia de Uso do Thunder. Cada item foi pontuado em escala de cinco níveis, de “Discordo totalmente” (1) a “Concordo totalmente” (5).

Os dados revelam uma avaliação amplamente positiva da ferramenta. No que se refere à compreensão da proposta, todos os participantes (100%) concordaram que entenderam

claramente a finalidade da ferramenta, sendo 57,1% (n=4) com concordância parcial e 42,9% (n=3) com concordância total. Da mesma forma, 100% afirmaram ter compreendido o propósito do processo Thunder após utilizar a ferramenta, com 71,4% (n=5) em concordância parcial e 28,6% (n=2) em concordância total.

A avaliação das etapas e das instruções também apresentou resultados majoritariamente positivos: 85,7% (n=6) dos participantes consideraram as etapas do processo bem explicadas e organizadas, enquanto 14,3% (n=1) optaram pela resposta neutra. No que diz respeito à suficiência das instruções para uso autônomo, 85,7% (n=6) manifestaram concordância (28,6% parcialmente; 57,1% totalmente), sendo registrada uma discordância parcial (14,3%, n=1).

Quanto à facilidade para realizar as ações pretendidas sem dificuldades técnicas ou confusão, 71,4% (n=5) relataram concordância (42,9% total e 28,6% parcial). Um participante (14,3%) optou por resposta neutra e outro (14,3%) discordou totalmente. Posteriormente, a análise qualitativa evidenciou que o participante que apresentou opiniões divergentes nos pontos mencionados acima mencionou dificuldades relacionadas à navegação e à ausência de *feedbacks* visuais em determinadas etapas da ferramenta, o que pode ter influenciado negativamente sua percepção de clareza e operacionalidade.

Os aspectos de interface receberam avaliações fortemente positivas. A aparência visual da ferramenta foi bem recebida por todos os participantes (100%), com 85,7% (n=6) em concordância total. A linguagem utilizada na interface também foi considerada clara e adequada por 100% dos participantes (85,7% concordância total; 14,3% parcial).

Esses resultados reforçam os achados observados no SUMI e IMI-TEQ-Br, especialmente no que tange às percepções de afeto, controle e clareza estrutural. Entretanto, as respostas menos homogêneas em itens como "instruções suficientes" e "conclusão de ações sem confusão" sugerem que melhorias podem ser implementadas em elementos de *feedback* e progressão entre as etapas.

9.1.4.2 Usabilidade

A Tabela 16 apresenta os resultados obtidos nas subescalas do SUMI, incluindo a pontuação global de usabilidade. Os valores são expressos conforme a metodologia do instrumento, que adota uma escala com média 50 e desvio padrão 10 como referência.

Os resultados indicam uma percepção geral positiva da ferramenta, com a pontua-

Tabela 16 – Estatísticas descritivas das subescalas do SUMI

Subescala	Média	DP	Mediana	IQR	Mínimo	Máximo
Eficiência	55,43	12,19	55,0	26,0	39	67
Afeto	59,57	7,50	62,0	11,0	47	69
Ajuda Percebida	52,29	12,96	55,0	23,0	34	69
Controle	59,71	7,39	60,0	11,0	47	69
Facilidade de Aprendizado	59,14	4,53	61,0	7,0	53	66
Usabilidade Global	56,86	7,63	60,0	15,0	45	64

Tabela 17 – Fonte: elaborado pelo autor

ção de usabilidade global ($M = 56,86$; $DP = 7,63$) situando-se acima da média normativa do instrumento, o que sugere uma boa aceitação quanto à experiência de uso.

As subescalas com os maiores escores médios foram Afeto ($M = 59,57$), Controle ($M = 59,71$) e Facilidade de Aprendizado ($M = 59,14$), indicando que os participantes relataram uma interação emocionalmente agradável, com percepção de domínio sobre a interface e facilidade de assimilação de seu funcionamento. Eficiência ($M = 55,43$) também apresentou desempenho acima da média, sinalizando que os usuários conseguiram realizar suas tarefas com relativa rapidez e fluidez.

A dimensão Ajuda Percebida ($M = 52,29$), apesar de acima da média de referência, apresentou alta variabilidade ($DP = 12,96$) e valor mínimo baixo. Essa flutuação pode ser explicada pelo perfil dos participantes, que não atuam profissionalmente na criação de visualizações musicais e, portanto, não estão imersos no contexto de uso para o qual a ferramenta foi projetada. Esse fator pode limitar a capacidade de julgamento sobre o quão útil ou eficiente o guia seria em cenários práticos, afetando negativamente as percepções de ajuda e produtividade.

Considerando esse cenário, pretende-se futuramente conduzir novos estudos com usuários que atuem diretamente na criação de visualizações musicais, a fim de avaliar a ferramenta em contextos de uso mais próximos da prática profissional. Essa ampliação permitirá examinar com maior precisão as dimensões de Eficiência e Ajuda Percebida, fornecendo evidências mais robustas sobre a capacidade do guia de apoiar decisões de design e de contribuir efetivamente para a produtividade em fluxos de trabalho reais.

9.1.4.3 Motivação

A Tabela 18 apresenta as estatísticas descritivas das quatro subescalas do instrumento. Cada item foi pontuado em escala de sete níveis, de “Discordo totalmente” (1) a “Concordo

totalmente” (7).

Tabela 18 – Estatísticas descritivas das subescalas do IMI-TEQ-Br

Subescala	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo
Interesse/Prazer	5,88	0,93	6,17	1	7
Percepção de Competência	5,74	0,71	6,00	1	7
Escolha Percebida	6,00	0,88	6,20	1	7
Pressão/Tensão	1,97	0,42	1,80	1	7

Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados evidenciam um perfil motivacional favorável ao uso do guia. As médias das subescalas Interesse/Prazer ($M = 5,88$; $DP = 0,93$) e Escolha Percebida ($M = 6,00$; $DP = 0,88$) situaram-se acima da média (4), sugerindo que a atividade foi percebida como intrinsecamente agradável e que o aplicativo proporcionou elevado senso de autonomia. A Percepção de Competência apresentou média igualmente elevada ($M = 5,74$; $DP = 0,71$), indicando que os participantes se sentiram tecnicamente aptos a utilizar a ferramenta e compreender seus recursos. Esse resultado dialoga com as pontuações acima da média observadas nas subescalas de Eficiência e Facilidade de Aprendizado do SUMI, corroborando a consistência interna das avaliações de usabilidade e motivação.

Por fim, a subescala Pressão/Tensão exibiu média baixa ($M = 1,97$; $DP = 0,42$), significativamente abaixo do ponto médio, indicando ausência de estresse ou sobrecarga cognitiva durante o uso. A baixa variabilidade sugere que essa percepção foi homogênea entre os respondentes.

Em conjunto, os escores obtidos nos quatro domínios do IMI-TEQ-Br demonstram que o Guia de Uso Thunder é capaz de promover uma experiência intrinsecamente motivadora: alta atratividade, senso de competência, autonomia percebida e níveis mínimos de tensão. Esses achados reforçam a evidência de adequação do guia como suporte operacional ao processo Thunder, embora futuros estudos com amostras profissionais sejam recomendados para confirmar tais resultados em contextos de produção real de visualizações musicais.

9.1.4.4 Análise Qualitativa

A análise qualitativa foi conduzida por meio de análise temática, permitindo a identificação de padrões recorrentes nas respostas dos participantes. As contribuições foram categorizadas conforme a etapa do processo abordada e o tipo de apontamento realizado, possibi-

litando uma visão estruturada das percepções dos usuários.

Os temas emergentes concentraram-se, majoritariamente, em aspectos de navegabilidade, delimitação do escopo da ferramenta, clareza no *feedback* de progresso e sugestões de funcionalidades complementares. O Apêndice F apresenta um resumo das categorias temáticas identificadas, acompanhadas de trechos representativos e da frequência de comentários por tema. A seguir, detalham-se os principais achados qualitativos e as ações propostas a partir dessas evidências.

Um dos temas mais recorrentes identificados na análise qualitativa foi a navegação entre as etapas do processo. Quatro participantes relataram dificuldades para entender como transitar entre as páginas do guia, indicando que o fluxo de uso não era intuitivo. Os relatos sugerem uma necessidade de maior fluidez e orientação no progresso entre as etapas. Um dos participantes destacou: “*A navegação poderia melhorar, pois para ir para cada passo sempre precisa ir até o menu [...]. Colocar opções de avançar para o próximo passo’ e ‘voltar ao passo anterior’ seriam interessantes*”. Essa lacuna na usabilidade compromete a experiência geral, sobretudo em um sistema que se propõe a ser linear e orientado por etapas sequenciais. Outro participante reforçou a mesma dificuldade ao afirmar: “*Não era claro como navegar entre tarefas*”. A ausência de mecanismos visuais ou funcionais que indicassem o caminho natural de progresso no processo gerava confusão, tornando o uso menos fluido e potencialmente comprometendo o engajamento do usuário.

A ausência de *feedback* claro sobre o progresso foi apontada como um entrave por diversos participantes. Dois deles relataram não saber se haviam completado corretamente determinada etapa ou se podiam avançar. Um dos relatos afirma: “*Finalizei uma etapa e não sabia como avançar para a segunda, só depois voltei e vi que tinha o status de concluído*”. A falta de sinalizações visuais compromete a percepção de avanço e conclusão, fundamentais para experiências positivas em interfaces orientadas a processos. Esse problema impacta diretamente a motivação e confiança do usuário no uso da ferramenta, pois a ausência de confirmação clara pode gerar dúvidas quanto à efetividade das ações realizadas. Outro participante reforçou essa limitação: “*Não estava claro [...] em que etapa do processo eu estava*”. Dessa forma, o sistema deixou de fornecer uma representação visível e comprehensível do status do usuário dentro do processo, o que motivou ajustes na comunicação visual e funcional do progresso.

A delimitação do escopo da ferramenta também se mostrou um ponto de confusão para os participantes. Dois usuários mencionaram estranheza ao perceberem que a etapa de

implementação, embora listada no menu superior, não possuía funcionalidades. Um participante observou: “*O tópico 9 - implementação não está direcionando para nenhum lugar*”. Esse tipo de inconsistência visual sem explicação compromete a clareza sobre os limites operacionais da ferramenta. Além disso, um usuário expressou expectativas desalinhadas em relação ao objetivo do Thunder: “*Achei que o Thunder me ajudaria a montar a visualização, mas no fim era uma 'organização' do processo*”. Esse tipo de relato indica a necessidade de tornar mais explícito o papel do guia como ferramenta de apoio organizacional, não como um editor de visualizações musicais. Para isso, ajustes comunicacionais na interface inicial foram considerados essenciais.

Diversos participantes sugeriram melhorias relacionadas à edição de entradas feitas nas etapas do processo. Um dos pontos mais citados foi a impossibilidade de modificar os registros inseridos sem ter que excluí-los completamente. Como destacou um usuário: “*Gostaria de poder editar o que já foi registrado nos campos 'Associação de Palavras', 'Amostras Selecionadas' e 'Mapa Temporal de Emoções', sem precisar apagar e reescrever tudo*”. Esse tipo de limitação afeta a flexibilidade da ferramenta e pode impactar negativamente a experiência, especialmente em um processo que envolve reflexão e ajustes progressivos. Além disso, uma usuária mencionou dificuldade para escutar novamente as amostras previamente escolhidas: “*Uma forma mais fácil de ouvir novamente as amostras teria tornado minha experiência muito mais fluida*”.

Participantes sugeriram a inclusão de funcionalidades complementares que poderiam enriquecer o processo criativo. Uma das ideias recorrentes foi a disponibilização de um espaço para esboços ou anotações visuais, que pudessem auxiliar na conceitualização da visualização musical. Uma usuária sugeriu: “*Poderia ser adicionado um espaço para esboço*”. Outro ponto levantado foi a gestão do tempo de execução das etapas. Um participante propôs: “*Adicionar o prazo final e a ferramenta calcula quanto tempo cada etapa pode demorar*”. Tais funcionalidades, ainda que secundárias, podem melhorar o engajamento com a ferramenta ao oferecer um maior grau de planejamento e controle sobre o processo de criação. Como resultado, foram consideradas opções simples que permitam ao usuário realizar esse tipo de acompanhamento.

Sugestões para integração com plataformas de áudio e vídeo também foram comuns. Um participante sugeriu a conexão com serviços como Spotify ou SoundCloud: “*Poderia haver um recurso para conectar com o Spotify ou SoundCloud*”. Essa integração permitiria ao usuário importar diretamente suas faixas musicais, aumentando a fluidez do processo. Outro participante comentou a dificuldade de incorporação de vídeos: “*Os vídeos do YouTube não conseguiam ser*

incorporados”. Apesar dessas limitações estarem associadas às políticas das plataformas externas, elas ainda impactam a experiência de uso e foram abordadas com mensagens informativas que esclarecem as limitações técnicas.

Por fim, foi relatado um problema pontual de estabilidade ao interagir com os *dropdowns* de status nas etapas. Um participante afirmou: “*O app travou quando abri múltiplos dropdown de status das etapas*”. Esse tipo de falha pode gerar frustração e comprometer a confiabilidade do sistema. Embora isolado, esse relato levou à revisão da lógica de renderização dos componentes, limitando a abertura simultânea dos painéis e garantindo uma experiência mais estável. O tratamento desses problemas reflete a importância de testes detalhados em contextos reais de uso, considerando inclusive condições adversas de interação.

9.2 Refinamento do Guia de Uso do Thunder

Com base nos apontamentos feitos pelos participantes durante a avaliação do Guia de Uso do Thunder, diversas melhorias foram propostas e priorizadas de acordo com a gravidade percebida de cada ponto (ver Apêndice G).

Para organizar essas melhorias, utilizou-se como referência a classificação de severidade proposta por Nielsen (1994). Embora não tenha sido conduzida uma avaliação heurística formal, a categorização serviu como critério organizacional para estimar o impacto de cada problema na experiência de uso e orientar o planejamento das correções.

Os problemas de severidade 4 (catástrofe), que comprometeriam o uso contínuo da ferramenta, foram tratados com prioridade máxima: foram adicionados botões de Próximo e Anterior nas páginas de cada passo (ID 4), implementados *checks* automáticos e mensagens de orientação (IDs 8 e 10), corrigido o status de envio de protótipos (ID 11) e limitada a abertura simultânea de *dropdowns* (ID 15). Já os problemas de severidade 3 (grande) motivaram ajustes como a reformulação da página inicial (ID 13), a criação de uma nova tela informativa sobre a etapa externa de Implementação (ID 5) e a adição de um recurso de zoom ao mapa emocional (ID 7). Erros de severidade 2 (pequenos) foram resolvidos com melhorias como a possibilidade de editar registros já inseridos (ID 2) e a fixação do menu superior (ID 9). No caso dos problemas cosméticos (severidade 1), foi adicionada uma mensagem explicativa sobre limitações no uso de vídeos do YouTube (ID 12), e a sugestão de reescutar amostras foi considerada tecnicamente inviável (ID 6). Por fim, as sugestões classificadas como severidade 0 – não aplicáveis ou consideradas fora do escopo da ferramenta – incluíram a integração com Spotify e SoundCloud

(ID 1), uma área dedicada a esboços visuais (ID 3) e o controle detalhado de tempo por etapa (ID 14), sendo esta última parcialmente atendida com a inserção de um campo para registro da data de início.

9.3 Conclusão

A criação e a avaliação do Guia de Uso do Thunder encerram o percurso metodológico desta pesquisa, consolidando os esforços para tornar o processo mais acessível e efetivo para diferentes perfis de designers. O desenvolvimento do guia foi fundamentado tanto nas lacunas apontadas por especialistas quanto na observação prática de dificuldades enfrentadas durante aplicações preliminares. Sua estrutura busca oferecer orientações claras, materiais de apoio e caminhos alternativos para a aplicação do Thunder, sem comprometer sua flexibilidade. Os resultados da avaliação com usuários indicam que o Guia de Uso cumpre seu papel de facilitar a compreensão e a execução do processo, ao mesmo tempo em que amplia o alcance do Thunder em contextos não mediados por especialistas.

Todas as melhorias descritas estão disponíveis na nova versão do Guia de Uso do Thunder, disponível gratuitamente no GitHub:

<https://github.com/caionunespn/thunder-user-guide>

10 DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta reflexões críticas sobre os desafios enfrentados, decisões de design e implicações teóricas e práticas do Thunder. Com base na literatura e nos dados empíricos, discute-se o potencial do Thunder como proposta metodológica, suas limitações diante da subjetividade emocional e suas contribuições para experiências sensíveis, inclusivas e expressivas na criação de visualizações musicais.

10.1 Desafios no Design de Visualizações Musicais com Apelo Emocional

O desenvolvimento de visualizações musicais com foco na comunicação emocional envolve uma série de desafios complexos, que ultrapassam aspectos técnicos e adentram dimensões subjetivas, culturais e perceptuais.

Em primeiro lugar, é preciso considerar que as emoções são experiências subjetivas profundamente enraizadas em repertórios individuais, valores culturais e trajetórias de vida (Barbosa *et al.*, 2021; Juslin; Västfjäll, 2008). Assim, um mesmo estímulo musical pode evocar sensações distintas em diferentes pessoas (Juslin; Västfjäll, 2008; Cowen *et al.*, 2020). Essa subjetividade dificulta a criação de visualizações que provoquem respostas emocionais consistentes entre diferentes públicos, tornando o processo de design um exercício de mediação entre intenção expressiva e recepção plural.

No contexto do Thunder, esse desafio foi abordado por meio da proposta de um processo iterativo de design, no qual diferentes versões das visualizações são testadas com o público e ajustadas com base em avaliações qualitativas. As sessões de *feedback* permitem observar como diferentes públicos reagem emocionalmente a aspectos visuais específicos. Percebeu-se, por exemplo, que certas animações, escolhas de cores ou transições visuais despertavam reações distintas entre os participantes. Em vez de encarar essa variabilidade como uma limitação, ela foi compreendida como uma oportunidade para expandir a sensibilidade do design.

Outro desafio importante diz respeito ao equilíbrio entre expressividade estética e legibilidade funcional. Em visualizações musicais, elementos visuais devem simultaneamente cativar o olhar e representar, de forma inteligível, as transformações sonoras que ocorrem ao longo da música – como mudanças de intensidade, variações rítmicas, alterações de timbre ou clímax harmônicos. Durante a fase de prototipação de alta fidelidade no Thunder, constatou-se que soluções muito ornamentadas visualmente geravam sobrecarga perceptiva, dificultando a

leitura do que era realmente relevante em termos de resposta à música. Por outro lado, abordagens visuais minimalistas, embora mais claras, corriam o risco de não transmitir a riqueza emocional da composição. Estudos prévios (Holm; Siirtola, 2012), já apontavam a necessidade de harmonia entre visualidade e musicalidade, e alertavam para os riscos da competição entre estímulos visuais que comprometem o foco atencional da audiência (Almeida *et al.*, 2021).

Na aplicação inicial da escala UES-Br antes da adoção do Thunder, as primeiras visualizações testadas apresentaram pontuações mais baixas no fator de Atenção Focada, sugerindo dificuldade dos usuários em manter-se conectados ao conteúdo visual, possivelmente em função da ausência de estrutura narrativa clara ou da presença de estímulos excessivamente dinâmicos e desconectados da lógica musical. A aplicação do Thunder possibilitou reorganizar esses elementos e construir um fluxo visual mais coeso, contribuindo para um aumento na clareza e na eficácia comunicativa das visualizações.

Um último ponto a ser destacado diz respeito à subjetividade autoral envolvida na criação de visualizações musicais. Quando o trabalho é conduzido por um único designer, suas próprias percepções emocionais, gostos e expectativas influenciam diretamente as escolhas visuais, o que pode gerar uma representação enviesada da experiência musical. Essa influência é natural e até esperada em processos criativos (Richards, 2007), mas pode limitar a diversidade de interpretações possíveis para o público. No Thunder, buscou-se mitigar esse risco adotando uma estratégia de avaliação colaborativa: além da atuação dos designers que criam as visualizações, são incluídos designers externos ao processo de criação que analisam os artefatos produzidos sob diferentes perspectivas. Essa triangulação de olhares permite identificar pontos cegos do design e trazer à tona interpretações alternativas, mais próximas da pluralidade de experiências emocionais que a música pode provocar.

Dessa forma, este trabalho defende que a criação de visualizações musicais com apelo emocional demanda uma abordagem multidisciplinar. Apenas com essa diversidade de saberes é possível construir experiências que não apenas representem visualmente a música, mas que também consigam dialogar com os afetos de públicos diversos e potencialmente imprevisíveis.

10.2 Música, Emoções e Bem-Estar

A música é amplamente reconhecida como um dos estímulos mais eficazes na indução de estados emocionais, influenciando humor, memória, motivação e bem-estar geral (Juslin; Laukka, 2004; Juslin; Västfjäll, 2008; Koelsch, 2014). Elementos como melodia, ritmo,

harmonia e dinâmica interagem diretamente com os sistemas cognitivo-afetivos, despertando emoções que vão do entusiasmo à nostalgia (Juslin; Västfjäll, 2008; Salakka *et al.*, 2021). Esse potencial torna a música especialmente poderosa em experiências interativas e imersivas – como visualizações musicais e jogos – nas quais o som intensifica o engajamento e pode promover experiências transformadoras.

No entanto, esse mesmo poder emocional do som pode se manifestar de formas ambivalentes. A literatura recente alerta para os riscos de um design centrado apenas no engajamento imediato, negligenciando possíveis efeitos adversos no bem-estar a longo prazo (Siu *et al.*, 2022). Determinadas qualidades do áudio – como frequências agudas, texturas sonoras complexas, ou padrões repetitivos – podem desencadear ansiedade, irritação ou sobrecarga sensorial, especialmente em públicos sensíveis. Esse cenário destaca a importância de uma abordagem crítica e responsável no design de experiências sonoras e visuais, reconhecendo que o som pode tanto acolher quanto excluir.

Nesse contexto, o Thunder propõe uma alternativa metodológica que valoriza o bem-estar na experiência estética, em contraste com abordagens focadas apenas no engajamento. Embora o processo não tenha sido concebido a partir da Teoria da Autodeterminação (TDA) (Ryan; Deci, 2017), é possível identificar paralelos com a teoria, especialmente no que diz respeito à promoção de experiências que podem envolver sentimentos de autonomia, competência e relacionamento. No público, essas dimensões se manifestam quando o som e sua visualização ampliam o senso de agência, facilitam a compreensão emocional da música e criam conexões simbólicas e afetivas com o conteúdo. Por exemplo, a possibilidade de reconhecer padrões visuais coerentes com a estrutura musical pode fortalecer a competência interpretativa, enquanto a identificação com os repertórios simbólicos evocados pode nutrir o sentimento de pertencimento cultural e afetivo.

Adicionalmente, o Thunder se destaca por seu potencial inclusivo. Ao tornar visível a expressividade sonora, o processo oferece novas possibilidades de acesso à experiência musical para pessoas com deficiência auditiva. Alguns estudos (Fourny; Fels, 2009; Pouris; Fels, 2012) destacam o valor de traduções visuais do som na promoção de inclusão e reconhecimento identitário. Dessa forma, o Thunder não apenas democratiza o acesso à arte, como também contribui para a construção de ambientes sensíveis às diversidades perceptivas e emocionais.

Por fim, é preciso reconhecer que a avaliação da experiência musical vai além da estética ou do entretenimento. Para entender de forma mais precisa os efeitos do som e de sua

visualização sobre o bem-estar, é necessário investir em abordagens multimodais que combinem dados subjetivos e fisiológicos. Esse caminho ainda apresenta desafios, mas é promissor para validar o impacto do design sonoro sobre a saúde mental (Nunes; Darin, 2024b). Nesse cenário, o Thunder se posiciona como um processo de design estruturado, iterativo e sensível à experiência emocional dos usuários, promovendo uma visão mais holística e ética para o desenvolvimento de experiências musicais visuais.

10.3 Implicações do Thunder para a Arte e a Arte Generativa

A inserção do Thunder no contexto da criação artística suscita discussões relevantes sobre os limites entre estrutura e liberdade criativa. Visualizações musicais, enquanto campo híbrido entre Arte, Música e Tecnologia, constituem uma forma de expressão audiovisual que interpreta o som de maneira visualmente significativa e afetiva (Fourney; Fels, 2009; Pouris; Fels, 2012). Longe de serem simples representações, essas visualizações frequentemente ampliam, contrastam ou transmutam o som em uma nova linguagem sensorial, como evidenciam os filmes abstratos de Oskar Fischinger ou as experiências multissensoriais de artistas como Ryoji Ikeda (Moritz, 2004; Lakatos, 2020). Nesse campo, formas experimentais, processuais e interativas tornam-se centrais – e exigem abordagens igualmente abertas à subjetividade.

Ao propor um processo sistemático voltado à criação de visualizações musicais, o Thunder não se apresenta como ferramenta prescritiva, mas como estrutura de suporte à reflexão estética e emocional. Seu uso não implica etapas rígidas, e sim um guia que favorece a consciência crítica sobre os efeitos afetivos das escolhas visuais. O designer mantém liberdade para adaptar, reinterpretar ou mesmo subverter etapas do processo, desde que com intencionalidade clara. Essa abordagem dialoga com estudos que defendem que estruturas sistematizadas podem ampliar a expressividade artística ao oferecerem parâmetros para exploração sensível (Sagiv *et al.*, 2010).

A decisão de remover a etapa de implementação como fase obrigatória no Thunder reforça essa abertura. Em práticas de arte generativa – caracterizadas pela criação de obras por meio de sistemas algorítmicos, regras ou processos autônomos (Galanter, 2016) –, o momento da implementação é fluido, muitas vezes improvisado e mediado por sistemas computacionais. O Thunder, nesse contexto, pode ser apropriado como camada conceitual anterior ou paralela ao desenvolvimento do algoritmo, oferecendo um mapeamento emocional que orienta a construção dos visuais, sem restringir os caminhos técnicos possíveis.

Por exemplo, em performances de live coding ou instalações reativas que utilizam inteligência artificial para responder a parâmetros musicais, o designer pode aplicar o Thunder para definir previamente a intenção emocional da obra – como melancolia, tensão ou euforia. A partir disso, ajusta-se a paleta cromática, a velocidade de transições ou a densidade visual, sem perda de autonomia do sistema. Assim, o Thunder atua como mediador: não entre arte e técnica, mas entre intenção emocional e resultado sensorial, oferecendo um vocabulário que guia, mas não impõe.

Essa articulação entre método e indeterminação também ressoa com concepções contemporâneas de arte como processo, e não apenas como produto (Bourriaud, 2020). O Thunder se aproxima dessa lógica ao incentivar ciclos iterativos de avaliação, escuta do público e refinamento contínuo. Isso o torna útil não apenas em criações autorais individuais, mas também em contextos participativos e colaborativos, onde o espectador assume papel ativo na experiência estética.

A presença do Thunder em contextos artísticos não implica normatização da arte, tampouco compromete sua potência crítica. Ao contrário, ao propor uma estrutura sensível à emoção e ao impacto subjetivo, o processo amplia as possibilidades expressivas da arte digital. Em tempos nos quais o envolvimento emocional se tornou eixo central de obras imersivas – de exposições artísticas a performances audiovisuais nas redes sociais –, o Thunder contribui com uma gramática conceitual que fortalece a intenção estética, sem reduzir sua pluralidade.

11 CONCLUSÕES

Este capítulo sintetiza os principais achados desta pesquisa, retomando os objetivos propostos e as evidências obtidas ao longo do desenvolvimento, aplicação e avaliação do processo Thunder. Também são apresentadas as limitações do estudo e perspectivas para trabalhos futuros que possam expandir, adaptar ou aprofundar os usos do processo em contextos diversos.

11.1 Resultados alcançados

Esta pesquisa teve como objetivo central desenvolver e avaliar um processo sistemático para apoiar a criação de visualizações musicais que comuniquem, de forma eficaz, as emoções evocadas por uma música. Para orientar essa investigação, foram formuladas três questões de pesquisa: (QP1) Quais estratégias e práticas existentes na criação de visualizações musicais têm como objetivo aprimorar sua comunicação emocional? (QP2) Como diferentes elementos visuais e auditivos influenciam a percepção emocional do público em visualizações musicais? e (QP3) De que forma um processo de design estruturado pode apoiar a criação de visualizações musicais mais consistentes e emocionalmente expressivas?

Com base nessas questões, esta pesquisa partiu de três premissas que orientaram suas escolhas metodológicas. A primeira (P1) considera que estratégias e práticas que integram elementos visuais com base em princípios emocionais e narrativos favorecem a criação de visualizações musicais mais expressivas e envolventes. A segunda (P2) sustenta que a combinação entre elementos visuais e auditivos, quando guiada por um processo sistemático, pode contribuir para uma percepção emocional mais clara e alinhada à intenção expressiva da música. A terceira (P3) pressupõe que um processo de design com foco na comunicação emocional oferece diretrizes mais eficazes do que abordagens não estruturadas, promovendo maior coerência estética e clareza narrativa.

A primeira questão de pesquisa (QP1) foi respondida a partir da revisão de literatura e do estudo bibliográfico sobre visualizações musicais e práticas de design emocional. Identificou-se que as estratégias mais recorrentes nesse campo envolvem o uso de metáforas visuais, a sincronização de elementos visuais com o ritmo musical, a exploração de cores simbólicas e a construção de narrativas. No entanto, observou-se que essas práticas são geralmente aplicadas de maneira intuitiva, desarticulada e pouco fundamentada em processos estruturados de design. Essa constatação, extraída de análises conceituais e empíricas de obras, reforça a premissa P1, ao

indicar que o potencial expressivo das visualizações depende não apenas da escolha de elementos visuais eficazes, mas também da forma como esses elementos são organizados em torno de intenções emocionais e narrativas claras.

A segunda questão de pesquisa (QP2) foi abordada na análise de visualizações musicais e na aplicação preliminar do Thunder. Na análise, observou-se que algumas visualizações criadas sem apoio de um processo estruturado apresentaram desconexões entre a trilha sonora e os elementos visuais, resultando em interpretações emocionais incoerentes — por exemplo, músicas melancólicas foram associadas a sentimentos positivos. Já na aplicação preliminar, as alternativas criadas com o Thunder foram comparadas com uma dessas visualizações e demonstraram maior alinhamento entre a emoção pretendida e a percebida. As associações de palavras e os relatos nas entrevistas indicaram que as versões feitas com o Thunder evocaram emoções como tristeza, solidão e contemplação, coerentes com a narrativa da música *The Sixth Station*. Os participantes atribuíram esse efeito à escolha de cores frias (tons de azul e cinza), aos cenários escuros com céu estrelado e nuvens, à integração entre elementos visuais e sonoros, e à suavidade das animações. Além disso, destacaram que a coerência estética, a harmonia visual e a sincronia com a trilha sonora intensificaram a experiência emocional, enquanto a visualização original foi percebida como confusa ou desconectada. Esses achados sustentam a premissa P2, ao demonstrar que a articulação sistemática entre som e imagem favorece a clareza emocional da experiência.

A terceira questão de pesquisa (QP3) foi respondida por meio da aplicação preliminar do Thunder, da avaliação com especialistas e da análise de usabilidade do Guia de Uso. No experimento de aplicação, duas designers utilizaram o Thunder para criar visualizações para a mesma trilha sonora, sendo os resultados comparados com uma versão não mediada por processo estruturado. As avaliações qualitativas e quantitativas indicaram maior coerência emocional, clareza narrativa e alinhamento afetivo nas visualizações guiadas pelo Thunder. Tais evidências, reforçadas por entrevistas e análise temática, corroboram a premissa P3, ao apontar que um processo com foco na comunicação emocional contribui para decisões criativas mais consistentes. A avaliação com especialistas confirmou a solidez conceitual do Thunder, sua aplicabilidade prática e seu potencial pedagógico, destacando a articulação entre suas etapas e os objetivos de expressividade emocional. Complementarmente, a avaliação do Guia de Uso – conduzida com sete participantes – demonstrou que, mesmo com pouca familiaridade prévia com a criação de visualizações musicais, os usuários foram capazes de aplicar o Thunder com autonomia e clareza.

A organização lógica das etapas, a linguagem acessível e os recursos de apoio contribuíram para sua adoção em diferentes contextos criativos. Ainda assim, é importante reconhecer que a QP3 não pôde ser respondida em sua totalidade devido ao número restrito de aplicações práticas realizadas; os achados devem, portanto, ser entendidos como indicativos iniciais do potencial do Thunder, a ser confirmado e expandido em estudos futuros mais amplos.

Assim, os resultados desta pesquisa sugerem que o Thunder pode contribuir significativamente para a criação de visualizações musicais ao oferecer um processo estruturado, centrado na comunicação emocional. Sua principal contribuição está em reunir, de forma articulada, princípios de design emocional, estratégias visuais recorrentes na prática artística e métodos de avaliação da experiência do público. Ao propor um percurso orientado, mas flexível, o Thunder auxilia designers a fundamentar suas escolhas visuais de maneira mais consciente, sem restringir a dimensão interpretativa e subjetiva da criação. O processo fornece um ponto de partida consistente para decisões de projeto mais alinhadas à intenção expressiva, contribuindo para o avanço incremental do campo ao oferecer uma base metodológica que pode ser adaptada, explorada e aprofundada em pesquisas futuras.

11.2 Trabalhos Publicados

Durante o desenvolvimento deste trabalho, foram produzidas publicações diretamente relacionadas ao processo Thunder e à sua aplicação, conforme apresentado na Tabela 19. A primeira foi a revisão da literatura publicada no periódico Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction e apresentada na Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play (CHI Play) 2024, que investigou a avaliação de áudio em jogos. Embora não tratasse diretamente do Thunder, esse estudo compôs o embasamento teórico descrito no estudo bibliográfico. Em seguida, o artigo que introduz a versão preliminar do Thunder, juntamente com sua aplicação inicial, foi publicado nos anais do Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais (IHC’24), na trilha de Ideias Inovadoras e Resultados Emergentes, recebendo o prêmio de Best Paper.

Na sequência, foram aprofundadas as diretrizes para a construção emocional em visualizações musicais e jogos no artigo apresentado no Workshop sobre Interação e Pesquisa de Usuários no Desenvolvimento de Jogos (WIPLAY’24). Por fim, o artigo Roll Like Thunder, atualmente em processo de revisão para o Journal of the Brazilian Computer Society (Qualis A2), apresenta a validação com especialistas e os refinamentos finais do processo. Esse conjunto

de publicações evidencia o amadurecimento progressivo da pesquisa, desde sua base conceitual até sua consolidação prática e metodológica.

Tabela 19 – Trabalhos publicados durante o mestrado com relação direta ao Thunder.

Tipo	Referência Completa
Journal (Fator de Impacto: 4,55 / Q2)	NUNES, C.; DARIN, T. Echoes of Player Experience: A Literature Review on Audio Assessment and Player Experience in Games. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, v. 8, n. CHI PLAY, p. 1-27, 2024. Premiado com menção honrosa na Trilha de Pesquisa
Simpósio (Qualis A3)	NUNES, C.; et al. Thunder: A Design Process to Build Emotionally Engaging Music Visualizations. In: *Proceedings of the XXIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC'24)*, 2024. p. 1-15. Premiado com Best Paper na Trilha de Ideias Inovadoras e Resultados Emergentes
Workshop	CASTRO, M.; REINBOLD, I.; NUNES, C.; DARIN, T. “You’ve Got the Music in You, Don’t You?”Designing Emotionally Engaging Musical Visualizations. In: *Workshop sobre Interação e Pesquisa de Usuários no Desenvolvimento de Jogos (WIPLAY’24)*, Brasília, 2024. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2024. p. 87-98. DOI: https://doi.org/10.5753/woplay.2024.245474
Journal (Qualis A2)	NUNES, Caio; DARIN, Ticianne. Roll Like Thunder: Expert validation and refinement of a design process to convey emotions in music visualizations. Journal of the Brazilian Computer Society, Porto Alegre, v.32, n.1, 2025.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Além dessas publicações, outros trabalhos desenvolvidos ao longo do mestrado (ver Tabela 20) auxiliaram na construção da base teórica do Thunder.

Tabela 20 – Trabalhos publicados durante o mestrado sem relação direta a produção do Thunder, que ajudaram a compor a base teórica para sua construção.

Tipo	Referência Completa
Journal (Qualis A2)	NUNES, C.; DARIN, T. Brazilian Portuguese Version of Intrinsic Motivation Inventory (IMI-Teq Br): Towards a Digital Well-Being Culture in Brazil. *Journal of the Brazilian Computer Society*, v. 30, n. 1, p. 394–410, 2024. DOI: https://doi.org/10.5753/jbcs.2024.4305
Simpósio (Qualis A3)	NUNES, C.; DARIN, T. Cross-cultural adaptation of the Intrinsic Motivation Inventory Task Evaluation Questionnaire into Brazilian Portuguese. In: *Proceedings of the XXII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC'23)*, 2023. p. 1-11. Premiado com menção honrosa na Trilha de Pesquisa
Simpósio (Qualis A3)	CARNEIRO, N.; et al. IoT Games and Gamified Systems: Summertime Sadness or Lust for Hype? In: *Proceedings of the XXII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC'23)*, 2023. p. 1-12.

Fonte: Elaborado pelo autor.

11.3 Limitações

Embora o Thunder represente uma abordagem promissora para o design de visualizações musicais com foco na comunicação emocional, algumas limitações devem ser reconhecidas. Para maior clareza, elas são aqui organizadas em duas categorias: (i) limitações do Thunder e (ii) limitações da pesquisa.

11.3.1 Limitações do Thunder

Durante o desenvolvimento do Thunder, optou-se por aplicá-lo a partir de um único caso prático – a visualização da música *The Sixth Station*. Essa escolha permitiu um aprofundamento no contexto investigado, mas restringiu a avaliação da adaptabilidade do processo a outros gêneros musicais, estilos visuais e perfis de usuários. Além disso, a aplicação prática envolveu apenas duas designers e não contemplou variações em termos de objetivos comunicacionais ou públicos-alvo distintos. Parte dessa limitação foi compensada pela triangulação com especialistas e pelo teste de usabilidade do Guia de Uso. Ainda assim, estudos futuros poderão ampliar esse escopo, incluindo públicos mais diversos e objetivos comunicacionais variados.

Outro ponto relevante diz respeito à acessibilidade: embora o Thunder apresente potencial para ampliar o acesso às visualizações musicais ao aprimorar sua comunicação emocional, o processo não foi testado com pessoas com deficiência auditiva. Essa ausência representa uma limitação importante, considerando o papel que as visualizações podem exercer na ampliação da

experiência musical, e deve ser explorada em trabalhos futuros.

11.3.2 Limitações da Pesquisa

Na etapa de revisão bibliográfica, os resultados foram restringidos pela dificuldade de acesso a materiais não acadêmicos, como fóruns técnicos e repositórios informais. Além disso, muitas produções relevantes nessa área circulam em revistas acadêmicas de Arte, que possivelmente não estavam entre as bases de dados utilizadas. Essa limitação pode ter levado à exclusão de abordagens mais experimentais ou não convencionais. Como forma de mitigar esse problema, optou-se pelo uso de bases amplas e multidisciplinares, capazes de indexar diferentes tipos de publicação, incluindo conferências e anais reconhecidos na área.

A avaliação com especialistas contribuiu de forma decisiva para o aprimoramento do processo, oferecendo *feedback* qualificado sobre sua estrutura, aplicabilidade e potencial formativo. No entanto, essa etapa contou com apenas três participantes e foi conduzida por meio de entrevistas remotas e análise de materiais, sem a vivência completa do Thunder em projetos reais. Essa limitação reduziu a possibilidade de observar diretamente o uso prático do processo, a percepção de sua complexidade em contexto e as barreiras concretas à sua implementação. Para mitigar esses limites, buscou-se uma amostra de especialistas com experiência diversificada em design, arte e tecnologias interativas, e os materiais avaliados incluíram tanto o processo quanto sua aplicação.

Por fim, o Guia de Uso do Thunder, desenvolvido como ferramenta de apoio à aplicação do processo, foi avaliado por sete participantes com formação concentrada nas áreas de Computação e Design, majoritariamente localizados na região Nordeste. Embora os resultados indiquem boa aceitação e usabilidade, a composição relativamente homogênea da amostra limita a generalização dos achados. Essa limitação é particularmente relevante porque a recepção de visualizações musicais não ocorre de forma neutra: ela é moldada por fatores culturais, históricos e situacionais. Nesse sentido, pode-se recorrer à metáfora do efeito Kuleshov no cinema – em que um mesmo estímulo visual adquire significados distintos conforme o contexto em que é apresentado (Prince; Hensley, 1992) – para compreender como a interpretação de uma visualização musical também varia de acordo com o repertório e o momento vivido pelo avaliador. Assim, futuros estudos poderão ampliar essa avaliação envolvendo públicos com formações mais diversas, incluindo profissionais de outras áreas criativas e participantes de diferentes regiões e contextos socioculturais, a fim de explorar a versatilidade do guia em cenários variados de uso.

11.4 Trabalhos Futuros

Primeiramente, é necessário aplicar o Thunder em contextos mais diversos, abrangendo diferentes gêneros musicais, estilos visuais e finalidades comunicacionais. Nesta pesquisa, a aplicação prática considerou uma única peça musical e um número reduzido de designers, o que limita a avaliação de adaptabilidade. Estudos futuros podem explorar o uso do Thunder em jogos digitais, performances ao vivo, instalações imersivas e experiências educativas, verificando seu desempenho diante de objetivos criativos e públicos distintos.

Além disso, a subjetividade na recepção emocional de música e imagem impõe desafios à padronização de métodos. Pesquisas subsequentes podem articular avaliações qualitativas e quantitativas, incorporando medidas psicofisiológicas, protocolos de codificação afetiva e métodos participativos. Essa combinação pode ampliar a compreensão de como diferentes perfis de espectadores interpretam e se conectam emocionalmente com visualizações produzidas com o Thunder.

Também é relevante aprofundar o uso do processo como tecnologia de mediação criativa. O Thunder busca equilibrar estrutura metodológica e liberdade expressiva. Estudos podem observar como esse equilíbrio se manifesta em contextos de co-criação, oficinas e projetos colaborativos entre designers, músicos e artistas visuais, considerando o bem-estar criativo e a autonomia na prática artística.

No campo da acessibilidade, ainda não houve aplicação do Thunder com pessoas com deficiência auditiva. Investigações voltadas à criação de visualizações acessíveis e à adaptação do guia de uso para diferentes necessidades comunicacionais podem fortalecer o compromisso ético e social do processo com experiências sensíveis e plurais.

Por fim, recomenda-se aprimorar e expandir o Guia de Uso do Thunder. A ferramenta mostrou-se útil para orientar a aplicação do processo, mas depende de interpretação autônoma por parte do usuário. Versões futuras podem incluir elementos interativos, tutoriais visuais, exemplos práticos e materiais de apoio que favoreçam a apropriação do processo por diferentes perfis de criadores. Estudos longitudinais em contextos reais podem fornecer evidências mais consistentes sobre eficácia, impacto e pontos de refinamento.

REFERÊNCIAS

- ABREU, R.; SANTOS, J.; BEZERRA, E. A bimodal learning approach to assist multi-sensory effects synchronization. **2018 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)**, p. 1–8, 2018.
- ALMEIDA, H.; CABRAL, G.; MOURA, R. Design process and rapid prototyping of animated music visualizations. In: SBC. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Computação Musical**. [S. l.], 2021. p. 114–120.
- ANDERSEN, J. S.; MICCINI, R.; SERAFIN, S.; SPAGNOL, S. Evaluation of individualized hrtfs in a 3d shooter game. **2021 Immersive and 3D Audio: from Architecture to Automotive (I3DA)**, p. 1–10, 2021.
- APPLE INC. **iTunes [software]**. 2025. Disponível em: <https://www.apple.com/itunes/>. Acesso em: 21 maio 2025.
- ARMSTRONG, J. S. **Principles of Forecasting**: A handbook for researchers and practitioners. 1st edition. ed. New York: Springer, 2001. (International Series in Operations Research Management Science). ISBN 9780792379300; 0792379306.
- ATARI, INC. **Atari Video Music [hardware]**. Estados Unidos: Atari, Inc., 1976.
- BAIN, M. N. **Real Time Music Visualization**: A study in the visual extension of music. Dissertação (Master of Fine Arts) – The Ohio State University, Columbus, OH, EUA, 2008.
- BARBOSA, S. D. J.; SILVA, B. d.; SILVEIRA, M. S.; GASPARINI, I.; DARIN, T.; BARBOSA, G. D. J. **Interação Humano-Computador e Experiência do Usuário**. Brasil: Auto publicação, 2021.
- BARROS, C. M. D. Representação da informação musical: emoções expressas pelos usuários. **Informação & Informação**, v. 25, n. 3, p. 306–331, 2020.
- BEAT GAMES. **Beat Saber [recurso eletrônico]**. República Tcheca: Beat Games, 2019. Disponível em: <https://beatsaber.com/>. Acesso em: 9 jun. 2025.
- BEM, M. J. **Effects of sounds on the visitors' experience in museums**. Dissertação (Master of Science) – Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY, EUA, 2023.
- BERGE, D.; BETTENCOURT, D.; LAGEWEG, S.; OVERMAN, W.; ZAIDI, A.; BIDARRA, R. Pinball for the visually impaired—an audio spatialization and sonification mobile game. **Extended Abstracts of the 2020 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play**, p. 43–46, 2020.
- BOURRIAUD, N. **Relational Aesthetics**. Paris, França: Les Presses du réel, 2020.
- CABELLO, R. **Three.js: Javascript 3d library [recurso eletrônico]**. 2024. Disponível em: <https://threejs.org/>. Acesso em: 16 jun. 2025.
- CANO, S.; ARAUJO, N.; GUZMAN, C.; RUSU, C.; ALBIOL-PÉREZ, S. Low-cost assessment of user experience through eeg signals. **IEEE Access**, IEEE, v. 8, p. 158475–158487, 2020.

CANTAREIRA, G. D.; NONATO, L. G.; PAULOVICH, F. V. Moshviz: A detail+overview approach to visualize music elements. **IEEE Transactions on Multimedia**, IEEE, v. 18, n. 11, p. 2238–2246, 2016.

CARNOVALINI, F.; RODÀ, A.; CANEVA, P. A musical serious game for social interaction through augmented rhythmic improvisation. **Proceedings of the 5th EAI International Conference on Smart Objects and Technologies for Social Good**, p. 130–135, 2019.

CHANDA, M. L.; LEVITIN, D. J. The neurochemistry of music. **Trends in cognitive sciences**, Elsevier, v. 17, n. 4, p. 179–193, 2013.

CHANG, H.; DÍAZ, M.; CATALÀ, A.; CHEN, W.; RAUTERBERG, M. Mood boards as a universal tool for investigating emotional experience. **Design, User Experience, and Usability. User Experience Design Practice: Third International Conference, DUXU 2014, Held as Part of HCI International 2014, Heraklion, Crete, Greece, June 22-27, 2014, Proceedings, Part IV 3**, p. 220–231, 2014.

CHARBONNEAU, E.; HUGHES, C. E.; JR, J. L. Vibraudio pose: an investigation of non-visual feedback roles for body controlled video games. **Proceedings of the 5th ACM SIGGRAPH Symposium on Video Games**, p. 79–84, 2010.

CHASIN, M. Music and hearing aids. **The Hearing Journal**, LWW, v. 56, n. 7, p. 36–38, 2003.

CHEN, C.; CAO, N.; HOU, H.; GUO, Y.; ZHANG, Y.; SHI, Y. Musicjam: Visualizing music insights via generated narrative illustrations. **arXiv preprint arXiv:2308.11329**, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2308.11329>. Acesso em: 22 jun. 2025.

COELHO, B.; ANDRADE, R. M.; DARIN, T. Not the same everywhere: comparing the scope and definition of user experience between the brazilian and international communities. **International Journal of Human–Computer Interaction**, Taylor & Francis, v. 38, n. 7, p. 595–613, 2022.

COLLINS, K. **Game Sound**: An introduction to the history, theory, and practice of video game music and sound design. Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 2008. ISBN 978-0-262-53777-3.

CONWAY, F.; PATERSON, N. Spatial audio and reverberation in an augmented reality game sound design. **40th AES Conference: Spatial Audio, Tokyo, Japan, October 8-10**, 2010.

COWEN, A. S.; FANG, X.; SAUTER, D.; KELTNER, D. What music makes us feel: At least 13 dimensions organize subjective experiences associated with music across different cultures. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, National Acad Sciences, v. 117, n. 4, p. 1924–1934, 2020.

CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Research Design**: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. 4. ed. Thousand Oaks, CA, USA: SAGE Publications, 2017.

DAENGSI, T.; PORNPONGTECHAVANICH, P.; WUTTIDITTACHOTTI, P. A proposed audiovisual quality assessment model associated with multiplayer online battle arena game: a pilot study with rov. **2020 22nd International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)**, p. 367–371, 2020.

- DARIN, T.; COELHO, B.; BORGES, B. Which instrument should i use? supporting decision-making about the evaluation of user experience. **International conference on human-computer interaction**, p. 49–67, 2019.
- DESMET, P. Measuring emotion: Development and application of an instrument to measure emotional responses to products. In: **Funology 2: From usability to enjoyment**. [S. l.]: Springer, 2018. p. 391–404.
- DESMET, P. M. A. **Designing Emotions**. Tese (Doutorado) – Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, June 2002. ISBN 90-9015877-4.
- DISNEY, W. **Fantasia [filme]**. Estados Unidos: Walt Disney Productions, 1940.
- ERDMANN, M.; BERG, M. von; STEFFENS, J. Development and evaluation of a mixed reality music visualization for a live performance based on music information retrieval. **Frontiers in Virtual Reality**, Frontiers, v. 6, p. 1552321, 2025.
- FOURNEY, D. W.; FELS, D. I. Creating access to music through visualization. **2009 ieee toronto international conference science and technology for humanity (tic-sth)**, p. 939–944, 2009.
- GABRIELSSON, A. Emotion perceived and emotion felt: Same or different? **Musicae Scientiae**, SAGE Publications, v. 5, n. 1 suppl, p. 123–147, 2001.
- GALANTER, P. Generative art theory. In: **A companion to digital art**. [S. l.]: Wiley Online Library, 2016. p. 146–180.
- GARNER, T. A.; GRIMSHAW, M. Psychophysiological assessment of fear experience in response to sound during computer video gameplay. **International Conference Interfaces and Human Computer Interaction**, p. 45–53, 2013.
- GOMES, J. T.; CARMO, M. B.; CLÁUDIO, A. P. Visualização de música à distância de um gesto. **21º Encontro Português de Computação Gráfica**, The Eurographics Association, 2020.
- GOOGLE CREATIVE LAB. **Chrome Music Lab [recurso eletrônico]**. [S. l.]: Google, 2016. Disponível em: <https://musiclab.chromeexperiments.com/>. Acesso em: 9 jun. 2025.
- GRAF, M.; OPARA, H. C.; BARTHET, M. An audio-driven system for real-time music visualisation. **arXiv preprint arXiv:2106.10134**, 2021. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2106.10134>. Acesso em: 15 jun. 2025.
- GRIMSHAW, M. N.; NACKE, L.; LINDLEY, C. A. Sound and immersion in the first-person shooter: Mixed measurement of the player's sonic experience. In: **Proceedings of Audio Mostly 2008**. Piteå, Sweden: Luleå University of Technology, 2008. p. 9–15.
- HALLAM, S.; MACDONALD, R. Introduction: Perspectives on the power of music. **Research Studies in Music Education**, SAGE Publications, London, UK, v. 35, n. 1, p. 83–86, 2013.
- HASSENZAHL, M. User experience (ux) towards an experiential perspective on product quality. **Proceedings of the 20th conference on l'Interaction homme-machine**, p. 11–15, 2008.
- HASSENZAHL, M. User experience and experience design. **The encyclopedia of human-computer interaction**, The Interaction Design Foundation Aarhus, Denmark, v. 2, p. 1–14, 2013.

- HASSENZAHL, M.; TRACTINSKY, N. User experience-a research agenda. **Behaviour & Information Technology**, Taylor & Francis, v. 25, n. 2, p. 91–97, 2006.
- HIRAGA, R.; WATANABE, F.; FUJISHIRO, I. Music learning through visualization. **Second International Conference on Web Delivering of Music, 2002. WEDELMUSIC 2002. Proceedings.**, p. 101–108, 2002.
- HISAISHI, J. **Mononoke Hime [gravação sonora]**. Tóquio, Japão: [S. n.], 1997. Tema do filme *Princess Mononoke*, Studio Ghibli.
- HISAISHI, J. **The Sixth Station [gravação sonora]**. Tóquio, Japão: [S. n.], 2001. Faixa do álbum *Spirited Away (Original Soundtrack)*, Studio Ghibli.
- HOLM, J.; SIIRTOLA, H. A comparison of methods for visualizing musical genres. **2012 16th International Conference on Information Visualisation**, p. 636–645, 2012.
- HONNA, Y. **Country Road [gravação sonora]**. Tóquio, Japão: [S. n.], 1995. Single; tema do filme *Whisper of the Heart*, Studio Ghibli.
- HUANG, J.; WEBER, C. J.; ROTHE, S. An ai-driven music visualization system for generating meaningful audio-responsive visuals in real-time. **Proceedings of the 2025 ACM International Conference on Interactive Media Experiences**, p. 258–274, 2025.
- HWANG, A.; OH, J. Interacting with background music engages e-customers more: The impact of interactive music on consumer perception and behavioral intention. **Journal of Retailing and Consumer Services**, v. 54, p. 101928, 2020.
- INOUE, A. **Sanpo [gravação sonora]**. Tóquio, Japão: [S. n.], 1988. Single; tema do filme *My Neighbor Totoro*, Studio Ghibli.
- IP, I.; SWEETSER, P. Investigating player experience in virtual reality games via remote experimentation. **Extended Abstracts of the 2021 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play**, p. 146–151, 2021.
- JIN, S.; QIN, J.; LI, W. Draw portraits by music: a music based image style transformation. **Proceedings of the 28th ACM International Conference on Multimedia**, p. 4399–4400, 2020.
- JUSLIN, P. N.; LAUKKA, P. Expression, perception, and induction of musical emotions: A review and a questionnaire study of everyday listening. **Journal of new music research**, Taylor & Francis, v. 33, n. 3, p. 217–238, 2004.
- JUSLIN, P. N.; VÄSTFJÄLL, D. Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms. **Behavioral and brain sciences**, Cambridge University Press, v. 31, n. 5, p. 559–575, 2008.
- KAMIOKA, H.; TSUTANI, K.; YAMADA, M.; PARK, H.; OKUIZUMI, H.; TSURUOKA, K.; HONDA, T.; OKADA, S.; PARK, S.-J.; KITAYUGUCHI, J. *et al.* Effectiveness of music therapy: a summary of systematic reviews based on randomized controlled trials of music interventions. **Patient preference and adherence**, Taylor & Francis, p. 727–754, 2014.
- KIMURA, Y. **Itsumo Nando Demo [gravação sonora]**. Osaka, Japão: [S. n.], 2001. Single; tema de encerramento do filme *Spirited Away*, Studio Ghibli.

- KIRAKOWSKI, J.; CORBETT, M.; SUMI, M. The software usability measurement inventory. **Br J Educ Technol**, v. 24, n. 3, p. 210–2, 1993.
- KLEMENC, B.; CIUHA, P.; SOLINA, F. Educational possibilities of the project colour visualization of music. **Organizacija**, Univerza v Ljubljani, v. 44, n. 3, p. 67–75, 2011.
- KOELSCH, S. Towards a neural basis of music-evoked emotions. **Trends in cognitive sciences**, Elsevier, v. 14, n. 3, p. 131–137, 2010.
- KOELSCH, S. Brain correlate of music-evoked emotions. **Nature reviews. Neuroscience**, v. 15, p. 170–180, 02 2014.
- KOELSCH, S. Music-evoked emotions: principles, brain correlates, and implications for therapy. **Annals of the New York Academy of Sciences**, Wiley Online Library, v. 1337, n. 1, p. 193–201, 2015.
- LAKATOS, M. Sights and sounds of big data: Ryoji ikeda’s immersive installations. **Acta Universitatis Sapientiae, Film and Media Studies**, Scientia Kiadó, n. 18, p. 109–129, 2020.
- LALLEMAND, C.; GRONIER, G.; KOENIG, V. User experience: A concept without consensus? exploring practitioners’ perspectives through an international survey. **Computers in human behavior**, Elsevier, v. 43, p. 35–48, 2015.
- LAZAR, J.; FENG, J. H.; HOCHHEISER, H. **Research methods in human-computer interaction**. [S. l.]: Morgan Kaufmann, 2017.
- LEE, C.; HONG, J.-H. musicolors: Bridging sound and visuals for synesthetic creative musical experience. **arXiv preprint arXiv:2503.14220**, 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2503.14220>. Acesso em: 21 jun. 2025.
- LEE, Y.; FATHIA, R. N. Interactive music visualization for music player using processing. **2016 22nd International Conference on Virtual System & Multimedia (VSMM)**, p. 1–4, 2016.
- LI, W.; LI, J. Research on music visualization based on graphic images and mathematical statistics. **IEEE Access**, v. 8, p. 100652–100660, 2020.
- LIMA, H. B.; SANTOS, C. G. D.; MEIGUINS, B. S. A survey of music visualization techniques. **ACM Computing Surveys (CSUR)**, ACM New York, NY, USA, v. 54, n. 7, p. 1–29, 2021.
- LIU, V.; LONG, T.; RAW, N.; CHILTON, L. Generative disco: Text-to-video generation for music visualization. **arXiv preprint arXiv:2304.08551**, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2304.08551>. Acesso em: 21 jun. 2025.
- LUO, D.; DOUCÉ, L.; NYS, K. Multisensory museum experience: an integrative view and future research directions. **Museum Management and Curatorship**, Taylor & Francis, p. 1–28, 2024.
- MATESSINO, M. **Letter in Response to “A Study of Jaws’ Incisive Overture to Close Off the Century” [artigo eletrônico]**. Los Angeles, CA, EUA: [S. n.], 1999. Publicado em *Film Score Monthly — Internet*. Disponível em: <http://www.filmscoremonthly.com>. Acesso em: 16 jun. 2025.
- MCCARTHY, J.; WRIGHT, P. **Technology as Experience**. Estados Unidos: The MIT Press, 2004.

- MCCARTHY, L. **p5.js**: A js client-side library for creating graphic and interactive experiences [recurso eletrônico]. 2024. Disponível em: <https://p5js.org/>. Acesso em: 16 jun. 2025.
- MEDINA-GRAY, E. Interacting with soundscapes: Music, sound effects and dialogue in video games. In: **The Cambridge Companion to Video Game Music**, Cambridge University Press Cambridge, p. 176–192, 2021.
- META OPEN SOURCE. **React**: A javascript library for building user interfaces [recurso eletrônico]. 2024. Disponível em: <https://react.dev/>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- MICROSOFT. **TypeScript**: Javascript with syntax for types [recurso eletrônico]. 2024. Disponível em: <https://www.typescriptlang.org/>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- MICROSOFT CORPORATION. **Windows Media Player [software]**. Estados Unidos: [S. n.], 1991. Software para reprodução de mídia.
- MILLER, M.; BONNICI, A.; EL-ASSADY, M. Augmenting music sheets with harmonic fingerprints. In: **Proceedings of the ACM Symposium on Document Engineering 2019**, p. 1–10, 2019.
- MIRANDA, D.; LI, C.; DARIN, T. Ues-br: Translation and cross-cultural adaptation of the user engagement scale for brazilian portuguese. In: **Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction**, v. 5, p. 1–22, 10 2021.
- MORI, J.; FELS, D. I. Seeing the music can animated lyrics provide access to the emotional content in music for people who are deaf or hard of hearing? In: **2009 IEEE Toronto International Conference Science and Technology for Humanity (TIC-STH)**, p. 951–956, 2009.
- MORITZ, W. **Optical poetry**: the life and work of oskar fischinger. Estados Unidos: Indiana University Press, 2004.
- MUNTEANU, L. H. Musical culture, a finality of musical education. In: **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, Elsevier, v. 46, p. 4195–4199, 2012.
- MURACCIOLE, D. **@react-pdf/renderer**: Render react components to pdf [recurso eletrônico]. 2024. Disponível em: <https://react-pdf.org/>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- MÜHLEMANN, J. **i18next**: Internationalization framework written in and for javascript [recurso eletrônico]. 2024. Disponível em: <https://www.i18next.com/>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- NACKE, L. E.; GRIMSHAW, M. N.; LINDLEY, C. A. More than a feeling: Measurement of sonic user experience and psychophysiology in a first-person shooter game. In: **Interacting with computers**, Oxford University Press Oxford, UK, v. 22, n. 5, p. 336–343, 2010.
- NIELSEN, J. Enhancing the explanatory power of usability heuristics. In: **Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems**, p. 152–158, 1994.
- NORMAN, D.; MILLER, J.; HENDERSON, A. What you see, some of what's in the future, and how we go about doing it: Hi at apple computer. In: **Conference companion on Human factors in computing systems**, p. 155, 1995.
- NORMAN, D. A. **Emotional Design**: Why we love (or hate) everyday things. New York, NY, USA: Basic Books, 2004. ISBN 978-0-465-05135-9.

NULLSOFT. **Winamp [software]**. Estados Unidos: [S. n.], 1997. Software para reprodução de mídia.

NUNES, C.; DARIN, T. Cross-cultural adaptation of the intrinsic motivation inventory task evaluation questionnaire into brazilian portuguese. **Proceedings of the XXII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems**, p. 1–11, 2023.

NUNES, C.; DARIN, T. Brazilian portuguese version of intrinsic motivation inventory (imi-teq br): Towards a digital well-being culture in brazil. **Journal of the Brazilian Computer Society**, v. 30, n. 1, p. 394–410, 2024.

NUNES, C.; DARIN, T. Echoes of player experience: A literature review on audio assessment and player experience in games. **Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction**, ACM New York, NY, USA, v. 8, n. CHI PLAY, p. 1–27, 2024.

NUNES, C.; REINBOLD, I.; CASTRO, M.; DARIN, T. Thunder: A design process to build emotionally engaging music visualizations. **Proceedings of the XXIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems**, p. 1–15, 2024.

OBJECT MANAGEMENT GROUP. **Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0.2 [recurso eletrônico]**. 2013. Disponível em: <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0.2>. Acesso em: 9 jun. 2025.

OPENJS FOUNDATION. **Electron**: Build cross-platform desktop apps with javascript, html and css [recurso eletrônico]. 2024. Disponível em: <https://www.electronjs.org/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

OREN, M.; HARDING, C.; BONEBRIGHT, T. L. Design and usability testing of an audio platform game for players with visual impairments. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 102, n. 12, p. 761–773, 2008.

PEREIRA, D.; CHAMBEL, T. Enhancing emotional awareness and regulation in movies and music based on personality. **Proceedings of the 2023 ACM International Conference on Interactive Media Experiences**, 2023.

PEREIRA, R.; DARIN, T.; SILVEIRA, M. S. Grandihc-br: Grand research challenges in human-computer interaction in brazil for 2025-2035. **Proceedings of the XXIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems**, p. 1–24, 2024.

POKHAREL, R. Exploring the different roles and aspects of music. **Molung Educational Frontier**, p. 125–133, 2020.

POURIS, M.; FELS, D. I. Creating an entertaining and informative music visualization. **International Conference on Computers for Handicapped Persons**, p. 451–458, 2012.

PRECHTL, A.; LANEY, R.; WILLIS, A.; SAMUELS, R. Methodological approaches to the evaluation of game music systems. In: **Proceedings of the 9th Audio Mostly**. Aalborg, Denmark: Association for Computing Machinery, 2014. p. 1–8.

PRINCE, S.; HENSLEY, W. E. The kuleshov effect: Recreating the classic experiment. **Cinema Journal**, JSTOR, v. 31, n. 2, p. 59–75, 1992.

PRISCO, R. D.; MALANDRINO, D.; PIROZZI, D.; ZACCAGNINO, G.; ZACCAGNINO, R. Understanding the structure of musical compositions: Is visualization an effective approach? **Information Visualization**, v. 16, n. 2, p. 139–152, 2017.

PRISCO, R. D.; MALANDRINO, D.; PIROZZI, D.; ZACCAGNINO, G.; ZACCAGNINO, R. Evaluation study of visualisations for harmonic analysis of 4-part music. **2018 22nd International Conference Information Visualisation (IV)**, p. 484–489, 2018.

RAGONE, G.; GOOD, J.; HOWLAND, K. Osmosis: Interactive sound generation system for children with autism. **Proceedings of the 2020 ACM Interaction Design and Children Conference: Extended Abstracts**, p. 151–156, 2020.

RAMOS, D.; BUENO, J. L. O. Emoções de uma escuta musical afetam a percepção subjetiva de tempo. In: **Psicologia: Reflexão e crítica**. Porto Alegre, RS, Brasil: SciELO Brasil, 2012. v. 25, p. 286–292.

RECTOR, K.; VILARDAGA, R.; LANSKY, L.; LU, K.; BENNETT, C. L.; LADNER, R. E.; KIENTZ, J. A. Design and real-world evaluation of eyes-free yoga: an exergame for blind and low-vision exercise. **ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)**, ACM New York, NY, USA, v. 9, n. 4, p. 1–25, 2017.

REDDY, G. R.; ROMPAPAS, D. Liquid hands: Evoking emotional states via augmented reality music visualizations. **Proceedings of the 2021 ACM International Conference on Interactive Media Experiences**, p. 305–310, 2021.

REY, L. D.; NOWELS, R. **West Coast [gravação sonora]**. Estados Unidos: [S. n.], 2014. Faixa do álbum *Ultraviolence*. Lançada em 14 abr. 2014.

REYBROUCK, M.; EEROLA, T. Music and its inductive power: a psychobiological and evolutionary approach to musical emotions. **Frontiers in Psychology**, Frontiers, v. 8, p. 242694, 2017.

RIBEIRO, G.; ROGERS, K.; ALTMAYER, M.; TERKILDSEN, T.; NACKE, L. E. Game atmosphere: effects of audiovisual thematic cohesion on player experience and psychophysiology. **Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play**, p. 107–119, 2020.

RICHARDS, R. E. **Everyday Creativity and New Views of Human Nature: Psychological, Social, and Spiritual Perspectives**. Estados Unidos: American Psychological Association, 2007.

ROBB, J.; GARNER, T.; COLLINS, K.; NACKE, L. E. The impact of health-related user interface sounds on player experience. **Simulation & Gaming**, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 48, n. 3, p. 402–427, 2017.

ROGERS, K. Exploring the role of audio in games. **Extended abstracts publication of the annual symposium on computer-human interaction in play**, p. 727–731, 2017.

ROGERS, K.; RIBEIRO, G.; WEHBE, R. R.; WEBER, M.; NACKE, L. E. Vanishing importance: studying immersive effects of game audio perception on player experiences in virtual reality. **Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems**, p. 1–13, 2018.

- ROGERS, Y.; SHARP, H.; PREECE, J. **Interaction Design**: Beyond human-computer interaction. 6. ed. Estados Unidos: John Wiley Sons, 2023. ISBN 978-1-119-90109-9.
- ROTO, V.; LAW, E. C.; VERMEEREN, A. P. O. S.; HOONHOUT, J. (Ed.). **User Experience White Paper**: Bringing clarity to the concept of user experience [recurso eletrônico]. 2011. Disponível em: <https://www.allaboutux.org/uxwhitepaper>. Acesso em: 22 out. 2025. Documento resultante do Dagstuhl Seminar 10373.
- RUBIO, D. M.; BERG-WEGER, M.; TEBB, S. S.; LEE, E. S.; RAUCH, S. Objectifying content validity: Conducting a content validity study in social work research. **Social work research**, Oxford University Press, v. 27, n. 2, p. 94–104, 2003.
- RYAN, R. M.; DECI, E. L. **Self-Determination Theory**: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness. Estados Unidos: Guilford Press, 2017. ISBN 978-1-4625-3896-6.
- SAGIV, L.; ARIELI, S.; GOLDENBERG, J.; GOLDSCHMIDT, A. Structure and freedom in creativity: The interplay between externally imposed structure and personal cognitive style. **Journal of Organizational Behavior**, Wiley Online Library, v. 31, n. 8, p. 1086–1110, 2010.
- SALAH, J.; ABDELRAHMAN, Y.; DAKROUNI, A.; ABDENNADHER, S. Judged by the cover: Investigating the effect of adaptive game interface on the learning experience. **Proceedings of the 17th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia**, p. 215–225, 2018.
- SALAKKA, I.; PITKÄNIEMI, A.; PENTIKÄINEN, E.; MIKKONEN, K.; SAARI, P.; TOIVIAINEN, P.; SÄRKÄMÖ, T. What makes music memorable? relationships between acoustic musical features and music-evoked emotions and memories in older adults. **PloS one**, Public Library of Science San Francisco, CA USA, v. 16, n. 5, p. e0251692, 2021.
- SCHMIDT-JONES, C. **The Basic Elements of Music**. United States: Connexions / OpenStax CNX, 2012.
- SCHMIDT, S.; ZADTOOTAGHAJ, S.; WANG, S.; MÖLLER, S. Towards the influence of audio quality on gaming quality of experience. **2021 13th International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX)**, p. 169–174, 2021.
- SCHUURINK, E. L.; HOUTKAMP, J.; TOET, A. Engagement and emg in serious gaming: Experimenting with sound and dynamics in the levee patroller training game. **Fun and Games: Second International Conference, Eindhoven, The Netherlands, October 20-21, 2008. Proceedings**, p. 139–149, 2008.
- SIU, A.; KIM, G. S.; O'MODHRAIN, S.; FOLLMER, S. Supporting accessible data visualization through audio data narratives. **Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems**, p. 1–19, 2022.
- SMETS, J. H.; SPEK, E. D. Van der. That sound's juicy! exploring juicy audio effects in video games. In: **Proceedings of the 20th IFIP TC 14 International Conference – Entertainment Computing – ICEC 2021**. Coimbra, Portugal: Springer, 2021. p. 319–335.
- SORHUS, S. **electron-store**: Simple data persistence for your electron app [recurso eletrônico]. 2024. Disponível em: <https://github.com/sindresorhus/electron-store>. Acesso em: 10 jun. 2025.

- STEWART, R.; KUDUMAKIS, P.; SANDLER, M. Interactive music applications and standards. **International Symposium on Computer Music Modeling and Retrieval**, p. 20–30, 2010.
- TOKUHISA, S.; NIWA, Y.; IGUCHI, K.; OKUBO, S.; NEZU, T.; INAKAGE, M. Ototonari: mobile ad hoc pervasive game that develops a regional difference. **Proceedings of the 2006 international conference on Game research and development**, p. 155–162, 2006.
- UNITY TECHNOLOGIES. **Unity Real-Time Development Platform [recurso eletrônico]**. 2024. Disponível em: <https://unity.com/>. Acesso em: 16 jun. 2025.
- WEDOFF, R.; BALL, L.; WANG, A.; KHOO, Y. X.; LIEBERMAN, L.; RECTOR, K. Virtual showdown: An accessible virtual reality game with scaffolds for youth with visual impairments. **Proceedings of the 2019 CHI conference on human factors in computing systems**, p. 1–15, 2019.
- WIEMEYER, J.; NACKE, L.; MOSER, C.; ‘FLOYD’MUELLER, F. Player experience. **Serious games: Foundations, concepts and practice**, Springer, p. 243–271, 2016.
- WONGUTAI, K.; PALEE, P.; CHOOSRI, N. The effect of sound in vr exergame to adult player: A primary investigation. **2021 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunication Engineering**, p. 1–4, 2021.
- WRIGHT, P.; MCCARTHY, J.; MEEKISON, L. Making sense of experience. **Funology: From usability to enjoyment**, Springer, p. 43–53, 2003.
- YIN, B.; BAILEY, S.; HU, E.; JAYAREKERA, M.; SHAW, A.; WÜNSCHE, B. C. Tour de tune 2-auditory-game-motor synchronisation with music tempo in an immersive virtual reality exergame. **Proceedings of the 2021 Australasian Computer Science Week Multiconference**, p. 1–10, 2021.
- ZIMMERMAN, J.; FORLIZZI, J. Research through design in hci. **Ways of Knowing in HCI**, Springer, p. 167–189, 2014.

**APÊNDICE A – DADOS COLETADOS NA REVISÃO DE LITERATURA SOBRE
ÁUDIO E PX**

Tabela 21 – Características dos jogos avaliados nos 26 artigos selecionados.

Referência	Nome do Jogo	Plataforma	Gênero	Status	Tipo de Áudio
(Robb <i>et al.</i> , 2017)	N/A	N/A	FPS	Protótipo	Efeitos sonoros
(Charbonneau <i>et al.</i> , 2010)	Vibraudio Pose	PC	Jogo sério	Protótipo	Efeitos sonoros
(Schuurink <i>et al.</i> , 2008)	Levee Patroller	PC	Jogo sério	Lançado	Efeitos sonoros
(Garner; Grimshaw, 2013)	The Carrier	PC	Terror de Sobrevivência e Quebra-Cabeça	Protótipo	Efeitos sonoros, Música
(Oren <i>et al.</i> , 2008)	N/A	PC	Plataforma	Protótipo	Efeitos sonoros
(Smets; Spek, 2021)	Space Adventure	Web/PC	Arcade	Lançado	Efeitos sonoros, Discurso e diálogo
(Grimshaw <i>et al.</i> , 2008)	Half-Life 2	PC	FPS	Lançado	Efeitos sonoros, Música
(Rector <i>et al.</i> , 2017)	Eyes-Free Yoga	PC	Exergame	Protótipo	Efeitos sonoros, Música, Discurso e diálogo
(Ribeiro <i>et al.</i> , 2020)	Bloodborne	Playstation 4	Role-Playing Game (RPG), Ação	Lançado	Efeitos sonoros, Música, Discurso e diálogo
(Berge <i>et al.</i> , 2020)	Pingball	PC, Android	Arcade	Protótipo	Efeitos sonoros, Discurso e diálogo

Referência	Nome do Jogo	Plataforma	Gênero	Status	Tipo de Áudio
(Prechtl <i>et al.</i> , 2014)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
(Yin <i>et al.</i> , 2021)	N/A	VR	Exergame	Protótipo	Música
(Ip; Sweetser, 2021)	Escolhido pelo participante	VR, PC, Console	N/A	N/A	Efeitos sonoros, Música, Discurso e diálogo
(Salah <i>et al.</i> , 2018)	Edu-communicate	PC, Mobile	Jogo sério	Protótipo	Música
(Wedoff <i>et al.</i> , 2019)	Virtual Show-down	VR	N/A	Protótipo	Efeitos sonoros
(Ragone <i>et al.</i> , 2020)	OSMoSIS	Web	Jogo sério	Protótipo	Efeitos sonoros
(Carnovalini <i>et al.</i> , 2019)	N/A	N/A	Jogo sério	Protótipo	Música
(Tokuhisa <i>et al.</i> , 2006)	Ototonari	Mobile	Baseado em localização	Protótipo	Efeitos sonoros, Música
(Wongutai <i>et al.</i> , 2021)	N/A	VR	Exergame	Protótipo	Efeitos sonoros, Música
(Daengsi <i>et al.</i> , 2020)	Realm of Valor	Mobile	Multiplayer Online Battle Arena (MOBA)	Lançado	Efeitos sonoros, Música, Discurso e diálogo
(Schmidt <i>et al.</i> , 2021)	Hearthstone, Counter-Strike: GO	PC	Cartas, FPS	Lançado	Efeitos sonoros, Música, Discurso e diálogo
(Nacke <i>et al.</i> , 2010)	Half-Life 2	PC	FPS	Lançado	Efeitos sonoros, Música
(Andersen <i>et al.</i> , 2021)	N/A	N/A	FPS	Protótipo	Efeitos sonoros
(Cano <i>et al.</i> , 2020)	Candy Crush, Geometry Dash	PC, Mobile	Casual	Lançado	Efeitos sonoros, Música

Referência	Nome do Jogo	Plataforma	Gênero	Status	Tipo de Áudio
(Conway; Paterson, 2010)	Viking Ghost Hunt	Mobile	Baseado em localização	Protótipo	Efeitos sonoros, Discurso e diálogo
(Rogers <i>et al.</i> , 2018)	The Vanishing of Ethan Carter	VR	Terror e Aventura	Lançado	Efeitos sonoros, Música, Discurso e diálogo

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 22 – Número de artigos por veículo de publicação.

Veículo de publicação	Tipo	Qtd de artigos
ACM Interaction Design and Children Conference	Conferência	1
ACM Transactions on Accessible Computing	Revista	1
Audio Engineering Society International Conference	Conferência	1
Audio Mostly	Conferência	2
Australasian Computer Science Week Multiconference	Conferência	1
Conference on Human Factors in Computing Systems	Conferência	2
Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play	Conferência	3
Entertainment Computing	Revista	1
Fun and Games	Conferência	1
IEEE Access	Revista	1
Immersive and 3D Audio: from Architecture to Automotive	Conferência	1
Interacting with Computers	Revista	1
International Conference Interfaces and Human Computer Interaction	Conferência	1
International Conference on Advanced Communications Technology	Conferência	1

International Conference on Digital Arts, Media and Technology	Conferência	1
International Conference on Game Research and Development	Conferência	1
International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia	Conferência	1
International Conference on Quality of Multimedia Experience	Conferência	1
International Conference on Smart Objects and Technologies for Social Good	Conferência	1
Journal of Visual Impairment & Blindness	Revista	1
Sandbox	Conferência	1
Simulation & Gaming	Revista	1

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 23 – Resumo dos construtos da PX avaliados.

Método/Instrumento	Construtos	Referências
PANAS	Afeto (positivo, negativo), Percepção de Qualidade	(Robb <i>et al.</i> , 2017), (Ribeiro <i>et al.</i> , 2020), (Rogers <i>et al.</i> , 2018)
SAM	Arousal, Dominância, Prazer	(Robb <i>et al.</i> , 2017), (Schurink <i>et al.</i> , 2008), (Ribeiro <i>et al.</i> , 2020), (Salah <i>et al.</i> , 2018), (Cano <i>et al.</i> , 2020), (Rogers <i>et al.</i> , 2018)
PENS	Competência, Autonomia, Relacionamento, Presença, Imersão, Controles Intuitivos	(Robb <i>et al.</i> , 2017), (Ribeiro <i>et al.</i> , 2020), (Wongutai <i>et al.</i> , 2021)
IMI	Motivação, Competência, Autonomia, Relacionamento, Valor, Utilidade, Interesse	(Robb <i>et al.</i> , 2017), (Yin <i>et al.</i> , 2021), (Wongutai <i>et al.</i> , 2021)

Player Experience Inventory (PXi)	Autonomia, Regras e Objetivos, Apelo Audiovisual, Dificuldade, Facilidade de Controle, Feedback de Progresso, Significado, Domínio, Curiosidade, Imersão	(Ribeiro <i>et al.</i> , 2020), (Ip; Sweetser, 2021)
GEQ	Tensão, Competência, Flow, Afeto (positivo/negativo), Desafio	(Grimshaw <i>et al.</i> , 2008), (Prechtl <i>et al.</i> , 2014), (Schmidt <i>et al.</i> , 2021), (Nacke <i>et al.</i> , 2010)
Game Engagement Questionnaire (GEQ)	Engajamento	(Prechtl <i>et al.</i> , 2014)
Immersive Experience Questionnaire (IEQ)	Desafio, Controle, Dissociação do Mundo Real, Envolvimento Emocional, Envolvimento Cognitivo, Frustração	(Ribeiro <i>et al.</i> , 2020)
meCUE 2.0	Emoções Positivas, Emoções Negativas	(Cano <i>et al.</i> , 2020)
Attentional Focus Questionnaire (AFQ)	Dissociação, Angústia	(Yin <i>et al.</i> , 2021)

Questionários Ad Hoc	Desempenho, Experiência Geral, Usabilidade, Fidelidade Sensorial, Adaptação, Acessibilidade, Qualidade da Interação, Qualidade do Áudio, Qualidade Percebida, Experiência Auditiva, Envolvimento Emocional, Progresso no Jogo, Identificação, Satisfação, Influência no Comportamento, Estética, Conformidade Estilística, Transmissão Narrativa, Esforço Percebido, Adoção, Compreensibilidade, Adequação Temática, Atmosfera, Influência na Compra, Frustração, Imersão Sônica	(Charbonneau <i>et al.</i> , 2010), (Oren <i>et al.</i> , 2008), (Smets; Spek, 2021), (Grimshaw <i>et al.</i> , 2008), (Ribeiro <i>et al.</i> , 2020), (Berge <i>et al.</i> , 2020), (Prechtl <i>et al.</i> , 2014), (Yin <i>et al.</i> , 2021), (Ip; Sweeter, 2021), (Wedoff <i>et al.</i> , 2019), (Carnovalini <i>et al.</i> , 2019), (Tokuhisa <i>et al.</i> , 2006), (Daengsi <i>et al.</i> , 2020), (Schmidt <i>et al.</i> , 2021), (Andersen <i>et al.</i> , 2021), (Conway; Paterson, 2010), (Rogers <i>et al.</i> , 2018)
Medidas Psicofisiológicas	Arousal	(Robb <i>et al.</i> , 2017), (Schuurink <i>et al.</i> , 2008), (Garner; Grimshaw, 2013), (Grimshaw <i>et al.</i> , 2008), (Ribeiro <i>et al.</i> , 2020), (Prechtl <i>et al.</i> , 2014), (Nacke <i>et al.</i> , 2010), (Cano <i>et al.</i> , 2020)
Entrevistas	Experiência Geral, Usabilidade, Compreensibilidade, Acessibilidade, Engajamento	(Robb <i>et al.</i> , 2017), (Garner; Grimshaw, 2013), (Rector <i>et al.</i> , 2017), (Wedoff <i>et al.</i> , 2019), (Ragone <i>et al.</i> , 2020)
Testes Subjetivos	Qualidade do Áudio	(Daengsi <i>et al.</i> , 2020)

Fonte: elaborado pelo autor.

APÊNDICE B – PROTÓTIPOS DESENVOLVIDOS

Os links a seguir direcionam para os protótipos de média e alta fidelidade desenvolvidos durante a aplicação do processo Thunder, conforme descrito na Seção 6.5.2.

– **Alternativa 1:**

- Protótipo de média fidelidade: <https://bit.ly/medfi-prototype-a1>
- Protótipo de alta fidelidade: <https://bit.ly/hifi-prototype-a1>

– **Alternativa 2:**

- Protótipo de média fidelidade: <https://bit.ly/medfi-prototype-a2>
- Protótipo de alta fidelidade: <https://bit.ly/hifi-prototype-a2>

APÊNDICE C – CENÁRIO DE TESTE DE USABILIDADE - GUIA DE USO DO THUNDER

C.1 Introdução

Olá, você foi convidado(a) a participar do teste de usabilidade do aplicativo Guia de Uso do Thunder, uma ferramenta que apoia o processo de criação de visualizações musicais com base nas etapas do processo de design Thunder.

C.2 Sobre o Thunder

Thunder é um processo de design voltado a criação de visualizações musicais com foco na comunicação emocional. Ele orienta artistas, designers e pesquisadores a traduzirem músicas em experiências visuais significativas, organizando o processo em etapas estruturadas: Conceitualização, Prototipação e Avaliação.

O aplicativo Guia de Uso do Thunder foi desenvolvido para acompanhar e documentar cada uma dessas etapas de forma fluida e interativa.

C.3 Objetivo do teste

Avaliar como você utiliza o aplicativo para documentar e refinar o design de uma visualização musical a partir de uma proposta artística, seguindo as orientações do processo Thunder.

C.4 Cenário de uso do teste

Você é um artista visual convidado a criar uma exibição para a música "West Coast", da cantora Lana Del Rey. Essa visualização será projetada em uma instalação imersiva e deve traduzir visualmente as emoções presentes na canção.

C.4.1 Preparação

- Baixe o aplicativo Guia de Uso do Thunder no mesmo drive deste arquivo; e
- Baixe a pasta "assets", que contém materiais que podem ser utilizados livremente durante sua criação.

C.4.2 Exploração

O aplicativo guiará você por todas as etapas do processo Thunder - da conceitualização à avaliação. Você tem liberdade para explorar os recursos e estruturar seu processo como achar mais coerente.

A sequência pode ser seguida tanto conforme o fluxo natural de seu raciocínio criativo ou seguindo o passo a passo do processo.

C.4.3 Duração Estimada

- Exploração do aplicativo: cerca de 30 minutos;
- Questionário pós-teste: cerca de 10 minutos

C.4.4 Após o Teste

Ao final, responda ao questionário inicial que lhe foi enviado. Ele tem como objetivo compreender sua experiência com o aplicativo e colher sugestões para futuras melhorias.

APÊNDICE D – ASSETS UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO DE USABILIDADE DO GUIA DE USO DO THUNDER

Moodboard

As imagens que compõem o *moodboard* foram obtidas da plataforma *Unsplash* (<https://unsplash.com>), um repositório gratuito de imagens de alta qualidade para fins criativos. Estas imagens foram utilizadas como base para compor a ambientação estética das visualizações musicais durante a etapa de conceitualização do projeto.

Figura 33 – Imagens de referência utilizadas no moodboard.



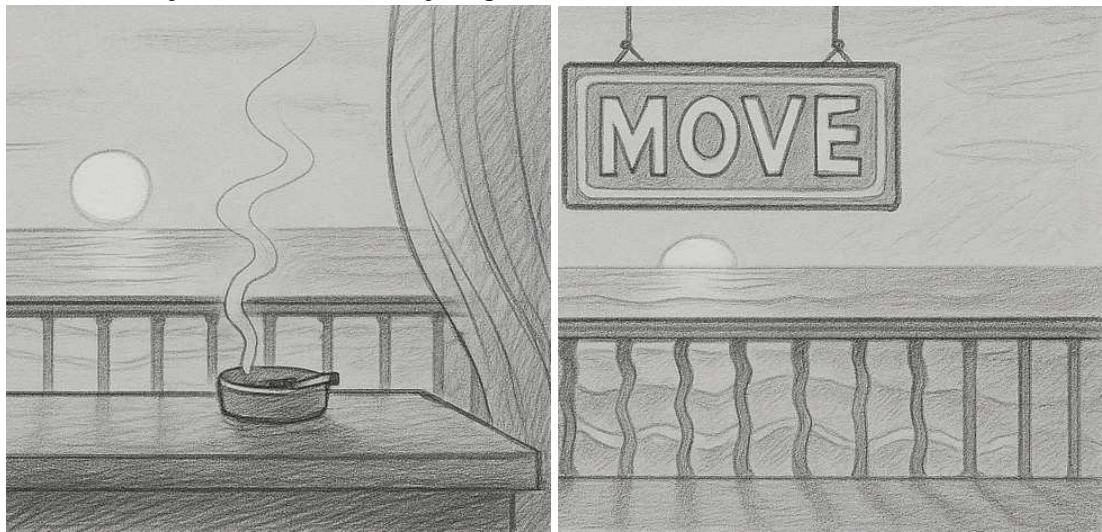
Fonte: Unsplash.

Esboços gerados para a etapa de conceitualização

Com o objetivo de ilustrar ideias iniciais do cenário proposto, foram utilizados esboços gerados por meio do ChatGPT com capacidade de geração de imagens¹.

¹ **Nota:** De acordo com boas práticas de transparência em pesquisa científica, é importante explicitar que as imagens geradas por inteligência artificial foram utilizadas apenas com fins ilustrativos no processo de design. Tais imagens não substituem trabalho autoral e foram revisadas criticamente pelo autor antes de sua adoção no projeto.

Figura 34 – Esboços de conceitualização, gerados com auxílio de IA.



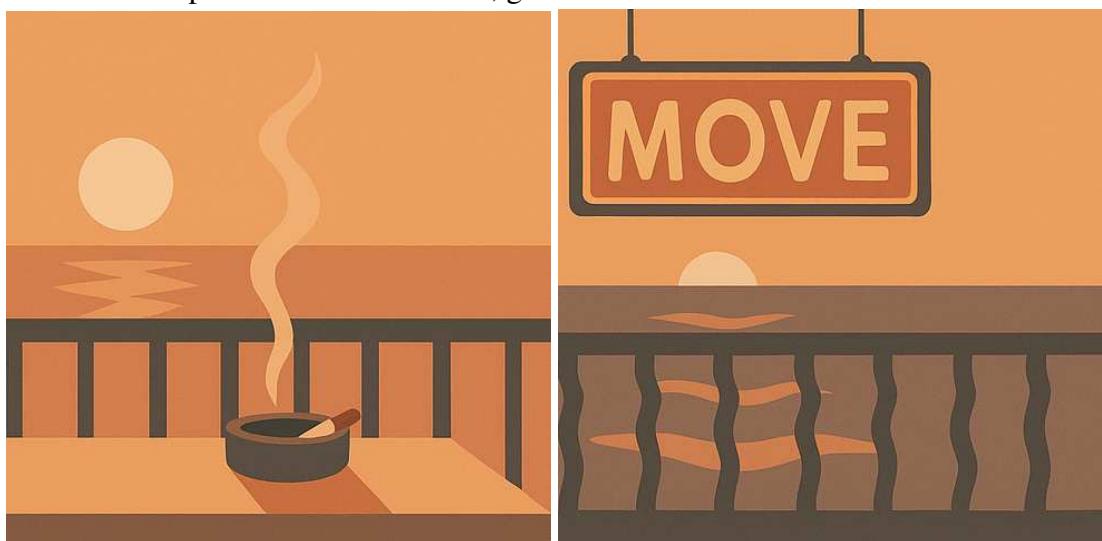
Fonte: ChatGPT.

Protótipos de média e alta fidelidade

Por fim, foram geradas imagens para representar as etapas de prototipação de média e alta fidelidade. As imagens também foram gerados com apoio do ChatGPT e revisadas pelo autor quanto à consistência visual e aderência às diretrizes do projeto.

Protótipos de média fidelidade

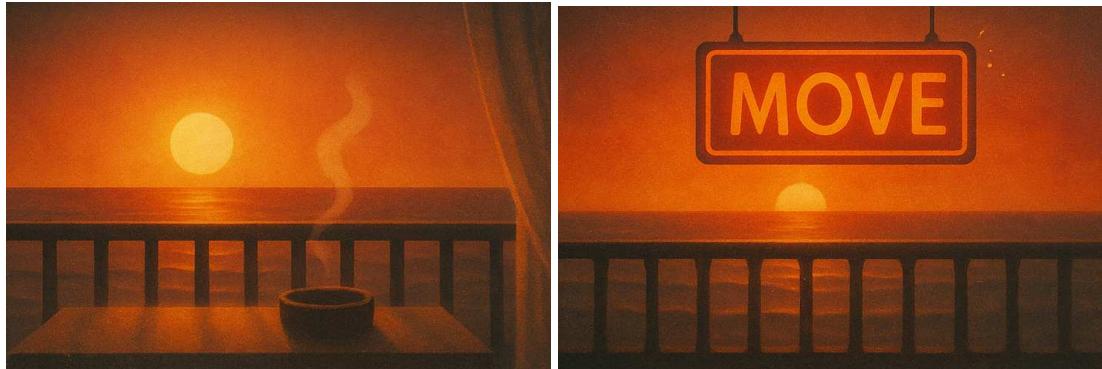
Figura 35 – Protótipos de média fidelidade, gerados com auxílio de IA.



Fonte: ChatGPT.

Protótipos de alta fidelidade

Figura 36 – Protótipos de alta fidelidade, gerados com auxílio de IA.



Fonte: ChatGPT.

APÊNDICE E – TEMAS DA ANÁLISE QUALITATIVA DA AVALIAÇÃO DE ESPECIALISTAS DO THUNDER

Tabela 24 – Temas principais da análise temática do *feedback* dos especialistas, com citações representativas e quantidade de comentários relacionados.

Tema	Descrição	Citações Representativas	Qtd. de Comentários
Melhoria da Coerência	Sugestões para aprimorar a clareza e integração do processo como um todo.	<i>"Seria interessante destacar de alguma forma a mídia sonora [...]." / "Talvez fosse melhor esclarecer que a fase de avaliação é, de fato, uma etapa intermediária entre as principais."</i>	3
Transparência do Processo	Sugestões para tornar mais claros os fundamentos das escolhas de design e justificar o papel de cada fase.	<i>"É essencial estabelecer a relação esperada entre a mensagem a ser transmitida e o tipo de público-alvo." / "É importante definir o que significa essa interação: é a música influenciando os visuais, o público interagindo ou algo diferente?"</i>	4
Refinamento da Estrutura do Processo	Comentários voltados à reorganização ou detalhamento das etapas do processo.	<i>"Talvez subetapas pudessem ser incluídas no diagrama para evitar deixar a etapa muito atômica." / "Eu diferenciaria a fase de avaliação das fases principais no diagrama e na descrição."</i>	6

Tema	Descrição	Citações Representativas	Qtd. de Comentários
Preparação do Designer	Comentários sobre as competências necessárias e a formação exigida para aplicação do Thunder.	<i>"É essencial destacar a necessidade de formação prévia para que os designers estejam adequadamente preparados."</i>	2
Expansão da Fundamentação Teórica	Solicitações para a inclusão de referências que embasem as decisões estéticas e emocionais.	<i>"Há uma vasta literatura sobre como características musicais se relacionam com emoções [...] seria benéfico incorporá-la."</i>	4
Direções Futuras de Pesquisa	Propostas de extensão do uso do Thunder ou de ferramentas complementares.	<i>"Mais adiante, árvores de decisão ou autômatos poderiam ser testados para automatizar partes da prototipação."/ "Essa proposta também poderia abordar experiências artísticas ou de acessibilidade, explorando aspectos sinestésicos."</i>	3

APÊNDICE F – TEMAS DA ANÁLISE QUALITATIVA DO GUIA DE USO DO THUNDER

Tabela 25 – Temas emergentes da análise qualitativa do Guia de Uso do Thunder, com citações representativas.

Tema	Descrição	Citação Representativa	N
Navegação entre etapas	Dificuldades para avançar ou retornar entre as etapas do processo	<i>"A navegação poderia melhorar, pois para ir para cada passo sempre precisa ir até o menu [...] colocar opções de 'avançar para o próximo passo' e 'voltar ao passo anterior' seriam interessantes."</i>	3
Feedback de progresso	Falta de clareza sobre status de conclusão e progresso do processo	<i>"Não era claro se eu estava cumprindo corretamente as tarefas de cada etapa."</i>	3
Escopo e limitações	Dificuldade em entender o que a ferramenta cobre ou não em termos de funcionalidades	<i>"No início fiquei um pouco confuso porque achei que o Thunder me ajudaria a montar a visualização, mas no fim era uma 'organização' do processo."</i>	2
Integração de mídias externas	Solicitação de maior conectividade com plataformas como Spotify, SoundCloud ou YouTube	<i>"Poderia haver um recurso para conectar com o Spotify ou SoundCloud."</i>	2
Edição e controle de entradas	Desejo de editar elementos já preenchidos sem necessidade de reescrita	<i>"Gostaria de poder editar o que já foi registrado nos campos 'Associação de Palavras', 'Amostras Selecionadas' e 'Mapa Temporal de Emoções', sem precisar apagar e reescrever tudo."</i>	2
Funcionalidades auxiliares ao processo criativo	Sugestões de ferramentas adicionais para apoiar a organização e planejamento do processo	<i>"[...] Adicionar o prazo final e a ferramenta calcula quanto tempo cada etapa pode demorar."</i>	2
Problemas técnicos pontuais	Travas e falhas na interface durante ações específicas	<i>"O app travou quando abri múltiplos dropdowns de status das etapas."</i>	1

Fonte: elaborado pelo autor.

**APÊNDICE G – CLASSIFICAÇÃO DOS PONTOS LEVANTADOS NA AVALIAÇÃO
DE USABILIDADE DO GUIA DE USO DO THUNDER**

Tabela 26 – Classificação dos pontos levantados e soluções propostas.

ID	Aspecto identificado	Severidade	Implementado	Encaminhamento adotado
1	Conexão com Spotify e SoundCloud	0	Sim	Adicionado suporte à áudios do Spotify e SoundCloud
2	Edição de registros sem excluir	2	Sim	Adicionada possibilidade de editar os registros já inseridos
3	Criação de esboços na aplicação	0	Não	Sugestão fora do escopo da ferramenta
4	Navegação entre etapas	4	Sim	Adicionados botões de Próximo e Anterior em todas as etapas
5	Implementação listada no menu	3	Sim	Adicionada uma página para implementação indicando que ela é um passo externo ao processo
6	Reescutar amostras no mapa de Cowen	1	Não	O mapa funciona dentro de um iFrame e não pode ser controlado por fora do mesmo
7	Zoom no mapa emocional	3	Sim	Adicionado zoom ao iFrame do mapa
8	Indicação de conclusão das etapas	4	Sim	Indicativos visuais de completude foram adicionados quando os campos são preenchidos

ID	Aspecto identificado	Severidade	Implementado	Encaminhamento adotado
9	Menu fixo em tela	2	Sim	Menu superior fixado permanentemente para facilitar navegação
10	Saber se o que está sendo feito está certo	4	Sim	Adicionadas instruções textuais em cada etapa de avaliação para indicar que a etapa equivale a validação do processo
11	Envio de protótipo não atualiza status	4	Sim	Corrigida a lógica de verificação do status da etapa
12	Incorporação de vídeos do YouTube	1	Sim	Mensagem informativa incluída sobre restrições da plataforma
13	Objetivo da aplicação não está claro	3	Sim	Reescrita da página inicial para esclarecer o propósito do Guia de Uso do Thunder
14	Gerenciamento de tempo pela ferramenta	0	Não	Sugestão fora do escopo da ferramenta
15	Aplicação trava com múltiplos <i>dropdowns</i>	4	Sim	Restrição aplicada para abrir apenas um <i>dropdown</i> de status por vez

Fonte: elaborado pelo autor.

APÊNDICE H – REQUISITOS DA FERRAMENTA GUIA DE USO DO THUNDER

Tabela 27 – Requisitos funcionais do Guia de Uso Thunder.

ID	Requisito Funcional	Descrição
RF01	Registro de informações das decisões musicais e emocionais	Inserir dados sobre a música, associação de palavras, amostras do mapa de Cowen e segmentação temporal das emoções em campos textuais dedicados.
RF02	Registro de informações das decisões estéticas	Inserir escolhas de cor e estilo visual em campos textuais dedicados.
RF03	Registros de informações das sessões de <i>feedback</i>	Registrar data, <i>feedbacks</i> recebidos e se satisfaz os critérios de conclusão em campos textuais dedicados.
RF04	Registros de informações do teste de laboratório	Registrar dados conforme a separação do DECIDE, resumo dos resultados e se satisfaz os critérios de conclusão em campos textuais dedicados.
RF05	Registros de informações do teste de campo	Registrar dados conforme a separação do DECIDE, resumo dos resultados e se satisfaz os critérios de conclusão em campos textuais dedicados.
RF06	Upload de mídia	Importar arquivos de imagem, vídeo e áudio.
RF07	Criação de painéis de mídias	Agrupar as referências em painéis temáticos (<i>moodboard</i> , esboços, protótipos).
RF08	Painel de progresso	Exibir indicadores visuais de conclusão de cada fase.
RF09	Exportação de relatório em PDF	Consolidar todo o conteúdo do projeto num documento único.
RF10	Alteração de idioma	Alternar a interface entre português e inglês.
RF11	Ajuste de tamanho de fonte	Permitir incremento/diminuição do tamanho da fonte global da interface.
RF12	Acesso a materiais didáticos	Disponibilizar artigos, vídeos e exemplos para apoiar designers iniciantes.

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 28 – Requisitos não funcionais do Guia de Uso do Thunder.

ID	Requisito	Descrição
RNF01	Armazenamento local e offline	Permitir o uso completo da aplicação sem conexão com a internet.
RNF02	Compatibilidade multiplataforma	Suporte a Windows, macOS e Linux.
RNF03	Usabilidade	Interface clara, estável e com navegação consistente.

Tabela 29 – Fonte: elaborado pelo autor.