

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
CURSO DE DESIGN – HABILITAÇÃO EM DESIGN DE PRODUTO

**ERIC PAUTZ**

**INSTRUMENTO MUSICAL PARA CRIANÇAS**

Porto Alegre

2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
CURSO DE DESIGN – HABILITAÇÃO EM DESIGN DE PRODUTO

**ERIC PAUTZ**

**INSTRUMENTO MUSICAL PARA CRIANÇAS**

Trabalho de Conclusão de Curso II  
submetido ao Curso de Design de  
Produto, da Faculdade de Arquitetura e  
Urbanismo da UFRGS, como quesito  
parcial para a obtenção do título de  
Designer.

Prof. Orientador: Fábio Pinto da Silva

Porto Alegre

2011

**BANCA EXAMINADORA**

**ERIC PAUTZ**

**INSTRUMENTO MUSICAL PARA CRIANÇAS**

Trabalho de Conclusão de Curso II  
submetido ao Curso de Design de  
Produto, da Faculdade de Arquitetura e  
Urbanismo da UFRGS, como quesito  
parcial para a obtenção do título de  
Designer.

Prof. Orientador: Fábio Pinto da Silva

Aprovado em: Porto Alegre, 8 de Dezembro de 2011

---

Prof. Fábio Pinto da Silva — Orientador  
UFRGS

---

Prof. Fabiano Scherer  
UFRGS

---

Prof. Fábio Teixeira  
UFRGS

---

Prof. Hilton Fagundes  
Externo

Dedico este projeto, em primeiro lugar, à minha família, pelo apoio e pela paciência.

Agradeço aos meus amigos, que me ajudaram com idéias, conselhos, críticas e palavras de incentivo; a todos os colegas e professores do curso de Design da UFRGS, pelos ensinamentos; e, especialmente, ao professor Fábio Pinto da Silva, pelo apoio e pela orientação ao longo deste trabalho.



## **RESUMO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) tem como objetivo o projeto de um instrumento musical para crianças. Em sua primeira etapa (TCC I), consiste da estruturação das etapas de projeto — divididas em Planejamento do Produto, Fundamentação Teórica e Especificações do Projeto — e da definição do público-alvo, das especificações e do conceito do produto. Em sua segunda etapa, consiste do desenvolvimento do Projeto Conceitual do produto, em que se desenvolvem os estágios de geração e seleção de alternativas, validação, e definição dos sistemas e componentes necessários. Finalmente, tem-se a etapa de apresentação e detalhamento do produto desenvolvido, com a descrição de suas funcionalidades, a exposição de representações de sua forma, a apresentação de desenhos técnicos e a validação por meio de modelo e protótipo.

**Palavras-chave:** instrumento musical, crianças, teoria musical, design de produto, teclado

## **ABSTRACT**

This Course Graduation Project (TCC) focuses on designing a musical instrument for children. In its first stage (TCC I), it encompasses structuring the stages of the project — divided into Product Planning, Theoretical Basis and Design Specifications — and defining the product's target audience, specifications and concept. In its second stage, it consists of the Conceptual Project, in which multiple ideas are developed and evaluated, and the components and internal systems are outlined.. The final product is presented and detailed; its functionalities are described, its visual appearance is presented, and technical drawings are presented. The project is validated through a volumetric model and a functional prototype.

**Keywords:** musical instrument, children, music theory, product design, keyboard

## SUMÁRIO

<b>1. PLANEJAMENTO DE PROJETO</b> .....	<b>13</b>
1.1 ESCOPO DO PRODUTO.....	13
1.2 ESCOPO DO PROJETO.....	13
1.3 OBJETIVOS .....	14
1.3.1 Objetivo geral.....	14
1.3.2 Objetivos específicos.....	14
1.4 REQUISITOS INICIAIS DO PROJETO.....	14
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TÉORICA</b> .....	<b>16</b>
2.1 MÚSICA.....	16
2.1.1 Aspectos da música.....	17
2.1.1.1 Tom.....	17
2.1.1.2 Melodia.....	17
2.1.1.3 Harmonia.....	17
2.1.1.4 Ritmo.....	18
2.1.1.5 Andamento.....	18
2.1.1.6 Timbre.....	19
2.1.2 Importância da música .....	19
2.1.3 Ensino de música .....	20
2.1.3.4 A educação musical no Brasil.....	24
2.1.4 Ouvido musical .....	25
2.2 INSTRUMENTOS MUSICAIS .....	25
2.2.1 Instrumentos idiofônicos.....	26
2.2.2 Instrumentos membranofônicos .....	27
2.2.3 Instrumentos aerofônicos .....	28
2.2.4 Instrumentos cordofônicos .....	29
2.2.5 Instrumentos eletrônicos .....	30
2.2.6 Desenvolvimento e fabricação de instrumentos.....	31
2.2.6.1 Atributos controláveis em um instrumento.....	32
2.2.6.2 Lutherie .....	34
2.2.7 Tendências no projeto de instrumentos .....	35
2.3. INFÂNCIA .....	36
2.3.1 Desenvolvimento da criança .....	36
2.3.1.1 Teorias psicanalíticas .....	38
2.3.1.2 Teoria de desenvolvimento moral.....	39
2.3.1.3 Teoria de desenvolvimento cognitivo .....	39
2.3.1.4 Teoria sociocultural de desenvolvimento.....	40
2.3.1.5 Teoria dos sistemas ecológicos.....	41
2.3.2 A atividade de brincar.....	42
2.3.2.1 Brinquedos.....	43
2.3.2.2 Uso de brinquedos de acordo com a idade.....	45
2.3.2.3 Tendências no projeto de brinquedos .....	48
2.3.2.4 Brinquedos musicais.....	49
2.3.2.5 Uso de brinquedos musicais de acordo com a idade.....	51
2.3.3 Projeto de produtos para crianças.....	52
2.3.3.1 A ergonomia e antropometria aplicadas à criança .....	53

2.3.3.2	<i>Projeto de brinquedos</i> .....	55
<b>3.</b>	<b>ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO</b> .....	<b>58</b>
3.1	APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA .....	58
3.2	DEFINIÇÃO DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO .....	59
3.3	IDENTIFICAÇÃO DOS USUÁRIOS DO PROJETO E DO PRODUTO .....	60
3.3.1	Usuários do projeto.....	60
3.3.2	Definição dos usuários do produto.....	61
3.3.2.1	<i>Questionário com público em geral</i> .....	61
3.3.2.2	<i>Conclusões sobre o questionário</i> .....	62
3.3.2.3	<i>Revisão da literatura e especificação do público-alvo</i> .....	64
3.4	ELICITAÇÃO DAS NECESSIDADES DOS USUÁRIOS .....	66
3.4.1	Entrevistas com especialistas e revisão da literatura.....	67
3.4.1.1	<i>Conclusões da etapa de elicitação e necessidades</i> .....	69
3.5	CONVERSÃO DAS NECESSIDADES EM REQUISITOS DE USUÁRIOS.....	71
3.6	PLANEJAMENTO DA QUALIDADE DESEJADA .....	72
3.7	CONVERSÃO DOS REQUISITOS DE USUÁRIOS EM REQUISITOS DE PROJETO .....	75
3.8	AVALIAÇÃO COMPARATIVA DOS PRODUTOS DISPONÍVEIS .....	80
3.8.1	Levantamento de Similares .....	80
3.8.2	Conclusão da Análise de Similares .....	82
3.9	PRIORIZAÇÃO DOS REQUISITOS DE PROJETO .....	83
3.10	ANÁLISE DO RELACIONAMENTO ENTRE REQUISITOS DE PROJETO .....	86
3.11	CONVERSÃO DOS REQUISITOS EM ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO .....	89
3.12	CONCEITO DO PRODUTO .....	91
3.12.1	Estilo do produto.....	95
<b>4.</b>	<b>PROJETO CONCEITUAL</b> .....	<b>101</b>
4.1	GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS .....	101
4.1.1	Primeira etapa de geração de alternativas.....	102
4.1.1.1	<i>Teclas em módulos por nota</i> .....	102
4.1.1.2	<i>Teclado de construção volumétrica</i> .....	103
4.1.1.3	<i>Teclado de pulso</i> .....	104
4.1.1.4	<i>Teclado de pulso com manipulação</i> .....	106
4.1.1.5	<i>Teclado giratório</i> .....	107
4.1.1.6	<i>Teclado esférico</i> .....	109
4.1.1.7	<i>Teclado sobre tablet</i> .....	110
4.1.1.8	<i>Conceito ábaco</i> .....	111
4.1.1.9	<i>Teclado em torre</i> .....	112
4.1.1.10	<i>Teclado com distorção (eixo z)</i> .....	114
4.1.1.11	<i>Teclado com distorção (eixo x)</i> .....	115
4.1.1.12	<i>Teclado com distorção (toque no eixo z)</i> .....	116
4.1.1.13	<i>Teclado com distorção (toque no eixo x)</i> .....	118
4.1.1.14	<i>Teclado com distorção (giro no eixo z)</i> .....	119
4.1.1.15	<i>Teclado com distorção (giro no eixo y)</i> .....	120
4.1.2	Primeira seleção de alternativas .....	121
4.1.3	Segunda etapa de geração de alternativas.....	123
4.1.3.1	<i>Teclas destacáveis</i> .....	123
4.1.3.2	<i>Teclas encaixáveis</i> .....	124
4.1.3.3	<i>Teclas soltas</i> .....	126

4.1.4	Segunda seleção de alternativas .....	128
4.2	ANÁLISE DE FUNCIONALIDADES .....	128
4.3	VALIDAÇÃO DAS FUNCIONALIDADES .....	130
4.3.1	Protótipo digital .....	130
4.3.1.1	<i>Versão inicial</i> .....	131
4.3.1.2	<i>Iterações do protótipo</i> .....	132
4.3.1.3	<i>Feedback sobre o protótipo e as funcionalidades</i> .....	135
4.4	DEFINIÇÃO DE SISTEMAS.....	138
4.4.1	Número de teclas.....	138
4.4.1.2	<i>Análise de músicas infantis</i> .....	138
4.4.1.1	<i>Revisão da opinião dos especialistas e definição</i> .....	139
4.4.2	Funcionamento e alimentação .....	140
4.4.2.1	<i>Posição relativa entre as teclas e a central</i> .....	140
4.4.2.2	<i>Rotação relativa entre as teclas e a central</i> .....	144
4.4.2.3	<i>Orientação das teclas</i> .....	145
4.4.2.4	<i>Acionamento das teclas</i> .....	146
4.4.2.5	<i>Alimentação das teclas e da central</i> .....	147
4.4.2.6	<i>Controle e organização dos componentes</i> .....	148
4.4.3	Configuração das teclas .....	150
4.4.3.1	<i>Formato e tamanho das teclas</i> .....	150
4.4.3.2	<i>Elementos da interface das teclas</i> .....	153
4.4.4	Configuração da central .....	155
4.4.4.1	<i>Formato e tamanho da central</i> .....	155
4.4.4.2	<i>Elementos da interface da central</i> .....	156
4.4.5	Definição do som .....	158
4.4.6	Definição estética .....	159
<b>5.</b>	<b>APRESENTAÇÃO DO PRODUTO .....</b>	<b>161</b>
5.1	DESCRIÇÃO DAS FUNCIONALIDADES .....	166
5.1.1	Ligar o instrumento .....	166
5.1.2	Posicionamento das teclas.....	167
5.1.3	Execução da música a partir da central .....	169
5.1.4	Configuração a partir da central .....	170
5.1.5	Execução da música pressionando as teclas .....	174
5.1.6	Movimentação da central .....	175
5.1.7	Alertas e utilização inadequada.....	176
5.1.8	Término do uso e carregamento das teclas .....	178
5.2	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS .....	179
5.2.1	Detalhamento da central .....	179
5.2.2	Detalhamento das teclas .....	185
5.3	VERIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO .....	189
5.3.1	Modelo volumétrico.....	189
5.3.2	Protótipo digital .....	190
<b>6.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>191</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>194</b>

## INTRODUÇÃO

A música exerce considerável influência na vida de seres humanos. Além de seu caráter artístico e cultural, a música é capaz de suscitar reações imediatas que vão de variações na pressão sanguínea a alterações do estado psicológico de indivíduos. No âmbito social, a música está presente em todas as civilizações de que se tem registro, desempenhando diferentes papéis culturais, práticos e religiosos. Ainda que tipicamente considerada uma invenção cultural, o entendimento e apreciação da música são traços ubíquos em humanos, e seu surgimento espontâneo em sociedades e períodos diferentes aponta para uma explicação biológica para a sua existência (PERETZ, 2006). Em crianças, os efeitos da música nos batimentos cardíacos, na pressão arterial e na respiração podem ser sentidos a partir do nascimento, e respostas a estímulos musicais podem ser detectadas a partir de seis meses de gestação (TEACHOUT, 2005).

A música é comumente produzida através de instrumentos ou da vocalização. Há registros de instrumentos confeccionados há mais de quarenta mil anos, encontrados em sítios arqueológicos do paleolítico; de fato, em qualquer assentamento humano é possível encontrar evidências de produção musical (HURON, 2001). A flauta de Divje Babe, na Eslovênia, é o instrumento musical mais antigo de que se tem registro, e foi esculpida (com furos ao longo do corpo e aberturas nas extremidades) a partir de um osso de urso de cavernas, por Neanderthais. Outros instrumentos antigos incluem as relíquias encontradas em Ur, na Suméria, e produzidos há mais de quatro mil e quinhentos anos, que incluem liras, harpas, flautas, pratos e sistros — instrumentos de corda e percussão. Hoje, a humanidade domina um grande número de instrumentos; o sistema Hornbostel-Sachs, o mais utilizado por profissionais de etnomusicologia<sup>1</sup> e organologia<sup>2</sup> para classificar instrumentos musicais (LYSLOFF et al, 1985), relaciona os instrumentos em mais de trezentos tipos, a partir de diferenciações quanto ao modo e materiais com os quais o som é produzido.

São cinco as categorias gerais de instrumentos, segundo a classificação usual: cordofones, membranofones, idiofones, aerofones, e os eletrônicos (acrescidos ao

---

<sup>1</sup> O estudo dos aspectos sociais e culturais da música e da dança em contextos locais e globais.

<sup>2</sup> A ciência dos instrumentos musicais e a sua classificação.

sistema Hornbostel-Sachs décadas depois de sua criação, em 1914), nos quais o som é gerado ou modificado a partir de correntes ou circuitos elétricos. Estes se popularizaram no último século graças a avanços tecnológicos e à flexibilidade que propiciam, e vêm recebendo considerável atenção e investimento em pesquisa. Recentemente, avanços significativos têm sido alcançados especialmente no que diz respeito a interfaces tangíveis (*Tangible User Interfaces*) para a utilização de computadores na produção musical (JORDÀ et al, 2007).

Para crianças, o contato com a música traz diversos benefícios ao desenvolvimento. O envolvimento prolongado com a música pode induzir reorganização do córtex, o que pode levar a mudanças na maneira como o cérebro processa informação. Quanto mais cedo isso ocorre, maior a chance de que as mudanças sejam permanentes (HALLAM, 2010). Diferentes estudos realizados com crianças que participaram de aulas ou desempenharam atividades semanais de música mostraram desenvolvimentos positivos em múltiplas áreas; além disso, em grande parte desses estudos os resultados eram diretamente proporcionais ao nível de exposição à música, sendo as crianças mais engajadas aquelas com o melhor desempenho.

Conforme os resultados citados por Halam (2010), o engajamento de crianças na música traz benefícios visuais-espaciais, verbais e de leitura e interpretação de textos (associados ao envolvimento com tom e melodia), e cognitivos e relativos ao raciocínio matemático (associados especialmente a experiências musicais rítmicas). Além disso, a educação musical tem impacto reconhecido no desenvolvimento intelectual geral, o que nos estudos realizados foi refletido em maior QI (CATTERALL, 2008 apud HALLAM, 2010). Outros resultados positivos ainda foram observados em relação ao convívio social, à auto-confiança, e até à facilidade de locomoção (LAUPER, 1993 e DERRI, 2001 apud HALLAM, 2010).

No que diz respeito à criatividade, em um estudo realizado com crianças de seis anos de idade, Hargreaves (2009) comparou aulas em que havia oportunidade para improviso com aquelas estritamente didáticas. Foram apontados resultados consideravelmente melhores entre as crianças do primeiro grupo, especialmente quanto à originalidade e à capacidade de compor. De fato, ainda que o contato com a música desde cedo seja universalmente recomendado, o consenso é de que ele é

mais efetivo quando acontece em ambiente criativo e livre — similarmente, melhores resultados são vistos quando o contato com a música se dá dentro de casa do que quando restrito ao ambiente escolar.

Gordon (1990) lista uma série de desafios impostos à educação musical na escola: indisponibilidade de tempo adequado; desconfiança e desmerecimento da música frente às demais disciplinas por parte de gestores e pais; excesso de alunos; falta de um currículo integrado; e preparação e educação inadequada de professores. Além disso, as próprias crianças não vêm preparadas para obter as noções que os professores tentam ensinar, já que seus pais não lhe provêm a mesma aculturação que é dada no desenvolvimento da linguagem - de modo geral, por não serem capazes. Com efeito, Gordon (1990) afirma que, assim como é necessário um vocabulário prévio para que as crianças possam ser alfabetizadas na escola, é preciso também fornecer um repertório musical comparável para que possam ingressar de verdade no aprendizado da música. Nesse contexto, é premente que haja um mecanismo capaz de trazer essa familiarização à música para crianças no âmbito de suas casas.

Descrevendo o papel que os pais devem desempenhar na formação musical dos filhos, Mcpherson (2008) apresenta quatro desejos que devem ser despertados nas crianças para o que aprendizado seja saudável: de serem competentes, de serem autônomos, de se relacionarem com os pais, e de terem um propósito. Um instrumento musical que auxilie a incursão da criança no mundo da música apresenta-se como uma alternativa viável para atender todos esses requisitos; ao mesmo tempo, também responde à carência de um dispositivo, conforme descrito por Gordon (1990), capaz de familiarizar a criança com a música e de inspirar a formação de uma bagagem musical.

Assim, tendo em vista a importância e os benefícios associados à música, e considerando os ganhos a serem obtidos pela popularização da produção musical pela população mais jovem, o interesse principal deste trabalho é o desenvolvimento de um instrumento musical para crianças. Um instrumento musical para crianças deve ter funcionalidade adaptada às suas necessidades e preferências; simultaneamente, deve incentivar e preparar para o aprendizado paralelo de teoria musical e auxiliar no desenvolvimento de suas funções motoras, sociais e cognitivas.



## 1. PLANEJAMENTO DE PROJETO

### 1.1 ESCOPO DO PRODUTO

O produto consiste de um instrumento musical para crianças, a ser utilizado primariamente em âmbito doméstico e passível de ser transportado e carregado pelo usuário. O produto deve atender às normas técnicas referentes a produtos destinados a crianças, e atentar aos aspectos ergonômicos específicos deste grupo.

### 1.2 ESCOPO DO PROJETO

Desenvolvimento do produto supracitado, em seus aspectos técnicos e conceituais, visando à conclusão de um projeto pronto para especificação de produção. O escopo do projeto não inclui etapas de manufatura do produto desenvolvido em suas especificações finais; todos os testes e validações se dão por meio de protótipos e em âmbito teórico, através de modelos virtuais e de cálculos estruturais, bem como referências a testes de bibliografia.

O projeto compreende as etapas de Planejamento de Projeto, Projeto Informacional e Projeto Conceitual (BACK, 2008), contemplando aspectos referentes à constituição técnico-conceitual, a às especificações de componentes do produto.

- a) **Planejamento de Projeto:** etapa que define diretrizes gerais para o funcionamento e controle do processo de projeto de produto.
- b) **Projeto Informacional:** compreende a estrutura de pesquisa (no presente trabalho apresentada em destaque sob a seção *Fundamentação Teórica*), de especificações de público alvo e ciclo de vida para o projeto e para o produto, a revisão das definições anteriores, a análise dos similares disponíveis no mercado e o levantamento e especificação dos requisitos do projeto e produto (reunidos no presente trabalho sob a seção *Especificações*).
- c) **Projeto Conceitual:** desenvolvimento, embasado pelas etapas anteriores, do produto apresentado no Escopo do Produto.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo geral

O objetivo deste projeto é desenvolver um instrumento musical voltado a crianças. O trabalho visa incentivar o aprendizado de teoria musical por parte do público jovem, levando a uma produção musical mais criativa e de melhor qualidade. Por se tratar de um instrumento musical, o produto deve ser capaz de produzir som de maneira harmoniosa através da operação do usuário; por se tratar de um produto para crianças, deve estar atento aos requisitos, restrições, necessidades e desejos associados a este público.

### 1.3.2 Objetivos específicos.

- a) Identificar e compreender os principais aspectos da fundamentação teórica do ensino e da produção musical, em geral e relativos à criança, bem como a natureza e o funcionamento de diferentes instrumentos musicais;
- b) Identificar o público-alvo que melhor possibilite a consolidação do objetivo geral declarado;
- c) Identificar e estudar as alternativas existentes no mercado, compreendendo suas limitações e traçando parâmetros para o desenvolvimento do produto;
- d) Determinar os requisitos do projeto a partir da compreensão do público-alvo e de suas particularidades, e converter estes requisitos em especificações de projeto;
- e) Desenvolver o projeto de um instrumento musical para crianças que auxilie no aprendizado da teoria musical, e esteja pronto para a produção, atendendo aos requisitos de projeto traçados.

## 1.4 REQUISITOS INICIAIS DO PROJETO

No intuito de garantir que os objetivos definidos sejam alcançados ao término do trabalho, são determinados alguns requisitos para o produto. Esses requisitos são

lançados em caráter preliminar e exploratório, e devem ser revisados ao término da etapa de Projeto Informacional, quando já se tem um noção mais clara do problema de projeto sendo abordado.

O produto a ser desenvolvido neste projeto deve:

- a) Ser capaz de produzir sons de maneira organizada, dentro do que se pretende por música.
- b) Ser divertido, e sua utilização representar, para a criança, uma experiência prazerosa.
- c) Ser de fácil aprendizado se comparado aos instrumentos tradicionais utilizados por adultos, permitindo que a criança perceba a sua própria evolução na capacidade de utilizá-lo e nos resultados que com ele obtém.
- d) Servir para despertar o interesse na música em geral.
- e) Auxiliar no desenvolvimento da coordenação motora, sensibilidade musical e habilidades cognitivas associadas à música, de modo que sirva como primeiro passo para o aprendizado futuro de outros instrumentos musicais.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 MÚSICA

Segundo a Encyclopaedia Britannica (EB, 2010), música é a arte de combinar sons para expressar emoções ou beleza formal, usualmente de acordo com padrões culturais de ritmo, melodia, e, na grande maioria das músicas ocidentais, harmonia. A música acompanha a humanidade desde que se tem registro, e evidências arqueológicas apontam para a existência de atividade musical em qualquer assentamento humano conhecido (HURON, 2001). De fato, a música não só é ubíqua entre humanos, mas o instrumento mais antigo já encontrado — a flauta de Divje Babe, na Eslovênia, feita há mais de quinze mil anos — não foi produzido por *Homo sapiens*, mas por *Homo neanderthalensis* (homens-de-neandertal).

A música é comumente entendida como uma invenção cultural (PERETZ, 2006). Entretanto, há evidências de que pode, de fato, ter sido uma adaptação evolutiva do ser humano; a música, por exemplo, tende a aumentar a chance de propagação dos genes de um indivíduo (HURON, 2001), depende de funções neurológicas e anatômicas específicas e é suficientemente antiga para ter sido fruto de um processo evolutivo prolongado; todos esses são critérios para classificação como adaptação evolutiva.

A música é tida como uma arte *versátil*, e é freqüentemente associada a outras artes, como a dança e a poesia (EB, 2010). Como visto, a música aparece em todas as sociedades; através delas, apresenta-se sob uma vasta gama de estilos e definições. A música é percebida como capaz de influenciar emoções humanas, o que é freqüentemente explorado tanto em manifestações artísticas, como teatro e cinema, como na psicoterapia; em crianças, os efeitos da música nos batimentos cardíacos, na pressão arterial e na respiração podem ser sentidos a partir do nascimento, e respostas a estímulos musicais podem ser detectadas a partir de seis meses de gestação (TEACHOUT, 2005).

## 2.1.1 Aspectos da música

A seguir, são explicados alguns dos conceitos mais comuns relacionados à música, que aparecem repetidas vezes ao longo deste trabalho e são necessários para a compreensão do funcionamento de instrumentos musicais.

### 2.1.1.1 Tom

Tom é a posição de um som específico dentro de toda a gama de sons. Sons têm maior ou menor tom de acordo com a frequência de vibração das ondas que os produzem; frequências mais altas resultam em tons mais altos. O tom de lá (a', ou o primeiro lá acima do dó médio/central), padronizado a 440 Hz, é mundialmente utilizado como referência para a afinação de instrumentos (EB, 2010). "Ouvido absoluto" descreve as pessoas capazes de identificar um tom ao ouvi-lo; tipicamente, seres humanos são capazes de perceber a variação *relativa* entre dois ou mais tons, mas não a sua posição absoluta no espectro. Nota descreve a posição de um tom em relação aos demais; acorde descreve um conjunto de notas ouvido simultaneamente.

### 2.1.1.2 Melodia

Melodia é, no significado mais amplo, uma sucessão de tons (em oposição à harmonia, em que os tons soam simultaneamente). Melodia, por sua natureza, não pode ser dissociada de ritmo. Cada som musical tem duas características básicas: tom e duração, e melodia é a sucessão de tons e suas durações. Para distinguir variações entre tons (alto e baixo) e tempo (rápido e lento) em uma melodia, usa-se as expressões *movimento* e *ritmo*, respectivamente. (APEL, 1974).

### 2.1.1.3 Harmonia

Harmonia é o som de duas ou mais notas ouvidas simultaneamente. Na prática, as notas também podem soar uma após a outra, se a sucessão dessas notas trazer à tona um acorde familiar — nesses casos, o cérebro percebe a harmonia que haveria caso as notas soassem ao mesmo tempo. Harmonia descreve o sistema de acordes

e as regras que permitem e proíbem a relação entre os acordes, na música ocidental (EB, 2010).

A harmonia é vista como o *componente vertical* da música (APEL, 1974), enquanto que ritmo e melodia são vistos como componentes horizontais; harmonia é, assim, a sobreposição desses componentes, que acontecem ao longo do tempo. Melodia e ritmo podem existir sem harmonia.

#### 2.1.1.4 *Ritmo*

Ritmo é o posicionamento de sons no tempo (EB, 2010). É o sentido de movimentação na música, com grande implicação de regularidade e diferenciação (APEL, 1974). Ritmo é visto em oposição a movimento, sendo o primeiro relativo à passagem do tempo e o segundo relativo à transição entre tons; os conceitos dependem e qualificam um ao outro.

Existem duas categorias principais de ritmo: isométrico e multimétrico. Na primeira, cada intervalo de tempo é um múltiplo ou fração de um *tempo* (a unidade básica de medida de tempo em uma música; pulsação), e as medidas (compassos) são iguais; usualmente, tem-se ênfase na primeira pulsação (EB, 2010). No ritmo multimétrico, cada intervalo de tempo também é um múltiplo ou fração de um *tempo*, mas não há regularidade quanto a quando ocorre ênfase e os compassos podem ser diferentes.

#### 2.1.1.5 *Andamento*

A velocidade da batida fundamental em uma música é chamada de andamento (ou, usando a terminologia musical pelo padrão italiano, *tempo*); o andamento moderado, com referência a qual os demais andamentos (rápido, lento) são medidos, é tipicamente percebido como entre 70 e 80 batidas por minuto (EB, 2010). Esta definição provém da velocidade normal de caminhada (de 76 a 80 passos por minuto) e dos batimentos cardíacos (72 batidas por minuto). Uma mudança no andamento de uma música não implica em uma mudança na sua estrutura rítmica.

Rubatos, de *tempo rubato* ("tempo roubado", no italiano), são variações sobre o andamento efetuados durante a execução de uma música, e são parte do caráter de

uma música. Rubatos têm o propósito de alongar o andamento quando a passagem é mais densa, e encurtá-lo quando é espaçada.

#### 2.1.1.6 *Timbre*

Timbre é a característica que permite a distinção entre sons de mesma frequência produzidos por fontes diferentes; é a cor de um tom, e o motivo pelo qual a mesma nota tocada em instrumentos distintos soa diferente (EB, 2010). É influenciado pelos sobretons emitidos junto ao tom fundamental (os harmônicos), e pela intensidade com que tais sobretons são emitidos. O som puro de uma flauta resulta do fato de não ter quase nenhum sobreton, à parte o harmônico principal; similarmente, o som nasal de um oboé é causado pela emissão de quase todos os harmônicos (APEL, 1974).

### 2.1.2 Importância da música

Ninguém discorda que a música desperta emoções, e a maioria das pessoas também não nega que os valores da música são tanto qualitativa quanto quantitativamente conectados com as emoções que despertam. Ainda assim, não é fácil dizer exatamente qual é essa conexão.<sup>3</sup> (SESSIONS, 1994, apud EB, 2010)

Diferentes ouvintes obtêm significados diferentes ao ouvir uma mesma música, e é difícil definir explicitamente quais são esses significados; de fato, é por esse motivo que, historicamente, existiram muito poucos estudiosos da estética da música (EB, 2010). De qualquer forma, o que sabe é que a música tem impactos notáveis sobre os seres humanos, e alguns desses impactos representam benefícios que permanecem por toda a vida.

A conexão entre a música e benefícios cognitivos vem desde a Grécia Antiga; Pitágoras, no século V a.C, sugeriu que relações matemáticas eram integrais ao entendimento de propriedades físicas, incluindo a música, ao ponto de que música e matemática passaram a ser vistos como um só pelos seus seguidores.

---

<sup>3</sup> No one denies that music arouses emotions, nor do most people deny that the values of music are both qualitatively and quantitatively connected with the emotions it arouses. Yet it is not easy to say just what this connection is.

(SOUTHGATE, 2009). Informalmente, a música sempre foi associada à criatividade, mas a correlação é demonstrada em estudos (GONCY, 2006). O envolvimento com a música é visto como uma atividade cultural respeitada; além disso, é freqüentemente relacionado a melhores resultados na escola, menores taxas de utilização de drogas e álcool, e menor manifestação de comportamento negativo (SOUTHGATE, 2009).

O contato com a música pode levar a mudanças na maneira como o cérebro processa informação, induzindo reorganização do córtex (HALLAM, 2010). Em estudos com músicos, percebeu-se que quem toca instrumentos de corda tem maior atividade frontal no cérebro, e maior capacidade para manter-se atento. Percussionistas são capazes de gerar traços de memória temporal mais complexos, e condutores demonstram maior capacidade de localização do som no espaço.

Crianças que aprendem música têm ganhos em diversos aspectos do seu desenvolvimento. Quanto mais cedo isso ocorre, maior a chance de que as mudanças sejam permanentes; além disso, os impactos são proporcionais ao tempo dedicado à música. De acordo com Halam (2010), que analisou a literatura relativa aos impactos da música: a oportunidade de se exercitar ritmicamente na infância leva a maior facilidade de alfabetização; a coordenação motora é aumentada quando se aprende um instrumento musical; a percepção espacial é mais qualificada entre crianças que têm contato com a música; e são notados efeitos positivos em auto-estima, eficácia, auto-suficiência e até mesmo locomoção entre crianças que estudam música. Pela literatura, benefícios visuais-espaciais, verbais e de leitura e interpretação de textos podem ser associados a atividades relativas a tom e melodia, e ganhos em cognição e em raciocínio matemático têm associação especialmente a experiências musicais rítmicas.

### **2.1.3 Ensino de música**

Os processos de ensino e aprendizagem de música acontecem de formas variadas. Na maior parte das culturas, a música é transmitida de forma oral e aural, e o método de transmissão é "uma das coisas que determina o curso da história de uma cultura musical" (NETTI, 1983, 1997, apud QUEIROZ, 2004). Segundo Queiroz



(2004), nenhuma proposta de educação musical vai contemplar todos os universos musicais existentes em uma cultura.

O ensino de música em escolas primárias e secundárias se dá quase que em todo o mundo (EB, 2010). Na escola, crianças comumente aprendem a tocar instrumentos, cantam em coros, e aprendem conceitos de teoria musical e da história da música.

Existem quatro vertentes principais de metodologias de ensino da música (GOULART, 2000). São elas: o método Dalcroze, o método Kodály, o método Orff (Orff-Schulwerk) e o método Suzuki. Ainda segundo a autora, esses métodos surgiram a partir do desenvolvimento de novas correntes pedagógicas no século passado, com John Dewey, Jerome Bruner e Jean Piaget

O método Dalcroze surgiu no começo do século XX, a partir do trabalho do suíço Émile Jaques-Dalcroze, e é estruturado a partir de três conceitos fundamentais: solfejos (que diz respeito a cantar determinadas alturas em associação a determinadas sílabas; e.g., “dó”, “ré”, etc.), improviso, e euritmia. Tinha o objetivo de "criar, através do ritmo, uma corrente de comunicação rápida e regular e constante entre o cérebro e o corpo, transformando o sentido rítmico numa experiência corporal, física" (GOULART, 2000). A “euritmia” de Dalcroze advém de “bom ritmo”, e estuda os elementos da música a partir do movimento; com isso, propõe que as descrições acerca da música sejam feitas de maneira não-verbal. Dalcroze define euritmia como educação pela música e para a música ("par la musique et pour la musique") (JUNTUNEN, 2004). De acordo com Juntunen (2004), o sistema de Dalcroze encoraja as pessoas a fazer música e transfere o foco da educação da apreciação de uma natureza estética ou intelectual para uma apreciação do processo. Segundo Goulart (2000), o método Dalcroze influenciou os métodos Kodály e Orff.

O método Kodály é fruto do trabalho do húngaro Zoltán Kodály, um educador e compositor renomado que, a partir de 1945, desenvolveu um sistema de educação musical para as escolas públicas da Hungria (GOULART, 2000). Seu método se baseia no entendimento de teoria e notação musical; Kodály acreditava no papel da escola para despertar a apreciação da música na criança, e, ainda segundo a autora, no papel da música para "desenvolver o intelecto, as emoções, e toda a

personalidade do homem". Kodály jamais escreveu uma teoria educacional sistematizada, e o Instituto Zoltán Kodály de Educação Musical (2011) afirma, em seu site, que a nomenclatura apropriada deveria ser, portanto, Conceito Kodály; ainda de acordo com o Instituto, "suas idéias estão enraizadas nos problemas e oportunidades das circunstâncias históricas, sociais e culturais da Hungria da época, [...], mas podem ser adaptadas a outras situações músico-culturais"<sup>4</sup>.

O método Orff foi desenvolvido pelo alemão Carl Orff, e dá ênfase às habilidades inatas do aluno em produzir música de forma rudimentar e à noção de que o corpo humano também pode ser visto como um instrumento musical de percussão. Seu método encoraja improviso e se opõe a pressões e exercícios repetitivos; em seu trabalho, Orff aborda desde padrões rítmicos simples até peças complexas com diversos instrumentos (GOULART, 2000). O método distingue sua idéia conceitual, que "envolve o estímulo e o encorajamento de comportamento musical expressivo dentro de um relacionamento entre música, linguagem e movimento"<sup>5</sup>, e a realização deste conceito, que envolve "processos de improviso em grupo, nos quais "formas" simples, em um sentido antropológico, determinam ritmo, melodia, eventos tonais, estrutura e interação musical"<sup>6</sup> (KUGLER, 2008).

O método Suzuki foi desenvolvido pelo japonês Shinichi Suzuki, e trata da utilização da educação musical como mecanismo de elevação da moral e da qualidade de vida dos alunos. O método se baseia na formação de um ambiente positivo ao aprendizado, e tem inspiração na maneira como as crianças aprendem sua língua materna (GOULART, 2000). Segundo a autora, o método Suzuki é "o exemplo mais bem-sucedido de processo de aprendizagem, pois tem cem por cento de eficiência", exceto raros casos clínicos. Para Suzuki, todas as crianças têm potencial para aprender, já que nascem com a habilidade natural para tanto; além disso, para ele, os primeiros anos da vida da criança são os mais importantes para o desenvolvimento de suas habilidades musicais (CAPPONI, 2003).

---

<sup>4</sup> Kodály's ideas on reform are rooted in the problems and opportunities of the historical, social and cultural circumstances of Hungary of that time. [...], it is rooted in Hungarian soil, nevertheless the Kodály Concept can be adapted to other musical-cultural situations

<sup>5</sup> The timeless conceptual idea involves the stimulation and encouragement of expressive, creative musical behaviour within a close relationship between music, language and movement.

<sup>6</sup> The realisation involves group improvisatory processes, whereby ›simple‹ forms in an anthropological sense determine rhythm, melody, tonal events, structure and musical interaction.

Goulart (2000) ainda oferece uma análise comparativa entre os quatro métodos, em que caracteriza diversos aspectos de cada um. Digna de menção, deste quadro, é a diferenciação que é feita quanto aos objetivos-chave de cada um:

**Dalcroze:** integrar o movimento corporal na vivência musical e na performance, tornando-a mais expressiva. **Kodály:** alfabetizar musicalmente toda a população húngara e resgatar (ou valorizar) a canção folclórica do país. **Orff:** sensibilizar todas as crianças para a música (criação e audição), mostrando um caminho de conhecimento e prazer através da experiência musical pessoal. **Suzuki:** desenvolver talentos, formar músicos instrumentistas excepcionais. (GOULART, 2000)

No que diz respeito às deficiências da educação musical hoje, Souza (2004) afirma que a ênfase poucas vezes é dada ao aspecto sociocultural; assim, pouco se sabe sobre os motivos pelos quais um estudante prefere determinada prática musical em detrimento de outras. Citando L. Green (1997, p. 33) no que diz respeito ao sentimento de identidade cultural que a música traz, Souza (2004) diz que a educação musical hoje deveria se preocupar mais em estabelecer um diálogo com os alunos e desvendar e contextualizar o mundo musical que os cerca.

Ainda nesse sentido, Loureiro (2004) afirma que a rigidez da escola e professores cerceia o aluno, e silencia a sua individualidade; no que tange à música, cita Penna (1994, p. 23), que diz que "os problemas de certas metodologias do ensino tradicional de música [...] residem no fato de que tais metodologias pressupõem uma familiarização prévia com a linguagem musical, sendo por isso, muitas vezes ineficientes" (LOUREIRO, 2004, p. 67), Nisso, reafirma-se não só o problema relativo às diferenças em conhecimento entre grupos diferentes de alunos, mas também à carência dessa familiarização prévia de modo geral (o conceito de Ouvido Musical, tratado também nesta Fundamentação Teórica, está relacionado a esta aclimatização).

Um segundo problema diz respeito à insensibilidade da sociedade em geral quanto à importância da educação musical. Gordon (1990) diz que há desmerecimento da música frente às demais disciplinas por parte de gestores e pais (além de outros problemas, como a falta de um currículo integrado e de preparação e educação adequada de professores). Segundo Gardner (1983, p. 23, apud FIGUEIREDO,

2005), “a música ocupa um espaço relativamente irrelevante em nossa cultura e, por essa razão, não ter formação musical é algo aceitável naturalmente”.

#### 2.1.3.4 *A educação musical no Brasil*

A sociedade brasileira, em sua maioria, tem sido privada de uma educação musical formal (FIGUEIREDO, 2005). Normalmente, no Brasil, quando é ensinada, a música começa a ser vista a partir da quinta série do ensino fundamental. Em muitos casos, tem sido renegada a atividades complementares opcionais da escola, e não recebe suficiente atenção.

De acordo com Figueiredo (2005), um dos principais problemas é a falta de educação musical nos primeiros anos escolares; nesse período, é comum que as aulas sejam dadas por professores que ministram todas as disciplinas, e se sentem despreparados para fornecer qualquer educação musical. Assim, “[a] música ainda continua sendo vista nos sistemas educacionais como atividade periférica, útil apenas para a manutenção de rituais cristalizados no contexto escolar (dia das Mães, Páscoa, dia das Crianças, e assim por diante)” (FIGUEIREDO, 2005, p. 28).

No Brasil, a legislação estabelece um espaço para a arte nas escolas de educação básica. No entanto, as linguagens artísticas a serem contempladas não são definidas com clareza no texto da lei (PENNA, 2004). De fato, a música aparece citada especificamente apenas a partir de 1970, e em meio a outros campos; nos Parâmetros Curriculares Nacionais elaborados pelo MEC, por exemplo, que servem de orientação à prática pedagógica mas não têm caráter obrigatório, a música consta junto à dança, teatro e artes visuais. Com isso, as decisões sobre o tratamento de cada uma das linguagens artísticas fica a critério do estabelecimento de ensino (PENNA, 2004).

Além destes problemas, Figueiredo (2005) afirma que há poucos profissionais envolvidos com educação musical no Brasil, e dispostos a defendê-la. Com isso, a música recebe pouca representação dentro do cenário educacional como um todo, e acaba deslocada a um status inferior no contexto geral das disciplinas curriculares.

#### 2.1.4 Ouvido musical

Ouvido musical, ou *audiation*, é o processo de ouvir e compreender música mesmo quando não há nenhum som sendo emitido (GORDON, 1990). O termo foi cunhado por Gordon, que escreveu vasto material sobre o tema, mas o processo que ele descreve também recebe, na literatura, o nome de ouvido musical, memória musical, percepção aural, audição interna, etc. (PINZINO, 1994). Advém de um processo cognitivo através do qual o cérebro imbuí significado a sons musicais.

O processo é comparado ao ato de pensar; assim como pensar é necessário para que seres humanos falem, ouçam, leiam ou escrevam em uma linguagem, *audiation* seria necessário para que possam entender e praticar a música (PINZINO, 1994). Nesse sentido, o processo é referido tanto como a alfabetização quanto como a imaginação relativas à música.

Em larga escala, a consolidação de um ouvido musical não depende exclusivamente de educação musical formal, mas do contato com a música. Loureiro (2004) traz que é o ensino de música, de fato, que depende fortemente dessa aclimatização prévia, e cita Penna (1990, p. 29):

[...] o ensino artístico encontrado nas escolas – inclusive nas especializadas – só pode ser eficaz para aqueles que tiveram as condições sociais necessárias para desenvolver uma competência prévia, uma familiaridade e prática cultural como pressupostos para o aprendizado formalizado.

O ouvido musical, ainda que por vezes utilizado com o mesmo sentido, não deve ser confundido com o ouvido absoluto, que descreve a habilidade de perceber notas e identificá-las isoladamente.

## 2.2 INSTRUMENTOS MUSICAIS

A classificação tradicional, e outrora a mais popular, de instrumentos musicais advém da música clássica europeia, e segue a categorização entre instrumentos de corda, de sopro (de madeira ou metal) e percussão (YOUTZ, 2011; EB, 2010). O sistema, entretanto, é ideal apenas para instrumentos que se inserem no contexto das orquestras; mesmo teclados, por exemplo, não podem ser categorizados com

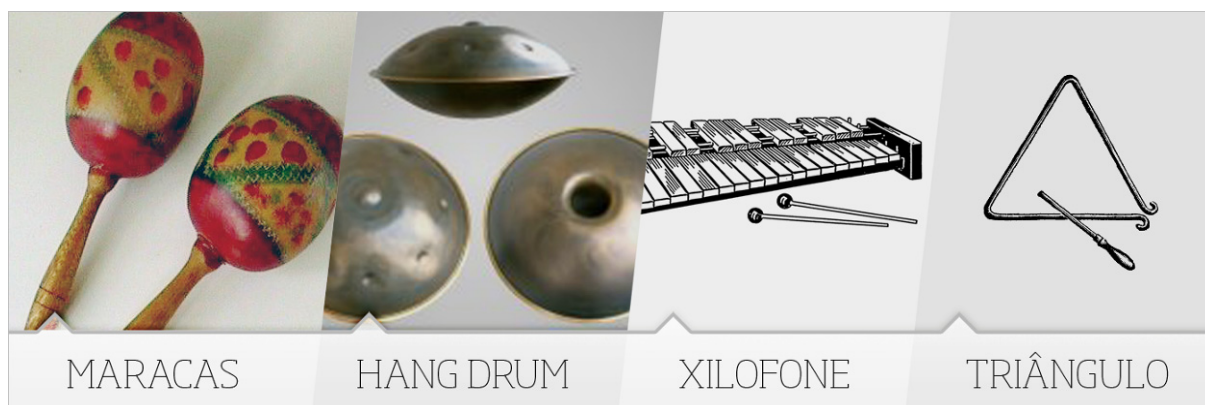
excelência, uma vez que são instrumentos de corda e percussão simultaneamente. Quando analisados instrumentos de outras regiões não-ocidentais, os problemas do sistema tradicional se tornam ainda mais aparentes.

A partir de um sistema desenvolvido por Victor-Charles Mahillon, em 1880, Erich von Hornbostel e Curt Sachs criaram sua própria classificação, que dividia os instrumentos de acordo com a maneira pela qual o som era produzido; esse tornou-se o modelo mais usado até hoje (SCHMITT-JONES, 2011). De acordo com o sistema Hornbostel-Sachs, os instrumentos musicais podem ser divididos em quatro ou cinco principais categorias. São elas: instrumentos idiofônicos, membranofônicos, cordofônicos, aerofônicos e eletrônicos — acrescentada mais tarde frente ao crescimento e difusão de instrumentos desse tipo, e em razão da inviabilidade de serem classificados em uma das categorias já existentes.

### **2.2.1 Instrumentos idiofônicos**

Um idiofone é um instrumento que produz som através de sua própria vibração, sem a utilização de cordas ou membranas (exemplos na Figura 1). Na classificação utilizada anteriormente, era chamado autofone, justamente pela produção do som se dar pela sua própria vibração. Em uma orquestra, idiofones são parte da seção de percussão; segundo a Encyclopaedia Britannica (2011), são de fato os idiofones, junto aos membranofones, que compõem a categoria popularmente conhecida como "instrumentos de percussão", mas não estão limitados a ela. Muitos idiofones não têm intenção melódica; são exemplo disso pratos, claves e blocos sonoros.

Instrumentos idiofônicos são tradicionalmente feitos de vidro, metal, cerâmica ou madeira. Para os instrumentos desse tipo, existem quatro subcategorias amplas: instrumentos que produzem som através de batidas (concussão) — como triângulos, marimbas, xilofones, etc. — e que representam a maior subcategoria, instrumentos que são dedilhados — como harpas e caixas de música —, instrumentos que são soprados, e instrumentos que produzem som por atrito/fricção — como reco-recos e harmônicas de vidro.



**Figura 1: Instrumentos idiofônicos**  
**Fonte: Wikimedia Commons (2011)**

Há ainda uma subclassificação mais precisa dos instrumentos idiofônicos; a Encyclopaedia Britannica (2011) e o Dicionário Musical Multimídia de Virginia Tech (2011) listam, em tradução livre, as seguintes categorias: de concussão, de fricção, de percussão (atingidos com outro objeto, como martelo, baqueta, etc.), dedilhados, arranhados/raspados (com outro objeto), sacudidos, pisados/batidos (em que vibra a superfície afetada), e pisados/batidos (em que vibra todo o instrumento).

### 2.2.2 Instrumentos membranofônicos

Um membranofone (exemplos na Figura 2) é um instrumento que produz som através da vibração de uma membrana estendida. Junto a parte do grupo dos idiofones, membranofones compõem a categoria popularmente conhecida como "instrumentos de percussão" (EB, 2010).



**Figura 2: Instrumentos membranofônicos**  
**Fonte: Wikimedia Commons (2011)**

Membranofones são normalmente divididos entre tambores (para os quais há três tipos principais) e demais instrumentos. São os tambores: tambores de concussão, em que a membrana é atingida por um bastão, pela mão, ou outro objeto; tambores de corda, em que uma corda é puxada, e sua vibração é transferida à pele do tambor; e tambores de fricção, em que esfregar a superfície acarreta a vibração da membrana. Dos não-tambores, os instrumentos remanescentes modificam um som pré-existente ao fazer a pele vibrar em simpatia com ele (em que um corpo passivo passa a vibrar em resposta a vibrações externas para as quais ele tem uma afinidade harmônica). São exemplos de cada uma das quatro subcategorias citadas, respectivamente: tímpano e caixa, tambores indianos, bodhrán, e o kazoo.

A classificação mais precisa de Hornbostel-Sachs divide os membranofones em: tambores cônicos, cilíndricos, de barril, de ampulheta, de cálice, com pés, longos, de pote, de armação/quadro, de fricção, e o kazoo (como categoria à parte). Há ainda uma classificação tradicional chinesa para tambores, que ajuda a delimitar a abrangência dos membranofones; essa classificação explicita os tipos de materiais utilizados na fabricação destes instrumentos: jin, de metal (como sinos e gongos); ge, de couro; mu, madeira; e tu, de barro (HOOKER, 1996). Como os instrumentos de metal vibram por inteiro, estes não são tidos como membranofones, mas como idiofones.

### **2.2.3 Instrumentos aerofônicos**

Aerofones são instrumentos nos quais uma massa de ar vibrando é responsável pela produção inicial de som (exemplos na Figura 3). Em um aerofone, o som não depende de cordas ou membranas para ser emitido, e a vibração do corpo do instrumento não contribui substancialmente para a produção do som (EB, 2010).

Pela classificação Hornbostel-Sachs, os aerofones são divididos entre os livres (em que o ar não é contido no instrumento) e os demais. Os aerofones livres incluem os de palheta livres (como a harmônica) e outros instrumentos curiosos, como a sirene. Para os aerofones em que o ar é contido, usa-se a popularmente a classificação "instrumentos de sopro"; estes incluem o oboé, o trombone, o trompete, a flauta, etc.





**Figura 3: Instrumentos aerofônicos**  
**Fonte: Wikimedia Commons (2011)**

#### 2.2.4 Instrumentos cordofônicos

Cordofone é qualquer instrumento no qual a vibração de uma corda esticada é responsável pela produção inicial do som (exemplos na Figura 4). Os "instrumentos de corda" são plenamente contidos nessa categoria; no entanto, outros instrumentos, como o piano (por vezes tido como "instrumento de teclas"), também são considerados cordofones, já que o som é gerado a partir de cordas (EB, 2010).



**Figura 4: Instrumentos cordofônicos**  
**Fonte: Wikimedia Commons (2011)**

As cordas de um instrumento são vibradas de quatro maneiras, que servem também para classificá-lo; podem ser: beliscadas (como numa harpa), friccionadas (usualmente com um arco, como num violino), percutidas (como em um berimbau, e em um piano, em que um martelo é responsável pela batida) ou sopradas (como na harpa eólica). O sistema Hornbostel-Sachs separa os instrumentos cordofônicos entre aqueles com caixa de ressonância essencial ao instrumento (como violões,

violinos, etc.), e aqueles sem (como pianos) (VIRGINIA TECH, 2011). As cordas de um cordofone são feitas de diversos materiais, como: fibra vegetal, metal, tecido animal (também usual para os arcos com os quais alguns cordofones são tocados), seda, e matéria-prima artificial, como nylon.

Alguns dos instrumentos mais antigos de que se tem registro são cordofones, como um arco musical, que aparece em representações em cavernas datadas por volta de 15.000 a.C, e as relíquias encontradas em Ur, na Suméria, que incluem harpas e liras há mais de quatro mil anos (EB, 2010). Os cordofones também são objeto de constante estudo e modificações ao longo dos anos; acredita-se que esses instrumentos tiveram rápida difusão na Eurásia devido às migrações, comércio e invasões. Os profissionais responsáveis pela manufatura e reparo de cordofones são conhecidos como luthiers, ou "fabricantes de alaúdes", em francês.

### **2.2.5 Instrumentos eletrônicos**

Instrumentos eletrônicos (eletrofonos) são aqueles que geram som a partir de meios elétricos (exemplos na Figura 5). Por ser um instrumento, os sons são determinados pelo usuário (o compositor), e não pelo produto, que os modifica e amplifica. Instrumentos que produzem som através de meios mecânicos mas dependem de eletricidade para a amplificação também são tidos como eletrofonos pela classificação Hornbostel-Sachs (modificada em 1940 quando da inclusão dos instrumentos eletrônicos), mesmo que sua construção e o som que emitam sejam semelhante àqueles de instrumentos não-eletrônicos análogos (EB, 2010).

O sistema Hornbostel-Sachs adaptado propõe 3 subclassificações para os eletrofonos. São elas: instrumentos acústicos com atuadores eletrônicos, instrumentos acústicos com amplificadores eletrônicos, e instrumentos que produzem som a partir de osciladores, por corrente elétrica. Nos dias de hoje, com a profusão de instrumentos com componentes eletrônicos, tem-se privilegiado o mecanismo de produção inicial de som para fins de classificação. Assim, instrumentos como a guitarra e órgãos com acionamento eletrônico podem ser vistos como cordofones e aerofones, respectivamente.



**Figura 5: Instrumentos eletrônicos**  
**Fonte: Wikimedia Commons (2011)**

### 2.2.6 Desenvolvimento e fabricação de instrumentos

O desenvolvimento dos instrumentos musicais em todo o mundo está associado a quatro principais fatores: matéria-prima disponível, habilidade/tecnologia, preocupações míticas e simbólicas, e padrões de troca e migração (EB, 2010). Historicamente, habitantes do Ártico utilizavam ossos, pele e pedras para construir instrumentos, enquanto pessoas que tinham acesso a metais já moldavam instrumentos de latão. No entanto, ao contrário do que aconteceu com a teoria musical (para a qual há textos datados em mais de 2500 anos), o registro escrito da evolução dos instrumentos musicais é escasso, o que prejudica uma análise mais nítida dos motivos pelos quais chegamos aos instrumentos que temos hoje (JAYNES, 1996). O conhecimento acerca de instrumentos era frequentemente transmitido verbalmente, em segredo, de mestre para aprendiz.

Se não se tem amplo histórico dos instrumentos e de sua evolução, o estudo das propriedades dos instrumentos hoje utilizados, em contra-partida, é bastante documentado. O som produzido por um instrumento pode ser afetado por diversos fatores, como o material de que é feito, seu tamanho e sua forma (EB, 2010). A maneira de utilizá-lo também tem grande influência em como os diferentes aspectos do projeto participam e determinam o som produzido.

A respeito dos passos para a construção de um instrumento genérico, afirma-se, em tradução livre:

O primeiro passo para a construção de qualquer instrumento é a seleção e a preparação de material. A madeira utilizada para instrumentos de sopro ou corda precisa ser preparada, assim como os palhetas usadas em oboés, clarinetes, saxofones e instrumentos afins. Metais, utilizados largamente para sinos, cimbais, gongos, trompetes e trombones, precisam ser produzidos e moldados - usualmente a partir de processos sigilosos. A seguir, a construção e afinação de todos os instrumentos requer habilidade e técnica: a furação de um tubo de largura uniforme ou expansiva, a queima do sino de um instrumento de sopro para aumentar a sonoridade, [...]. a curvatura das costas de um alaúde, a estrutura interna e externa da corpo de um violino, [...]. Todos estes envolvem trabalho preciso de especialistas em madeira e metal e, em muitos casos, o conhecimento da matemática do som (EB, 2010).<sup>7</sup>

Como se vê, a construção varia grandemente de um instrumento a outro. Um instrumento de percussão feito de madeira tem som consideravelmente diferente de outro feito de metal, já que o som produzido depende da vibração do *próprio instrumento*. Flautas de madeira e metal, no entanto, têm uma diferenciação muito mais sutil no som produzido, já que a geração se dá devido a vibrações *na coluna de ar* dentro do instrumento, e não nele próprio. Assim, conclusões acerca da influência de diferentes aspectos da construção no som a ser obtido variam de instrumento para instrumento.

#### 2.2.6.1 *Atributos controláveis em um instrumento*

Na construção de instrumentos, pode-se destacar pelo menos seis elementos de controle que devem ser observados e que podem ou não ser incluídos na funcionalidade do instrumento (JENSEN, 1996). Como visto, a evolução de um instrumento tipicamente se dá com base em tentativa-e-erro, conhecimento empírico, aspectos culturais e disponibilidade tecnológica/de matéria-prima; ainda assim, é possível, a partir da análise dessas propriedades, determinar quais e de

---

<sup>7</sup> The first step in the building of any instrument is the selection and preparation of material. Wood used for wind or stringed instruments needs to be seasoned, as do the reeds used in oboes, clarinets, saxophones, and related instruments. Metals, which are widely used for strings, bells, cymbals, gongs, trumpets, and horns, must be manufactured and cast—often originally by secret processes. Next, the construction and tuning of all instruments require skill and craftsmanship: the piercing of a tube to a uniform or expanding width, the flaring of the bell of a wind instrument to increase sonority, [...], the curvature of the back of a lute or 'ūd, the internal and external structure of the body of a violin, [...]. All of these involve accurate workmanship from experts in wood and metal and, in many instances, a knowledge of the mathematics of sound.

que maneiras as possíveis funcionalidades são fundamentais aos requisitos traçados para o instrumento. São os elementos controláveis em um instrumento, de acordo com Jensen (1996):

- a) **Amplitude:** o controle da amplitude (assim como o dos cinco demais fatores) de um instrumento difere entre aqueles em que a produção do som é discreta (com envoltória) e aqueles em que é contínua. Em certos instrumentos em que o som é produzido em envoltórias, como o piano, o músico pode definir a intensidade inicial do som em função da velocidade com que aperta a tecla, e, pelo tempo por que a segura, pode definir também a duração do período subsequente de diminuição do volume, efetivamente modificando a amplitude.
- b) **Tom:** o controle do tom das notas produzido pode ser discreto (quando ocorre de nota em nota, como em um flauta), contido (quando o som emitido pode variar, a partir de uma nota, dentro de uma faixa determinada, como em um violão), e contínuo (como em um violino).
- c) **Timbre:** timbre é a energia nas diferentes harmonias (ou componentes da frequência) e a evolução dessa energia ao longo do tempo; é tudo aquilo que não pode ser classificado como tom ou volume, mas que difere instrumentos entre si. Alguns instrumentos oferecem controle sobre o timbre (como violinos); grande parte, no entanto, tem timbre fixo.
- d) **Ruído:** Alguns instrumentos permitem a adição de ruído ao som; este pode ser oriundo da respiração, do contato do corpo, do contato de objetos requeridos para a utilização do instrumento (arcos, etc.), das limitações instrumento ao ser utilizado nas extremidades de sua escala, entre outros.
- e) **Inarmonia:** Inarmonia é o grau a que os sobretons desviam da frequência fundamental. Na prática, quando se percebe um tom distinto emitido por um instrumento, há também uma série de outros sons adicionais; o desvio desses sons do som pretendido é tratado como inarmonia. A intensidade da inarmonia das cordas de uma guitarra elétrica, por exemplo, é aumentada com o desgaste, e cordas menores, mais grossas e mais rígidas também apresentam maior inarmonia devido à menor flexibilidade. Certos instrumentos de produção

contínua de som, como violinos utilizados com arco e alguns instrumentos de sopro, não exibem inarmonia.

- f) **Espaço:** o movimento do próprio instrumento no espaço faz com que este seja percebido de maneira diferente pelo ouvinte, modificando o timbre e a amplitude do som. Instrumentos podem oferecer maior ou menor (ou nenhuma) possibilidade de movimentação enquanto estão sendo utilizados.

Analisando esses controles, é possível classificar instrumentos. Uma guitarra, por exemplo, oferece controle limitado da amplitude, timbre e espaço, controle contido de tom (dentro de uma faixa), e nenhum controle sobre inarmonia; um sino, por sua vez, não oferece nenhum controle sobre nada além da amplitude. Em um projeto de um instrumento musical, deve-se observar que aspectos são importantes e de que maneira eles devem ou necessitam ser controlados.

#### 2.2.6.2 *Lutherie*

Luthier é o profissional que se dedica à fabricação ou conserto de instrumentos musicais com cordas (cordofones). O termo vem do francês *luth*, "alaúde" (KENNEDY, 1995). Luthiers são profissionais respeitados no meio musical, uma vez que a prática requer conhecimento (comumente empírico, mas também teórico) de acústica, de materiais e de música, entre outras ciências, e o número de pessoas capacitadas para tanto é notoriamente baixo. Por esse motivo, a expressão *lutherie*, que descreve a profissão, é frequentemente extensiva também a fabricantes de outros instrumentos (KENNEDY, 1995).

Luthiers são classificados usualmente em duas categorias, em uma simplificação da classificação original dos cordofones: fabricantes de instrumentos pinçados, como guitarras, e de instrumentos que requerem arco, como violinos; nesta segunda categoria, há também os luthiers que se dedicam à produção do arco. Luthiers que se dedicam à criação de novos instrumentos são chamados de luthiers experimentais.

### 2.2.7 Tendências no projeto de instrumentos

Como visto, a evolução dos instrumentos é pouco documentada à medida que se volta para antes do século XVIII (JAYNES, 1996). Além disso, tradicionalmente, fabricantes de instrumentos musicais têm se mostrado conservadores frente ao surgimento de novas tecnologias, técnicas e materiais (EB, 2010), o que desacelera inovações. Entre os motivos para esse conservadorismo, em especial no âmbito da música clássica, lista-se: a cultura das orquestras, com seus ícones visuais e ideais de sonoridade, o modelo antigo de mestre-e-aprendiz para o ensino de instrumentos, as histórias de que a prática prolongada leva a um conhecimento tácito dos instrumentos, e o próprio apelo que estes despertam pela sua estética e bagagem histórica (BIJSTERVELD, 2004).

Apesar disso, avanços tecnológicos eventualmente chegam mesmo aos instrumentos clássicos: instrumentos metálicos de sopro costumavam ser feitos a partir de lâminas ou chapas, que eram enroladas e fundidas para adquirir formato cilíndrico; hoje, esses instrumentos podem ser extrudados diretamente, sem que haja junção aparente, o que representa melhoras no som produzido. Hoje, em orquestras, apenas o trombone e os cordofones mantêm sua estrutura inalterada a longo dos séculos. Todos os anos, um grande número de patentes é registrado para instrumentos clássicos (BIJSTERVELD, 2004), e, ainda que não se veja modificações imediatas em orquestras, espera-se que algumas das melhorias sendo apresentadas sejam incorporadas com o passar dos anos. Como regra geral, mesmo deparando-se com forte conservadorismo por parte dos fabricantes, avanços tecnológicos são uma grande força propulsora de inovações nos instrumentos musicais, especialmente naqueles destinados à música popular.

No que diz respeito à estética dos instrumentos, muito do que se vê na forma dos instrumentos é decorrente da maneira como o som é produzido. No passado, era comum que artesãos decorassem seus instrumentos com ornamentos e ilustrações; de acordo com a Encyclopaedia Britannica (2010), esse padrão vem se extinguindo nos tempos modernos, especialmente no Ocidente, mas preocupações com qualidade de acabamento permanecem importantes.

Nos tempos recentes, muito da evolução vista em instrumentos musicais é associada ao desenvolvimento dos instrumentos eletrônicos. O número de fabricantes de instrumentos eletrônicos ou virtuais (para uso no computador) tem crescido grandemente, assim como a utilização destes instrumentos e a sua aceitação por parte do *establishment* musical (EB, 2010). Avanços significativos têm sido alcançados especialmente no que diz respeito a interfaces tangíveis (Tangible User Interfaces) para a utilização de computadores na produção musical (JORDÀ et al, 2007); tais dispositivos, em que informação digital pode ser manipulada por meio de objetos físicos sobre uma superfície, têm sido vistos como uma alternativa eficiente para o controle em tempo real de diversos aspectos do som sendo produzido a partir de um computador.

Outro aspecto importante a ser considerado no desenvolvimento de instrumentos musicais é a maneira como a música é consumida, e como esse comportamento vem se modificando ao longo do tempo. Nos últimos cinquenta anos, houve uma mudança significativa de paradigmas: antes, a música era consumida quase integralmente em apresentações ao vivo; hoje, grande parte da música é ouvida individualmente através de dispositivos tecnológicos (PINCH, 2003). Em conjunto com a facilitação da gravação e reprodução de sons emitidos, há a tendência de ter cada vez mais controle sobre os sons sendo ouvidos e produzidos. Efetivamente, as experiências de consumo musical tornam-se cada vez mais individuais.

## 2.3. INFÂNCIA

### 2.3.1 Desenvolvimento da criança

A expressão "desenvolvimento infantil" ou "desenvolvimento da criança" caracteriza o processo evolutivo do funcionamento e das capacidades emocionais, intelectuais, comportamentais e de percepção da criança ao longo da infância. "Infância", nesse sentido, é definida como o período entre a aquisição da linguagem, entre um ou dois anos de idade, e a adolescência, aos doze ou treze (EB, 2010). Existem quatro principais canais ou áreas dentro dos quais as crianças crescem: fisicamente; psicológica e cognitivamente; social e emocionalmente; e sexualmente e quanto à identidade de gênero (OSWALT, 2011).



Não há consenso quanto a como o crescimento se dá, e se é mais relevante analisá-lo como um processo contínuo ou por estágios (OSWALT, 2011). Adotando-se uma análise por estágios, pode-se dizer que, até os três anos, crianças já tendem a ser capazes de construir frases de até cinco palavras; até os quatro, podem conversar com frases de nível adulto; a partir dos seis, já demonstram um domínio de regras complexas de gramática e significado (EB, 2010). A partir dos dois anos, crianças também começam a aprender a se valer de "pensamentos simbólicos", e podem fazer operações mentais para transformar informações que coletam sobre o seu mundo. De acordo com a Encyclopaedia Britannica (2010), os fundamentos da lógica têm início a partir dos sete anos, e englobam a "classificação de idéias" e a compreensão de tempo e números. Ao longo de todo o seu crescimento, crianças vêm sua memória (tanto de curto quanto longo prazo) evoluir. O despertar da empatia (a habilidade de entender os sentimentos de outrem) vem associado à maior percepção de seus próprios estados emocionais, e por sua vez leva à formação do senso moral da criança. A formação da identidade da criança também se dá paralelamente, e a noção de sua identidade sexual, de acordo com seu gênero, se dá a partir dos três anos (EB, 2010).

A psicologia do desenvolvimento e o desenvolvimento humano são os campos do conhecimento que tentam descrever as mudanças que se dão ao longo da vida do ser humano; a grande parte do que se pesquisa sobre o tema trata das modificações que acontecem até a adolescência. Como este é o período central a este trabalho, esta fundamentação teórica também terá esse enfoque.

No que diz respeito às principais teorias, a maior controvérsia é relativa à importância entre o que se traz geneticamente e o que se obtém do meio ao longo da vida; a maioria dos estudiosos hoje concorda que tanto a natureza quanto a criação ("Inatismo" e "Empirismo") desempenham papel importante, mas não há consenso quanto a como isso acontece (ROSA, 2008; EB, 2010). Segundo a Encyclopaedia Britannica (2010), há três teorias principais para o desenvolvimento da criança, popularizadas no século XX; de acordo com Oswalt (2011), as principais teorias são cinco; Rosa (2008) ainda destaca Skinner, Vygotsky e Ausubel, com especial ênfase nas suas contribuições à educação. A seguir, é apresentada uma breve descrição de algumas dessas teorias.

### 2.3.1.1 *Teorias psicanalíticas*

A teoria de Sigmund Freud, que posteriormente foi trabalhada e modificada por Erikson, trata primariamente de valores sexuais que a criança traz consigo no nascimento; de acordo com o psicanalista, o ser humano nasce imbuído de libido, e a atenção dessa libido varia ao longo da vida para diferentes partes do corpo (OSWALT, 2011). No primeiro ano de vida, teria foco na boca e suas atividades; no segundo ano, haveria o estágio anal, em que se inicia o treinamento para a utilização do banheiro. A parte daí, dos três aos seis anos, dar-se-ia o período fálico, e os próximos anos até a puberdade são tidos como período de latência. O estágio final do desenvolvimento é, segundo Freud, o genital. Se, ao longo do desenvolvimento, a criança demonstrar interesse exagerado em algum dos estágios, é sinal de que poderá sentir efeitos neurológicos na vida adulta como, por exemplo, ansiedade.

Freud ainda descreve uma estrutura da personalidade, em que existe o id (que contém os desejos inatos do ser humano, e identifica-se com a libido) e o ego (que é a sua parte orientada à realidade, que complementa e limita o id). À medida que cresce, a criança controla cada vez mais seus desejos primitivos e impulsos para que se adapte ao ambiente, onde nem tudo é permitido; assim, para Freud, o desenvolvimento da criança trata, em primeiro lugar, do processo de emergência das funções do ego (EB, 2010).

Erik Erikson, psicanalista alemão/americano, expandiu os estudos de Freud, e descreveu o desenvolvimento da criança também em âmbitos psicossociais e sociais (OSWALT, 2011). Para ele, o desenvolvimento está associado a uma série de conflitos que acontece ao longo da vida da criança, e cuja resolução depende tanto dela quanto do meio; tais conflitos podem ser vistos como a interação entre os desejos da criança e os fatores externos. Erikson descreve 8 estágios do desenvolvimento, cada qual com seu conflito (RABELLO; PASSOS, 2011): infância inicial ("Confiança Básica versus Desconfiança Básica"), até os 3 anos ("Autonomia versus Vergonha e Dúvida"), até os 5 anos ("Iniciativa versus Culpa"), até os 11 anos ("Diligência versus Inferioridade"), e outras quatro, já a partir da adolescência.

### 2.3.1.2 *Teoria de desenvolvimento moral*

Lawrence Kohlberg analisou o desenvolvimento da criança (e do adulto) no que diz respeito à moralidade. O teórico americano descreve estágios de desenvolvimento moral através dos quais as pessoas aprendem a discriminar certo e errado; esses estágios aconteceriam ao longo de toda a vida de forma cumulativa (OSWALT, 2011).

De acordo com Grace (2010a), o primeiro nível de desenvolvimento para Kohlberg é o pré-convencional, e inclui duas etapas: na primeira, a moralidade diz respeito a seguir regras e evitar a punição associada a desobedecê-la; na segunda, o comportamento é motivado pelo que melhor satisfaz as necessidades da pessoa e, por vezes, do próximo. Nessa etapa, começam a despertar elementos de igualdade e justiça, mas o foco ainda está em si próprio.

O segundo nível de desenvolvimento, o convencional, também tem duas etapas: na primeira, o bom comportamento é obtido ao alcançar aquilo que os pais ou professores esperam da criança; na segunda, a motivação para o comportamento vem do respeito a obrigações, autoridades e regras (GRACE, 2010a).

O terceiro nível é chamado pós-convencional, e foca no bem comum, e transcende o que as leis e regras impõem (OSWALT, 2011). Na sua primeira etapa, há ênfase em seguir os valores do povo, e a pessoa permite-se querer modificar leis que julgue injustas à população. Na segunda etapa, considera-se não apenas o ponto de vista da sociedade, mas também a noção de que circunstâncias externas afetam decisões morais (GRACE, 2010a). De acordo com Kohlberg, nem todas as pessoas são capazes de alcançar os últimos níveis de desenvolvimento moral.

### 2.3.1.3 *Teoria de desenvolvimento cognitivo*

O psicólogo suíço Jean Piaget desenvolveu uma teoria com ênfase no funcionamento intelectual de adultos; baseando-se na habilidade lógica que se espera de uma pessoa plenamente desenvolvida, ele postulou que a criança passa por etapas até que pense como um adulto (EB, 2010). Piaget lista quatro etapas principais: sensório-motor, pré-operacional, operatório concreto e operatório formal.

A etapa sensório-motor vai até os dois anos de idade, quando as crianças ainda estão "aprendendo a aprender" (OSWALT, 2011). Nessa etapa, não só são desenvolvidos a linguagem e, por consequência, o pensamento, mas também aprende-se sobre a utilização do próprio corpo. Esse aprendizado advém da exploração, que se dá por meio dos cinco sentidos — o que justifica o nome da etapa.

No estágio pré-operacional, que vai dos dois aos sete anos, começa-se a entender e a interagir com o mundo através de símbolos mentais. No estágio operatório concreto, até os onze anos de idade, a criança aprende a pensar de maneira lógica, e a organizar as informações que recebe. Na fase operatória formal, aprende-se a resolver problemas e pensar de maneira simbólica, abstrata (OSWALT, 2011).

Para Piaget, cada contato com um novo conhecimento gera um desequilíbrio. Esse desequilíbrio precisa ser resolvido, o que instiga a interação e o contato com o elemento novo, a fim de assimilá-lo às estruturas existentes (GONÇALVES, 2011). No caso de erro recorrente, há três situações possíveis: a pessoa não tem estrutura para compreender o conhecimento em questão; as estruturas necessárias ainda estão em formação; ou os procedimentos de transmissão do conhecimento estão errados.

Piaget acredita que o crescimento intelectual da criança advém de seu relacionamento com objetos. Conforme passam por diferentes etapas do desenvolvimento cognitivo, crianças passam a organizar e adaptar suas experiências com objetos em modelos cognitivos cada vez mais sofisticados (EB, 2010). Nesse sentido, a utilização de instrumentos musicais na infância como método de aprendizado e como propulsora do desenvolvimento encaixa-se na abordagem piagetiana.

#### *2.3.1.4 Teoria sociocultural de desenvolvimento*

A teoria de Vygotsky assemelha-se à teoria de Piaget, mas trata também de aspectos socioculturais. Nela, afirma-se que a exposição social a várias culturas não só amplia o repertório de conhecimento de uma criança, mas também modifica sua maneira de pensar e de se comportar (GRACE, 2010b). A transmissão de

conhecimento se dá de três maneiras: de maneira imitativa, através de instrução, e de maneira colaborativa.

Vygotsky descreve uma "zona de desenvolvimento proximal", que representa a diferença entre a capacidade da criança de resolver problemas sozinha e com a ajuda de alguém (SCHÜTZ, 2011); ou seja, é aquilo que ela consegue fazer apenas com auxílio. Uma implicação importante deste conceito, segundo Schütz (2011), é de que o aprendizado é, portanto, de natureza social.

De acordo com com Gonçalves (2011), as principais diferenças entre Vygotsky e Piaget dizem respeito ao papel dos fatores externos ao desenvolvimento. Piaget privilegia a maturação biológica e, com isso, acaba por postular que o desenvolvimento segue uma seqüência fixa de estágios; Vygotsky foca o ambiente social, e aceita que o desenvolvimento pode ser variável. Além disso, Piaget acredita que o conhecimento é gerado pela própria criança, a partir de sua evolução intelectual, e Vygotsky afirma que este advém da interação com outros indivíduos. Piaget e Vygotsky ainda discordam no que diz respeito ao papel da aprendizagem, com o primeiro subordinando-a ao desenvolvimento geral e o segundo tratando-os como processos recíprocos.

### 2.3.1.5 *Teoria dos sistemas ecológicos*

Urie Bronfenbrenner desenvolveu a teoria dos sistemas ecológicos (ou "Ecologia Humana"), que diz que tudo em uma criança e em seu ambiente influencia o seu desenvolvimento. Ele indicou diferentes aspectos do ambiente que o afetam, que incluem micro-sistema, meso-sistema, exo-sistema e macro-sistema (OSWALT, 2011). As teorias de Bronfenbrenner vêm em oposição a modelos anteriores, em que o ambiente é descrito em termos de uma estrutura estática (MARTINS; SZYMANSKI, 2004).

Bronfenbrenner define um micro-sistema como "um padrão de atividades, papéis e relações interpessoais experienciados pela pessoa em desenvolvimento num dado ambiente com características físicas e materiais específicas" (MARTINS; SZYMANSKI, 2004); nisso, ambientes em que há interação face-a-face são tratados como micro-sistemas. O meso-sistema trata das inter-relações entre dois os mais

ambientes dos quais um indivíduo participa. Em um exo-sistema, a criança não participa do ambiente, mas é potencialmente afetada por eventos que lá ocorrem, e vice-versa; um exemplo de exo-sistema, segundo Oswalt (2011), é o local de trabalho de seus pais. Por fim, o macro-sistema engloba todos os outros ambientes, e diferencia, por exemplo, famílias de culturas diferentes; inclui aspectos como o governo, a economia, guerras, costumes, etc.

De acordo com Martins e Szymanski (2004), Bronfenbrenner dá ênfase não aos processos psicológicos tradicionais (percepção, motivação, pensamento e aprendizagem), mas ao conteúdos desses e à maneira como são sentidos pelo indivíduo. Importa mais como e se o desenvolvimento pode ser modificado em função da interação com o ambiente.

### **2.3.2 A atividade de brincar**

Brincadeiras são críticas para que crianças se tornem adultos aptos ao convívio em sociedade, para que saibam lidar com estresse, e para o desenvolvimento de habilidade cognitivas que ajudam na resolução de problemas (WENNER, 2009). Segundo Gray (2009), brincadeiras têm o propósito, do ponto de vista evolutivo, de ensinar novas habilidades; seriam a maneira que a natureza encontra para garantir que os mais jovens irão praticar e desenvolver as habilidades que serão necessárias à sua sobrevivência.

De acordo com Wajskop (1995), a visão que a sociedade tem hoje sobre brincadeiras infantis teve origem na ruptura do pensamento romântico. A partir da Idade Média, foi sendo construída a noção de que a brincadeira é uma atividade inerente à natureza da criança; antes disso, na Antigüidade, as crianças participavam das mesmas festas e brincadeiras dos adultos. No Romantismo, após um período em que as brincadeiras em conjunto eram reprovadas pela Igreja e os moralistas, inaugurou-se um novo período em que as crianças eram associadas à natureza, à pureza e à intuição, e o prazer relacionado às brincadeiras era percebido como "um componente da ingênua personalidade infantil" (WAJSKOP, 1995). Foi somente com a ruptura desse pensamento, no entanto, que a brincadeira pôde ser aceita como ferramenta educativa. Hoje, espera-se que a criança eventualmente se insira no sistema de produção, e o brincar, mesmo nas escolas, passa a ser visto

como um ofício próprio que ela desempenha até que se torne adulta (WAJSKOP, 1995).

Vygotsky, que estudou o desenvolvimento da criança, também abordou a importância das brincadeiras e brinquedos. Para ele, o brinquedo tem a capacidade de estruturar o funcionamento psíquico da criança, e a ajuda a "desenvolver a diferenciação entre a ação e o significado" (ROLIM et al, 2008). Segundo Vygotsky (1998, p. 127, apud ROLIM et al, 2008), "é no brinquedo que a criança aprende a agir numa esfera cognitiva, ao invés de uma esfera visual externa, dependendo das motivações e tendências internas, e não pelo dos incentivos fornecidos pelos objetos externos"; ou seja, a criança torna-se capaz de, ao brincar, dissociar o significado usual de um objeto e transformar o seu uso. Se usá-lo como um brinquedo, um pedaço de madeira pode ser tornar um boneco, mesmo que não o seja para outras pessoas. Ainda de acordo com as autoras, a brincadeira é uma *proposta educacional*, e serve à resolução de dificuldades no processo de aprendizado e como base para aprendizados mais elaborados.

Piaget também avaliou a relação da brincadeira com o desenvolvimento da criança. Para ele, há três estágios diferentes para brincadeiras (MORA, 2006), que se relacionam aos períodos do desenvolvimento: brincadeira prática ou de exercício (período sensório motor), brincadeira simbólica (período pré-operacional) e brincadeira com regras (período das operações concretas). A criança interage com o objeto de diferentes maneiras ao longo da vida, e novas descobertas são processadas e assimiladas.

### 2.3.2.1 *Brinquedos*

Diferenciar brincadeira, brinquedo e jogo não é tarefa fácil, e os limites são por vezes imperceptíveis (MORA, 2006). Brinquedo é definido circularmente pela Encyclopedia Britannica (2010) como "uma coisa para brincar", sendo freqüentemente um instrumento parte de um jogo. De acordo com Mora (2006), há dois critérios possíveis para definir brinquedo: qualquer objeto desenvolvido para desempenhar atividade lúdica; ou um objeto que receba atividade prática subsequente a uma representação mental lúdica (ou seja, que é visto ou usado

como brinquedo). Sendo o fazer música potencialmente uma atividade lúdica, é possível incluir um instrumento musical para crianças nessa definição.

Brinquedos são encontrados em uma grande variedade de culturas. Especula-se que sua origem advém do instinto de auto-preservação, e que a utilização de ferramentas de caça e luta provavelmente levou à sua utilização também como brinquedo (EB, 2010). Os primeiros brinquedos de que se tem registro datam de 2600 a.C., e foram encontrados na Suméria; a primeira menção histórica data de 500 a.C., e tratava de ioiôs encontrados na Grécia. De acordo com a Wikipédia (2011), a maior parte dos mamíferos utiliza alguma espécie de brinquedo durante a infância, criando-os a partir de pedras, galhos e comida.

Há duas maneiras principais de interagir com um brinquedo: por imitação, e por instrução (EB, 2010). Além disso, é consenso que a preferência por brinquedos varia significativamente de acordo com o sexo do indivíduo. Segundo a Encyclopaedia Britannica (2010), pesquisadores ocidentais concordam que meninos preferem brinquedos relacionados a agressividade, e meninas preferem bonecas e brinquedos associados a coisas do lar; as causas apontadas incluem fatores biológicos e sociais, como pressão por parte dos pais. Um artigo na National Geographic (HANDWERK, 2010) mostra que mesmo chimpanzés fêmeas jovens podem ser observadas cuidando de pedaços de madeira como se fossem bebês, um comportamento que pouco se repete entre a população masculina; de acordo com a reportagem, essa tendência evoluiu para que as fêmeas viessem a se tornar melhores mães na vida adulta.

De acordo com Mora (2006), brinquedos são objeto de desejo e supremacia entre crianças. Citando Bomtempo (199, p.66), traz que são "um sinal de riqueza e prestígio social, que pode tornar-se fonte de desigualdade entre crianças de uma mesma escola ou vizinhança"; nesse sentido, afirma que nem todo brinquedo é objeto de interação, e que a sua utilização como apenas "objeto de observação" deve ser evitada.

Como visto na seção que trata das brincadeiras, brinquedos também são importantes para o desenvolvimento da criança, e estimulam o comportamento cognitivo e a criatividade. Brinquedos como bolas, bolinhas de gude e blocos de



montar são importantes no desenvolvimento de noções espaciais e de causa-e-efeito; brinquedos de esculpir, como massinha, ajudam no desenvolvimento cognitivo, emocional, físico e social (UCCI, 2006). A Wikipédia (2011) relaciona alguns tipos principais de brinquedos, que são: kits de construção; bonecas, bonecos e miniaturas; veículos; quebra-cabeças; brinquedos para atividades físicas; itens colecionáveis; e materiais promocionais.

Para o projeto de brinquedos, há normas técnicas que regulamentam quanto à segurança. A NBR 11786/1998 (ABNT, 1998) estabelecia requisitos gerais de segurança, e foi substituída em 2004 pelas normas do Mercosul NM 300-1 a 300-6, que também os detalham em maior profundidade. No que diz respeito a acidentes, dados norte-americanos trazem que mais de duzentas mil crianças são tratadas em hospitais de pronto-socorro por incidentes envolvendo brinquedos; 46% dos machucados são na cabeça, e os meninos se acidentam mais (58% dos casos) (NSKC, 2011). Dentre as principais causas estão engasgar, afogamento, estrangulamento e, em primeiro lugar, veículos não-motorizados como triciclos de brinquedo.

Além dos aspectos legais e de segurança, o projeto de um brinquedo também deve atender a alguns fatores para atender às necessidades de uma criança. De acordo com Cunha (1988, p. 24-25, apud MORA, 2006), os principais fatores são: **interesse** (que determina a validade do brinquedo através dos estímulos que proporciona à criança); **adequação** (que diz respeito a se adaptar às necessidades emocionais, sócio-culturais, físicas e intelectuais da criança, de acordo com a etapa do desenvolvimento em que ela se encontra); **apelo à imaginação**; **versatilidade** (que diz respeito às maneiras como pode ser utilizado); **composição** (em que é possível que a criança entenda como o brinquedo funciona, e aprenda com isso); **cores e formas**; **tamanho**; **durabilidade**; e **segurança**.

#### 2.3.3.2. *Uso de brinquedos de acordo com a idade*

De acordo com Therrel (2002), há alguns padrões de comportamento e habilidades que permitem que seja feito um guia de referência para as indicações de brinquedos para crianças de acordo com a sua idade. O autor traz, em um guia desenvolvido

para a Comissão de Segurança de Produtos para o Consumir (CPSC), um panorama para desde o nascimento até os 12 anos de idade.

- a) **Do nascimento aos três meses:** a exploração da criança se dá primariamente pela visão e audição, e não há grande utilização de objetos para brincadeiras. Crianças dessa faixa etária são atraídas por cores vibrantes e têm dificuldade de focar além de 30 cm de distância. Quanto à audição, crianças apreciam sons tranquilos, e os preferem ao silêncio ou a barulhos. Quando seguram objetos, tendem a levá-los a boca e deixá-los cair. Através do seu desenvolvimento, vão passar a gostar de brinquedos em que uma ação simples gere um estímulo; assim, brinquedos que acendem ou produzem som quando tocados ou sacudidos já são indicados.
- b) **Dos quatro aos sete meses:** a visão das crianças já está muito mais desenvolvida, e elas tornam-se capazes de diferenciar objetos. Atividades que envolvem alcançar, pegar, puxar, sacudir e apertar objetos já podem ser feitas, mesmo que o controle motor ainda seja rudimentar, e a não saibam utilizar o polegar e o indicador como pinça. Crianças dessa idade ainda levam objetos à boca; os objetos devem ser grandes e facilmente manipuláveis. Ao término do período, é possível que já saibam andar, e grande parte já consegue sentar-se sozinha.
- c) **Dos oito aos onze meses:** crianças nessa idade já podem ficar de pé, caminhar com ajuda de suportes, engatinhar, e levantar-se. No uso de brinquedos, o foco é no desenvolvimento da coordenação motora. Já é possível segurar dois objetos, um em cada mão, mas o controle não é fino o suficiente para permitir o uso simultâneo deles. Já se tem algum controle que permite a utilização do polegar para segurar objetos como uma pinça. Nessa idade, começam a ser desenvolvidas habilidades de memória, e palavras simples podem ser compreendidas; além disso, ao final do período, começa-se a imitar o comportamento de adultos na utilização de produtos. A preferência ainda é por cores vibrantes
- d) **Dos doze aos dezoito meses:** já se pode andar sem apoios, com alguma dificuldade. Crianças já cantam sozinhas, e movimentam o corpo de acordo

com as músicas. Segurar é mais fácil, e já é possível girar, torcer, deslizar e operar alavancas; brinquedos de encaixe se tornam mais divertidos, assim como aqueles com luzes, sons e rodas. Crianças nessa idade já podem esporadicamente imitar o comportamento de adultos utilizando telefones, chapéus, e copos; isso deve ser incentivado com brinquedos como bonecos, bichos de pelúcia e pequenos veículos.

- e) **Dos dezenove aos vinte-e-três meses:** crianças já conseguem caminhar com estabilidade, e começam a correr, pular e se equilibrar. É possível puxar/arrastar brinquedos enquanto caminham, manipular objetos menores, e, ao término do período, possivelmente chutar bolas. Brincadeiras de encaixe de objetos se tornam mais fáceis. Neste período, tem início o pensamento simbólico, o uso de palavras (e, com isso, determinado nível de interação com outras crianças) e pode ser iniciada representação artística de objetos e pessoas. Já é possível utilizar brinquedos de causa-e-efeito de dificuldade moderada, que incluem até controles remotos simples.
- f) **A partir dos dois anos:** começa-se a participar de brincadeiras de caráter social, como representação de papéis de mãe, pai, bebê, etc., auxiliadas pelo uso de objetos. É nessa idade que tem início o interesse pela televisão e seus personagens. Crianças já participam de atividades de construção e representação pictória, mas a ênfase está no processo e não no resultado obtido. Com os ganhos em coordenação motora, pular, correr e escalar tornam-se atividades mais divertidas. Começa-se a ter interesse em objetos mais realistas, e o uso de cores não-vibrantes já é atraente.
- g) **A partir dos três anos:** ao mesmo tempo que tem-se preferência por objetos de aparência real, adquire-se também a habilidade de abstrair a forma de objetos caso seja relevante para as brincadeiras sendo realizadas; assim, pode-se utilizar um sapato para representar um travesseiro. As diferenças de preferência entre os sexos se tornam mais aparentes, com meninas preferindo bonecas e materiais artísticos e meninos, bonecos e blocos de montar. A coordenação motora já permite atividades mais finas, como cortar, colar, montar quebra-cabeças. Artisticamente, já se utiliza linhas para delimitar

contornos; ainda assim, a ênfase ainda está no processo, e não no resultado final.

- h) **A partir dos quatro anos:** a representação de papéis e personagens está no ápice, e o interesse se transfere de personagens mais gentis de programas infantis para super-heróis, policiais, leões, etc.; mesmo assim, crianças nessa idade ainda podem acreditar que monstros são reais. O interesse por objetos mais realistas continua aumentando. Já é possível utilizar teclados, e as habilidades já desenvolvidas de cortar, colar e manipular peças pequenas vão sendo aperfeiçoadas.
- i) **A partir dos seis anos:** aumenta o interesse por brincadeiras que envolvem regras pré-determinadas ou feitas na hora; jogos incluem polícia-e-ladrão, pega-pega, pique-esconde e esportes. A criança passa a ter interesse em desenvolver suas próprias habilidades, e é capaz de prestar mais atenção em detalhes. Utiliza-se lógica para resolver problemas e escolher entre alternativas, e aumenta o interesse por desafios e quebra-cabeças. A preferência começa a mudar de personagens fictícios para personalidades da vida real.
- j) **Dos nove aos doze anos:** as crianças passam a desenvolver habilidades mais refinadas nas atividades e esportes de que participam; alguns jogos de que costumavam gostar passam a ser entediantes. Ao invés de produtos prontos, crianças dessa idade passam a ter interesse em produtos mais simples a partir dos quais possam construir suas próprias coisas. Projetos científicos, arte e jogos de computador, cerâmica e trabalhos em madeira tornam-se mais interessantes. As decisões tomadas são mais fortemente influenciadas pelas atitudes de ídolos, pessoas próximas e pela ação da mídia.

### 2.3.2.3 *Tendências no projeto de brinquedos*

Entre as inovações recentes vistas nos brinquedos, destaca-se a tendência de ter conectividade com a internet. Há uma nova geração de brinquedos que não são apenas produtos virtuais (como jogos de computador), ou que trazem componentes eletrônicos adicionados aos objetos tradicionais (como bonecas/bonecos que falam). Baxter (2007) traz exemplos de: globos que indicam o nome e informações de

idades, países e continentes a partir de um diretório online; capacetes dos Power Rangers® que recebem missões (atividades) pela internet; e "computadores" para crianças menores de cinco anos que não requerem teclado, mouse ou alfabetização para buscar informações na internet. De acordo com Kym Macfarlane (apud BAXTER, 2007), "permitir que crianças tenham acesso à tecnologia quando pequenas vai permitir que sejam muito mais críticas e confortáveis com as tecnologias de que vão precisar no futuro"<sup>8</sup>.

Além da conectividade, outra tendência é a de tornar eletrônicos alguns brinquedos tradicionais, na busca por maior interação. Esse movimento tem sido expandido em função da recente perda de mercado dos brinquedos tradicionais para o videogames (BAXTER, 2007). A LEGO, por exemplo, oferece robôs eletrônicos, e recentemente o clássico jogo de tabuleiro Monopoly recebeu uma nova versão que dispensa o uso de cédulas de papel (substituindo-as por cartões magnéticos). De acordo com Jane Ritson-Parsons, responsável mundial pelo jogo, a mudança vem para "proporcionar aos jogadores tanto um videogame como a experiência social de jogos de tabuleiro" (CLIFFORD, 2011); a iniciativa vai ser aplicada em outros jogos da empresa (Hasbro), e tem o interesse de revitalizar o interesse de jovens e crianças pequenas.

Por fim, destaca-se ainda a popularização dos brinquedos educativos, que teve início nas últimas décadas. Baxter (2007) traz exemplos de canetas que lêem palavras impressas em voz alta se utilizadas com os livros indicados (LeapPad, da Leap Frog), e até um dispositivo capaz de ler palavras escritas à mão em folhas de papel especiais, e que permite que a criança desenhe uma calculadora e a utilize para operações matemáticas (Fly Pentop Computer, da mesma empresa).

#### 2.3.3.4. *Brinquedos musicais*

O diretório-geral de empresas e indústrias da União Européia estabelece algumas indicações (não-obrigatórias) para o projeto de produtos para crianças. Para a segurança de brinquedos, foi estabelecida a Toy Safety Directive; nela, o documento de número 10 (Expert Group on Toys Safety, 2010) traz um sistema para classificar

---

<sup>8</sup> "Allowing children [access to] technology at an early age will allow them to be far more discerning and feel more comfortable with the technology they will need in the future" (BAXTER, 2007).

o que é um brinquedo musical e o que é um instrumento musical. Além do preço, os parâmetros para ser tido como instrumento ou brinquedo, respectivamente, são

- a) **Propósito:** se faz música ou produz sons ou fornece acompanhamento rítmico em determinada velocidade; ou faz apenas ruídos;
- b) **Características:** se tem projeto e materiais definidos para que melhorem qualidade, nível de detalhe e/ou dimensão do som; ou se não essa não é uma preocupação;
- c) **Documentação:** se apresenta ou não documentos de teoria musical, dicas de utilização, diagramas e partituras;
- d) **Ponto-de-venda:** se é vendido em lojas de instrumentos musicais; ou se é vendido em lojas de brinquedos;
- e) **Público-alvo:** se tem representação realista; ou se tem caráter decorativo, infantil.

Os parâmetros não são oficiais, e não devem ser vistos como critérios definitivos, mas indicam que há a noção de que os brinquedos musicais não devem ser confundidos com instrumentos sérios para a produção de música, e que têm caráter meramente lúdico. Se analisada frente às teorias de aprendizado, em que é aceita a idéia de que brinquedos são importantes no desenvolvimento cognitivo de uma criança, essa separação prejudica o eventual aprendizado e benefícios que se poderia obter da utilização de brinquedos verdadeiramente musicais quando é utilizada também no momento do projeto.

Um projeto do MIT trata justamente da conexão entre brinquedos e instrumentos musicais tradicionais. O Toy Symphony “luta para estabelecer uma ponte entre profissionais da música e crianças, além de entre a audiência e os instrumentistas”<sup>9</sup>, e tem o objetivo de redefinir a maneira como crianças são introduzidas à música. No projeto, pesquisadores e músicos reconhecidos desenvolvem tecnologias inovadoras para brinquedos musicais (instrumentais e de composição).

---

<sup>9</sup> With Toy Symphony, Tod Machover and his team at the MIT Media Lab strive to bridge the gap between professional musicians and children, as well as between audience and performers. (TOY SYMPHONY, 2011).

Os instrumentos criados no projeto, chamados de MusicToys, pretendem oferecer a crianças atividades de composição, performance, e audição que só seriam possíveis após um longo período de estudos (TOY SYMPHONY, 2011). Um das condições dos brinquedos é que não tenham pré-requisitos para a utilização. Os três principais instrumentos desenvolvidos são os Beatbugs, os Shapers e o Hyperscore, uma ferramenta virtual de composição.

Beatbugs são instrumentos de percussão portáteis, de mão, que podem ser usados na criação de ritmo. São operados por uma interface simples, e têm aparência lúdica, assemelhando-se a um inseto. Os instrumentos podem ser conectados para a construção de música colaborativa. Um artigo no New York Times descreve o produto como sendo “do tamanho de uma laranja grande, com duas antenas”, e afirma que devem proporcionar uma experiência muito mais prazerosa às crianças do que instrumentos convencionais (GORMAN, 2003). Shapers são objetos macios para apertar que tentam oferecer uma interface para moldar composições musicais de maneira tangível. A operação se dá por meio de sensores capacitivos e revestimento condutor, e diferentes parâmetros (como timbre, densidade e estrutura) podem ser controlados com os dedos (TOY SYMPHONY, 2011).

#### 2.3.3.5. *Uso de brinquedos musicais de acordo com a idade*

Quanto às indicações para uso de brinquedos/instrumentos musicais por parte de crianças, Therrel (2002) traz um guia que detalha as preferências e recomendações para cada faixa etária. De modo geral, o autor afirma que instrumentos musicais e rítmicos podem ser apropriados para crianças de todas as idades, se respeitadas as especificidades de cada grupo.

- a) **Do nascimento até três meses:** instrumentos para este grupo incluem chocalhos e sinos que possam ser amarrados ao pulso da criança. Aos três meses, pequenos pandeiros também podem ser indicados. Os instrumentos mais apropriados são os rítmicos, e podem ser utilizados móveis que emitem sons.
- b) **Dos quatro aos onze meses:** os mesmos instrumentos permanecem relevantes (sinos, pandeiros e chocalhos). Móveis não são mais indicados, já

que a criança já pode se movimentar mais livremente. Nessa idade, crianças passam a ter forte interesse em brinquedos inteligentes, educativos ou interativos que emitam som.

- c) **Dos doze aos vinte-e-três meses:** os mesmos instrumentos permanecem relevantes. Recomenda-se também instrumentos como tambores e bongôs, que instiguem comportamento exploratório.
- d) **A partir dos dois anos:** além dos instrumentos já mencionados, recomenda-se também triângulos, esteiras, apitos e buzinas. A partir dos três anos, crianças já podem utilizar os instrumentos em andamentos mais rápidos, e de fato os preferem aos mais lentos. Instrumentos rítmicos ainda são mais indicados.
- e) **A partir dos quatro anos:** crianças dessa faixa-etária já podem participar de aulas de música. São capazes de copiar padrões rítmicos, imitar canções, cantar em grupo, e usar um instrumento para acompanhar músicas simples. Aos demais instrumentos, pode-se acrescentar maracas, castanholas, xilofones, teclados e pianos. Além disso, a partir dessa idade crianças passam a ter interesse em CDs, fitas e caixinhas de música.
- f) **A partir dos seis anos:** crianças dessa faixa-etária já conseguem ler música, se instruídas para tanto, têm maior capacidade para decorar melodias, e já passam a preferir instrumentos musicais de verdade; isso acontece em paralelo com a sua apreciação por maior realismo em seus brinquedos em geral. Assim, instrumentos recomendados já incluem também harmônicas, flautas, violinos, ukuleles, e outros.
- g) **Dos nove aos doze anos:** além das habilidades já descritas, crianças nessa faixa passam a improvisar mais, e são capazes de manter harmonia. A preferência passa a instrumentos de qualidade, e já são recomendados instrumentos mais complexos.

### 2.3.3 Projeto de produtos para crianças

De acordo com Rice e Lueger (2008), projetos para crianças devem não só considerar as características atuais do usuário, mas também antever as mudanças



que terá através de seu crescimento. Para isso, devem ser consideradas as etapas do desenvolvimento infantil.

Para obtenção de informações para o projeto, métodos habituais não são recomendados. Entrevistas com crianças não têm resultados positivos como as com adultos: quando novas, tendem a não saber expressar suas necessidades; quando mais velhas, passam a ser fortemente influenciadas pela pressão do grupo, e confundem desejos e gostos com reais necessidades (RICE, 2008). Deve-se utilizar referências teóricas nesses casos, além de dados antropométricos.

No que diz respeito à comercialização, deve-se atentar para o fato de que não é o usuário (a criança) que compra o produto. Assim, o objeto deve atender às preferências tanto do adulto (consumidor) quando da criança (usuário).

Por fim, Norris e Smith (2008) afirmam que, em projetos para crianças, deve-se se acomodar, se possível, toda a população; isto é, não devem ser excluídos os percentis extremos quando da definição das especificações do projeto. Cita-se o projeto de uma arma de fogo — que não deve ser utilizada por crianças —, onde, se o projeto da trava de segurança não restringisse também a utilização por crianças com dedos menores ou braços mais compridos, os resultados seriam trágicos.

Os autores trazem alguns exemplos para situações específicas de projeto: para garantir que o produto se adéqüe ao usuário, recomenda-se que sejam levados em conta pelo menos do 5º ao 95º percentis, e seja adicionada uma margem de segurança. Para garantir que todas as partes sejam acessíveis, deve-se considerar pelo menos o 5º percentil; para garantir espaço livre para movimentação e evitar que se esbarre em partes indesejadas, deve-se considerar o 95º percentil. Para evitar que partes do corpo fiquem presas, e para garantir que partes do produto **não** sejam acessíveis ao usuário, deve-se novamente projetar considerando o 5º percentil.

### *2.3.3.1 A ergonomia e antropometria aplicadas à criança*

De acordo Lueder (2003), tem havido um recente interesse quanto à ergonomia aplicada a crianças. Essa mudança teve início a partir de meados da década de 1990 (LUEDER, 2010), e originou da grande quantidade de informação que já se tinha obtido até então sobre a antropometria de adultos e os riscos ergonômicos do

uso de computadores, por exemplo. A ênfase maior no que tange às crianças tem sido quanto ao ambiente escolar, o que pode ser atribuído em parte à origem etimológica da palavra ergonomia (“o estudo do homem no trabalho”, do grego).

Muitos especialistas ainda afirmam que os perigos que se apresentam para a população adulta também existem para as crianças, mas isso não é sempre verdade (LUEDER, 2003). Lesões de tecidos moles, como síndrome do túnel do carpo, aparecem muito menos em crianças, e por outros motivos: são causadas por esportes em que há impactos mais fortes, e não pelo uso de teclados. Ao mesmo tempo, pesquisas apontam que os índices de dores nas costas e no pescoço são comparáveis àqueles observados em adultos.

Dentre as principais diferenças entre a criança e o adulto, estão as de natureza física. A proporção das partes do corpo de crianças é diferente da dos adultos; ao nascer, o tamanho da cabeça e das pernas em relação a todo o corpo é maior. Na infância as extremidades ainda estão em crescimento, e as pernas são relativamente pequenas (NORRIS; SMITH, 2008); na adolescência, o maior desenvolvimento se dá na coluna (RICE; LUEDER, 2008a). Em crianças de até 10 anos, as extremidades dos ossos são macias, e mais vulneráveis. Além disso, as placas de crescimento ainda não se fecharam até a adolescência, e são a conexão mais fraca de todo o seu esqueleto, representando até 15% dos acidentes (LUEDER, 2003). Assim, crianças mais novas quase não têm lesões em ligamentos e tendões (comuns em adultos) porque as placas de crescimento em desenvolvimento são até três vezes mais frágeis (LUEDER, 2003). Crianças também nascem sem a curva lombar, que é desenvolvida na adolescência.

Além disso, há diferenças cognitivas: além de terem maior plasticidade no cérebro, o que as permite aprender conceitos e habilidades mais facilmente do que adultos, crianças também tendem a se arriscar mais, e freqüentemente não têm discernimento para decisões morais e lógicas. Há também peculiaridades quanto aos aspectos emocionais: crianças devem ter a possibilidade de tanto se sair bem quanto falhar em suas tarefas, e o ambiente deve ser seguro para que essas falhas sejam vistas como parte do processo de aprendizado. Crianças tendem a ter menos medo, já que não têm experiências que as lembrem de conseqüências negativas que devem evitar (RICE, LUEDER, 2008a).

Projetar a partir de categorias de idade é o padrão no design de produtos para crianças (NORRIS; SMITH, 2008). Apesar disso, a infância é um período de rápidas mudanças, e crianças da mesma idade podem ter desenvolvimento bastante diferente. A variação dos dados antropométricos entre crianças da mesma idade (desvio padrão) aumenta com o passar dos anos. Com isso, há sobreposição entre os grupos usados nas medições: um menino de 7 anos no 95º percentil é mais alto do que outro de 10 no 5ª percentil.

Para meninos, o período dos 11 aos 16 anos é aquele em que se vê crescimento mais acelerado; para meninas, acontece entre os 9 e os 14. Aos 13 anos, é normal que algumas meninas sejam mais altas que meninos; a partir de então, as diferenças antropométricas usuais entre os sexos tornam-se aparentes (NORRIS; SMITH, 2008).

### 2.3.3.2 *Projeto de brinquedos*

De acordo com Torres (2008), o principal foco de estudo para o projeto de brinquedos tem sido, historicamente, segurança e conforto. Recentemente, a atenção também tem se voltado à usabilidade, com a emergência do conceito de “user friendliness”. De acordo com a autora, brinquedos devem: permitir exploração, manipulação e prática; encorajar crianças a imitar; incentivar brincadeiras individuais e em grupo; oportunizar momentos para expressar idéias, sentimentos e relacionamentos; e ajudar as crianças a desenvolver seus próprios significados e explicações.

Therrel (2002) traz, em seu guia de brinquedos para cada faixa etária de crianças, instruções claras do que é ou não aconselhável para o projeto. Abaixo é apresentado um resumo dessas observações e das considerações de Torres.

- h) **Do nascimento até três meses:** Os produtos devem ser pequenos o suficiente para que possam ser segurados, e grande o suficiente para que não sejam engolidos; devem ter cantos arredondados. O número de partes/componentes deve ser pequeno. Devem também poder ser lavados, já que a criança tende a levá-los a boca. Quando nasce, a criança pode diferenciar verde e vermelho, e somente aos dois meses tem todos os receptores de cor funcionando; nesse

período, prefere objetos amarelos e vermelhos àqueles azuis e verdes, e padrões a cores lisas. Deve haver grande contraste visual, mas as luzes (se houver) devem ser fracas e os sons emitidos devem ser baixos e não-repentinos (THERREL, 2002). Torres (2008), por outro lado, traz que preferência e cores para o mesmo grupo inclui azul, verde e vermelho; a autora também afirma que crianças preferem formas simples, como círculos, quadrados e triângulos.

- i) **Dos quatro aos sete meses:** além do que foi descrito para a faixa-etária anterior, há também maior interesse em brinquedos interativos. Os brinquedos para essa faixa etária devem suportar mais atividade e um manuseio mais intenso (THERREL, 2002).
- j) **Dos oito aos onze meses:** há maior compreensão de causa-e-efeito, e brinquedos podem estimular esse desenvolvimento com estímulos que respondem à interação. Crianças nessa idade não conseguem realizar movimentos distintos com cada mão, mas podem segurar dois objetos de uma vez (THERREL, 2002). É possível utilizar as mãos como pinça na manipulação de objetos (TORRES, 2008).
- k) **Dos doze aos vinte-e-três meses:** até os dezoito meses, crianças desenvolvem controles mais finos, e podem torcer, girar, espremer e agarrar partes de um objeto. Mecanismos de causa-e-efeito do brinquedo ainda devem ser simples (THERREL, 2002). Brinquedos podem ser utilizados “em paralelo” por duas crianças, mas não há interação (TORRES, 2008).
- l) **A partir dos dois anos:** crianças já são capazes de assoprar brevemente, o que é relevante para instrumentos de sopro, apitos e buzinas. Já podem também mover os dedos independentemente, o que dá maior flexibilidade para o projeto. A percepção de cor é plena, mas cores pastéis têm pouco apelo (THERREL, 2002).
- m) **A partir dos quatro anos:** objetos já podem ser ligeiramente mais pesados, mas devem ser similarmente rígidos e ter cantos arredondados. Prefere-se objetos um pouco mais realistas, e podem ser utilizadas outras cores além das

primárias; instrumentos musicais mais próximos aos tradicionais já começam a ser preferíveis àqueles de plástico (THERREL, 2002).

- n) **A partir dos seis anos:** Therrel (2002) já não faz mais menção a cantos arredondados ou à leveza dos brinquedos. Há liberdade na utilização de cores, e a preferência por objetos mais realistas é mantida.

### 3. ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO

#### 3.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

De maneira semelhante ao que acontece no aprendizado da linguagem e, mais especificamente, na alfabetização, em que crianças obtêm um vocabulário prévio no ambiente doméstico antes de serem submetidas a uma educação formal, é fundamental que recebam também uma aculturação relacionada à música antes que possam avançar no seu entendimento (GORDON, 1990). No entanto, hoje, no ambiente doméstico, o contato com a música não se dá de maneira tão extensa ou qualificada quanto o contato com a linguagem, o que resulta numa educação musical prejudicada. Poucas são as crianças que aprendem instrumentos musicais com pais; ao mesmo tempo, aula de instrumentos musicais são muitas vezes associadas a experiências negativas e rigorosas.

Na escola, quando há aulas de música, uma série de desafios é imposta, a começar pela deficiência já mencionada no que diz respeito à aculturação prévia. Gordon (1990) lista alguns desses empecilhos: indisponibilidade de tempo adequado para a disciplina; desconfiança e desmerecimento da música frente às demais disciplinas por parte de gestores e pais; excesso de alunos; falta de um currículo integrado; e preparação e educação inadequada de professores.

Ao mesmo tempo, como foi visto na fundamentação teórica deste trabalho, o contato com a música é extremamente benéfico ao desenvolvimento da criança, e tem impactos positivos que são sentidos ao longo de toda a vida. Nesse contexto, é essencial que haja um mecanismo capaz de trazer essa familiarização à música para crianças no âmbito de suas casas, já que a experiência em sala de aula não vem sendo sempre bem sucedida. Tendo em vista que a utilização de instrumentos musicais tradicionais por parte de crianças também não é freqüente (haja vista as deficiências aqui apontadas), aponta-se o *problema de projeto* como a necessidade de oferecer um dispositivo alternativo capaz de atender essas carências.

### 3.2 DEFINIÇÃO DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO

Segundo Back (2008), é natural que projetos de inovação passem por todas as fases do modelo de desenvolvimento integrado de produtos (a saber: planejamento do projeto, projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar, projeto detalhado, preparação da produção, lançamento do produto e validação do produto); o projeto aqui sendo desenvolvido, por também ser de inovação, compartilha essa característica — exceto pelo fato de que não será posto em produção, por se tratar de projeto acadêmico. Independentemente, deve atentar para todos os aspectos a que estaria sujeito caso fosse lançado; como consequência, além da fabricação e montagem, passaria também por etapas de embalagem, transporte, uso, manutenção (preventiva e corretiva), desativação e reciclagem. À transição entre essas etapas dá-se o nome de ciclo de vida do produto

Para um produto cujo papel principal é a produção de sons e, em última instância, música, seu período de uso até a desativação pode ser prolongado, já que a funcionalidade não se tornará obsoleta. No entanto, como se pretende desenvolver um produto para crianças, e frente à possibilidade e, de fato, ao interesse declarado de que o produto sirva como incursor ao mundo da música e leve ao aprendizado de outros instrumentos musicais, é natural que venha a ser substituído por instrumentos mais comuns, difíceis, e/ou versáteis à medida que o interesse na música aumente. Assim, para os requisitos iniciais traçados para este projeto, e frente aos dados obtidos em pesquisa bibliográfica e análise de produtos similares, projeta-se um período de uso para o produto de no máximo dez anos. Para tanto, o produto deve funcionar adequadamente ao longo desse período, e ter desempenho comparável aos dos produtos similares enquanto estiver em funcionamento.

A manutenção do produto deve ser facilitada por um projeto preparado para tanto, prevendo desmontabilidade, se relevante ao projeto, e a existência de peças para a substituição e reparo de componentes por meio de assistência técnica. O descarte e a reciclagem também devem ser facilitados, tanto através da previsão de desmontabilidade quanto pela utilização de materiais ecologicamente conscientes e pela sua correta identificação. Além disso, deve ter linguagem estética adequada às variações de preferência pelas quais os usuários (crianças) passam durante o período pelo qual espera-se que utilizem o produto.

### 3.3 IDENTIFICAÇÃO DOS USUÁRIOS DO PROJETO E DO PRODUTO

Conforme definição de Back (2008), usuário define "todas as pessoas, órgãos ou instituições que têm interesse, direito de opinar, impor exigências ou expressar necessidades que venham a afetar de alguma forma as características ou os atributos do produto a ser desenvolvido". Além disso, podem ser divididos entre usuário internos, intermediários ou externos — sendo esses os que devem ser considerados prioritariamente.

#### 3.3.1 Usuários do projeto

Para o projeto deste produto, um instrumento musical para crianças, os usuários externos incluem tanto os usuários finais do produto (os consumidores, em suas casas) quanto, em menor extensão, os técnicos que, ao longo de sua vida útil, trabalham na manutenção do equipamento. Incluem também os responsáveis pelo descarte, desativação e reciclagem.

Usuários intermediários são aqueles envolvidos na distribuição, promoção, marketing e vendas do produto. Assim, neste caso, por se tratar de um projeto acadêmico, incluem, apenas de maneira teórica, bancos e agências de financiamento, órgãos coletores de impostos, representantes, revendedores, lojas de departamentos, de música ou de brinquedos e demais profissionais e empresas relacionados que seriam acionados se o produto fosse de fato posto em produção e distribuído.

Usuários internos, ou usuários do *projeto*, são aqueles que se dedicam à etapa de projeto, gerência, manufatura e distribuição do produto. São todos os indivíduos que, de alguma maneira, participam ou têm interesse no desenvolvimento e/ou nos resultados do projeto sendo desenvolvido. Neste caso, a categoria é representada pelo responsável por este projeto, pelos professores orientador e colaboradores, pela instituição de ensino que fomenta esta pesquisa, pelos alunos do curso, e pela comunidade associada à universidade.



### 3.3.2 Definição dos usuários do produto

Para o presente projeto, de um produto de inovação que traça objetivos claros quanto aos efeitos que deseja alcançar na população, é importante definir (e não apenas identificar) quais são os seus usuários finais. Explica-se: o público-alvo deve ser estabelecido de modo que potencialize os resultados pretendidos pelo produto, e viabilize os objetivos que para ele foram traçados. Não deve ser apenas um retrato do grupo de pessoas que *hoje* é atendido por produtos similares; deve ser a identificação do grupo que *deveria* ser atendido para que se obtenha os melhores resultados.

Para tanto, é importante entender como se dá a utilização de instrumentos musicais entre crianças, quais são os desafios enfrentados e o que a literatura tem a dizer quanto ao público que deve ser abordado. Como ferramentas, serão utilizados um **questionário**, que visa traçar um panorama atual e validar a necessidade e a viabilidade deste projeto, e a **consulta da fundamentação teórica já estabelecida**, no intuito de especificar o público. Como resultado desta etapa, espera-se obter uma definição precisa quanto ao público que se deseja abordar.

#### 3.3.2.1 *Questionário com público em geral*

Com o objetivo de quantificar o uso de instrumentos musicais durante a infância e analisar a influência dessa experiência, foi elaborado e aplicado um questionário. Além disso, tinha-se o intuito de verificar a importância das aulas de música tidas pelos respondentes no ambiente escolar. Também desejava-se saber o grau de influência que cada categoria de instrumentos musicais (segundo a classificação Hornbostel-Sachs) teria, entre a amostra estudada, no que diz respeito à retenção do aprendizado obtido na infância, ao aprendizado de novos instrumentos musicais, e à percepção quanto à educação musical recebida (ou não) na infância. Por fim, essas informações seriam úteis, em primeiro lugar, à aferição da viabilidade deste projeto, e, na etapa subsequente, à definição precisa do público-alvo.

A pesquisa, realizada ao longo de uma semana, foi aplicada a 135 participantes, e incluiu pessoas de todas as faixas etárias definidas. Devido ao grande volume de

informações apresentadas, as perguntas feitas e as análises textuais e gráficas dos dados coletados podem ser vistas no Apêndice 1 e Apêndice 2.

### 3.3.2.2 Conclusões sobre o questionário

Os resultados gerais da pesquisa oferecem algumas noções importantes. O Quadro 1 traz um resumo das principais informações obtidas.

Aspecto	Respostas
Uso na infância	Um bom número de pessoas tocou instrumentos na infância (~70%);
	O uso de instrumentos na infância está associado às aulas de música (49% contra 24%);
Uso hoje em dia	O número de pessoas que tocam instrumentos hoje em dia é grande (49%), mas menor que o relativo à infância;
	O uso de instrumentos hoje em dia tem pouca relação com as aulas de música (53% contra 46%);
	O uso de instrumentos hoje em dia tem forte correlação com o contato prévio na infância (55% contra 34%);
Retenção	O índice de pessoas que esquece o que aprendeu é bastante alto (51% abandonou o uso; apenas realmente 25% evoluiu);
Percepção	A imensa maioria julga as experiências musicais na infância como relevantes/importantes (80%);
	A imensa maioria gostaria de ter aprendido um instrumento na infância (83%).

**Quadro 1: informações obtidas no questionário**

**Fonte: Autor**

Em primeiro lugar, sabe-se agora que a proporção de pessoas que têm experiência com instrumentos musicais na infância é significativa; este é um dado positivo. Sabe-se também que, entre os que não tiveram essa experiência, a imensa maioria gostaria de ter tido, e atribui a culpa à falta de estímulo externo ou de oportunidade. **Esses dois fatores apontam para a viabilidade do desenvolvimento de um instrumento musical voltado para crianças**, do ponto de vista do interesse da população, e da existência de um público ainda maior para ele caso possa vencer os desafios observados.

Sabe-se também que o número de pessoas que tocam instrumento hoje em dia é menor do que o de que tocavam na infância. Isso indica que, em geral, as pessoas

têm desaprendido o que sabiam quando crianças, e que não têm aprendido novos instrumentos ao longo da vida a ponto de contrabalancear essa tendência. **Isso indica que o contato com instrumentos na infância pode ser melhorado**, não apenas em número (como normalmente se espera), mas em qualidade, para que a experiência venha a ser proveitosa no futuro. Assim, os instrumentos devem ser melhor adaptados ao público e ao objetivo a que se destinam.

A participação em aulas de música na infância é vista como positiva para a maioria dos respondentes, mas não teve o impacto esperado a longo prazo. De modo geral, teve influência na habilidade que tinham (ou não) durante a infância, mas, mesmo com aulas de música, os índices de retenção para a vida adulta permaneceram semelhantes aos do resto da amostra (baixos). Assim, reafirma-se a necessidade de desenvolver um instrumento que seja capaz de trazer noções musicais duradouras à criança antes mesmo da educação musical em âmbito formal, e que potencialize essas experiências. **Ou seja, o público abordado não deve ser restrito àqueles que têm aula de música.**

Várias informações puderam ser obtidas quanto aos resultados de cada grupo de instrumento. Cordofones são os instrumentos mais populares tanto na infância quanto no período atual; aerofones têm bastante popularidade na infância, mas o maior índice de pessoas que desaprendeu ou perdeu inteiramente o contato; e crianças que tiveram contatos com múltiplas categorias de instrumentos são, por boa margem, as que melhor retiveram este conhecimento – esse dado é condizente com as informações levantadas na fundamentação teórica. Tais constatações oferecem um panorama interessante sobre a habilidade e as preferências do público estudado e, se verificadas junto a especialistas no assunto em uma etapa posterior deste projeto, podem servir de base a diversas definições.

Como conclusão, tem-se que:

- a) o desenvolvimento deste projeto é viável do ponto de vista do interesse da população;
- b) a experiência com instrumentos na infância ainda pode ser melhorada;

- c) o público não deve ser restrito às crianças que assistem aulas de música, já que: 1) pelas informações obtidas, as aulas não tiveram os impactos significativos esperados, e 2) apenas uma parte da amostra as assistiu na infância, e limitar a esse grupo limitaria também os benefícios pretendidos pelo produto;
- d) foram constatados, na amostra, os aspectos relatados na apresentação deste projeto (relativos à educação musical falha, à percepção positiva de experiências musicais na infância, etc.);

### 3.3.2.3 *Revisão da literatura e especificação do público-alvo*

O público que se deseja abordar compreende crianças em que o uso de um instrumento musical pode ter impactos positivos não só à habilidade musical futura, mas também no desenvolvimento e na vida adulta. Como observado anteriormente, não se pretende que o público seja restrito a estudantes de música, mas sim aberto a todas as crianças interessadas. Além disso, pretende-se que este seja um produto para crianças das mais variadas classes socioeconômicas, e que seu custo não ultrapasse significativamente aquele de instrumentos similares disponíveis no mercado. Como é freqüente em instrumentos musicais, os preços são variados, e muitas vezes, altos, mas são refletidos em produtos duráveis e de qualidade; além disso, representam um investimento, acima de tudo, em educação. Resta definir, então, prioritariamente, a faixa-etária a que o produto se destina.

Segundo Therrel (2002), até os quatro anos, os principais instrumentos que devem ser utilizados por crianças são os rítmicos ou divertidos (como apitos, buzinas, etc.). Nesse sentido, não oferecem grande oportunidade para o estudo, por exemplo, de tonalidade, melodia, harmonia, etc. Além disso, do ponto de vista do desenvolvimento da criança, até quatro anos a coordenação motora mais fina está apenas no seu início. Os produtos para esse público devem ser grandes o suficiente para não serem engolidos, e, pelos primeiros anos, laváveis, já que serão levados à boca. Aos quatro anos, a percepção de cores já está desenvolvida, e crianças já passam a modificar seu interesse de cores primárias para todo o resto do espectro.

O uso de instrumentos musicais mais complexos, como pianos e teclados, já pode ser iniciado a partir dos quatro anos, mas consolida-se como alternativa a partir dos seis anos. Nesse ponto, já há possibilidade e interesse em aprender também flautas, violinos, ukuleles, etc. (THERREL, 2002). Do ponto de vista do projeto, Therrel também deixa de citar, a partir dos seis anos, a necessidade dos produtos terem cantos arredondados. Quanto ao seu desenvolvimento cognitivo, é neste período que a criança passa a ter interesse no aperfeiçoamento de suas próprias habilidades, e a prestar mais atenção em detalhes.

A partir dos nove anos, já se tem interesse em instrumentos "de qualidade", com aparência adulta. Para quem já vinha aprendendo música desde antes, a atenção vai também para improvisos, harmonias e outros conceitos mais avançados. Crianças também passam a ter mais interesses em construção (com artesanato, madeira, etc.). A influência da mídia e do grupo se torna ainda mais forte. Aos nove anos, tem início também o processo de crescimento mais acelerado em meninas (em meninos, ocorre tipicamente a partir dos onze anos) (NORRIS; SMITH, 2008); as diferenças entre os sexos também passam a ficar nítidas. A partir dos doze anos, já não se tem interesse em instrumentos voltados ao público infantil.

Em conversas com diversos profissionais de educação musical, foi possível validar essas informações; essas conversas aparecem relatadas em detalhe na próxima seção do trabalho e no Apêndice 3 e Apêndice 4. Segundo Karla Dias, educadora musical e responsável pela coordenação pedagógica da escola de música Estação Musical, em Porto Alegre, é a partir dos cinco aos sete anos que tem início o período em que a educação musical torna-se realmente efetiva do ponto de vista técnico, e pode-se utilizar instrumentos regulares no aprendizado; antes disso (e ainda até os 7 anos, com muitos alunos), as atividades desenvolvidas são de familiarização com os instrumentos, e o ensinamento de conceitos musicais se dá de maneira indireta, sem fazer menção aos nomes ou aplicações de cada um deles. Nesse período, são utilizados diversos instrumentos e brinquedos, sem haver ênfase no ensinamento de nenhum deles em particular. Além disso, são realizadas aulas paralelas de teatro e de artes plásticas.

O intuito desse trabalho é desenvolver um produto que sirva à familiarização da criança com a música; ao mesmo tempo, é premente que atue como um propulsor

ao aprendizado de um instrumento musical tradicional no futuro e da teoria musical como um todo. Frente aos dados coletados, portanto, decidiu-se por trabalhar o público-alvo dos **cinco aos nove anos**. Este é o período em que a criança transita da exploração livre da música ao aprendizado técnico de instrumentos (mais cedo ou mais tarde, de acordo com a familiarização que já teve e as diferenças individuais), e, portanto, o mais adequado à atuação do produto pretendido.

### 3.4 ELICITAÇÃO DAS NECESSIDADES DOS USUÁRIOS

Definido o público-alvo como o de **crianças de cinco a nove anos**, é preciso agora identificar suas necessidades. Back (2008) recomenda alguns métodos para a captura e documentação das necessidades do usuário: entrevistas estruturadas; parcerias ou alianças com fornecedores ou outros usuários internos; atuação de consultores e especialistas; sessões de *brainstorming*; experiências pessoais e da empresa; pesquisa em material publicado; previsão da capacidade tecnológica; análise de mercado e *benchmarking* da concorrência; prototipagem e realidade virtual; e método de desdobramento da função qualidade (QFD).

Neste projeto, por se tratar de um produto destinado a crianças, entrevistas com os usuários não são de grande valia, uma vez que dificilmente saberão informar as necessidades específicas que têm com o projeto, e não há experiências prévias com produtos semelhantes que possam ser relatadas. De acordo com Rice e Lueder (2008), abordagens tradicionais de usabilidade em que se testa e entrevista os usuários de fato não são adequadas para crianças. Em crianças pequenas, há dificuldade em expressar o que é requerido; em crianças mais velhas, é comum que se confunda as necessidades com os desejos, especialmente frente à pressão do grupo para que tenham os produtos mais recentes ou populares. Os autores recomendam consulta à literatura especializada.

Assim, no lugar disso, será utilizado o recurso de entrevistar profissionais de educação, acostumados a lidar com crianças, além de músicos e profissionais envolvidos com educação musical; além disso, o material já pesquisado e apresentado na seção Fundamentação Teórica será consultado para a elicitação das necessidades dos usuários. Por fim, será feito o desdobramento da função qualidade; segundo Back (2008), "o método do QFD não é um método de elicitação

das necessidades propriamente ditas, mas é utilizado na visualização e documentação das necessidades levantadas pelos métodos e auxiliar no processamento das mesmas e transformações em requisitos de usuários e de projeto, priorização [...], e sua transformação final em especificações de projeto". Assim, após o término dessa etapa de elicitación das necessidades do usuário, as etapas subseqüentes abordam, cada uma, campos do QFD, que será então desdobrado.

### **3.4.1 Entrevistas com especialistas e revisão da literatura**

Ao longo de algumas semanas, foram realizadas diversas conversas com profissionais da área de educação musical, além de instrumentistas. Inicialmente, optou-se pela realização de entrevistas estruturadas, seguindo o roteiro de perguntas apresentado a seguir:

- a) Quais são as principais dificuldades em se aprender um instrumento musical?
- b) No que diz respeito à satisfação do usuário e à oportunidade que oferece para o aprendizado de música, quais são as principais características que um instrumento musical deve ter? O que caracteriza um bom instrumento musical?
- c) Como deve ser um instrumento musical feito para crianças? Por quê?
- d) Quais são as dificuldades que uma criança tem ao aprender um instrumento?
- e) O que uma criança acha interessante em um instrumento? De quais instrumentos ela mais gosta? Quais são as necessidades/requisitos que uma criança vê em um instrumento que são diferentes daquelas que os adultos vêem?
- f) Com que instrumentos já-existentes as crianças de 5 a 9 anos têm melhores resultados? Por quê?
- g) Quais instrumentos você não recomendaria para uma criança dessa idade? Por quê?

No entanto, as respostas obtidas ficaram aquém das expectativas; de modo geral, os profissionais encontraram dificuldade em seguir o roteiro estabelecido, e ofereciam respostas curtas e pouco informativas para grande parte das questões. Além disso, instrumentistas tendiam a evitar respostas sobre categorias de

instrumentos que não aquelas de sua especialidade, e muitas vezes não ofereciam respostas sobre *quais* dessas categorias seriam as mais adequadas. Assim, a utilização de um roteiro estruturado de perguntas a ser aplicado a instrumentistas de diferentes vertentes mostrou-se por vezes um método pouco aproveitável.

Ainda assim, algumas respostas foram interessantes, e ajudam na compreensão do problema. Dentre as respostas mais interessantes, destaca-se a afirmação de que crianças têm dificuldades com noções matemáticas associadas à música, como escalas, notas, transposição, acordes, etc, e que isso é determinante nos seus problemas de aprendizado. Alguns entrevistados afirmaram que atividades de musicalização são importantes, mas que nem todos os instrumentos utilizados são apropriados; nem todos concordaram sobre quais instrumentos são mais problemáticos ou adequados, no entanto. Houve críticas a flautas, pela dificuldade técnica associada; a instrumentos de corda, pelo fato de não fornecerem uma nota "pronta" imediatamente; a pianos, pelo tamanho; e a baterias e outros instrumentos de percussão, por requererem excessivo esforço físico. Ao mesmo tempo, pianos e xilofones foram citados como bons instrumentos para a introdução à música devido à facilidade que oferecem para o entendimento e a geração dos sons, e instrumentos de percussão foram citados como de fácil aprendizado e utilização. As respostas obtidas são apresentadas no Apêndice 3.

A partir desse ponto, teve início uma etapa de conversas informais com profissionais de educação musical. Aqui, tinha-se o intuito de obter informações gerais sobre a experiência musical de crianças, e fazer com que os especialistas relatassem experiências e opiniões sobre suas necessidades e as dificuldades que enfrentam; a opção foi pela não-utilização de um roteiro pré-estruturado. Duas conversas foram de particular importância, e estão registradas e apresentadas no Apêndice 4; as conversas se deram com duas profissionais responsáveis pela coordenação pedagógica de escolas de música de Porto Alegre, e trazem dados importantes sobre a utilização de instrumentos por crianças. A seguir, são apresentadas, de forma sintetizada, as conclusões obtidas a partir das conversas e das entrevistas anteriores.



### 3.4.1.1 *Conclusões da etapa de elicitação e necessidades levantadas*

Havia o intuito, no início dessa etapa, de se obter uma idéia clara de que categoria de instrumentos musicais seria melhor adaptada às necessidades das crianças. No entanto, a noção que se retira das entrevistas é a de que é inviável determinar definitivamente uma categoria, e que diferentes músicos têm noções diferentes do que é mais efetivo para cada criança; de fato, o único consenso parece ser de que não se deve tentar avaliar comparativamente instrumentos de categorias diferentes – essa questão é abordada também na seção *Análise de Similares* deste trabalho.

Alguns dados sobre a utilização de instrumentos por crianças, e características físicas e comportamentais de crianças nos ajudam a identificar suas necessidades. De acordo com Karla Dias, educadora musical e responsável pela coordenação pedagógica da escola de música Estação Musical, crianças menores de dez anos têm dificuldade em aprender instrumentos de percussão, como baterias, devido ao seu porte físico. Instrumentos desse tipo demandam grande esforço físico, o que pode tornar a experiência inviável, ou prejudicial à saúde. Instrumentos que demandam grande capacidade pulmonar também se mostram difíceis para crianças mais novas. Como cansam rápido, não podem praticar por tanto tempo, o que prejudica o aprendizado.

Crianças têm grande apreciação pelas aulas, e as vêem como uma experiência positiva. No entanto, de modo geral, não se dedicam às atividades extra-classe propostas pelos professores, que, segundo os mesmos, são essenciais para a consolidação do conteúdo visto na escola. Nesse sentido, instrumentos muito complexos não são recomendados, já que dificilmente serão utilizados ou explorados fora do ambiente escolar; instrumentos simples, portáteis e/ou intuitivos, cuja utilização possa ser feita sem preparativos, e cujos resultados sejam rapidamente percebidos pelas crianças, são recomendados.

A versatilidade de instrumentos também é um ponto positivo, uma vez que permite acomodar diferentes preferências (por parte das crianças) e lições (por parte dos professores). Um exemplo altamente pertinente é o das alterações que são feitas a instrumentos em uma das escolas visitadas. Lá, xilofones têm algumas de suas teclas arrancadas, para que crianças toquem, sem saber, dentro de escalas

pretendidas pelos professores. As teclas são retiradas e recolocadas sempre que se deseja fazer alguma alteração, e as crianças passam a absorver os conceitos musicais intuitivamente. Teclados eletrônicos que permitem a escolha do som/instrumento sendo produzido também são exemplos da versatilidade sendo usada com bons resultados.

De modo geral, observa-se que crianças têm seu interesse em instrumentos musicais fortemente influenciado pela mídia. Em escolas de música, a maior parte dos alunos matricula-se em aulas de violão e guitarra, e afirma inspirar-se em ídolos de bandas famosas. Outros instrumentos populares são baterias e baixos. Instrumentos que não são freqüentemente expostos na televisão ou no rádio não têm o mesmo apelo; o mesmo é verdade de instrumentos associados à música clássica, mas, nesse sentido, atua também a influência dos pais, que muitas vezes desejam que os filhos aprendam instrumentos tradicionais como violino ou piano.

Com base nessas informações, é apresentado um quadro consolidado das principais necessidades dos usuários (Quadro 2).

<b>Necessidade</b>	<b>Justificativa</b>
<b>Gastar pouco tempo com atividades de preparação para poder utilizar o instrumento</b>	A criança tem atenção limitada, e tende a dedicar pouco tempo à prática do instrumento fora do ambiente de aula, especialmente se vê a experiência como trabalhosa.
<b>Não incomodar os parentes e demais pessoas próximas na prática do instrumento</b>	Como visto na literatura, o apoio dos pais é indispensável ao sucesso do aprendizado; se a experiência causa transtorno para eles, seu apoio será mais restrito.
<b>Poder transportar o instrumento sem o auxílio de um adulto</b>	Atividades que requerem a participação de adultos (e a espera até que tenham disponibilidade) tendem a ser postas em segundo plano.
<b>Poder usar o instrumento em casa, sem acompanhamento de um professor ou adulto</b>	A criança deve poder avançar no seu aprendizado da música mesmo quando não está em aula ou acompanhada, já que tende a fixar melhor o que aprende quando explora os conceitos por si só.
<b>Poder utilizar o instrumento de maneira flexível quanto aos sons produzidos</b>	Crianças se entediam com facilidade, e poder variar os resultados dentro de um mesmo produto é um grande atrativo.
<b>Se esforçar pouco fisicamente para utilizar o instrumento</b>	A criança não está preparada fisicamente a exercer grande esforço para utilizar o instrumento, se cansa com facilidade, e atividades rigorosas podem ter impactos negativos no desenvolvimento.
<b>Ser capaz de produzir sons e música em pouco tempo</b>	A criança tem atenção limitada, e pouca paciência para se dedicar a tarefas em que não vê resultados imediatos; se levar muito tempo para poder produzir música, pode vir a desistir.

<b>Ter no instrumento um elemento familiar e contextualizado às suas preferências e àquelas de seu grupo</b>	Crianças da faixa-etária abordada são bastante influenciadas pelo que aparece na mídia e pela opinião de outras crianças da mesma idade.
<b>Utilizar um instrumento para aprender diversos conceitos musicais de maneira indireta</b>	A criança aprende com mais facilidade quando não percebe que está envolvida em uma atividade de ensino.
<b>Ver no instrumento uma experiência prazerosa</b>	Como o objetivo do aprendizado não é meramente técnico ("aprender um instrumento"), mas também introduzir a criança no aprendizado da música, a experiência deve ser positiva para que desperte na criança o interesse em continuá-la no futuro.

**Quadro 2: eliciação das necessidades do usuário**

**Fonte: Autor**

### 3.5 CONVERSÃO DAS NECESSIDADES EM REQUISITOS DE USUÁRIOS

Back (2008) recomenda que as necessidades de usuário sejam desdobradas em requisitos. Segundo o autor, deve ser utilizada linguagem mais compacta e apropriada ao entendimento da equipe de projeto, e a conversão deve ser feita baseada em atributos de qualidade do produto; o autor sugere que os atributos usados devem ser obrigatório ou preferencial e quantitativo e qualitativo.

O autor apresenta ainda uma amostra de atributos típicos de sistemas técnicos, que pode ser utilizada como um dicionário para a referida conversão. Os atributos são classificados em atributos básicos, "de ciclo de vida", e específicos. A seguir, é apresentado o Quadro 3, no mesmo modelo, convertendo as necessidades de usuários apresentadas na seção anterior.

<b>Necessidade do usuário</b>		<b>Requisito do usuário</b>
Gastar pouco tempo com atividades de preparação para poder utilizar o instrumento	>	Praticidade na preparação/instalação
Não incomodar os parentes e demais pessoas próximas na prática do instrumento	>	Limitação do volume emitido
Poder transportar o instrumento sem o auxílio de um adulto	>	Portabilidade
Poder usar o instrumento em casa, sem acompanhamento de um professor ou adulto	>	Simplicidade de operação
		Segurança
Poder utilizar o instrumento de maneira flexível quanto aos sons produzidos	>	Flexibilidade na operação

Se esforçar pouco fisicamente para utilizar o instrumento	>	Baixa demanda de esforço físico
		Ergonomia (características ergonômicas adaptadas ao usuário)
Ser capaz de produzir sons e música em pouco tempo	>	Facilidade no aprendizado
Ter no instrumento um elemento familiar e contextualizado às suas preferências e àquelas de seu grupo	>	Familiaridade
Utilizar um instrumento para aprender diversos conceitos musicais de maneira indireta	>	Capacidade educacional ampla
Ver no instrumento uma experiência prazerosa	>	Diversão/entretenimento

**Quadro 3: conversão das necessidades do usuário em requisitos**

**Fonte: Autor**

### 3.6 PLANEJAMENTO DA QUALIDADE DESEJADA

Back (2008) chama "Planejamento da qualidade desejada" a análise comparativa das necessidades ou dos requisitos dos usuários em conjunto com o estudo de produtos concorrentes. Neste projeto, a análise dos produtos concorrentes é objeto de estudo mais detalhado em uma seção específica, mas é adiantada aqui para a obtenção destes dados. O planejamento da qualidade tem o objetivo de determinar fatores de importância e as metas dos requisitos de usuários recém-identificados. A importância destes requisitos é apontada por meio de um valor numérico, e é dada segundo o julgamento da própria equipe de projeto.

O método de Akao (1990), citado por Back (2008), sugere a pergunta "qual será a importância desse requisito para o usuário?" como parâmetro para a determinação; o autor sugere ainda uma escala de um a cinco pontos para o  $g_i$  (grau de importância do requisito). No cálculo sugerido, são trazidos alguns valores, atribuídos pelos usuários, de como diferentes produtos concorrentes se saíram frente aos requisitos, e como a empresa se posiciona a respeito (sua meta para o requisito); outros valores são obtidos a partir desses. São eles:

**Grau de importância ( $g_i$ ):** grau de importância do requisito, considerando-se o usuário (avaliação subjetiva, de 1 a 5).

**Análise de concorrentes** ( $vc_i$ ): avaliações (de 1 a 5) do produto e de concorrentes. Como o produto ainda não pode ser avaliado, já que não existe, é feita a avaliação apenas dos concorrentes, e obtida uma média.

**Plano de qualidade** ( $vm_i$ ): meta que se tem quanto ao requisito (de 1 a 5). De acordo com Back (2008), determina "até onde a empresa pretende chegar para satisfazer o requisito".

**Taxa de melhoramento** ( $tm_i$ ): relação entre o plano de qualidade e a análise de concorrentes ( $vm_i / vc_i$ ). Dá a noção de o quanto um produto pode ser melhorado em relação a um requisito; como, neste projeto, o produto ainda não existe, a noção que se tem é de o quanto se pode melhorar em relação aos produtos concorrentes.

**Fatores de venda** ( $fv_i$ ): onde se atribui a estratégia da empresa para vendas (de 1 a 1,5, pela sugestão do autor); ou seja, o quanto este requisito irá ou deverá contribuir para as vendas do produto, pela estratégia de venda da empresa. Neste projeto, será utilizado um valor uniforme para todos os requisitos.

**Peso absoluto** ( $pa_i$ ): peso atribuído ao requisito, a partir da multiplicação do grau de importância, da taxa de melhoramento, e do fator de vendas ( $gi_i * tm_i * fv_i$ ).

**Peso da qualidade demandada** ( $pru_i$ ): valor relativo do peso absoluto do requisito frente à soma dos pesos absolutos de todos os requisitos.

Nesse projeto, especificamente, os usuários são crianças muito jovens, o que inviabiliza a obtenção destes dados junto ao usuário; Back (2008) reconhece essa dificuldade, ao afirmar: "esse tipo de questionamento pode se tornar ineficiente se os usuários tiverem pouco conhecimento do mercado ou dos produtos [...]. É recomendado [...] que a valoração de produtos de empresas concorrentes seja feita pela própria equipe". Assim, a seguir, são apresentadas avaliações para cinco instrumentos musicais que, potencialmente, podem ser vistos como similares/concorrentes do produto a ser desenvolvido neste trabalho; são eles: um triângulo musical, um bongô, uma harmônica, um violão, um teclado eletrônico. Os instrumentos representam todas as categorias do sistema Hornbostel–Sachs. Uma análise mais cautelosa de cada um destes instrumentos pode ser vista na análise de similares, apresentada no decorrer deste trabalho.

Utilizando o sistema exposto, é apresentada a Tabela 1 com o cálculo da qualidade demandada de cada um dos requisitos do usuário. Aqui,  $VC_{tri}$ ,  $VC_{bon}$ ,  $VC_{har}$ ,  $VC_{vio}$  e  $VC_{tec}$ , respectivamente, se referem a triângulo, bongô, harmônica, violão e teclado, enquanto que  $vc_i$  se refere à média.

**Tabela 1**  
**Planejamento da qualidade desejada**

	<b>Requisito do usuário</b>	$g_i$	$VC_{tri}$	$VC_{bon}$	$VC_{har}$	$VC_{vio}$	$VC_{tec}$	$vc_i$	$vm_i$	$tm_i$	$fv_i$	$pa_i$	$pru_i$
Básico	Segurança	5.0	5.0	4.0	3.0	3.0	4.0	3.8	5.0	1.3	1.0	6.6	13.2%
	Ergonomia	4.5	4.0	2.0	1.5	2.0	4.0	2.7	5.0	1.9	1.0	7.4	14.9%
	Familiaridade	2.0	1.0	2.0	3.0	4.5	4.0	2.9	3.0	1.0	1.0	1.0	2.1%
De ciclo de vida	Praticidade na preparação/instalação	4.0	5.0	4.5	5.0	4.0	3.5	4.4	4.0	0.9	1.0	4.5	9.1%
	Portabilidade	3.5	5.0	3.0	5.0	3.5	3.5	4.0	4.0	1.0	1.0	5.0	10.1%
	Simplicidade de operação	4.0	4.5	4.0	3.5	2.5	4.0	3.7	4.0	1.1	1.0	4.9	9.8%
	Flexibilidade na operação	4.5	1.0	2.0	3.0	3.5	4.5	2.8	5.0	1.8	1.0	1.8	3.6%
	Facilidade no aprendizado	3.5	3.0	2.5	2.5	2.0	2.5	2.5	4.5	1.8	1.0	5.4	10.9%
	Capacidade educacional ampla	4.5	1.5	3.0	3.5	4.0	5.0	3.4	4.5	1.3	1.0	2.0	4.0%
	Diversão/entretenimento	4.0	3.0	4.0	3.0	4.0	4.0	3.6	4.5	1.3	1.0	3.8	7.5%
Específico	Limitação do volume emitido	2.5	3.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	3.0	0.8	1.0	2.3	4.5%
	Baixa demanda de esforço físico	4.5	4.0	2.5	3.0	3.5	4.5	3.5	4.5	1.3	1.0	5.1	10.3%

Fonte: Autor

Analisando os dados obtidos, é possível apresentar os requisitos ordenados por peso da qualidade demanda. Esses requisitos são trazidos na Tabela 2.

**Tabela 2**  
**Planejamento da qualidade desejada e requisitos do usuário, por importância**

<b>Requisito do usuário</b>	<b>Peso absoluto</b>	<b>Peso da qualidade demandada</b>
Ergonomia	7.4	14.9%
Segurança	6.6	13.2%
Facilidade no aprendizado	5.4	10.9%
Portabilidade	5.0	10.1%
Simplicidade de operação	4.9	9.8%
Praticidade na preparação/instalação	4.5	9.1%
Capacidade educacional ampla	2.3	4.3%
Diversão/entretenimento	2.0	3.8%

Flexibilidade na operação	1.8	3.6%
Limitação do volume emitido	1.8	3.4%
Familiaridade	1.0	2.1%
Baixa demanda de esforço físico	1.0	2.0%

Fonte: Autor

### 3.7 CONVERSÃO DOS REQUISITOS DE USUÁRIOS EM REQUISITOS DE PROJETO

A etapa de conversão dos requisitos do usuário em requisitos de projeto é, segundo Back (2008), o momento em que se estabelece as características de engenharia do produto. Aqui são apresentados os atributos do produto que podem ser modificados, retirados, incluídos, ampliados ou diminuídos para satisfazer os requisitos dos usuários.

Os requisitos não precisam ser traduzidos um a um; pode haver requisitos de usuário que se traduzem em um só requisito de projeto, e vice-versa. Back (2008) recomenda duas questões na tradução: "o que significa [o requisito do usuário], e que princípios e métodos podem ser utilizados para esse fim?" e "por que estabelecer uma lista de declarações técnicas do produto em estudo".

O autor sugere também que cada requisito de projeto seja expresso com uma unidade de medição e um sinal qualificador (no caso de se tratar de um projeto para o qual já existem referências ou um produto predecessor que se deseja melhorar; não é este o caso deste trabalho). Quando uma unidade de medida não pode ser encontrada, usa-se um atributo mensurável em percentuais, ou não se usa unidade de medida alguma. Back (2008) sugere algumas técnicas para realizar de fato a conversão; será utilizada, neste projeto, a "análise do caráter crítico", em que se identifica as poucas e vitais características para o desenvolvido do produto, cujos critérios se embasam em segurança, restrições legais, vendabilidade, investimentos, questões eticamente sensíveis, etc. Também serão usados questionamentos como propostos por Blanchard e Fabrycky (1990, apud BACK, 2008), em que perguntas como "o que o produto deve realizar em termos de características de desempenho funcional e operacional?" são utilizados.

Assim, é apresentado o Quadro 4 com os requisitos de projeto obtidos a partir dos requisitos do usuário. Requisitos que aparecem repetidas vezes (por responderem a mais de um requisito do usuário) são marcados em cinza a partir da segunda aparição.

Requisito do usuário	>	Requisito de projeto
Ergonomia	>	Ter dimensões gerais e distâncias entre os mecanismos de interação compatíveis com crianças de 5-9 anos
Segurança	>	Disponer de dispositivos de segurança
		Apresentar informações de uso e segurança de maneira gráfica (e não apenas escrita)
		Ter tamanho grande o suficiente para que não possa ser ingerido
Facilidade no aprendizado	>	Ter utilização intuitiva
		Desencorajar utilização errada
		<b>Não</b> dispor de excessivos comandos ou mecanismos de interação
		Apresentar informações de uso e segurança de maneira gráfica (e não apenas escrita)
Portabilidade	>	Ser pequeno o suficiente para que possa ser carregado por, pelo menos, uma criança de 5 anos
		Ter peso passível de ser carregado por, pelo menos, uma criança de 5 anos
Simplicidade de operação	>	<b>Não</b> requerer atividades de preparação que demandem mais do que 5 minutos
		Ter dimensões gerais e distâncias entre os mecanismos de interação compatíveis com crianças de 5-9 anos
		Ter utilização intuitiva
		<b>Não</b> dispor de excessivos comandos ou mecanismos de interação
		Não depender exclusivamente de informações escritas
Praticidade na preparação/instalação	>	<b>Não</b> requerer componentes/consumíveis externos de difícil obtenção, instalação, descarte ou entendimento
		<b>Não</b> requerer atividades de preparação que demandem mais do que 5 minutos
Capacidade educacional ampla	>	Oferecer versatilidade quanto ao som produzido
		Disponer de dispositivos/informações que auxiliam na transmissão de noções musicais corretas
		Desencorajar utilização errada
Diversão/entretenimento	>	Ter aparência agradável a uma criança de 5-9 anos
		Oferecer versatilidade quanto ao som produzido
Flexibilidade na operação	>	Oferecer versatilidade quanto ao som produzido
Limitação do volume emitido	>	Limitar o volume sonoro produzido a níveis aceitáveis para crianças e adultos
Familiaridade	>	Ter aparência agradável a uma criança de 5-9 anos
Baixa demanda de esforço físico	>	<b>Não</b> demandar esforço maior do que o suportável por uma criança de 5 anos



Ter dimensões gerais e distâncias entre os mecanismos de interação compatíveis com crianças de 5-9 anos
---

**Quadro 4: conversão de requisitos do usuário em requisitos de projeto**

**Fonte: Autor**

Alguns dos requisitos de projeto apresentados ainda carecem de dados numéricos/específicos que auxiliem a atividade projetiva que se seguirá mais tarde. Assim, é importante buscar fontes ainda nessa etapa.

**Limitar o volume sonoro produzido a níveis aceitáveis para crianças e adultos:**

Vause (2008), especialista em dificuldades auditivas em crianças, traz que a exposição a volumes altos pode ser "tóxica", causando perda temporária ou permanente de audição, através da destruição de pequenas células capilares no ouvido interno. O ser humano é incapaz de exercitar ou acostumar os ouvidos, mesmo com exposição freqüentes. Exposições a volumes acima de 120 decibéis podem causar risco de perda de audição imediatamente; acima de 110 decibéis, o risco aparece a partir de 1 minuto; a partir de 90 decibéis, o risco aparece se a exposição for acima de duas horas. O Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional (apud DAWSON, 2007) sugere um limite de 85 decibéis para um limite de até 8 horas, para adulto. Além disso, os principais riscos, especialmente para crianças, advém da exposição longa e rotineira. Frente a esses dados, e à noção de que não se espera que a criança pratique o instrumento por mais do que três horas por dia, o limite de 85 decibéis para no máximo três horas de exposição foi traçado como requisito de projeto.

**Não demandar esforço maior do que o suportável por uma criança de 5 anos:**

como é inviável determinar, a essa altura do projeto, quais músculos serão mais utilizados, e como serão utilizados, pela criança na operação do instrumento, aponta-se então a necessidade de o instrumento poder ser escorado em um suporte tanto durante quanto após a operação.

**Ser pequeno o suficiente para que possa ser carregado por, pelo menos, uma**

**criança de 5 anos:** no lugar de tentar identificar o tamanho máximo de um objeto que uma criança pode segurar por volume ou dimensão máximos — o que seria, possivelmente, inviável, já que consegue, por exemplo, segurar uma barra maior do que o seu próprio tamanho, se for suficientemente fina ou leve, ou arrastar um

tapete —, optou-se aqui por identificar o sistema através da qual a criança viria de fato a carregar o instrumento na maioria dos casos. Como este é um instrumento portátil, cujo uso não está restrito ao âmbito doméstico, é grande a probabilidade de que a criança o carregue na mochila, já que este é o principal compartimento que usa no transporte de outros objetos no dia-a-dia. Portanto, foram determinadas as dimensões máximas de 40 x 20 x 20 cm frente ao tamanho de uma mochila infantil tradicional.

**Ter aparência agradável a uma criança de 5-9 anos:** de acordo com Therrel (2002), crianças a partir dos quatro anos já começam a ter interesse em brinquedos menos coloridos do que costumavam anteriormente, quando tinham forte preferências por cores primárias; durante a transição há a descoberta pelo gosto de cores pastéis. A partir dos seis, já se aceita toda a palheta de cores, e tem início a preferência por objetos com aparência realista (em oposição a objetos com aparência infantil) e a estéticas representadas na mídia. Assim, adota-se como requisito de projeto a utilização de linguagem estética jovem (a qual os painéis de estilo, a serem desenvolvidos posteriormente neste trabalho, ajudarão a definir), e a liberdade na utilização da palheta de cores — feita exceção às cores tipicamente associadas a crianças muito jovens, que o público-alvo já começa a recusar.

**Ter dimensões gerais e distâncias entre os mecanismos de interação compatíveis com crianças de 5-9 anos:** deve fazer uso de referências antropométricas de crianças desta faixa durante a atividade projetiva; como não se pode determinar agora como será operado o instrumento (com a boca, os pés, as mãos, etc.), o número de variáveis que deve ser considerado torna-se impraticável. Determina-se como requisito de projeto a utilização da criança média de 5 anos do 10º percentil e da de 9 anos do 90º percentil como parâmetros antropométricos.

**Ter peso passível de ser carregado por, pelo menos, uma criança de 5 anos:** é consenso que 10% do peso do corpo de uma criança é um parâmetro aceitável para o peso de uma mochila (FORJOUH et al, 2004). Com isso, e frente à percepção de que o instrumento deve poder ser carregado em uma mochila, convém obter uma estimativa do peso da menor criança média (considerados os percentis de tolerância) da faixa estudada; ou seja, de meninas de 5 anos do 10º percentil. Com base em dados norte-americanos de 1999-2002 (MCDOWELL et al, 2005), o peso

médio do usuário de referência é 36,6 libras, ou 16,6 kg, e peso máximo da carga, portanto, 1,66 kg; com isso, assume-se um peso máximo para o produto de 1,5 kg.

**Ter tamanho grande o suficiente para que não possa ser ingerido:** de acordo com Rani e Lueder (2008b), uma boa recomendação é testar se o produto cabe em um círculo de 3,2 cm de diâmetro (para crianças menores de 4 anos, mas não há recomendações para crianças mais velhas). A legislação norte-americana de segurança do consumidor 16 CFR Part 1117 (1994) sugere dimensões parecidas para crianças em geral, e traz 4,445 cm para o tamanho mínimo de uma esfera (ou similar) solto em um produto destinado a crianças. Sendo assim, estipula-se, com margem de segurança, que o produto seja maior ou igual a 5 cm em pelo menos duas dimensões, e não caiba em um círculo de 5 cm ou menos.

O Quadro 5 apresenta os requisitos de projeto revisados.

Requisitos de projeto iniciais	Requisitos de projeto revisados
Apresentar informações de uso e segurança de maneira gráfica (e não apenas escrita)	Apresentar informações de uso e segurança de maneira gráfica (e não apenas escrita)
Desencorajar utilização errada	Desencorajar utilização errada através de avisos sonoros e/ou visuais
Dispor de dispositivos de segurança	Dispor de dispositivos de segurança
Dispor de dispositivos/informações que auxiliam na transmissão de noções musicais corretas	Dispor de auxílios visuais/gráficos e sonoros que transmitam noções musicais
Limitar o volume sonoro produzido a níveis aceitáveis para crianças e adultos	Limitar o volume sonoro a 85 decibéis
<b>Não</b> demandar esforço maior do que o suportável por uma criança de 5 anos	Deve poder ser utilizado com suporte
<b>Não</b> dispor de excessivos comandos ou mecanismos de interação	<b>Não</b> dispor de excessivos comandos ou mecanismos de interação
<b>Não</b> requerer atividades de preparação que demandem mais do que 5 minutos	<b>Não</b> requerer atividades de preparação que demandem mais do que 5 minutos
<b>Não</b> requerer componentes/consumíveis externos de difícil obtenção, instalação, descarte ou entendimento	<b>Não</b> requerer componentes/consumíveis externos de difícil obtenção, instalação, descarte ou entendimento
Oferecer versatilidade quanto ao som produzido	Oferecer versatilidade quanto ao som produzido
Ser pequeno o suficiente para que possa ser carregado por, pelo menos, uma criança de 5 anos	<b>Não</b> ter nenhuma dimensões gerais superiores a 40 x 20 x 20 cm.
Ter aparência agradável a uma criança de 5-9 anos	Utilizar cores de todo o espectro (à exceção de tons pastéis de cores primárias) e linguagem jovem
Ter dimensões gerais e distâncias entre os mecanismos de interação compatíveis com crianças de 5-9 anos	Ter as dimensões externas e internas compatíveis com a antropometria da criança de 5 anos do 10º percentil, e de 9 anos do 90º percentil, conforme dados de referência
Ter peso passível de ser carregado por, pelo menos, uma criança de 5 anos	<b>Não</b> pesar mais do que 1,5 kg

Ter tamanho grande o suficiente para que não possa ser ingerido	<b>Não</b> passar por um orifício de 5 cm de diâmetro
Ter utilização intuitiva	Ter utilização intuitiva

**Quadro 5: requisitos de projeto**

**Fonte: Autor**

### 3.8 AVALIAÇÃO COMPARATIVA DOS PRODUTOS DISPONÍVEIS

Platcheck (2005) traça uma metodologia para o desenvolvimento de projetos de produto com ênfase nos aspectos de ecodesign e, especialmente, com grande atenção para a análise de similares. Para este trabalho, serão utilizados os mecanismos e as etapas prescritas por Platcheck (2005) na avaliação do estado da arte. Segundo a autora, o objetivo da etapa é "preparar o campo de trabalho para poder, posteriormente, entrar na fase propriamente do Design, da projeção, do detalhamento de alternativas".

A primeira etapa prevê a realização de uma **análise histórica dos similares**, em que se observa como o produto evoluiu ao longo do tempo. Esta etapa foi abordada ao longo de toda a Fundamentação Teórica deste trabalho, em que se estudou a origem da música e dos instrumentos musicais. Aqui, portanto, será feita uma observação resumida da evolução histórica apenas dos instrumentos musicais selecionados para a Análise de Similares, que será incluída na próxima seção.

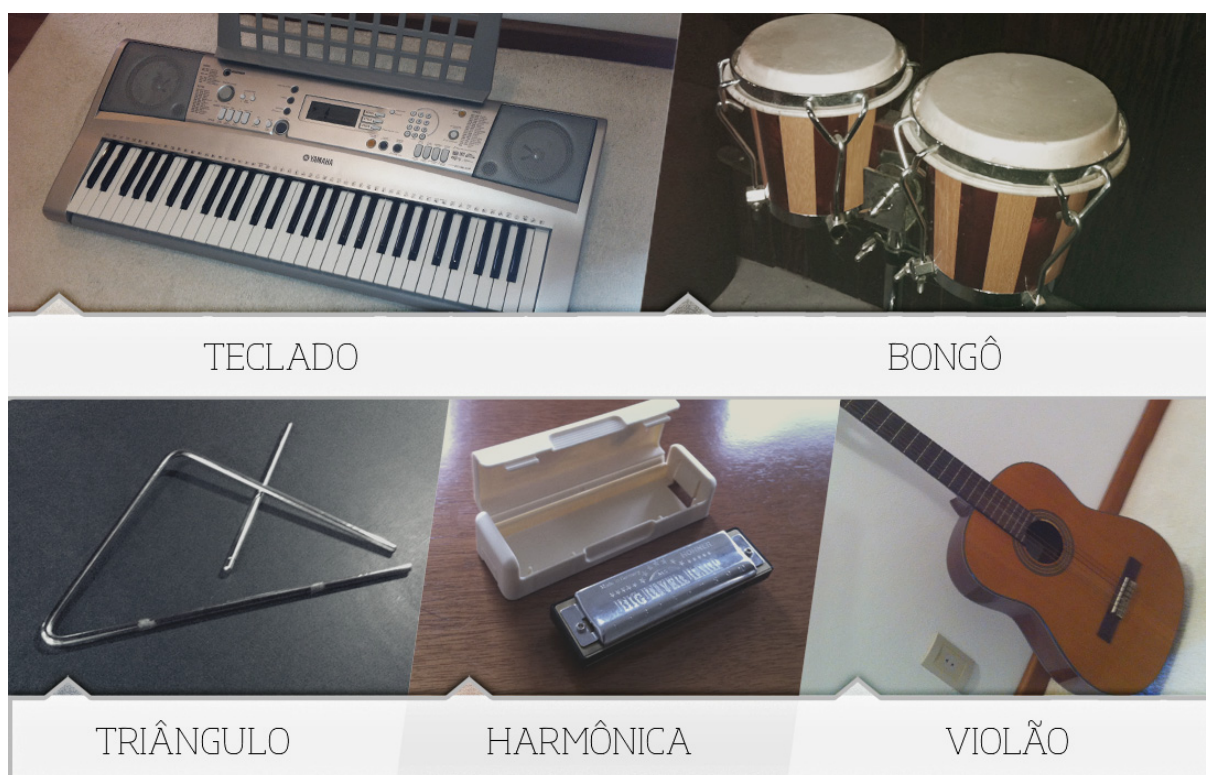
A segunda etapa da metodologia prevê a realização do Levantamento de Similares, em que é feita a seleção dos produtos. São realizados cinco tipos de análise, com o objetivo de "reconhecer o universo do produto em questão e evitar reinvenções." São eles: Análise Estrutural, em que se observam os componentes; Análise Funcional; Análise Ergonômica; Análise Morfológica; Análise de Mercado; e Análise Técnica. Cada análise é feita segundo critérios traçados pela autora. Por fim, é apresentada a conclusão geral da etapa de revisão do estado da arte.

#### 3.8.1 Levantamento de Similares

Para este projeto, optou-se por analisar instrumentos musicais de todas as categorias do sistema Hornbostel–Sachs, para que se pudesse ter uma noção mais

clara das diferenças entre cada uma. Além disso, foram escolhidos instrumentos de reconhecida popularidade, e que têm relevância e despertam interesse no público-alvo deste projeto.

Através de conversas com profissionais de educação musical, já apresentadas neste trabalho, foram definidos os seguintes instrumentos: triângulo musical (idiofone), bongô (membranofone), harmônica (aerofone), violão (cordofone), e teclado (eletrofone). A Figura 6 apresenta os cinco instrumentos analisados.



**Figura 6: Instrumentos musicais analisados**

**Fonte: autor**

Todos os instrumentos têm utilização recomendada, por motivos diferentes, para crianças do público-alvo definido, e dimensões adequadas. No caso do violão, havia a alternativa de analisar um instrumento semelhante, porém menor e mais simples: o *ukulele*. No entanto, sua escolha se justifica pela popularidade do instrumento junto ao público-alvo (já que é o mais procurado nas escolas de música visitadas). No caso do bongô, houve críticas a "instrumentos de percussão" em geral por parte de alguns entrevistados, devido ao esforço físico que demandam; entretanto, como o instrumento é também visto como de fácil utilização e bom para o aprendizado, foi incluído também nesta análise. Todos os instrumentos também são portáteis e

passíveis de serem carregados por crianças, dois requisitos claros desde o começo do projeto.

A análise foi feita segundo os critérios estabelecidos por Elizabeth Platcheck (2005) para cada etapa, e é trazida no Apêndice 5 em um quadro que organiza a apresentação da informação. Para cada instrumento analisado, é apresentado também um breve histórico.

Como fechamento do Levantamento de Similares, apresenta-se a conclusão dos dados levantados. Esta é a conclusão das pesquisas de estado da arte, e serve de base para a etapa projetiva.

### 3.8.2 Conclusão da Análise de Similares

Ao término da análise dos produtos, percebe-se as imensas diferenças que existem entre cada instrumento e entre cada *categoria* de instrumentos. Isso corrobora as informações obtidas na revisão bibliográfica e nas entrevistas com profissionais, em que se afirmou a dificuldade de avaliar comparativamente instrumentos de categorias diferentes. Como instrumentos diferentes são utilizados com *propósitos* diferentes, torna-se inviável julgá-los segundo um critério universal de o quão bem eles auxiliam o usuário na tarefa de fazer música. Assim, devem ser avaliados apenas isoladamente segundo suas próprias características acústicas e de construção.

Nesse sentido, a análise de similares realizada ofereceu um bom panorama de instrumentos populares e acessíveis de diferentes tipos. As observações feitas servem de referência para os desenvolvimentos subseqüentes deste projeto.

Interessante também para esta conclusão são os resultados numéricos obtidos quanto à avaliação de cada um dos similares segundo os critérios expostos na seção "Planejamento da Qualidade Desejada". Na Tabela 1, foi obtido o **peso** dos requisitos de projeto, utilizando o método de Akao (1990), citado por Back (2008); no entanto, pode-se utilizar a mesma tabela para derivar valores numéricos que sintetizam a avaliação de cada instrumento frente a esses requisitos de usuários, se for utilizado o peso para embasar uma média ponderada. Esse resultado pode ser visto na Tabela 3, a seguir.

**Tabela 3**  
**Avaliação dos similares frente aos requisitos do usuário**

Requisito do usuário	VC <sub>tri</sub>	VC <sub>tri</sub> pon- derado	VC <sub>bon</sub>	VC <sub>bon</sub> pon- derado	VC <sub>char</sub>	VC <sub>char</sub> pon- derado	VC <sub>vio</sub>	VC <sub>vio</sub> pon- derado	VC <sub>tec</sub>	VC <sub>tec</sub> pon- derado	pru <sub>i</sub>
Segurança	5.0	0.65	4.0	0.52	3.0	0.39	3.0	0.39	4.0	0.52	13.0%
Ergonomia	4.0	0.48	2.0	0.24	1.5	0.18	2.0	0.24	4.0	0.48	12.0%
Familiaridade	1.0	0.02	2.0	0.04	3.0	0.06	4.5	0.09	4.0	0.08	2.0%
Praticidade na preparação/instalação	5.0	0.44	4.5	0.40	5.0	0.44	4.0	0.35	3.5	0.31	8.8%
Portabilidade	5.0	0.50	3.0	0.30	5.0	0.50	3.5	0.35	3.5	0.35	9.9%
Simplicidade de operação	4.5	0.50	4.0	0.44	3.5	0.39	2.5	0.28	4.0	0.44	11.0%
Flexibilidade na operação	1.0	0.03	2.0	0.07	3.0	0.10	3.5	0.12	4.5	0.15	3.4%
Facilidade no aprendizado	3.0	0.35	2.5	0.29	2.5	0.29	2.0	0.23	2.5	0.29	11.7%
Capacidade educacional ampla	1.5	0.06	3.0	0.11	3.5	0.13	4.0	0.15	5.0	0.19	3.8%
Diversão/entretenimento	3.0	0.22	4.0	0.29	3.0	0.22	4.0	0.29	4.0	0.29	7.2%
Limitação do volume emitido	3.0	0.13	4.0	0.17	4.0	0.17	4.0	0.17	5.0	0.22	4.3%
Baixa demanda de esforço físico	4.0	0.51	2.5	0.32	3.0	0.38	3.5	0.45	4.5	0.58	12.8%
<i>Média ponderada</i>		3.88		3.19		3.25		3.11		3.89	

Fonte: Autor

Os resultados numéricos condizem com as constatações traçadas ao longo dessa análise de similares, mas não devem servir de base para desenvolvimentos futuros por si só. Como se vê, o teclado eletrônico teve os melhores resultados, seguido do triângulo musical, com escores de 3,89 e 3,88 respectivamente (de possíveis 5 pontos). Depois deles, vêm, bem atrás, na ordem, a harmônica, o bongô e o violão.

### 3.9 PRIORIZAÇÃO DOS REQUISITOS DE PROJETO

A partir da definição dos requisitos, é importante definir agora a prioridade de cada um deles. Isso é relevante já que muitas ações podem atender a um requisito e prejudicar um segundo, ou dois requisitos podem ser inevitavelmente contraditórios. Para fazer essa priorização, começa-se pela realização da parte central da casa da qualidade (ou matriz de relacionamentos, conforme Hauser e Clausing, 1988, apud

Back, 2008) do QFD, em que o cruzamento de linhas e colunas é observado como um relacionamento entre requisitos de projeto e usuário.

A avaliação do relacionamento entre os requisitos pode ser feita de maneira quantitativa ou qualitativa. Em análises qualitativas, os valores são expressos por meio de adjetivos ou qualidades que exprimem como e quanto um atributo é melhor do que outro. Neste projeto, será feita uma avaliação quantitativa, em que o valor zero será dado caso um requisito de projeto não se relacione de maneira apreciável com o requisito do usuário; em relacionamentos fracos, o valor oscila em torno de 1; em requisitos fortemente relacionados, atinge o máximo de 5 pontos. Essa atribuição de valores é feita por consenso entre a equipe de projeto.

De acordo com Hauser e Clausing (1988, apud Back, 2008), o resultado dessa análise pode indicar: que caso um requisito de projeto não afete nenhum requisito de usuário, este é um parâmetro desnecessário; a **importância** de cada um dos requisitos de projeto, pela simples soma dos valores dos relacionamentos; a **prioridade** de cada requisito de projeto, a partir da soma, para todos os requisitos de usuário, da multiplicação entre o valor de relacionamento e o peso percentual do requisito do usuário. A Tabela 4 a seguir apresenta esses cálculos e valores.



**Tabela 4**  
**Priorização dos requisitos de projeto frente aos do usuário**

Requisitos dos usuários	Peso de importância percentual do requisito do usuário ↓	Requisitos do projeto															
		Apresentar informações de uso e segurança de maneira gráfica (e não apenas escrita)	Desencorajar utilização errada através de avisos sonoros e/ou visuais	Disponer de dispositivos de segurança	Disponer de auxílios visuais/gráficos e sonoros que transmitam noções musicais	Limitar o volume sonoro a 85 decibéis	Deve poder ser utilizado com suporte	Não dispor de excessivos comandos ou mecanismos de interação	Não requerer atividades de preparação que demandem mais do que 5 minutos	Não requerer componentes/consumíveis externos de difícil obtenção, instalação, descarte ou entendimento	Oferecer versatilidade quanto ao som produzido	Não ter nenhuma dimensões gerais superiores a 40 x 20 x 20 cm.	Utilizar cores de todo o espectro (à exceção de tons pastéis de cores primárias) e linguagem jovem	Ter as dimensões externas e internas compatíveis com as da criança de 5 anos do 10º percentil, e de 9 anos do 90º percentil, conforme dados de referência	Não pesar mais do que 1,5 kg	Não passar por um orifício de 5 cm de diâmetro	Ter utilização intuitiva
Segurança	13.0%	5	5	5	1	3	5	1	1	1	0	3	1	3	3	5	3
Ergonomia	12.0%	3	3	5	3	1	5	3	5	0	0	5	3	5	5	1	3
Familiaridade	2.0%	0	0	0	3	0	0	1	0	3	1	1	5	3	1	0	5
Praticidade na preparação/instalação	8.8%	5	3	1	1	0	1	1	5	1	0	3	1	3	5	0	3
Portabilidade	9.9%	1	1	1	0	0	1	1	5	3	0	5	0	1	5	1	1
Simplicidade de operação	11.0%	3	5	0	5	0	3	5	5	5	1	1	1	5	3	0	5
Flexibilidade na operação	3.4%	1	1	3	3	0	3	0	1	3	5	3	0	5	3	0	3
Facilidade no aprendizado	11.7%	5	5	1	5	0	3	5	3	1	1	1	3	5	3	0	5
Capacidade educacional ampla	3.8%	5	3	1	5	0	0	0	1	1	5	1	1	5	1	0	5
Diversão/entretenimento	7.2%	3	1	1	5	3	3	3	3	1	5	0	5	3	0	1	3
Limitação do volume emitido	4.3%	0	0	5	0	5	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Baixa demanda de esforço físico	12.8%	3	3	1	0	0	5	0	1	1	0	5	0	3	5	0	1
<b>Importância dos requisitos do projeto</b>	↑	34	30	24	31	12	29	20	30	20	21	28	20	41	34	8	37
<b>Prioridade dos requisitos do projeto</b>	↑	3.3	3.1	2.1	2.4	0.9	3.1	2.0	3.0	1.6	1.1	2.8	1.5	3.5	3.4	0.9	3.0

Fonte: Autor

### 3.10 ANÁLISE DO RELACIONAMENTO ENTRE REQUISITOS DE PROJETO

A análise dos requisitos de projeto tem o objetivo de identificar o relacionamento entre cada característica de engenharia e seus parâmetros. Aqui se observa o quanto a alteração de um determinado requisito influenciará outro, positiva ou negativamente.

Back (2008) sugere uma escala em que relacionamentos podem ser fortemente positivos (quando se faz uma alteração que impacta positivamente um requisito A, o requisito B também será atendido), medianamente positivo, "em branco" (quando não há efeitos mútuos entre os requisitos), medianamente negativos e fortemente negativos (em que a adoção de medidas que beneficiem um requisito levará a pioras quanto a um segundo requisito). O objetivo final dessa análise é que sirva de parâmetro futuramente no momento de projeto, em que se verifica as implicações de modificar um atributo do projeto.

Para este trabalho, são utilizados os símbolos ++, +, ., -, e — para designar os relacionamentos, de fortemente positivo a fortemente negativo. Os resultados são apresentados na Tabela 5, a seguir. As cores nas colunas têm o intuito de facilitar a leitura, que deve se dar da seguinte forma: encontrando a coluna relativa ao requisito que se quer analisar, deve-se procurar a linha que conecta esse requisito ao um segundo, e assim observar como foi avaliado o relacionamento entre ambos.

Para computar a importância dos requisitos de projeto, o autor sugere dois métodos. São eles: a ordenação simplificada, em que se faz a soma dos valores numéricos dos relacionamentos entre requisitos de projeto e requisitos de usuário, dentro da coluna daquele requisito de projeto; e a classificação dos requisitos, em que se faz a soma dos valores numéricos dos relacionamentos entre requisitos de projeto e requisitos de usuário multiplicada pela importância de cada requisito do usuário. Ambos os grupos de valores já foram calculados na etapa anterior (Tabela 4), sob os nomes de "Importância dos requisitos do projeto" e "Prioridade dos requisitos do projeto", respectivamente. Resta agora apresentar esses valores ordenados; isso é feito a seguir (Quadro 6 e Quadro 7).

**Tabela 5**  
**Priorização dos requisitos de projeto**

16	++	++	++	++	.	-	++	++	++	-	.	+	.	.	++	Ter utilização intuitiva
15	.	.	++	.	.	+	.	.	.	-	++	.	+	-	++	Não passar por um orifício de 5 cm de diâmetro
14	.	.	+	.	.	-	.	.	.	-	++	.	+	++	Não pesar mais do que 1,5 kg	
13	.	.	+	.	.	.	.	.	.	-	++	.	++		Ter as dimensões externas e internas compatíveis com as da criança de 5 anos [...]	
12	+	.	.	++	.	.	.	.	.	.	.	++			Utilizar cores de todo o espectro (exceção: tons pastéis de cores primárias) e linguagem jovem	
11	.	.	.	.	.	-	.	.	.	-	++				Não ter dimensões gerais superiores a 40 x 20 x 20 cm.	
10	.	.	.	++	-	-	-	.	.	++					Oferecer versatilidade quanto ao som produzido	
9	.	+	+	.	.	.	+	++	++						Não requerer componentes/consumíveis externos de difícil obtenção, instalação, etc.	
8	++	.	++	+	.	-	+	++							Não requerer atividades de preparação que demandem mais do que 5 minutos	
7	+	.	++	.	.	.	++								Não dispor de excessivos comandos ou mecanismos de interação	
6	+	+	++	.	.	++									Deve poder ser utilizado com suporte	
5	.	.	++	.	++										Limitar o volume sonoro a 85 decibéis	
4	++	++	++	++											Dispor de auxílios visuais/gráficos e sonoros que transmitam noções musicais	
3	++	++	++												Dispor de dispositivos de segurança	
2	++	++													Desencorajar utilização errada através de avisos sonoros e/ou visuais	
1	++														Apresentar informações de uso e segurança de maneira gráfica (e não apenas escrita)	
	<b>Requisitos do projeto</b>															
	Apresentar informações de uso e segurança de maneira gráfica (e não apenas escrita)															
	Desencorajar utilização errada através de avisos sonoros e/ou visuais															
	Dispor de dispositivos de segurança															
	Dispor de auxílios visuais/gráficos e sonoros que transmitam noções musicais															
	Limitar o volume sonoro a 85 decibéis															
	Deve poder ser utilizado com suporte															
	Não dispor de excessivos comandos ou mecanismos de interação															
	Não requerer atividades de preparação que demandem mais do que 5 minutos															
	Não requerer componentes/consumíveis externos de difícil obtenção, instalação, descarte ou entendimento															
	Oferecer versatilidade quanto ao som produzido															
	Não ter dimensões gerais superiores a 40 x 20 x 20 cm.															
	Utilizar cores de todo o espectro (à exceção de tons pastéis de cores primárias) e linguagem jovem															
	Ter as dimensões externas e internas compatíveis com as da criança de 5 anos [...]															
	Não pesar mais do que 1,5 kg															
	Não passar por um orifício de 5 cm de diâmetro															
	Ter utilização intuitiva															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

Fonte: Autor

<b>Importância dos requisitos de projeto</b>	
Soma dos valores numéricos que o requisito obteve frente aos requisitos de usuários	
Ter as dimensões externas e internas compatíveis com as da criança de 5 anos do 10º percentil, e de 9 anos do 90º percentil, conforme dados de referência	41
Ter utilização intuitiva	37
Apresentar informações de uso e segurança de maneira gráfica (e não apenas escrita)	34
<b>Não</b> pesar mais do que 1,5 kg	34
Disponer de auxílios visuais/gráficos e sonoros que transmitam noções musicais	31
Desencorajar utilização errada através de avisos sonoros e/ou visuais	30
<b>Não</b> requerer atividades de preparação que demandem mais do que 5 minutos	30
Deve poder ser utilizado com suporte	29
<b>Não</b> ter dimensões gerais superiores a 40 x 20 x 20 cm.	28
Disponer de dispositivos de segurança	24
Oferecer versatilidade quanto ao som produzido	21
<b>Não</b> dispor de excessivos comandos ou mecanismos de interação	20
<b>Não</b> requerer componentes/consumíveis externos de difícil obtenção, instalação, descarte ou entendimento	20
Utilizar cores de todo o espectro (à exceção de tons pastéis de cores primárias) e linguagem jovem	20
Limitar o volume sonoro a 85 decibéis	12
<b>Não</b> passar por um orifício de 5 cm de diâmetro	8

**Quadro 6: importância dos requisitos de projeto**

Fonte: Autor

<b>Prioridade dos requisitos de projeto</b>	
Soma dos valores numéricos que o requisito obteve frente aos requisitos de usuários multiplicados pelo valor de importância de cada requisito do usuário.	
Ter as dimensões externas e internas compatíveis com as da criança de 5 anos do 10º percentil, e de 9 anos do 90º percentil, conforme dados de referência	<b>3.5</b>
<b>Não</b> pesar mais do que 1,5 kg	<b>3.4</b>
Apresentar informações de uso e segurança de maneira gráfica (e não apenas escrita)	<b>3.3</b>
Desencorajar utilização errada através de avisos sonoros e/ou visuais	<b>3.1</b>
Deve poder ser utilizado com suporte	<b>3.1</b>
<b>Não</b> requerer atividades de preparação que demandem mais do que 5 minutos	<b>3</b>
Ter utilização intuitiva	<b>3</b>
<b>Não</b> ter dimensões gerais superiores a 40 x 20 x 20 cm.	<b>2.8</b>
Disponer de auxílios visuais/gráficos e sonoros que transmitam noções musicais	<b>2.4</b>
Disponer de dispositivos de segurança	<b>2.1</b>
<b>Não</b> dispor de excessivos comandos ou mecanismos de interação	<b>2</b>

<b>Não</b> requerer componentes/consumíveis externos de difícil obtenção, instalação, descarte ou entendimento	<b>1.6</b>
Utilizar cores de todo o espectro (à exceção de tons pastéis de cores primárias) e linguagem jovem	<b>1.5</b>
Oferecer versatilidade quanto ao som produzido	<b>1.1</b>
Limitar o volume sonoro a 85 decibéis	<b>0.9</b>
<b>Não</b> passar por um orifício de 5 cm de diâmetro	<b>0.9</b>

**Quadro 7: prioridade dos requisitos de projeto**

Fonte: Autor

### 3.11 CONVERSÃO DOS REQUISITOS EM ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO

De acordo com Back (2008), os requisitos de projeto devem ser convertidos em especificações de projeto, e redigidos de maneira mais completa e compreensível. Além disso, devem ser propostos meios e métodos que permitam a validação das soluções propostas para cada um dos requisitos ao longo do projeto, e os possíveis riscos que podem advir da busca de soluções para uma determinada especificação.

Nesta etapa, deve-se questionar novamente se um requisito é realmente necessário e se a sua não-inclusão teria impactos perceptíveis. Back (2008) sugere que sejam determinados um mecanismo de avaliação e um critério para cada requisito. Caso não haja viabilidade técnica, orçamentária ou, por qualquer outra razão, observe-se que o requisito não poderá ser satisfeito da maneira pretendida, este deve ser cortado no momento das especificações de projeto. O mesmo deve ser feito caso seja impossível de determinar um mecanismo através do qual o requisito possa ser verificado (seja ele análise, teste, exame ou demonstração).

Back (2008) recomenda que as especificações sejam escritas como respostas a “o que fazer”, e não “como fazer”; também recomenda que não sejam descritas operações do produto. Além disso, sugere que, dentro do possível, sejam utilizados termos positivos na redação, e que não haja redundância entre especificações. Também se sugere que as especificações sejam curtas, e que se evite as conjunções “e” e “ou” (dividindo assim, se preciso, os requisitos em mais de uma especificação). Por fim, todas as especificações devem ainda ser passíveis de priorização.

A seguir, então, no Quadro 8, são apresentadas as especificações do projeto, convertidas a partir dos requisitos conforme ordenados na seção anterior, pela "prioridade dos requisitos de projeto".

Conversão dos requisitos de projeto em especificações de projeto				
Requisitos	Classificação	Descrição da especificação	Modo de Verificação	Possíveis Riscos
Ter as dimensões externas e internas compatíveis com as da criança de 5 anos do 10º percentil, e de 9 anos do 90º percentil, conforme dados de referência	1º	Ter dimensões ergonômicas dos componentes internos	Medição e comparação das dimensões da solução com as de referência	Não há
<b>Não</b> pesar mais do que 1,5 kg	2º	Pesar até 1,5 kg	Pesar o produto	Restrição quanto a tecnologias possíveis; possível aumento no custo de produção
Apresentar informações de uso e segurança de maneira gráfica (e não apenas escrita)	3º	Apresentar no produto informações de uso de maneira pictórica	Análise visual	Não há
	4º	Apresentar no produto informações de uso sob a forma de texto	Análise visual	Não há
Desencorajar utilização errada através de avisos sonoros e/ou visuais	5º	Dispor de dispositivo sonoro/visual que alerte utilização equivocada	Análise de uso	Possível complicação dos componentes internos; aumento no custo de produção
Deve poder ser utilizado com suporte	6º	Dispor de suporte	Análise de uso	Limitação na flexibilidade de uso; prejudicar a portabilidade
<b>Não</b> requerer atividades de preparação que demandem mais do que 5 minutos	7º	Requerer até 5 minutos para instalação	Teste prático com usuários	Restrição quanto a tecnologias possíveis
Ter utilização intuitiva	8º	Dispor de controles intuitivos	Teste prático com usuários	Possível complicação dos componentes internos; aumento no custo de produção
<b>Não</b> ter dimensões gerais superiores a 40 x 20 x 20 cm	9º	Ter dimensões máximas de 40 x 20 x 20 cm	Medição do produto	Restrição quanto a tecnologias possíveis
Dispor de auxílios visuais/gráficos e sonoros que transmitam noções musicais	10º	Ter valor pedagógico para a música	Análise de uso	Possível complicação dos componentes internos; aumento no custo de produção
Dispor de dispositivos de segurança	11º	Dispor de mecanismos de travamento	Análise de uso	Limitação na flexibilidade de uso
	12º	Dispor de manual de uso	Análise visual	Possível aumento no custo de produção
<b>Não</b> dispor de excessivos comandos ou mecanismos de interação	-	-	Inviável quanto à verificação	-
<b>Não</b> requerer componentes/consumíveis externos de difícil obtenção, instalação, descarte ou entendimento	13º	Conter todos os componentes físicos necessários à utilização	Análise visual	Possível aumento no custo de produção
	14º	Demandar apenas energia elétrica de recursos consumíveis	Análise de uso	Reduzir a flexibilidade quanto às fontes de energia
	15º	Poder ser utilizado por até três horas sem acesso a energia elétrica	Análise de uso	Possível aumento no custo de produção

Utilizar cores de todo o espectro (à exceção de tons pastéis de cores primárias) e linguagem jovem	16º	Utilizar cores que não sejam tons pastéis de cores primárias	Análise visual	Não há
	17º	Ter aparência compatível com a de instrumentos musicais populares junto ao público	Análise visual	Limitação das possibilidades formais
Oferecer versatilidade quanto ao som produzido	18º	Ser capaz de emitir sons de timbres e tonalidades diferentes	Análise de uso	Restrição quanto a tecnologias possíveis; possível complicação do produto
Limitar o volume sonoro a 85 decibéis	19º	Emitir sons até 85 decibéis	Medição do volume emitido	Inviabilização de utilização para grandes públicos sem amplificação
<b>Não</b> passar por um orifício de 5 cm de diâmetro	20º	Ter seção mínima maior do que um círculo de 5 cm de diâmetro.	Medição do produto	Prejudicar a portabilidade

**Quadro 8: especificações de projeto**

Fonte: Autor

### 3.12 CONCEITO DO PRODUTO

Uma vez definidas as especificações do projeto, pode-se partir para a definição do conceito ou idéia do produto, que representa a síntese das características que o produto deve possuir. Esta pode ser representada por meio de descrições das características necessárias e/ou de seus princípios de funcionamento, de forma textual ou gráfica.

A idéia do produto consiste de informações técnicas e de mercado, e pode ser dividida em perspectivas comercial e tecnológica. A perspectiva comercial estimula o processo de inovação, usualmente na forma de necessidades e requisitos identificados, como foi feito até então neste projeto; a perspectiva tecnológica impulsiona o processo de inovação pelas tecnologias disponíveis, obsolescência tecnológica dos produtos atuais ou produtos concorrentes inovadores.

Frente a isso, parte-se para a determinação do conceito do produto através da avaliação de produtos existentes e identificação de tecnologias relevantes aos requisitos traçados. Para tanto, será utilizada uma matriz de avaliação em que diferentes características de instrumentos serão analisadas frente aos requisitos de projeto traçados. O recurso de utilizar uma matriz de avaliação é freqüente em atividades de projeto, e é indicado por Baxter (2000). Neste projeto, tem-se o intuito de fornecer uma indicação de que tipos de produtos e tecnologias já existentes que melhor se apresentam como alternativas de projeto.





Demandar apenas energia elétrica de recursos consumíveis	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Poder ser utilizado por até três horas sem acesso a energia elétrica	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Utilizar cores que não sejam tons pastéis de cores primárias	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ter aparência compatível com a de instrumentos musicais populares junto ao público	3	3	1	3	2	3	3	3	1
Ser capaz de emitir sons de timbres e tonalidades diferentes	1	2	1	1	1	3	1	1	1
Emitir sons até 85 decibéis	1	3	1	3	1	3	1	1	1
Ter seção mínima maior do que um círculo de 5 cm de diâmetro.	3	3	1	3	2	3	3	3	3
Total	47	55	45	48	48	61	50	46	55

**Fonte: autor**

Os totais obtidos apontam o teclado, a bateria eletrônica e o xilofone como os instrumentos que melhor se conformam às especificações do projeto; no entanto, como as especificações têm prioridades diferentes, mais importante do que observar os totais é analisar quais produtos melhor atendem cada um dos requisitos. Dessa experiência, pode-se obter noções de quais características de cada instrumento melhor satisfazem as especificações.

A começar pelas dimensões de e entre cada componente interno, tem-se a noção de que instrumentos como guitarra, violão e bateria dificilmente poderiam ter suas dimensões significativamente alteradas sem que perdessem as características que os definem; ao mesmo tempo, estes são os instrumentos que mais necessitam de alterações no projeto caso devam ser utilizados por crianças. Baterias demandam grande esforço físico de crianças de 5-9 anos, e violões e guitarras são grandes e requerem mãos e dedos grandes e flexíveis. Por outro lado, os demais instrumentos são naturalmente pequenos ou podem ser facilmente redimensionados (o que é o caso do xilofone e do teclado, que podem ter sua escala encurtada). O mesmo é verdade quanto ao peso máximo destes instrumentos, em que violões, guitarras e baterias têm piores resultados. Quanto a dimensões mínimas e à seção mínima (requisitos de baixa prioridade), os instrumentos que pior se adequam são a flauta e a harmônica, que precisam ser finos devido aos sistema de funcionamento.

No que diz respeito aos aspectos visuais e cognitivos, todos os instrumentos podem, teoricamente, apresentar as cores ou o estilo sugeridos. Alguns instrumentos já têm caracterização tipicamente jovem, já que são amplamente utilizados pelos ídolos das crianças dessa faixa e/ou expostos na televisão; este é o caso de guitarra, violão, bateria e, até certo ponto, teclado, que apresentam grande procura em escolas de

música; os demais instrumentos são menos conhecidos ou populares entre o público. Quanto aos aspectos gráficos, instrumentos cuja utilização se dá em frente ao usuário, como teclado, xilofone, bateria eletrônica e bateria, possibilitam a inclusão de informações e sinais visuais *no próprio corpo do instrumento*. Isso representa também uma grande vantagem quanto ao potencial educacional dos instrumentos, já que se pode passar informações ao usuário de maneira visual ou sonora simultaneamente à operação do instrumento, por haver a garantia de que o instrumento está inteiramente no campo de visão. O mesmo não é verdade de flautas e harmônicas (que são pequenos, encobertos pelas mãos e fogem ao campo de visão) e violões, guitarras e ukuleles, cujo uso se dá mais próximo ao corpo.

Para esses instrumentos (com utilização frontal), é mais viável que haja um dispositivo sonoro/visual que alerte utilização equivocada; é também possível fazer uso de mais recursos tecnológicos, que garantem não só a versatilidade do instrumento mas também auxiliam no seu potencial pedagógico. Com o uso de componentes eletrônicos, é mais viável também automatizar algumas operações e garantir que o produto disponha de controles intuitivos. Como aspecto negativo, há a necessidade de carregar previamente ou conectar estes instrumentos a fontes de energia.

Nos aspectos de uso, teclado e xilofone têm algumas características positivas frente aos demais instrumentos. As escalas de notas nesses instrumentos estão evidenciadas e organizadas devido à própria maneira como são operados (em oposição a um violão ou guitarra, em que não é imediatamente óbvio como cada casa de diferentes cordas se relaciona com outra), e são lineares. Além disso, uma vez instalado o instrumento, uma nota pode ser emitida em um teclado ou xilofone através de apenas *uma* operação; em uma flauta, é preciso determinar a nota e emití-la em outra operação – o mesmo é verdade para harmônicas, violão, guitarra e ukulele, e baterias não permitem controle de tonalidade durante a operação. Teclados, violões e guitarras usualmente têm ainda escalas mais longas, e permitem a realização de mais notas.

Frente a essas observações, tem-se a noção de que **um instrumento similar ao teclado eletrônico traz o maior número de qualidades adequadas a um projeto deste tipo**. Além de ter obtido a maior pontuação na matriz de avaliação, o teclado

teve excelentes resultados nas especificações de maior prioridade, e apresenta potencial para que possa ser adequado às demais especificações. Os seguintes atributos de um teclado são especialmente relevantes a este projeto:

- a) as dimensões gerais e a possibilidade de reduzi-las;
- b) a operação do produto em frente ao usuário;
- c) a variedade de sons possíveis;
- d) a possibilidade de controlar que nota e que volume máximo podem ser emitidos a cada instante;
- e) o reconhecido potencial didático/educacional;
- f) a utilização de componentes eletrônicos;
- g) a linearidade da escala de notas evidenciada pela própria construção do instrumento;
- h) e a possibilidade de emitir sons de tonalidades específicas através da operação de apenas um "controle" a cada instante;

Desta forma, fica definido que o conceito / idéia deste projeto está atrelado à **construção de um instrumento similar a um teclado eletrônico, com as características supracitadas**, e atento às especificações de projeto já traçadas (Quadro 8).

### **3.12.1 Estilo do produto**

Segundo Baxter (2000), deve-se pensar no *estilo* do produto após definir suas características funcionais. Para o planejamento do estilo, deve-se ter em mente as oportunidades e as restrições de cada projeto; em particular, determinados estilos podem ser inadequados a determinados mercados. Isso foi visto ao longo da fundamentação teórica, onde se observou, por exemplo, a evolução na preferência estética de crianças quanto a cores, através de seu desenvolvimento. Dentre os aspectos do estilo, o autor cita a semântica do produto e o simbolismo.

A **semântica do produto** diz respeito a ter uma aparência que é adequada à função que ele desempenha. Produtos que são duráveis devem ter aspecto robusto, e produtos engraçados ou divertidos devem ter aparência condizente.

O segundo aspecto citado por Baxter (2000) quanto ao estilo de um produto é o **simbólico**. De acordo com o autor, a decisão sobre qual produto comprar recai, no caso de dois produtos parecerem idênticos funcionalmente aos olhos do consumidor, ao seu simbolismo – a como ele consegue preencher as expectativas do consumidor. Exemplos de valores simbólicos são conceitos ecológicos, utilitários, ou status de riqueza.

Baxter (2000) sugere, no projeto de um produto, o desenvolvimento de painéis que retratem as emoções e sentimentos que um produto deve transmitir. Através de três etapas (cada qual com o seu painel), acontece um afinamento de conceitos amplos até formas específicas que possam ser produzidas. Os três painéis são desenvolvidos através da montagem de fotos e ilustrações que representem as propriedades pretendidas por cada um. São eles:

**Painel do estilo de vida:** deve-se retratar os diferentes valores e preferências dos diferentes usuários a que o produto se destina. Deve-se apresentar também outros produtos utilizados pelos usuários, e que se relacionam com o produto sendo desenvolvido. Nas palavras de Baxter (2000, p. 190), “procura-se traçar uma imagem do estilo de vida dos futuros consumidores do produto. Essas imagens devem refletir os valores pessoais e sociais, além de representar o tipo de vida desses consumidores”.

**Painel da expressão do produto:** Baxter (2000, p. 190) sintetiza esta etapa da seguinte forma: “a partir do painel do estilo de vida, procura-se identificar uma expressão para o produto. Essa expressão deve ser uma síntese do estilo de vida dos consumidores”. Deve ser um conceito, e representar, através de imagens, características como "jovial", "suave", "intenso", "brutal", etc. O estilo que advém deste painel deve ser o mesmo comunicado aos clientes e consumidores.

**Painel do tema visual:** o painel final apresenta imagens de produtos já-existentes cujo estilo se encaixa com o pretendido pelo produto. Estes produtos podem ser de outros segmentos ou categorias. De acordo com Baxter (2000, p. 191) , “esses estilos representam uma rica fonte de formas visuais e servem de inspiração para o novo produto. Eles podem ser adaptados, combinados ou refinados para o desenvolvimento do estilo do novo produto”.

Recapitulando as especificações deste projeto, tem-se que este é um produto similar a um teclado musical, destinado a crianças de 5 a 9 anos de todas as classes socioeconômicas (uma vez que um produto educativo não deve fazer restrições dessa natureza, e partindo da noção de que o custo deve ser entendido como um investimento a longo prazo, na educação), e que se apresenta como um incursor no aprendizado da música, de conceitos musicais e de instrumentos tradicionais, no futuro; além disso, é um produto portátil, a ser utilizado predominantemente em âmbito doméstico. A seguir, são apresentados os três painéis desenvolvidos para este produto (Figura 7, Figura 8 e Figura 9).







Figura 8: painel da expressão do produto

Fonte: autor





**Figura 9: painel do tema visual**

Fonte: autor

A partir do desenvolvimento destes painéis, é possível partir para o desenvolvimento de alternativas conceituais para o produto. Agora, já se tem as principais linhas de expressão visual delimitadas pelas referências de outros produtos e pela noção dos sentimentos e emoções que o próprio produto deve representar. Os painéis semânticos desenvolvidos servem, portanto, tanto como inspiração inicial para o desenho quanto como parâmetro para avaliar a linguagem do produto ao longo de seu desenvolvimento.



## 4. PROJETO CONCEITUAL

### 4.1 GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS

A partir da definição, nas etapas precedentes, das necessidades e requisitos do usuário, dos requisitos e especificações de projeto, bem como a determinação do conceito do produto, é possível agora partir para a etapa de geração de alternativas.

O método escolhido é a geração livre de propostas que atendam às especificações traçadas; as alternativas são representadas através de esboços e breve explicação textual, e descrevem principalmente os conceitos de funcionamento e operação pretendidos (deixando-se de lado, em primeira instância, aspectos técnicos de projeto). Uma vez desenvolvidas, as alternativas são avaliadas segundo critérios estabelecidos pelo designer. Nesse processo, as alternativas melhor avaliadas são analisadas mais a fundo, e etapas subseqüentes de ideação (e novas avaliações) podem se suceder a partir destes conceitos. Ao término dessas etapas, parte-se para o desenvolvimento extensivo da alternativa escolhida.

Para avaliação das alternativas, optou-se pela utilização de matriz de avaliação. A técnica é indicada por Baxter (2007) para esse tipo de análise e seleção. A matriz utilizada leva em conta as especificações de projeto; nela, é sinalizado se cada uma delas é ou pode ser potencialmente atendida pela alternativa (em uma avaliação qualitativa que vai de 0 a 2). Ao término da avaliação, são somados os escores, e é obtido um valor percentual que indica o quão próxima de uma solução completa a alternativa está; a este valor, foi dado o nome de 'grau de conformidade às especificações'.

Além disso, são considerados os requisitos do usuário. Para cada requisito, é dado um escore qualitativo (de 0 a 10) que determina o quão bem foi atendido pela alternativa. Estes valores são ponderados frente aos pesos de cada requisito (já determinados na etapa de Especificações de Projeto), resultando no que foi chamado de 'grau de satisfação dos requisitos'.

Na próxima seção, são apresentadas as alternativas desenvolvidas na primeira etapa de geração de alternativas. Posteriormente, é apresentada a matriz de avaliação para as mesmas.

## 4.1.1 Primeira etapa de geração de alternativas

### 4.1.1.1 Teclas em módulos por nota



**Figura 10: Alternativa: Teclas em módulos por nota**

**Fonte: Autor (2011)**

Com o intuito de desconstruir um teclado musical convencional, pensou-se em teclas modulares e destacáveis (Figura 10, acima). Cada tecla teria uma nota (altura) determinada e fixa, denotada por uma cor característica e por marcações escritas na superfície. Para tocar o instrumento, deve-se pressionar as teclas; variações na força resultam em variações na intensidade, e manter a tecla pressionada aumenta a duração do som sendo emitido por aquela tecla.

Cada tecla permite o encaixe em outras teclas, resultando em conexões que representam melodias ou fragmentos de melodias. Caso as teclas estejam encaixadas, o toque em uma das teclas faz com que as demais sejam tocadas, seqüencialmente, a partir desta. Isso permite que o usuário monte melodias

específicas, e as execute com apenas um toque, o que simplifica a operação e abre possibilidades interessantes de aprendizado. Caso as teclas não estejam conectadas, apertar uma tecla faz com que apenas o som dela própria seja emitido.

As teclas têm formato de seção angular de um círculo, o que faz com que possam ser conectadas em um *'looping'*. Formado um círculo completo, ou outra figura fechada, e sendo apertada uma das teclas, as notas irão soar até que o som seja interrompido (através de novo toque na nota original, ou desconexão das teclas).

A alternativa apresenta boas oportunidades de aprendizado, já que oferece grande flexibilidade em termos de construção de músicas e de abstração dos mecanismos tradicionais de instrumentos, ao mesmo tempo em que pode ter a operação no momento da execução da música fortemente simplificada (pode consistir de apenas um toque). Ao mesmo tempo, agrega o conceito de linha do tempo ao instrumento, o que caracteriza forte inovação e representa um atributo fundamental da música.

Como ponto negativo, tem-se o tempo de preparação necessário para a ordenação das teclas, para que se possa ter uma escala convencional de notas. Além disso, existe o problema de se ter um grande número de teclas independentes, que precisam ser guardadas e organizadas (e alimentadas de energia elétrica).

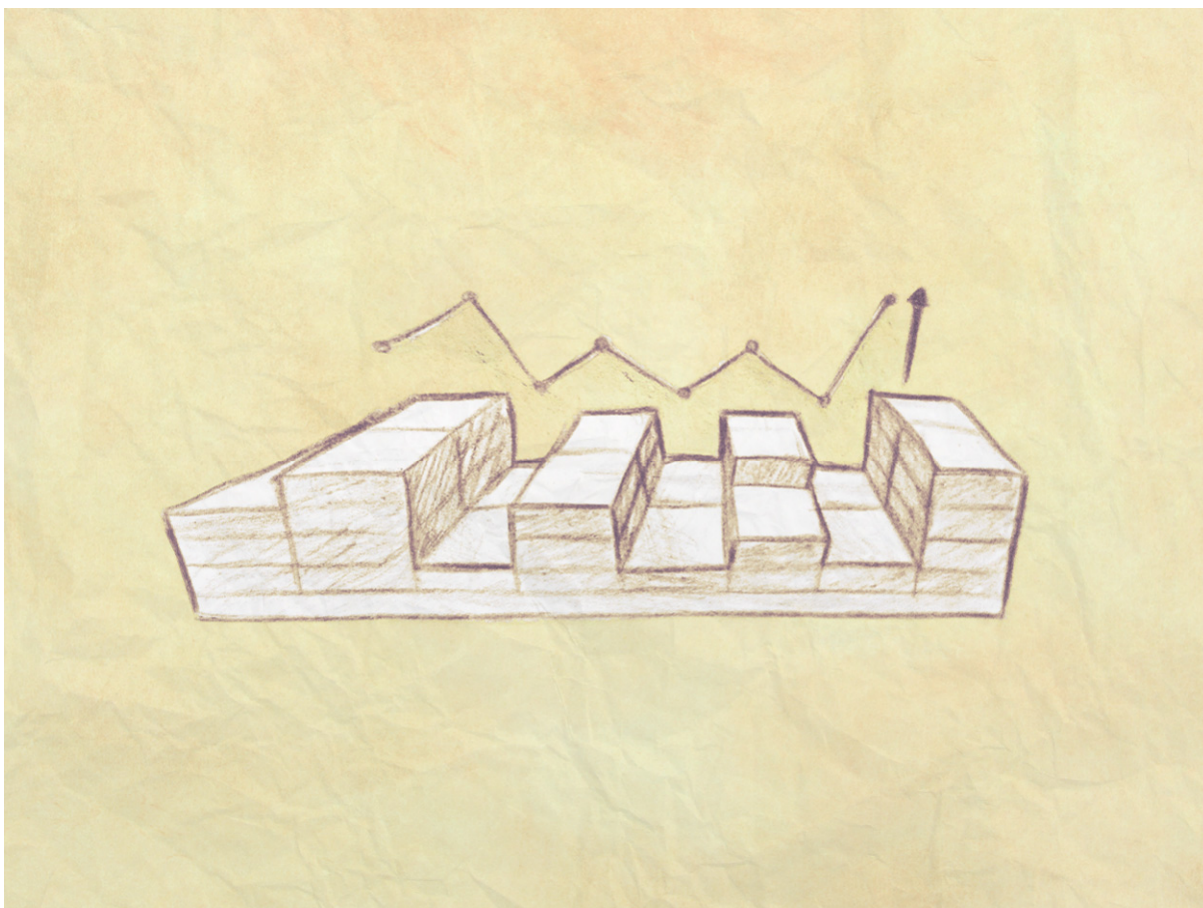
#### 4.1.1.2 *Teclado de construção volumétrica*

Nesta alternativa, é trazida a abstração que relaciona a altura sonora da nota/tecla à altura espacial medida quando da sobreposição de blocos (Figura 11). Para cada tecla deste teclado, são posicionados blocos de montar. O número de blocos relativo a cada tecla modifica o tom que cada uma delas emite.

Ao apertar uma tecla, portanto, o usuário emite a altura condizente com o a altura medida sobre a tecla. Todas as teclas estão conectadas a um mesmo corpo, e apenas os blocos são elementos móveis.

A alternativa traz bom potencial didático, já que estimula a criança a refletir sobre o que significa subir ou descer tons, e o que se pretende com o conceito de 'altura' na música. Como pontos negativos, tem-se a praticidade reduzida de carregar e posicionar um grande número de blocos. Para cada tecla, haveria de existir pelo

menos doze blocos para que fosse coberta uma oitava de notas, e teclados usuais cobrem pelo menos duas ou três escalas; se cada bloco representar um incremento de um semitom, seriam necessários trezentos blocos para que fossem cobertas duas oitavas ao longo de doze notas.



**Figura 11: Alternativa: Teclado de construção volumétrica**  
Fonte: Autor (2011)

#### 4.1.1.3 *Teclado de pulso*

Nesta alternativa, o teclado tem formato cilíndrico, e não apresenta início ou fim da escala musical representado em nenhuma das teclas (Figura 12). A primeira tecla tocada quando o teclado é ligado representa um dó médio (C5, 261.626 Hz), e as demais notas executadas a partir dessa são incrementos de um semitom. Assim, tocar uma tecla duas posições à direita da precedente significa tocar uma nota dois semitons mais aguda; à esquerda, mais grave.



O teclado propriamente dito gira livremente no pulso, acoplado a um segundo elemento (pulseira) que se mantém fixo. A operação do teclado se dá com uma das mãos, enquanto que a outra serve apenas para o suporte do instrumento, já que não alcança a nota.



**Figura 12: Alternativa: Teclado de pulso**  
**Fonte: Autor (2011)**

Como aspectos positivos, tem-se a dissociação das notas produzidas a uma posição específica de uma tecla/botão/elemento em um instrumento musical. Com isso, o usuário é forçado a interpretar os sons que produz, e perceber a relação entre eles sem auxílio de sua memória visual. Ao mesmo tempo, tem-se a noção, interessante ao aprendizado, de que as notas não estão limitadas à escala que vemos nos instrumentos, e de fato continuam infinitamente em qualquer direção.

Como aspectos negativos, tem-se o fato de que, mesmo sendo verdade que notas podem ser sempre mais agudas ou graves do que outras, há limitações técnicas intransponíveis que não permitem que qualquer nota seja emitida pelo aparelho (já

que o dispositivo não conseguiria emitir sons de todas as frequências possíveis). Além disso, a audição humana permite que apenas uma curta faixa de sons possa ser ouvida. Outro aspecto negativo do instrumento diz respeito à inutilização de uma das mãos na operação do instrumento, o que limita a sua flexibilidade e as possibilidades no momento da execução de uma música.

#### 4.1.1.4 *Teclado de pulso com manipulação*



**Figura 13: Alternativa: Teclado de pulso com manipulação**  
**Fonte: Autor (2011)**

Semelhante à alternativa precedente, em que o teclado tem formato cilíndrico e pode ser girado para que se avance na escala musical, este conceito traz como diferença fundamental a utilização de ambas as mãos na operação (Figura 13). Aqui, a mão que suporta o instrumento é também responsável pela manipulação instantânea do som produzido.

Quando uma tecla é apertada, e está emitindo som, a nota pode ser modificada através do movimento dos dedos. Cada dedo controla um atributo específico do som produzido, como timbre, volume, duração da nota, altura (para que se possa obter variações micro-tonais) ou o nível de ruído desejado.

A alternativa oferece grande flexibilidade no que diz respeito à manipulação do som. Diferente de um teclado convencional, em que teclas representam notas discretas na escala musical, este conceito permite que sejam produzidas notas que não se encaixam em nenhum dos semitons da escala tradicional. Além disso, a manipulação de volume, timbre e tonalidade de maneira contínua emula a própria fala de maneira muito mais realista do que outros instrumentos. Sendo a fala o primeiro 'instrumento' com que uma criança entra em contato no seu desenvolvimento, a analogia mostra-se pertinente quando o intuito é familiarizar a criança à música e estimular a experimentação.

No entanto, a manipulação destes atributos do som representa imenso desafio, e mesmo músicos experientes têm dificuldade na utilização de instrumentos em que a manipulação dos tons é contínua, espacial e isenta de representação gráfica; um exemplo de instrumento com essas características é o *theremin*. Além disso, a alternativa apresenta os mesmos problemas do conceito anterior, em que não é possível aumentar ou reduzir infinitamente a altura dos sons produzidos.

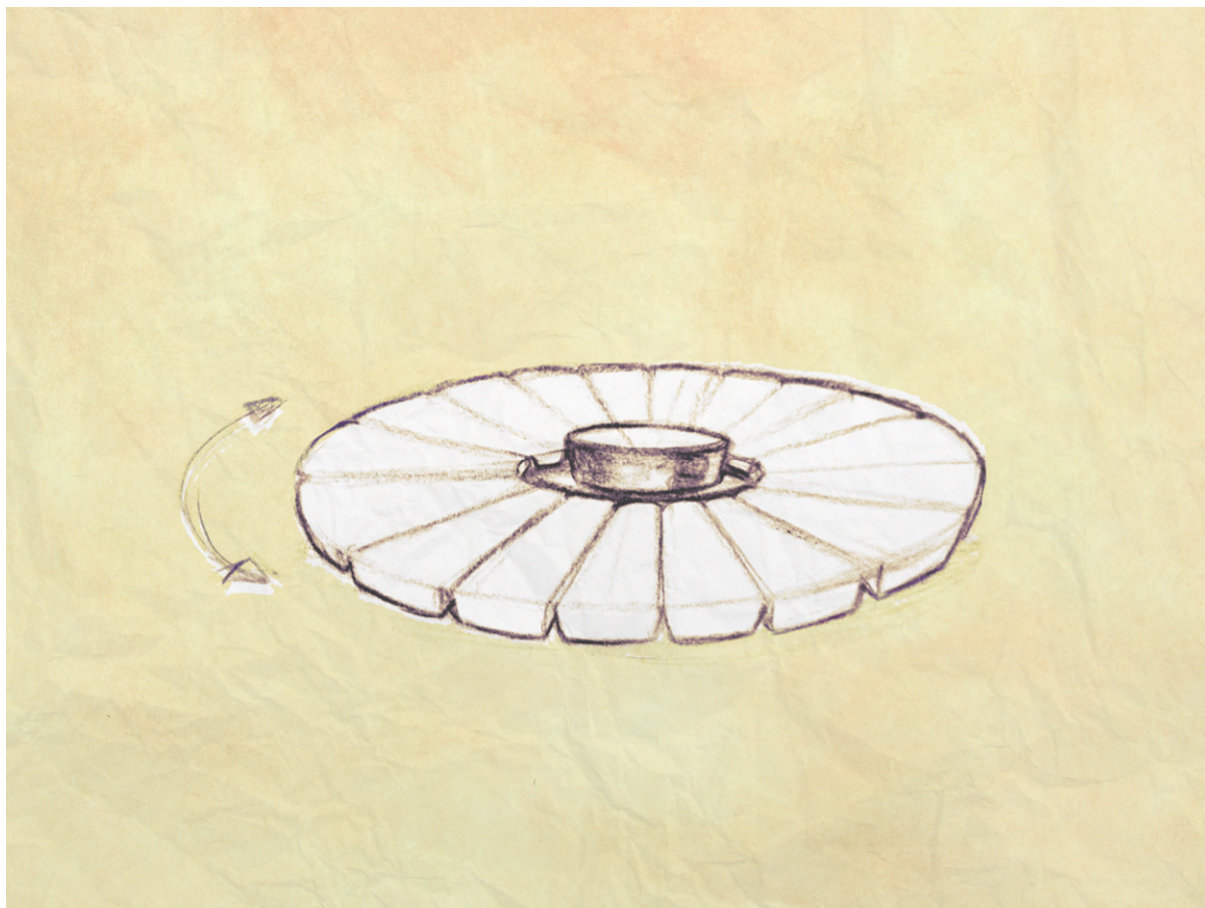
#### 4.1.1.5 Teclado giratório

Neste conceito, similarmente ao que acontece nos dois anteriores, as teclas não tem alturas fixas, e a escala de notas não é restrita. Também como nos demais, o teclado gira no próximo eixo, e as notas devem ser apertadas para que o som seja produzido. Aqui, no entanto, é possível utilizar ambas as mãos na operação das teclas. Além disso, as teclas estão dispostas perpendicularmente ao eixo de rotação (Figura 14).

Além disso, nesse conceito, se uma das teclas estiver pressionada e o teclado como um todo for girado, tem-se a distorção do tom sendo emitido. Assim, estando apertada uma tecla que produz um tom de lá, é possível girar o teclado para que seja feita uma variação micro-tonal do som em direção ao lá suspenso ou sol



sustenido. Caso o giro seja suficiente para que a próxima tecla tome a posição que a pressionada ocupava, o som emitido passa a ser aquele da segunda tecla — ou de qualquer outra tecla subsequente, de acordo com o ângulo do giro.



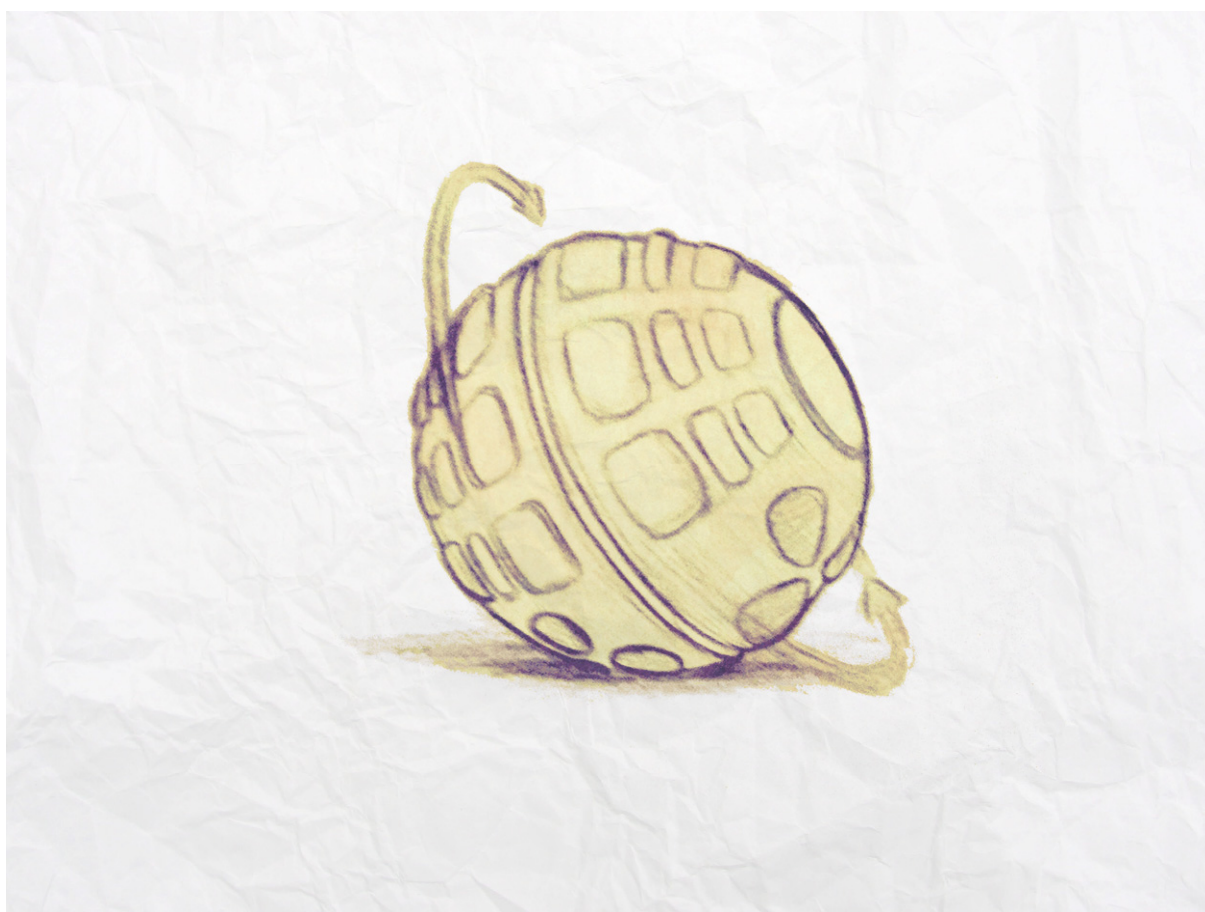
**Figura 14: Alternativa: Teclado giratório**  
**Fonte: Autor (2011)**

A alternativa oferece a possibilidade de executar variações tonais muito semelhantes aos *'bends'* e *'slides'* possíveis em instrumentos de cordas. Com isso, há um ganho significativo na versatilidade do instrumento. No que diz respeito ao potencial didático, abre-se a possibilidade de estudar e aprimorar as diferenças sutis (e microtonais) entre as notas. A utilização de um suporte giratório também permite que o instrumento tenha a mesma abrangência (em oitavas) de grandes teclados ocupando um espaço muito menor. O instrumento também requer pouca preparação para que seja tocado, e traz consigo a linearidade na sucessão das notas de um teclado convencional.



Como pontos negativos, tem-se a dificuldade de posicionar ambas as mãos sobre as teclas para que se toque com velocidade; para que isso fosse possível de maneira confortável, seria necessário um diâmetro maior do que as especificações de projeto permitem. Além disso, o giro das teclas durante a operação pode acontecer de maneira involuntária, já que o teclado está livre sobre o eixo de rotação.

#### 4.1.1.6 *Teclado esférico*



**Figura 15: Alternativa: Teclado esférico**  
**Fonte: Autor (2011)**

O instrumento apresenta-se em configuração esférica para que seja utilizado solto, sendo segurado por ambas as mãos (Figura 15). Os dedos se posicionam sobre os botões de cada hemisfério, que atuam como teclas que devem ser pressionadas para que o som seja emitido.

Cada botão representa uma nota específica, e o movimento na direção pólo-equador representa variações positivas na altura em incrementos de um semitom. Os

hemisférios do instrumento podem ser rotacionados entre si, o que resulta em distorções micro-tonais sobre o som sendo produzido.

Como ponto positivo, tem-se a portabilidade e a praticidade de utilização do produto. Além disso, o tamanho e formato também permitem a configuração de maneira ergonômica. A possibilidade de se valer de distorções micro-tonais, do ponto de vista didático, também estimula a percepção mais apurada das notas.

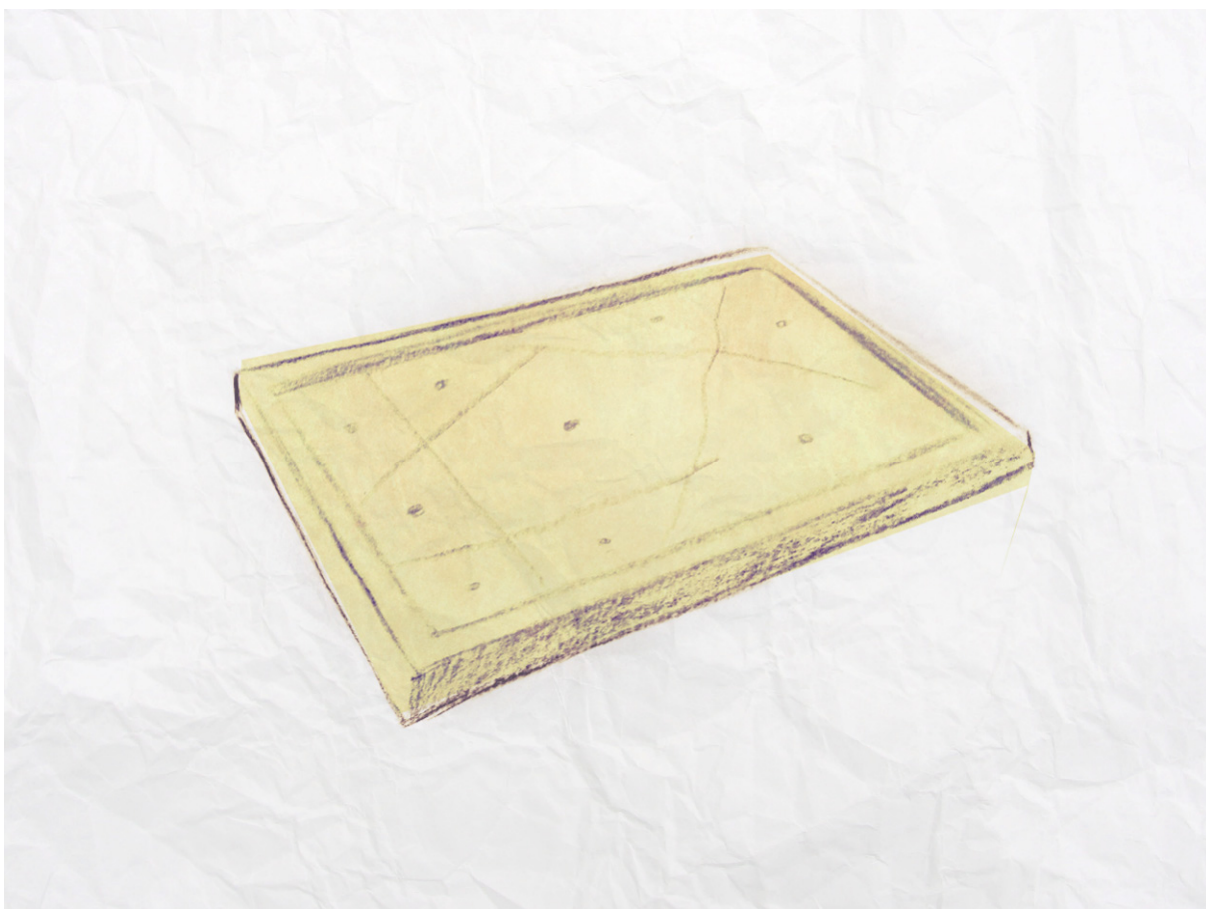
O instrumento, no entanto, sofre com o pouco espaço físico para a disposição de botões, o que resulta em uma escala de notas possíveis pequena. Além disso, como cada dedo controla notas específicas, há o problema de associar determinadas notas a dedos com os quais se tem menos força, velocidade ou coordenação. Por fim, o potencial didático do instrumento no que diz respeito à abstração de conceitos musicais importantes também é limitado.

#### 4.1.1.7 *Teclado sobre tablet*

Um dispositivo com tela sensível ao toque atua como teclado (Figura 16). O usuário demarca na tela, através de linhas, as posições de cada tecla. As figuras geométricas formadas pelo espaço entre as linhas representam as teclas; a posição horizontal do centro geométrico de cada figura determina a altura da nota emitida pela tecla; a posição no outro eixo horizontal não influencia a nota, mas permite o posicionamento de múltiplas teclas em tonalidades próximas; a área da tecla determina o volume; e, por fim, o formato (número de lados e ângulos entre eles) determina o timbre da nota. Para tocar o instrumento, o usuário pressiona as teclas em seu centro.

Através desse mecanismo de operação, o usuário tem a possibilidade de visualizar notas e conceitos musicais de uma maneira diferente de instrumentos convencionais, o que representa excelente potencial didático. A utilização de uma tela sensível ao toque em um dispositivo do tipo 'tablet' também traz imensas possibilidades quanto à utilização de programas que apresentem instruções de uso, sugestões, correções na utilização e lições em geral no ensino de música. Como aspecto negativo, tem-se a grande dificuldade em determinar as notas pretendidas (já que a escala de notas possíveis é contínua e o centro geométrico das teclas

desenhadas não é imediatamente óbvio no momento da demarcação), e a ausência de feedback mecânico quando se pressiona as teclas.

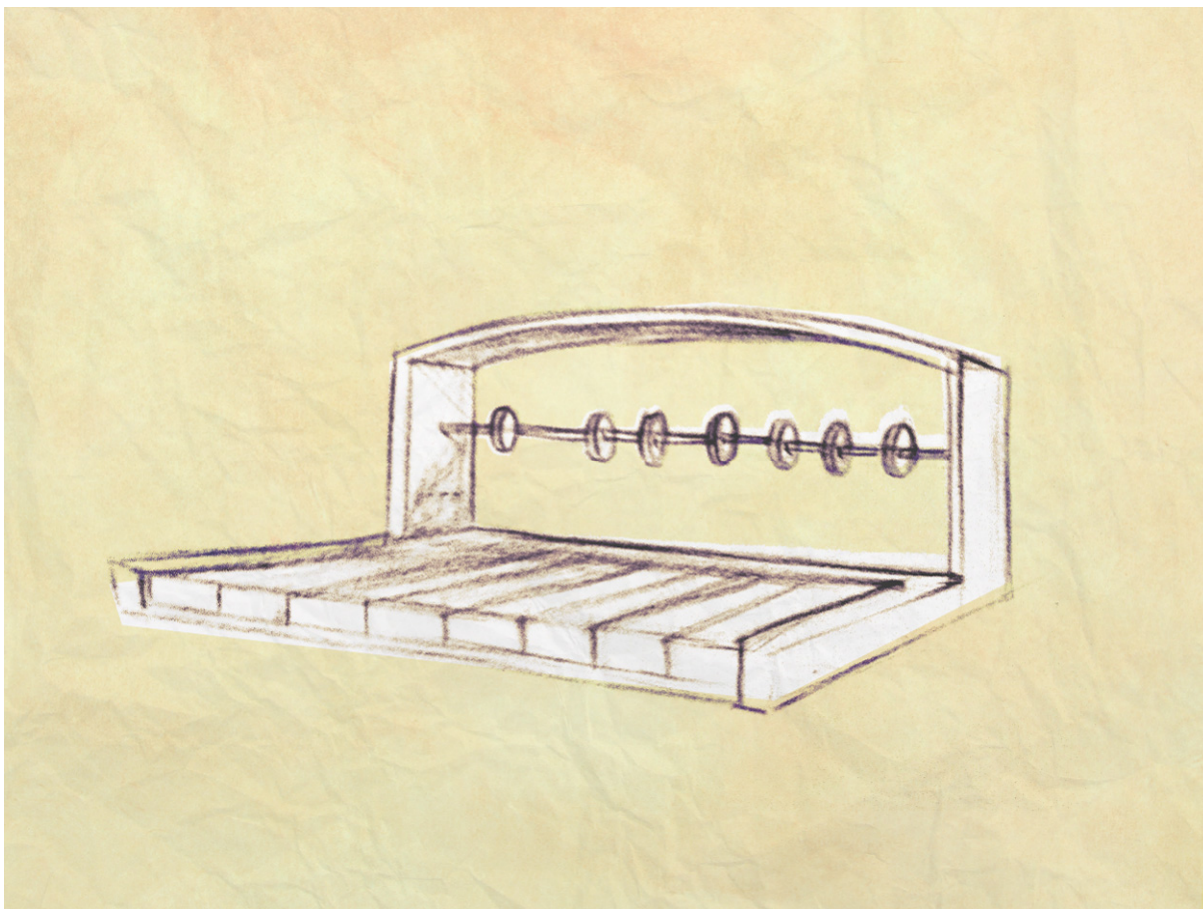


**Figura 16: Alternativa: Teclado sobre tablet**  
**Fonte: Autor (2011)**

#### 4.1.1.8 *Conceito ábaco*

Neste conceito, discos posicionados sobre uma barra determinam as notas a serem emitidas por cada uma das teclas do teclado (Figura 17). O som só é emitido quando uma ou mais teclas são pressionadas.

A utilização dos discos permite que as teclas possam produzir notas em alturas pouco usuais, e que haja variações micro-tonais entre pares de teclas. Ao mesmo tempo, como a ordem dos discos não pode ser modificada, garante-se que as teclas sempre estarão dispostas de maneira crescente no que diz respeito à variação na altura.



**Figura 17: Alternativa: Conceito ábacó**  
**Fonte: Autor (2011)**

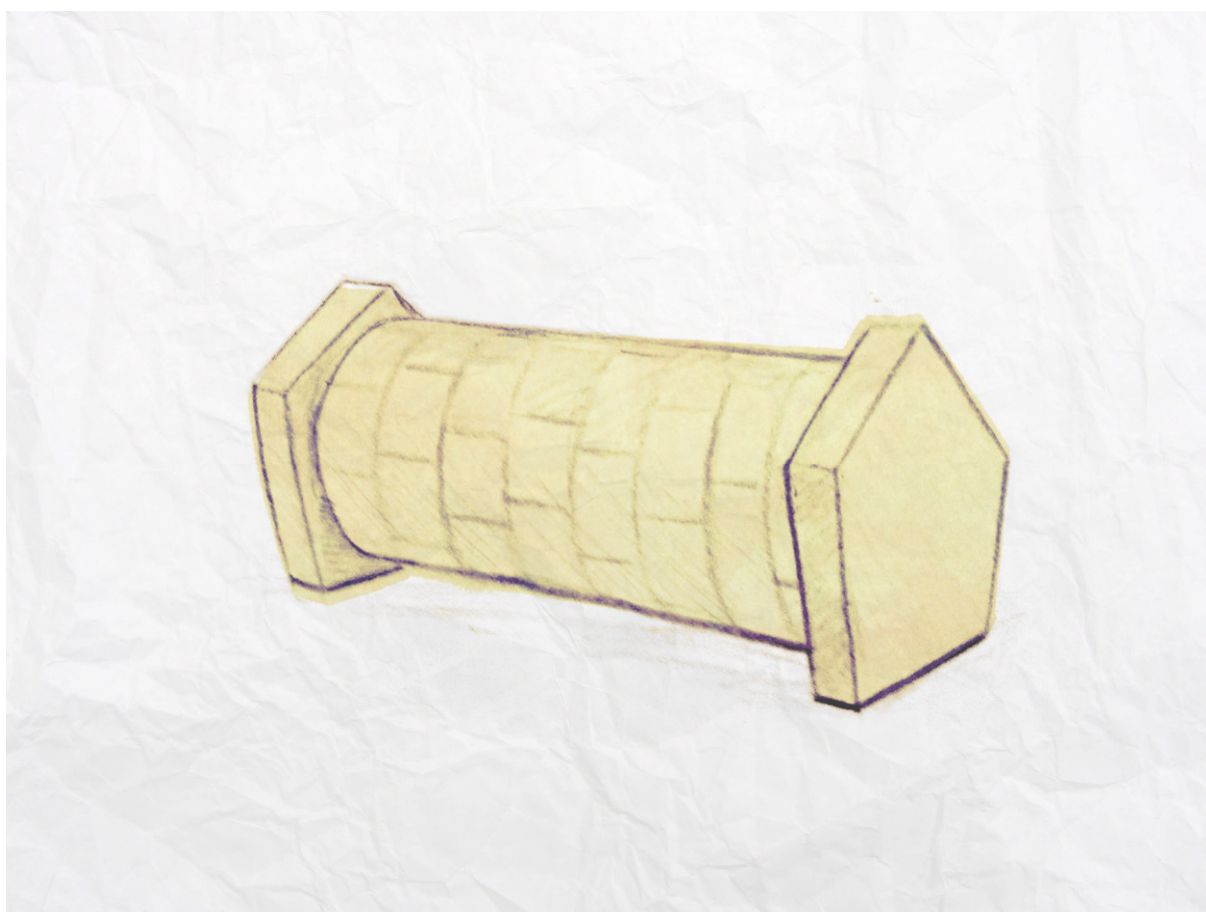
O conceito apresenta potencial didático interessante no que diz respeito à visualização da altura das notas e na manipulação contínua dos valores. No entanto, pode ser de difícil utilização, já que os discos precisam ser cuidadosamente posicionados para que a diferença de notas seja aquela pretendida. Além disso, se apenas um disco estiver posicionado de maneira equivocada, e os discos subsequentes tiverem a posição relativa determinada corretamente, a retificação da posição do disco mal-colocado fará com que o próximo perca a afinação relativa pretendida (e assim sucessivamente).

#### 4.1.1.9 *Teclado em torre*

Neste teclado, cada tecla representa uma seção de um cilindro (Figura 18). Em cada uma dessas seções, é possível determinar através da rotação a nota associada. Assim, ao se pressionar cada uma das teclas/fatias, é emitido o som associado à posição em que se encontra.



As teclas podem ser rotacionadas tanto antes quanto durante a produção de tons. Caso seja feito ao mesmo tempo, o giro representa uma variação micro-tonal dentro da nota que está sendo produzida. Cada tecla tem a possibilidade de emitir doze notas diferentes; assim, existe um começo e um final para a escala representada em cada circunferência. Além disso, da esquerda para a direita, a nota mínima de cada tecla aumenta um semitom. Um instrumento com 12 teclas, portanto, cobre até 24 semitons, ou duas oitavas.



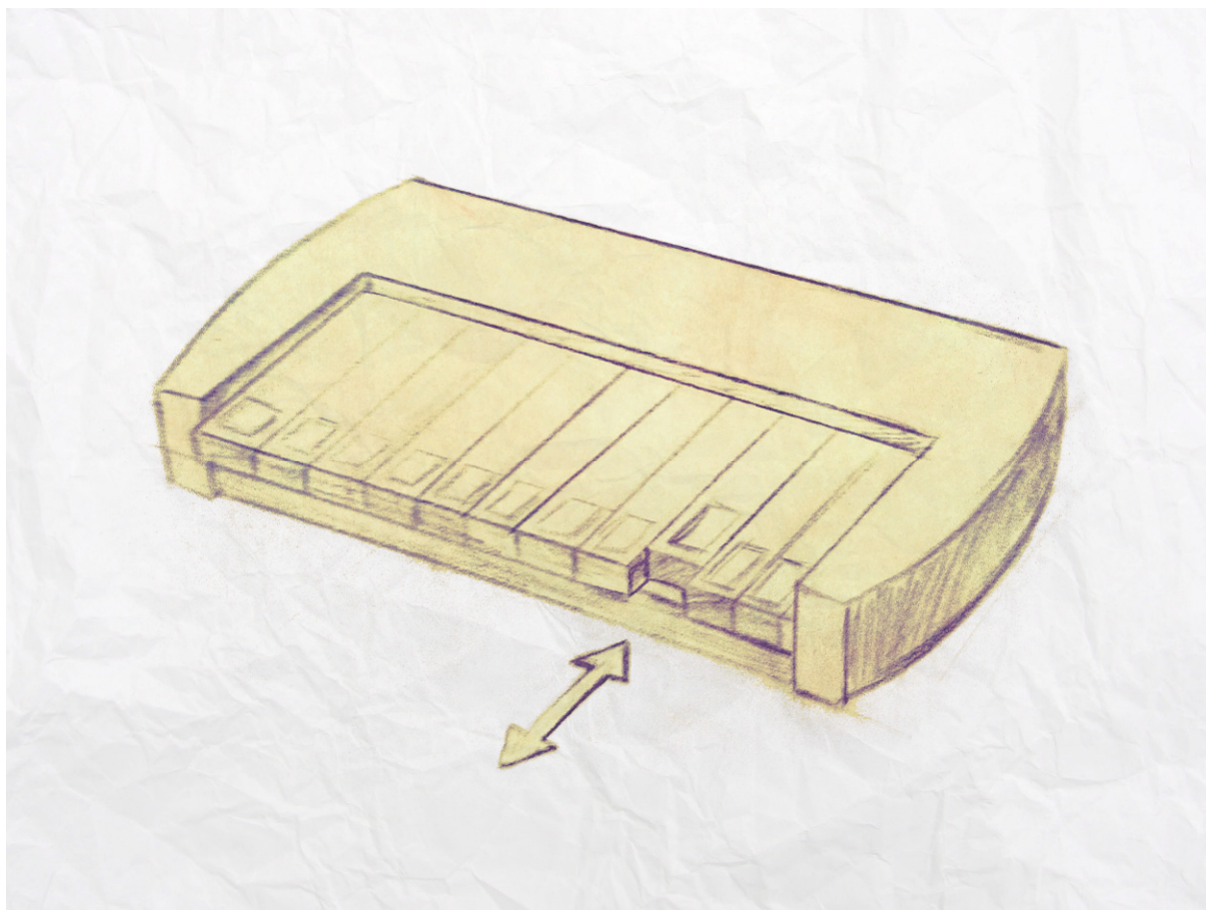
**Figura 18: Alternativa: Teclado em torre**  
**Fonte: Autor (2011)**

Como pontos positivos, tem-se a flexibilidade na execução de distorções (que é benéfica ao desenvolvimento de um ouvido musical mais apurado) e a possibilidade de construir linhas melódicas na sucessão de teclas. Como aspectos negativos, há a dificuldade de se produzir uma nota sem que seja realizada também distorção acidental, e as dificuldades ergonômicas de se tocar um instrumento com o formato pretendido. Além disso, do ponto de vista didático, a abstração de notas como segmentos de um cilindro pode fazer pouco sentido musicalmente, especialmente

por exigir que se retorne à primeira nota (mais grave) da escala ao término de cada giro completo.

#### 4.1.1.10 Teclado com distorção (eixo z)

O teclado apresenta configuração próxima a de um teclado convencional, mas oferece a possibilidade de controlar a distorção individual de cada tecla através do deslocamento da mesma no momento da execução da nota. O movimento da tecla no eixo Z é efetuado pelo dedo que a pressiona (Figura 19); quando a tecla é liberada, retorna-se à posição original.



**Figura 19: Alternativa: Teclado com distorção (eixo Z)**  
Fonte: Autor (2011)

Novamente, tem-se a flexibilidade na execução de distorções como ponto positivo à alternativa. A inclusão dessa possibilidade relativa a cada tecla (e não apenas ao instrumento como um todo) representa também um elemento de inovação. Além disso, o mecanismo de funcionamento e a configuração próxima a de um teclado

convencional permitem 'modos de aprendizado' programados no aparelho. Nesses modos, seria possível fazer com que cada tecla emitisse uma nota levemente deslocada (na altura) daquela que deveria produzir; assim, o usuário deveria promover a distorção da nota até que chegasse à tonalidade certa, promovendo assim a familiarização com os sons absolutos das notas; retornos visuais indicariam a correção da nota.

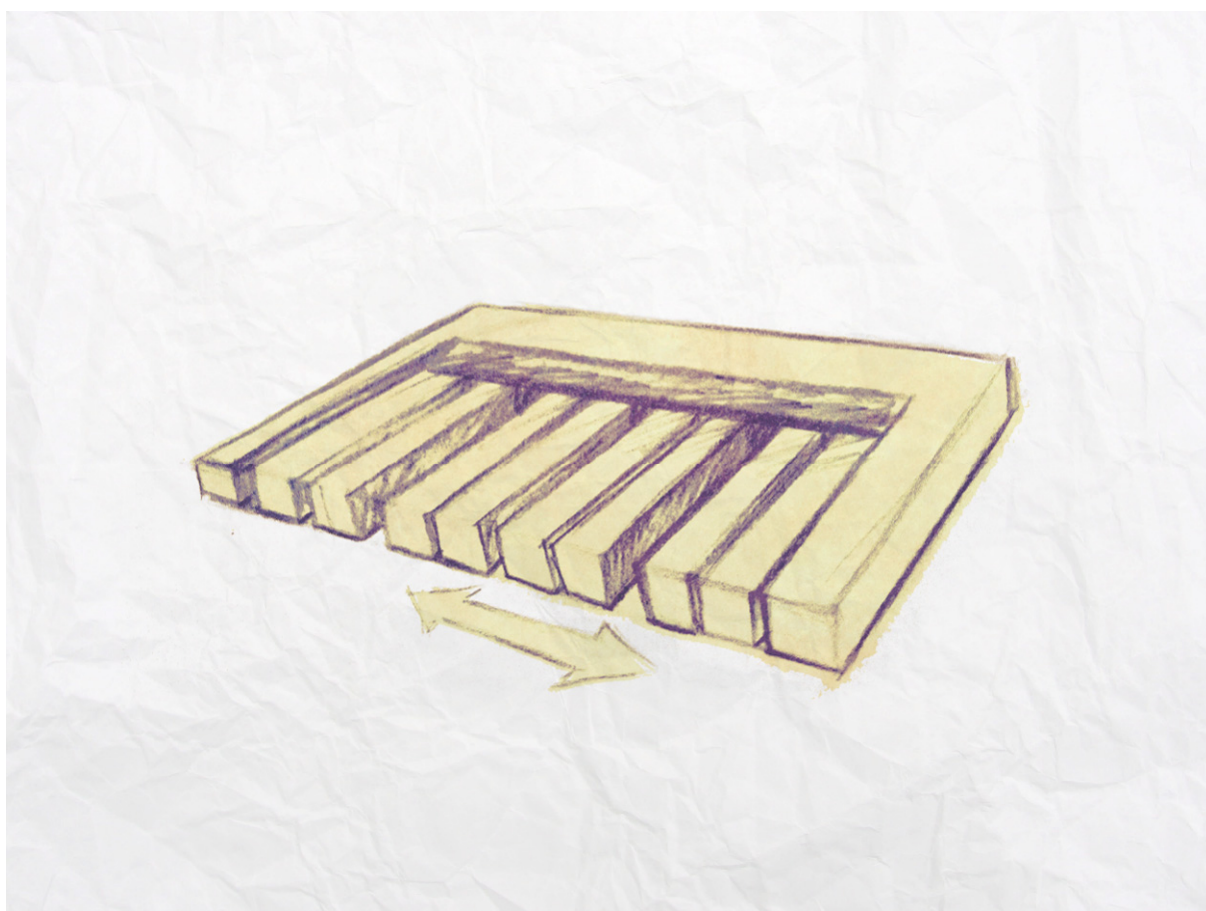
Como ponto negativo, existe o fato de que, à parte o interesse para músicos experientes, o mecanismo para efetuar distorções não é imediatamente óbvio ou relevante para quem apenas ingressa na música. Além disso, é mantida a linearidade da escala do teclado convencional, em que cada tecla é permanentemente associada a uma nota; este conceito é prático para o aprendizado *do instrumento*, mas prejudica a percepção de que notas e músicas podem ser transpostas livremente. Outro ponto negativo é que a movimentação no eixo X inviabiliza a existência de feedback mecânico das teclas (a condição de 'afundarem' quando pressionadas, vista como benéfica em instrumentos desse tipo), já que requereria um outro eixo de movimentação.

#### 4.1.1.11 *Teclado com distorção (eixo x)*

O teclado apresenta os mesmos princípios de funcionamento da alternativa precedente, e, conseqüentemente, muitos dos mesmos aspectos positivos e negativos. A diferença fundamental reside no fato de que o deslocamento das teclas é feito no eixo X, como demonstrado na Figura 20. Além disso, nesse conceito o movimento das teclas não é revertido quando as teclas são liberadas; assim, é possível redefinir a escala de notas em uso por tempo prolongado.

Como pontos positivos desta alternativa, tem-se não só o mecanismo de distorção como a possibilidade de redefinir as notas relativas a cada tecla, o que pode facilitar a execução de músicas específicas ao se pré-configurá-las. O usuário também obtém um registro visual mais nítido de o que cada nota representa na escala, e marcações no próprio corpo do instrumento podem indicar as posições que representam tons absolutos. Como ponto negativo, tem-se, além do que já foi mencionado na alternativa precedente, a possível dificuldade de manipulação das

teclas (que se apresentam com distâncias variáveis) e a possibilidade de movimentação acidental das teclas.



**Figura 20: Alternativa: Teclado com distorção (eixo X)**

**Fonte: Autor (2011)**

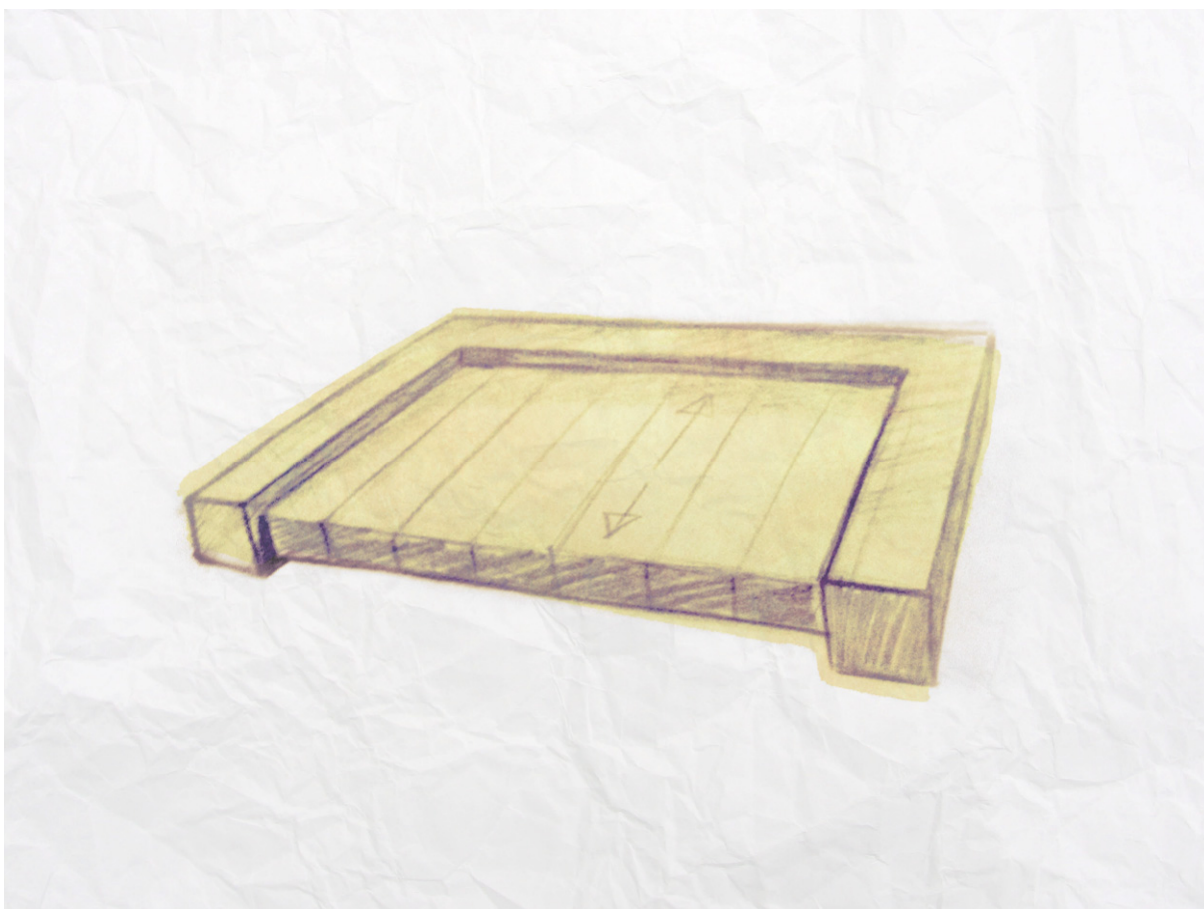
#### **4.1.1.12**      *Teclado com distorção (toque no eixo z)*

O teclado apresenta os mesmos princípios de funcionamento da alternativa 'teclado com distorção (eixo z)'; teclas tem posição horizontal e altura (na escala musical) fixas. Seu diferencial é a utilização de controle por toque, sem movimentação da tecla (Figura 21), e a utilização de retornos visuais aplicados sobre a própria tecla.

A alternativa mantém os pontos positivos da alternativa anterior, e ainda dispõe de feedback mecânico das teclas (as teclas são realmente apertadas e têm movimento vertical, e, ao serem liberadas, retornam à posição original). Para efetuar distorção, desliza-se o dedo sobre a tecla após a mesma ter sido pressionada. Ao liberar a



tecla, a distorção também é gradualmente sendo removida. O grau de distorção (efetivamente, o deslocamento do dedo) é representado graficamente sobre a tecla.



**Figura 21: Alternativa: Teclado com distorção (toque no eixo Z)**

**Fonte: Autor (2011)**

O conceito oferece excelentes condições para operação, efetivamente mantendo os princípios de funcionamento de um teclado convencional e adicionando uma funcionalidade original que pode ou não ser utilizada, ficando a critério do usuário. Além disso, a existência de sinais visuais nas teclas permite a exploração de possibilidades didáticas interessantes, como a utilização de 'modos de aprendizado'. Nestes, indicações poderiam orientar o usuário a fazer distorções específicas, a tocar determinadas teclas no momento certo, ou a corrigir o posicionamento dos dedos para outro mais apropriado para o que está sendo tocado. É possível também que seja criado um sistema, dentro do modo de aprendizado, em que as notas executadas estejam sempre deslocadas em relação à nota absoluta, e que o usuário precise executar essa correção.

Mais do que isso, é possível que haja um modo em que a nota executada seja relativa também à posição em Z em que a tecla foi apertada (e não ao deslocamento), permitindo que notas em incrementos micro-tonais sejam emitidas imediatamente. Mesmo em instrumentos 'sem traste', de escala contínua, como um violino, não é possível executar uma nota através de apenas uma operação. Esse mecanismo também permite que o usuário aprenda a perceber como notas e intervalos diferem entre si.

#### 4.1.1.13 *Teclado com distorção (toque no eixo x)*

Nesta alternativa, não há separação entre teclas (Figura 22). Um painel sensível ao toque é pressionado e, de acordo com a posição dos dedos, emite uma de maior ou menor altura. Deslizar o dedo após pressionar o painel resulta na distorção da nota inicialmente emitida.



**Figura 22: Alternativa: Teclado com distorção (toque no eixo X)**  
**Fonte: Autor (2011)**

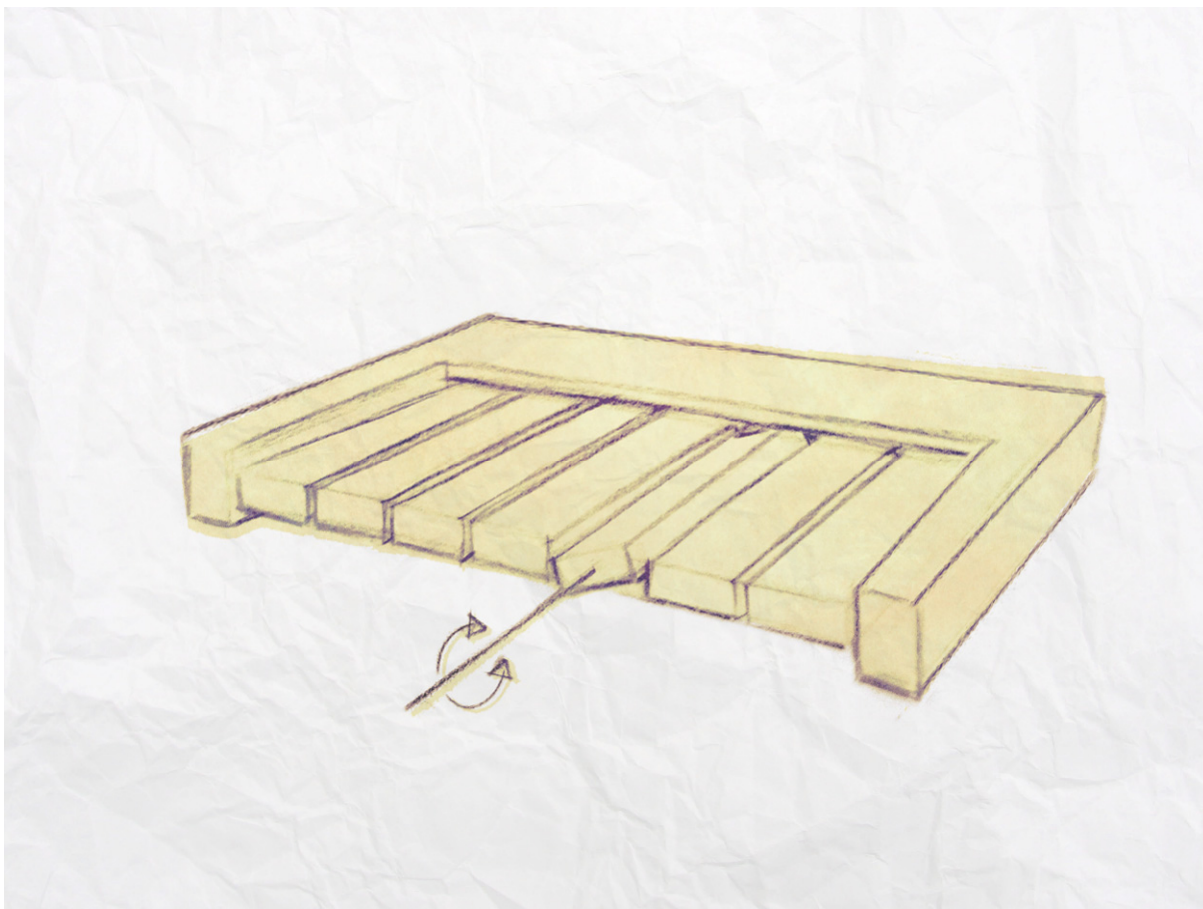
A possibilidade de produção de notas com precisão microtonal, presente em instrumentos como violinos, dá ao conceito uma grande flexibilidade a partir de uma operação simplificada (quanto ao número de ações requeridas). Ao mesmo tempo, no entanto, faz com que a utilização requeira maior conhecimento de música, ou que sejam utilizados mecanismos programados no aparelho que auxiliem o usuário quanto à localização das notas. Isso é possível através da utilização de retornos visuais no próprio painel sensível ao toque.

Como pontos positivos, há a remoção do conceito de teclas do instrumento. A noção, consolidada em teclados convencionais, se fazia necessária para que fosse possível produzir cada uma das notas da escala cromática; na música, no entanto, não são apenas essas as notas utilizadas, e restringir o instrumento significava restringir também o potencial de aprendizado. De negativo, há a dificuldade de operação do instrumento e a inexistência de feedback mecânico.

#### *4.1.1.14 Teclado com distorção (giro no eixo z)*

Nesta alternativa, foi feita nova experimentação sobre a idéia de introduzir a possibilidade de distorcer o som de cada uma das teclas. A proposta é semelhante à de distorção por movimento da tecla em X, mas, nesse caso, é obtida a partir do giro da tecla no eixo Z (Figura 23). Assim, o dedo que pressiona a tecla também atua para rotacioná-la após o contato inicial. Ao soltar a tecla, volta-se à posição original.

Como consequência do mecanismo de distorção, não há feedback mecânico para quando se pressiona as teclas; há resistência para quando as teclas são rotacionadas, no entanto. De positivo, o conceito traz uma possibilidade mais rápida e mais confortável para a geração de variações microtonais. No entanto, mantém a mesma estrutura dos teclados convencionais, a mesma ordenação de teclas/notas, e traz poucas possibilidades didáticas, à parte a familiarização com notas além da escala cromática. Além disso, o próprio recurso de distorção, se não orientado por um sistema que indique como e quando deve ser utilizado, presume um conhecimento prévio na música.



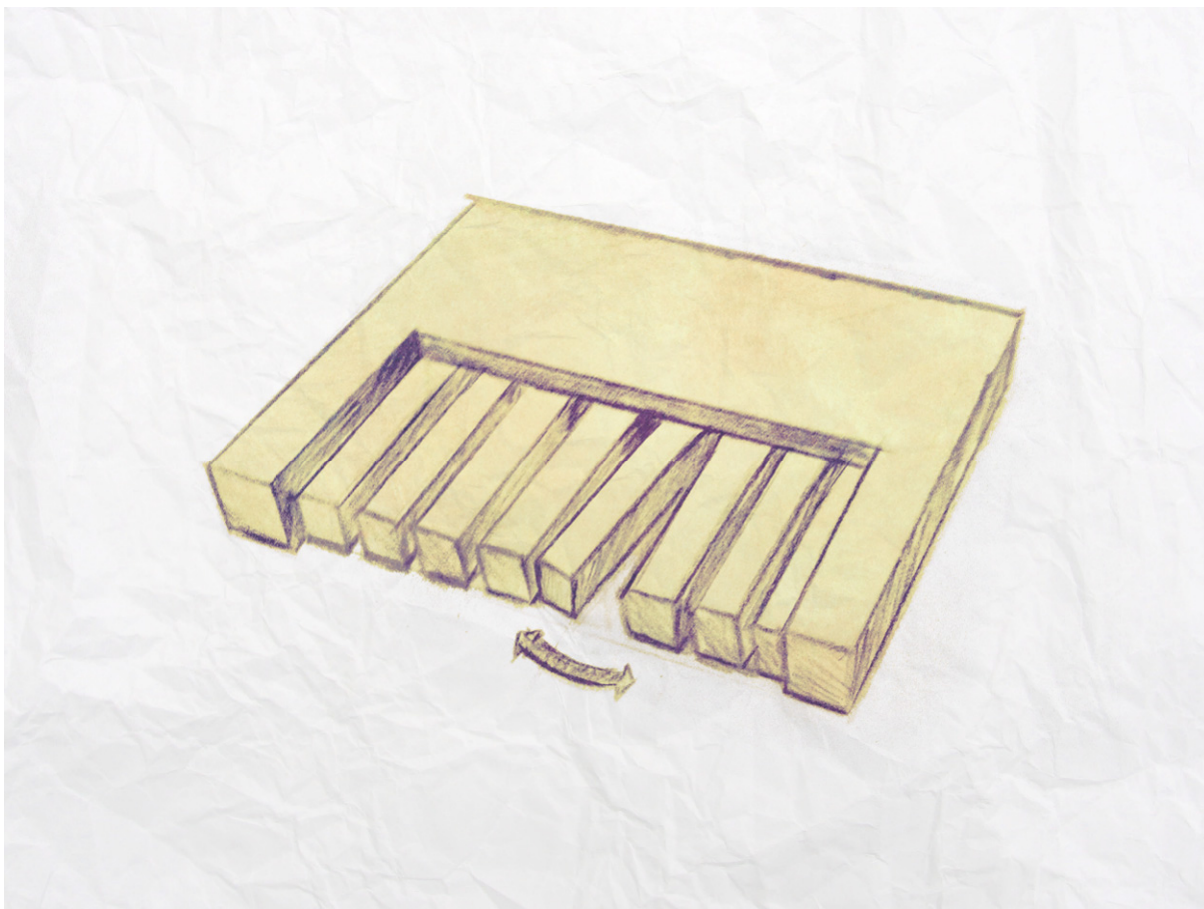
**Figura 23: Alternativa: Teclado com distorção (giro no eixo Z)**  
**Fonte: Autor (2011)**

#### 4.1.1.15 *Teclado com distorção (giro no eixo y)*

O teclado é bastante semelhante ao de distorção por movimento da tecla em X, com a diferença fundamental de que as teclas não se movimentam lateralmente, mas giram em relação a um eixo vertical (Figura 24). Além disso, retornam naturalmente à posição original (paralelas) quando liberadas.

Como consequência, as teclas têm notas fixas e, sempre que pressionadas, emitem um tom da escala cromática. Uma vez pressionadas, podem ser distorcidas durante a produção da nota. Uma diferença positiva em relação às outras alternativas deste tipo é a possibilidade de incluir feedback mecânico ao toque. Como as demais, no entanto, têm limitação quanto ao potencial didático e a facilidade de uso. Além disso, requer espaçamento entre as teclas para que possam ser rotacionadas, o que torna o instrumento grande ou resulta numa escala de notas menor.





**Figura 24: Alternativa: Teclado com distorção (giro no eixo Y)**  
**Fonte: Autor (2011)**

#### **4.1.2 Primeira seleção de alternativas**

Ao término da primeira etapa de ideação, inicia-se a avaliação e seleção de alternativas. Para tanto, conforme descrito anteriormente, fez-se a opção pela utilização de uma matriz de avaliação. A matriz considera os requisitos do usuário e as especificações de projeto, e resulta em dois valores qualitativos que avaliam cada alternativa: 'grau de satisfação dos requisitos' e 'grau de conformidade às especificações', respectivamente.

Na Tabela 7, são apresentados os valores médios calculados da avaliação das alternativas preliminares, e a média final. Os três valores mais altos dentro de cada critério foram marcados em destaque. O dados completos podem ser vistos no Apêndice 6.

**Tabela 7**  
**Avaliação da primeira etapa de geração de alternativas**

<b>Requisito do usuário</b>	<b>Satisfação dos requisitos</b>	<b>Conformidade às especificações</b>	<b>Média</b>
Teclas em módulos por nota	<b>81%</b>	<b>94%</b>	<b>87%</b>
Teclado de construção volumétrica	59%	80%	70%
Teclado de pulso	66%	70%	68%
Teclado de pulso com manipulação	66%	73%	69%
Teclado giratório	75%	85%	80%
Teclado esférico	75%	73%	74%
Conceito ábaco	72%	86%	79%
Teclado sobre tablet	65%	86%	76%
Torre	69%	74%	71%
Distorção sobre teclas (mov. Z)	<b>77%</b>	89%	<b>83%</b>
Distorção sobre teclas (mov. X)	68%	84%	76%
Distorção sobre teclas (toque z)	<b>84%</b>	<b>96%</b>	<b>90%</b>
Distorção sobre teclas (toque x)	72%	<b>90%</b>	81%
Distorção sobre teclas (giro z)	71%	89%	80%
Distorção sobre teclas (giro y)	70%	86%	78%

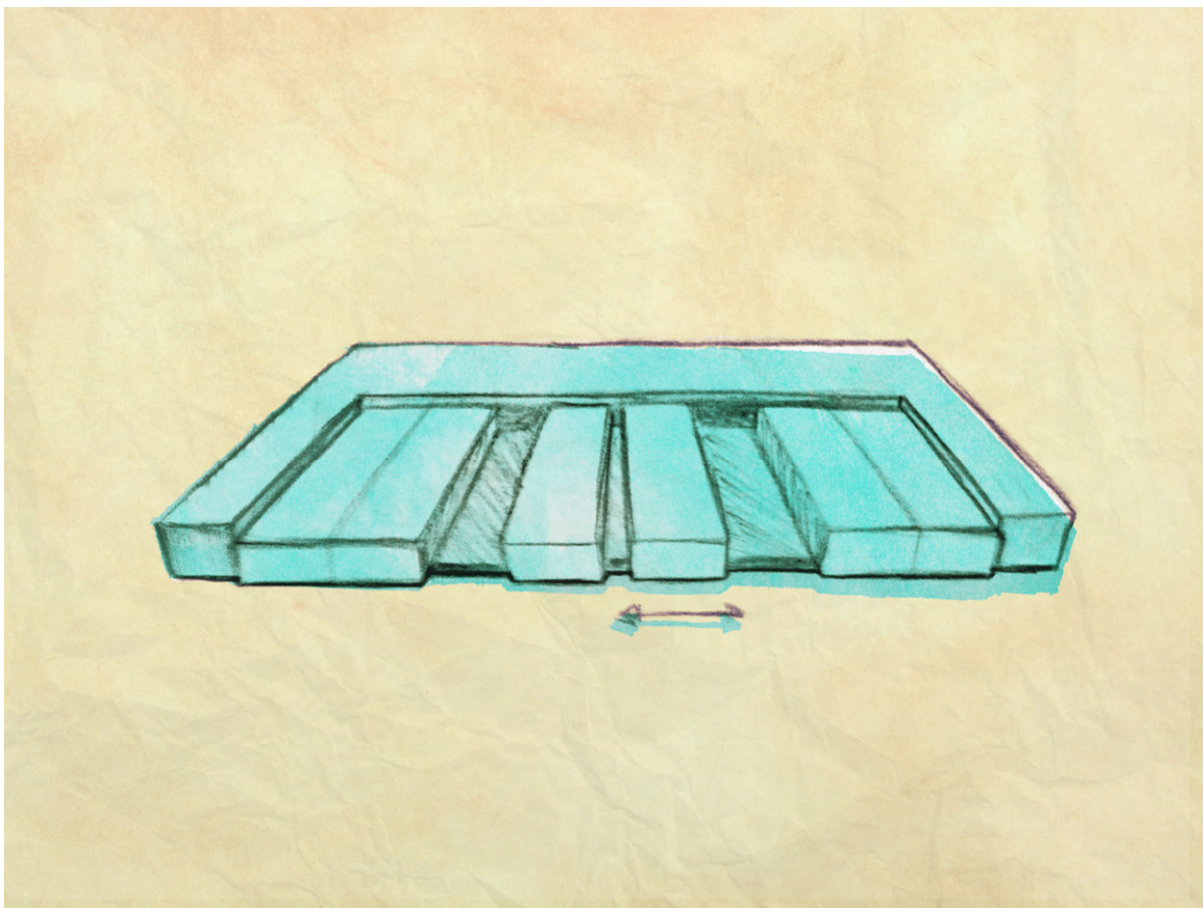
**Fonte: Autor**

A partir da análise dos dados, tem-se que a alternativa que utiliza módulos e as alternativas que permitem distorção individual de teclas foram as melhor avaliadas. Especificamente, vê-se que a alternativa com módulos traz aspectos positivos quando às possibilidades de aprendizado e ao entretenimento, dentro dos requisitos do usuário, e que as alternativas de distorção nas teclas trazem facilidade de montagem/preparo, familiaridade e versatilidade para a apresentação de retornos visuais/sonoros para o usuário.

Com base nessas observações, partiu-se então para a geração de novas alternativas expandindo estes conceitos, e visando corrigir e aperfeiçoar os aspectos ainda negativos percebidos na avaliação. A seguir, são apresentadas novas propostas, seguidas de nova avaliação.

### 4.1.3 Segunda etapa de geração de alternativas

#### 4.1.3.1 Teclas destacáveis



**Figura 25: Alternativa: Teclado com teclas destacáveis**  
**Fonte: Autor (2011)**

Nessa alternativa, cada tecla pode ser movimentada lateralmente no teclado (Figura 25), tal como na opção em que a distorção é pela movimentação das teclas em X. No entanto, nesta proposta, cada tecla tem valor fixo, produzindo sempre uma mesma nota, e sendo representada por uma cor característica e trazendo, por escrito, o nome da nota.

As teclas podem ser removidas e reordenadas, e, nesse processo, passar a representar uma melodia ordenada no próprio teclado. Além disso, o movimento lateral das teclas, que pode ser feito após serem pressionadas, produz distorção das notas sendo emitidas.

O teclado apresenta feedback mecânico e possibilidades de utilização da maneira tradicional, como um teclado eletrônico convencional. Dispõe do sistema inovador que permite a distorção individual de notas e, graças à possibilidade de arrastar mais de uma tecla ao mesmo tempo, dispõe também de distorção global ou múltipla. Frente às alternativas que traziam apenas a distorção de notas como diferencial, traz também a possibilidade de remover e reposicionar teclas. Efetivamente, o sistema permite que sejam montadas melodias no teclado antes mesmo da execução da música, e que, com preparação, tocá-la possa ser um processo tão simples como correr o dedo pelo teclado. Traz também um aspecto lúdico com a inclusão da operação de 'montar o teclado', e a utilização de cores associadas a notas específicas oferece um recurso visual didático. Como ponto negativo, há a limitação no número de notas que é dada pela necessidade de conectar as teclas ao corpo do teclado, e dificuldades ergonômicas que podem advir do espaçamento variável entre as teclas.

#### 4.1.3.2 *Teclas encaixáveis*

Neste conceito, não há um corpo do teclado propriamente dito (Figura 26). O instrumento é composto por teclas idênticas, soltas e modulares; não há definição fixa sobre qual tecla representa qual nota. As teclas se encaixam e, quando conectadas, podem emitir som. A altura da nota produzida pelas teclas é dada pela posição relativa entre ela e a tecla precedente; a primeira tecla sempre produz um dó médio (C5). As teclas podem ser tocadas individualmente, se pressionadas, ou todo o conjunto pode ser acionado, e as teclas tocam sozinhas em seqüência.

Pela maneira como é construído, o instrumento apresenta também a possibilidade de ordenar as notas ao longo de uma linha do tempo. Sendo as teclas preparadas adequadamente e em ordem, podem ser tocadas através de uma só operação. Cada tecla têm ainda feedback mecânico quando pressionada, e dispõe de auto-falantes próprios. Cada tecla também exhibe em si a nota que tem a ela associada, e o status que informa se está ou não emitindo som.

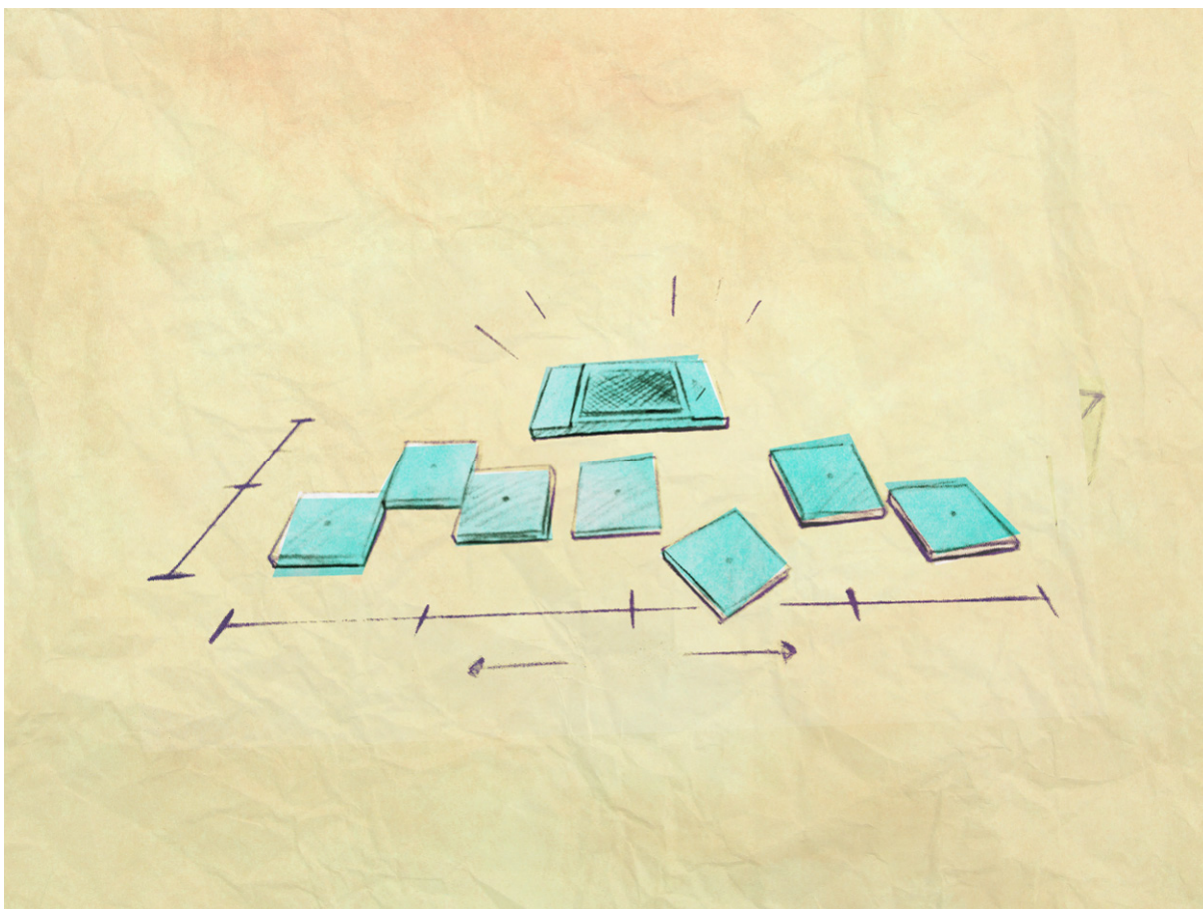




**Figura 26: Alternativa: Teclado com teclas encaixáveis**  
**Fonte: Autor (2011)**

Como pontos positivos, há o componente de entretenimento associado à montagem das teclas e a simplicidade de não requerer peças diferentes e poder ser operado por um conjunto de teclas idênticas. Do ponto de vista do aprendizado, oferece oportunidade para o estudo dos conceitos de tempo e melodia, e permite que sejam vistos os intervalos entre cada nota ao longo da música. Frente à maioria das demais alternativas apresentadas, no entanto, o conceito desconsidera o estudo de variações microtonais e da aplicação de distorções sobre as notas. Além disso, requer que cada tecla seja uma unidade independente capaz de produzir som, o que demanda que sejam de maior tamanho e complexidade. A possibilidade de utilizar sistemas que ofereçam modos de aprendizado também é reduzida.

#### 4.1.3.3 Teclas soltas



**Figura 27: Alternativa: Teclado com teclas soltas**  
**Fonte: Autor (2011)**

A alternativa apresenta módulos idênticos que representam teclas do teclado, e uma central, de onde os sons são emitidos (Figura 27). Os módulos são dispostos pelo usuário em uma mesa, no chão ou em outra superfície plana, e, de acordo com a posição, podem emitir sons de alturas diferentes. A altura da nota produzida é determinada pela distância perpendicular para a central (no eixo Z); ao mesmo tempo, a posição lateral (no eixo X) das teclas determina a linha do tempo.

O instrumento pode ser tocado ao se pressionar cada uma das teclas, como num teclado convencional. As teclas contam com feedback mecânico ao serem pressionadas, e controle de volume e duração associados à intensidade do toque. Cada tecla exibe em si a nota a que está associada, e indicadores da própria afinação, duração e volume. Caso as teclas sejam posicionadas lado a lado, tem-se

intervalos regulares entre as notas; assim, uma escala cromática pode ser preparada em segundos, e o teclado estará pronto para ser tocado.

Pode também ser usado em um modo 'playback', em que, após o posicionamento das teclas, toca por si só cada uma das notas em seqüência, de acordo com a altura e o tempo pretendidos. O modo é acionado ao se pressionar o botão de 'play' na central, e não impede que as teclas sejam utilizadas simultaneamente no modo tradicional, ao serem pressionadas. Para definir quais teclas serão acionadas durante o modo playback, vira-se as teclas para a posição 'ligada' ou 'desligada'. O giro das teclas no chão determina aspectos como o volume ou a duração das notas.

A proposta traz uma série de inovações. Ao mesmo tempo em que oferece o componente de montagem de blocos, interessante do ponto de vista do entretenimento da crianças, traz também mais recursos de controle de atributos da música do que todas as outras alternativas vistas até aqui. Mesmo com diversas funcionalidades, pode ser utilizado de maneira simplificada, e preparado para uso em pouco tempo. Por ser modular e pequeno, pode ser transportado e guardado em compartimentos menores.

Dentre os pontos positivos, a determinação da nota a partir da distância das teclas permite que sejam feitas variações microtonais; além disso, a existência de um eixo que representa a linha do tempo traz potencial didático e prático para a execução de músicas e de improvisos. Pela maneira como as teclas são posicionadas, tem-se uma analogia com as partituras de música (em que o eixo horizontal representa o movimento no tempo, e o eixo vertical representa a altura das notas), o que é benéfico como familiarização para o aprendizado futuro na música.

A utilização de uma central dissociada das teclas traz possibilidades interessantes: o movimento da central possibilita a transposição (a modificação de todas as notas ao mesmo tempo) de toda a música já preparada, um recurso importante do ponto de vista didático; além disso, condensa em uma só unidade o controle das funcionalidades gerais do aparelho, como tempo, volume, liga/desliga e play/pause. Na central, pode-se também controlar se a variação microtonal das teclas é desejada, ou se será utilizada aproximação para a nota mais próxima na escala cromática. Como cada tecla exibe em si informações como altura da nota e afinação,

é viável a utilização de modos de aprendizado em que o sistema indica ao usuário onde devem ser posicionadas as teclas, podendo ensinar músicas pré-configuradas ou corrigir músicas enquanto são construídas. A utilização de módulos idênticos ainda permite a aquisição de mais módulos para usuários que requisitem mais teclas no futuro, à medida que avancem no aprendizado. Como aspectos negativos, há a necessidade de alimentar cada uma das teclas, e o espaço físico requerido durante a utilização.

#### 4.1.4 Segunda seleção de alternativas

Mais uma vez, as propostas passaram por uma matriz de avaliação. Na Tabela 8, são apresentados os valores médios calculados da avaliação das alternativas da segunda etapa, e a média final. Os valores completos da matriz podem ser vistos no Apêndice 6.

**Tabela 8:**  
**Avaliação da segunda etapa de geração de alternativas**

Requisito do usuário	Satisfação dos requisitos	Conformidade às especificações	Média
Teclas destacáveis	80%	94%	87%
Teclas encaixáveis	78%	91%	85%
Teclas soltas	<b>86%</b>	<b>98%</b>	<b>92%</b>

Fonte: Autor

A partir da análise dos dados, tem-se que a terceira alternativa, das teclas soltas, é a mais apropriada. A alternativa foi capaz de solucionar as deficiências das propostas anteriores, e oferece características interessantes de usabilidade e originalidade, além de ser suficientemente flexível para que possa ser adaptada no decorrer do projeto. Com base nessas observações, parte-se então para o desenvolvimento subsequente da proposta.

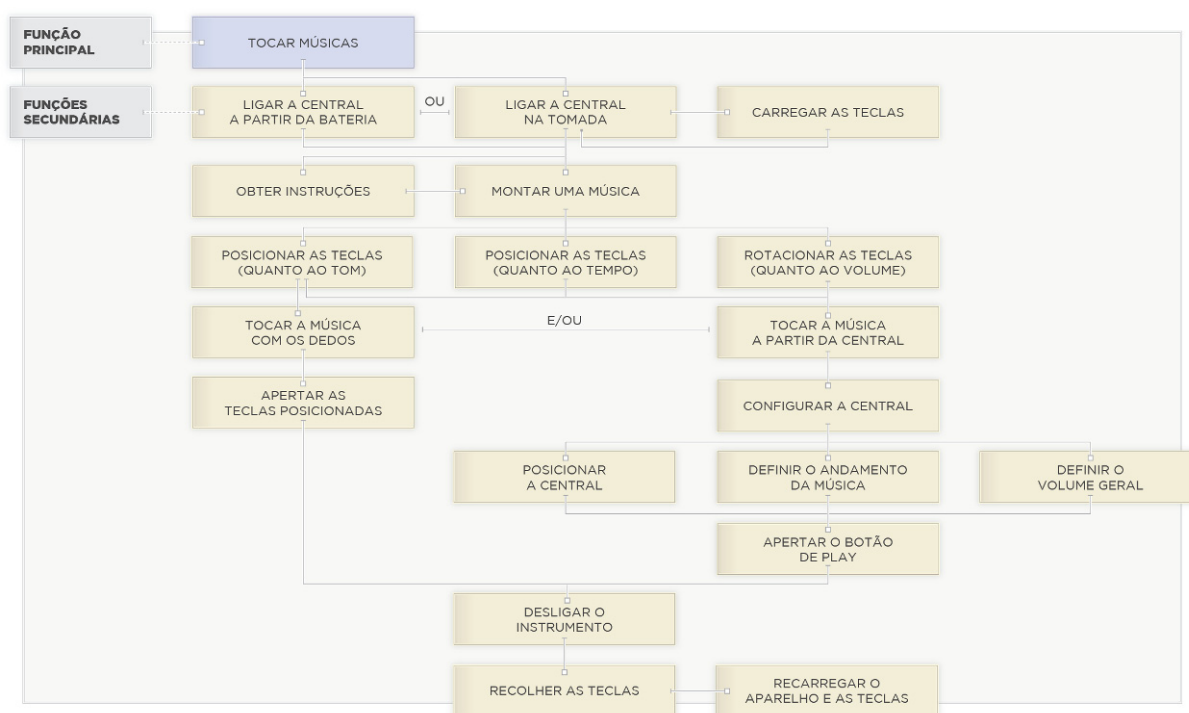
## 4.2 ANÁLISE DE FUNCIONALIDADES

Definida a alternativa com que se irá trabalhar, é importante relacionar e organizar as funcionalidades pretendidas pelo produto através de uma árvore funcional. Esse

processo auxilia no entendimento do que o produto é capaz de fazer, e como devem ser solucionados os problemas de projeto.

De acordo com Baxter (2007), "as funções do produto [na árvore funcional] são apresentadas como são percebidas e avaliadas pelo consumidor". O autor foca na análise de produtos conhecidos, em que a funcionalidade e os mecanismos de operação são conhecidos pelo consumidor. Para projetos em que as funções podem ser muito complexas ao consumidor, Baxter (2007) recomenda pesquisas formais de mercado; essas não são necessárias em projetos em que as funcionalidades são mais simples.

Neste projeto de um instrumento musical, em que há grande margem para a definição das funcionalidades inovadoras, a parte fundamental desse processo partiu da geração e seleção de alternativas. Resta agora, portanto, a apresentação e validação das funcionalidades pretendidas, para que se possa proceder à seleção de componentes para o projeto.



**Figura 28: Árvore funcional**  
**Fonte: Autor (2011)**

Segundo Baxter (2007), a estruturação da árvore se dá de baixo para cima, a partir da função principal e passando às funções secundárias; a cada passagem para um

nível inferior (em que se aumenta o detalhamento), deve-se perguntar como promover a funcionalidade pretendida. Na Figura 28, página anterior, é apresentada a árvore de funcionalidades traçada para o conceito sendo desenvolvido; a solução dos problemas de projeto trazidos pelas funcionalidades é tratada em detalhes na seção 'Sistemas'. A árvore funcional também é trazida, em maior resolução, no Apêndice 7

### 4.3 VALIDAÇÃO DAS FUNCIONALIDADES

O projeto prevê uma série de funcionalidades inovadoras, especialmente no que diz respeito à manipulação de atributos do som. Muitas dessas funcionalidades se dão através de operações do usuário, através de ações que nem sempre encontram paralelo em outros instrumentos ou produtos similares. Neste sentido, portanto, é importante verificar se as funcionalidades pretendidas são não só viáveis do ponto de vista técnico, mas também possíveis ou controláveis de maneira lógica e ordenada através das operações que se imaginou.

Para efetuar essa verificação, optou-se pelo desenvolvimento de um protótipo digital funcional da alternativa. A simulação tem o intuito de reproduzir todas as principais funcionalidades já idealizadas, com possibilidade de interação com o usuário. Nesse estudo, tem-se foco na emulação das funções, não sendo importante a reprodução da estética do produto, a utilização de materiais fotorrealistas ou a utilização de representação tridimensional.

A intenção era testar a fundo todas as possibilidades da alternativa, e potencialmente verificar falhas, inconsistências ou soluções mais apropriadas para aspectos específicos do funcionamento. Além dos testes pela própria equipe de projeto, pretendia-se apresentar a simulação para instrumentistas e profissionais da música em busca de feedback.

#### 4.3.1 Protótipo digital

O protótipo desenvolvido para o produto foi construído para simular as funcionalidades pretendidas de forma bidimensional. Foi considerado, portanto, o

produto em vista superior, como se posicionado sobre a superfície de uma mesa ou sobre o chão.

A simulação foi desenvolvida em meio digital, a partir de programação em Actionscript 3.0, e sendo executada em Adobe Flash CS4. A operação se dá por meio da interação com mouse e teclado em um computador, e pode ser feita a partir de um navegador.

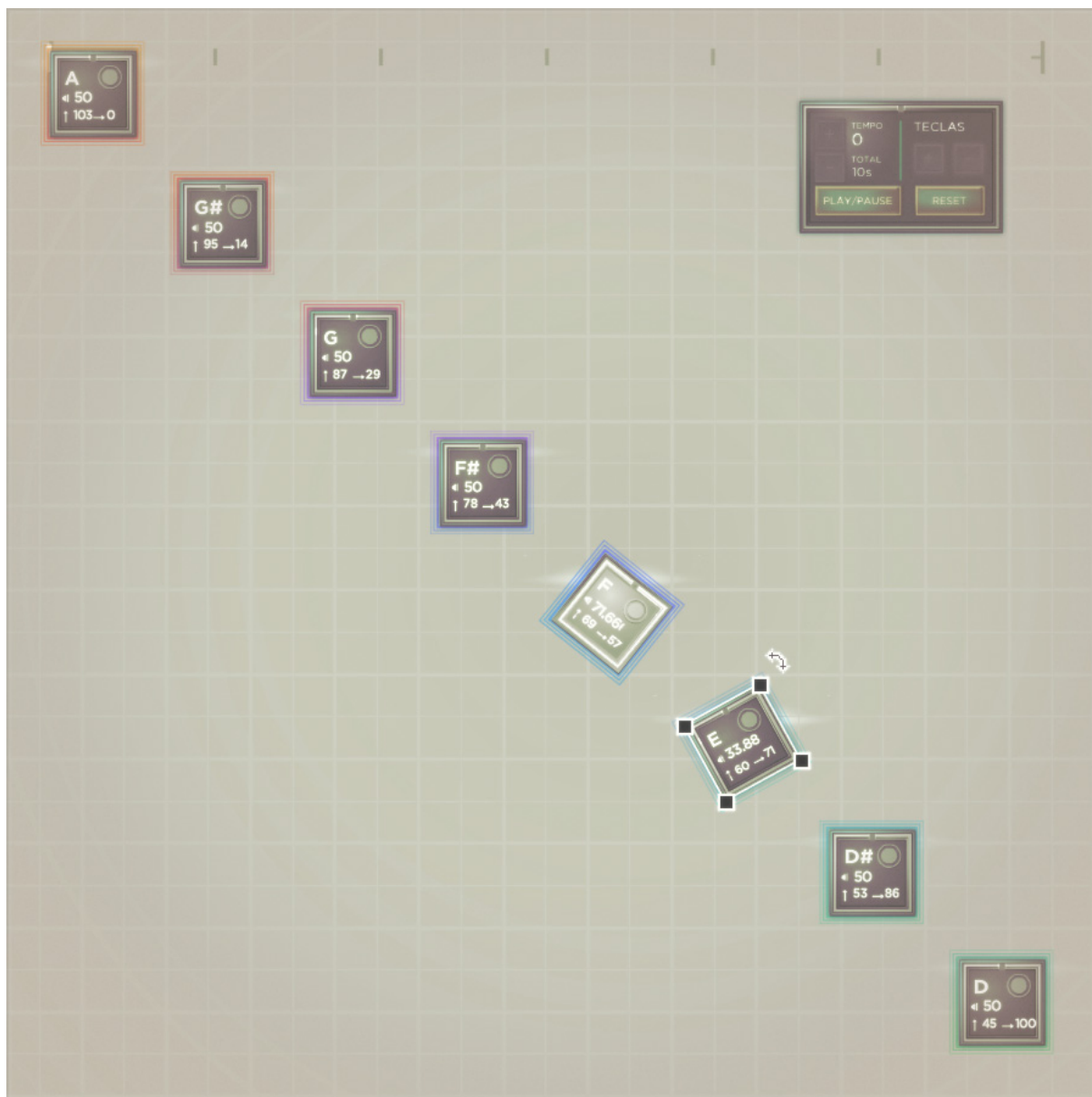
#### 4.3.1.1 *Versão inicial*

Foram feitas diversas iterações do protótipo. Inicialmente, havia uma versão simplificada, com número fixo de teclas, em que só era possível executar a música composta a partir da central (através do botão 'play'). É possível, nesta versão, movimentar e rotacionar livremente as teclas, mas a central mantém posição fixa no centro da tela. Como pretendido, o tom de cada tecla é dado a partir da posição vertical relativa entre a tecla e a central, e a posição no tempo é dada pela coordenada horizontal.

Em cada tecla, é apresentada, de maneira textual, a nota presentemente associada. Uma aura colorida, em cada tecla, apresenta a informação sobre a altura de uma segunda maneira: à medida que se modifica a tonalidade da nota, a aura varia ao longo do espectro de cores, e retorna ao início do espectro quando se modifica a oitava. Além disso, são apresentados os valores numéricos do tempo, da altura, e da rotação da tecla, para fins de verificação do funcionamento do próprio aplicativo. Um botão no canto superior direito das teclas traz a possibilidade de 'desligar' notas específicas, simulando a funcionalidade inverter sua posição na vida real.

A região que determina uma oitava completa na escala é dada pela altura da janela do próprio aplicativo. A Figura 29 apresenta uma visualização desta iteração do protótipo.





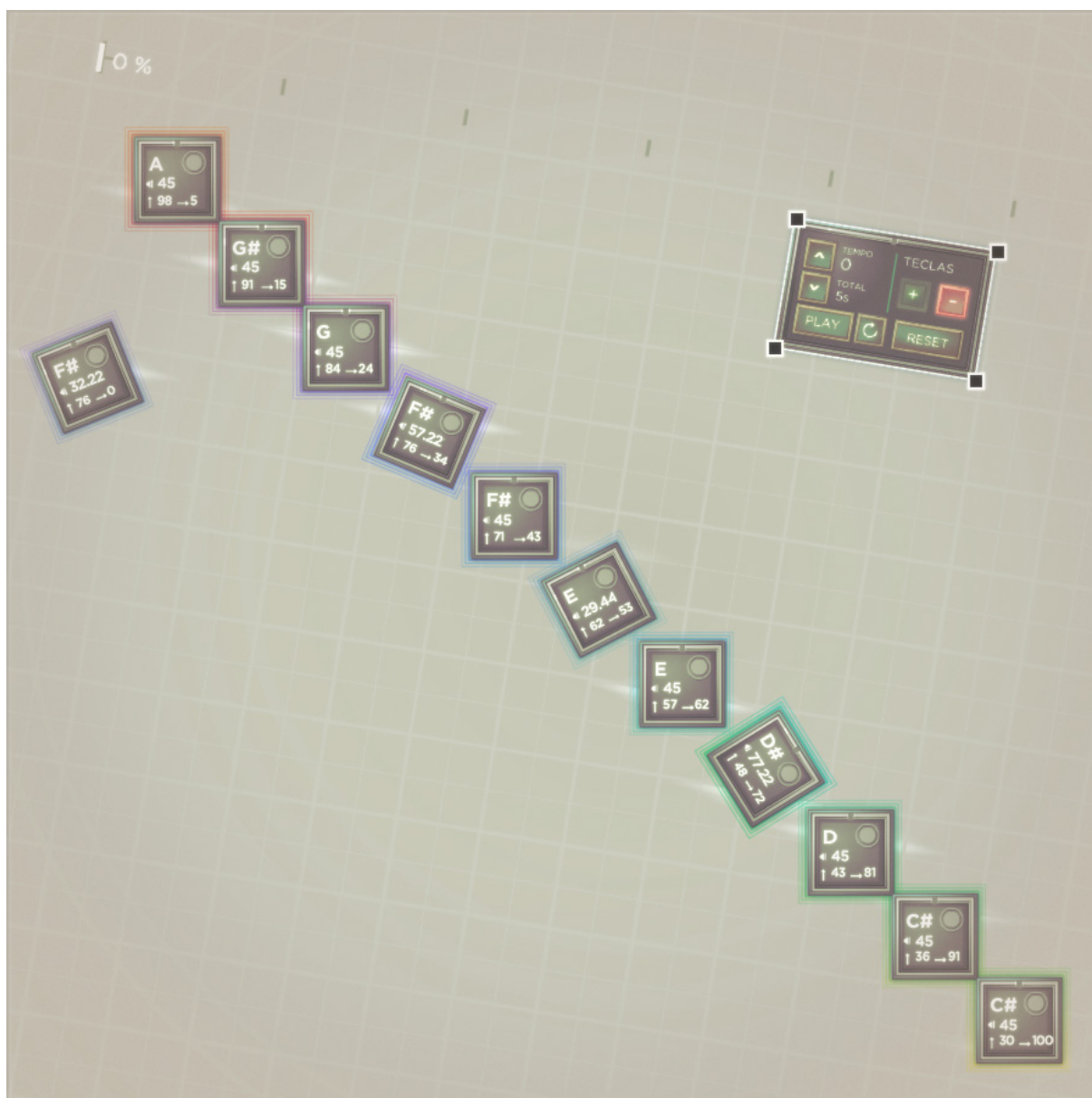
**Figura 29: Primeira versão do protótipo digital para validação de funções**  
Fonte: Autor (2011)

#### 4.3.1.2 *Iterações do protótipo*

A partir desse ponto, foram desenvolvidas diversas outras versões em que foram acrescentadas as funcionalidades pretendidas. A Figura 30 apresenta uma visualização de uma das últimas versões desenvolvidas. O protótipo já oferece, nesta versão, possibilidade de reposicionamento e rotação da central, e o giro das teclas controla adequadamente o volume de cada uma. É possível modificar a



velocidade do andamento geral da música, além de remover e adicionar teclas (até um total de doze).



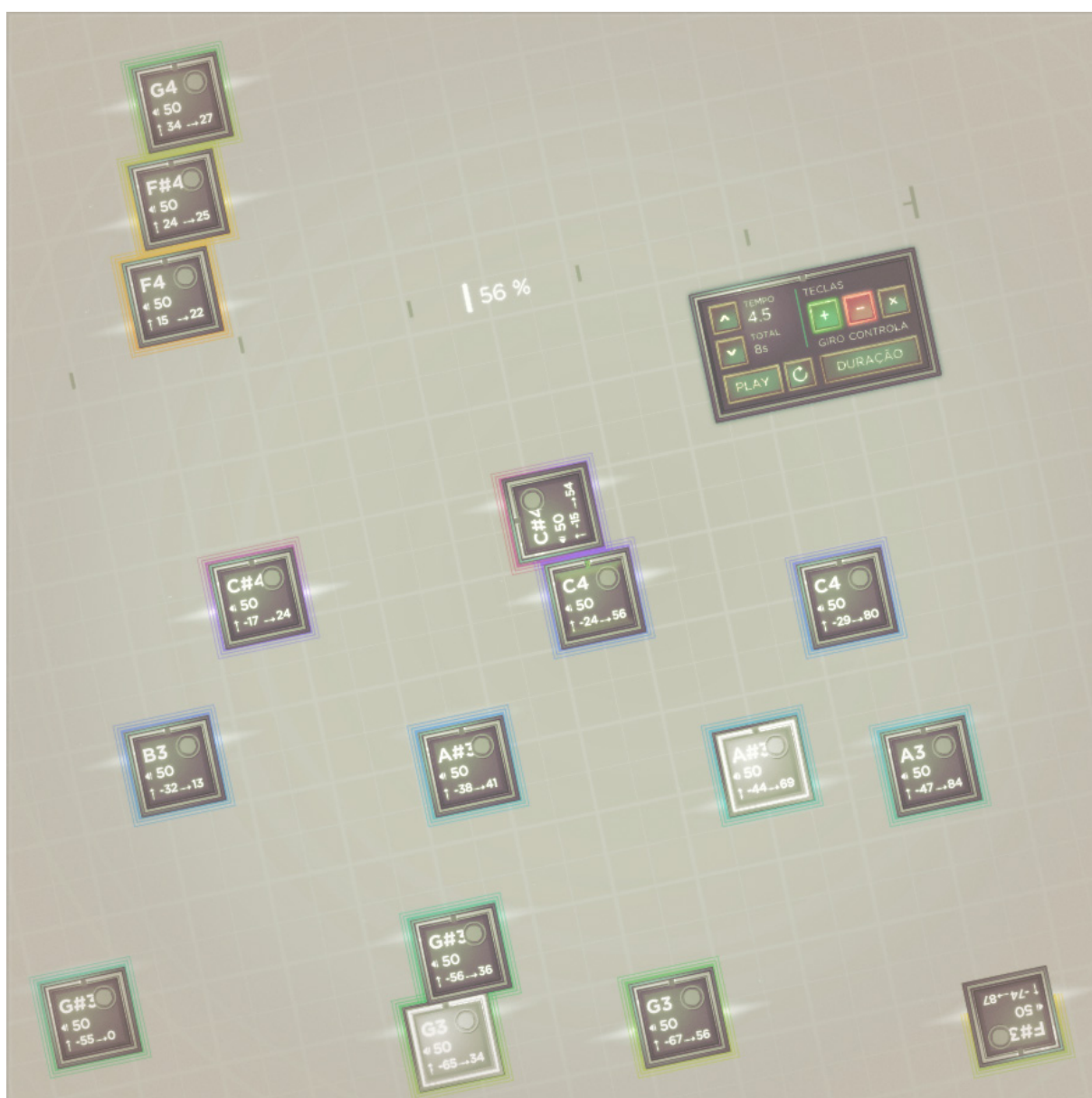
**Figura 30: Versão intermediária do protótipo digital para validação de funções**

**Fonte: Autor (2011)**

Simultaneamente ao desenvolvimento do protótipo, foram consultados profissionais da música, engenheiros e instrumentistas em geral em busca de opiniões sobre as funcionalidades e sobre a usabilidade do instrumento. Os principais comentários obtidos são apresentados no Apêndice 8.

Dentre as opiniões que motivaram a inclusão de novas funcionalidades, destaca-se o apelo geral para que o sistema previamente implementado (em que o giro das

teclas resultava na modificação do volume da nota) fosse alterado. De acordo com os entrevistados, a utilização de variação no volume de notas específicas não é tão relevante no modo 'playback' do instrumento. Ao mesmo tempo, havia solicitações para que fosse possível controlar a duração de notas específicas. Assim, foi modificado o comportamento das teclas: o giro agora representa variação no tempo de cada uma, onde cada giro de 90 graus no sentido horário representa a duplicação da duração precedente (sendo possíveis quatro rotações).



**Figura 31: Versão final do protótipo digital para validação de funções**  
Fonte: Autor (2011)

Foi solicitado também que fosse implementada a funcionalidade de tocar as teclas fora do modo 'playback', clicando-as. A intenção era testar a possibilidade de improvisar sobre uma música que tocava em 'background'. A funcionalidade foi implementada; notas desligadas para o modo 'playback' também podem ser tocadas individualmente.

Por fim, foi adicionada a possibilidade de adicionar um número ilimitado de teclas. O intuito era oferecer maior flexibilidade aos músicos, e receber deles o retorno de qual deve ser o número padrão. A Figura 31. página anterior, apresenta a visualização da última versão do aplicativo.

#### 4.3.1.3 *Feedback sobre o protótipo e as funcionalidades*

De modo geral, a opinião dos especialistas consultados sobre as funcionalidades pretendidas foi positiva. A utilização de teclas móveis, a portabilidade e a inventividade foram elogiados e a inclusão de uma dimensão de tempo expressa no próprio instrumento foi apreciada pelo potencial didático.

No que diz respeito ao protótipo, que apresentou as funcionalidades e permitiu testes, a opinião também foi majoritariamente positiva. Houve críticas sobre alguns aspectos técnicos da implementação da simulação, como o tamanho dos elementos gráficos que representavam as teclas e a dificuldade de movimentá-los, e a operação de alguns comandos na central e nas teclas; como era impossível girar a tecla no espaço tridimensional por meio do software, por exemplo, a funcionalidade foi implementada por meio de um botão, o que confundiu alguns usuários. De modo geral, no entanto, não houve maiores dificuldades na utilização, e os pontos apontados eram, na maioria, relativos às limitações da própria simulação.

Foram feitas diversas sugestões relativas à inclusão e remoção de funcionalidades do produto. Algumas delas foram modificadas durante o próprio período de testes, como a possibilidade de remover e adicionar mais do que doze teclas e a possibilidade de controlar a duração das notas através do giro das teclas. Alguns aspectos da interface que haviam sido pensados apenas para o protótipo foram sugeridos para utilização no produto; são eles: a utilização de um feixe de luz que

representa o quão bem posicionada está cada uma das teclas em relação às notas da escala cromática (Figura 32), e a utilização de um 'grid'.



**Figura 32: Indicador do posicionamento da tecla (em destaque)**  
**Fonte: Autor (2011)**

Dentre as funcionalidades sugeridas, destacam-se:

- a) a possibilidade de gravar, na memória do instrumento, músicas que foram montadas pelo usuário, para que possam ser reproduzidas posteriormente;
  - ◆ a possibilidade de carregar/exibir músicas previamente gravadas, de tal modo que o instrumento indique o posicionamento de cada tecla para o usuário, que pode estruturar a música a partir das instruções fornecidas;
  - ◆ a existência de uma biblioteca inicial de músicas conhecidas que possam ser carregadas pelo usuário, para ensinar a utilizar o instrumento;

- ◆ a possibilidade de inserir de uma só vez novas músicas na biblioteca do instrumento;
- b) fornecer uma representação gráfica da música sendo tocada, na central do aparelho, que auxilia na visualização e serve à familiarização do usuário com notação musical e partituras;
- ◆ a possibilidade de ter a representação gráfica extraída em meio digital ou impresso;
- c) a existência de um 'tapete' ou folha de marcação em forma de 'grid', a ser utilizada sob as teclas, a fim de facilitar o posicionamento para quem ainda não está adaptado ao instrumento;
- ◆ A existência de folhas como as supracitadas que tragam em si não só o grid, mas também o posicionamento das notas de músicas específicas, para que sirvam de manual para que sejam tocadas no instrumento. As folhas são disponibilizadas para que sejam impressas, compradas ou oferecidas junto à compra de músicas ou álbuns de artistas conhecidos, e podem incluir em si, além das instruções de posicionamento, material gráfico temático;
- d) A existência de um modo 'didático' para o instrumento, em que, a partir da central, sejam fornecidas instruções verbais de como operar as teclas e a central, e indicado o posicionamento de teclas na estruturação de músicas específicas. O modo será acionado automaticamente na primeira utilização;
- e) A possibilidade de adquirir teclas adicionais, além das que acompanham o instrumento no momento da compra;
- f) A possibilidade de adquirir teclas com sonoridade e funcionalidade diferenciadas. Foram sugeridos conjuntos de teclas que ofereçam som de bateria e instrumentos de percussão, teclas para instrumentos de corda comuns em bandas de rock, e teclas com funcionalidade de gravador de voz. As peças seriam adquiridas separadamente, e poderiam ter formatos e cores diferentes das convencionais.

## 4.4 DEFINIÇÃO DE SISTEMAS

Na geração de alternativas, fez-se menção a vários aspectos das propostas, como número de teclas, dimensões e componentes da interface. Entretanto, não foi feito um esforço de detalhamento ou aferição da viabilidade.

Uma vez definida a alternativa e estruturadas as funcionalidades pretendidas, portanto, passa a ser primordial a definição mais minuciosa dos diferentes sistemas que compõem o produto.

### 4.4.1 Número de teclas

Para definir o número de teclas, é importante levar em conta não só o volume de cada uma e do grupo que elas representam, mas também a funcionalidade pretendida pelo instrumento. Assim, é importante que o número de teclas seja suficiente para produzir música de maneira satisfatória, mas não seja excessivo e implique em dificuldade de uso ou montagem, ou faça com que o produto ultrapasse as dimensões máximas especificadas.

#### 4.4.1.2 *Análise de músicas infantis*

Para avaliar o número de teclas necessárias, optou-se primeiramente pela análise de músicas infantis tradicionais, no intuito de contar o número de notas utilizadas. Foram selecionadas dez músicas populares, e analisados o número total de notas tocadas, o número de notas no verso inicial, o número de notas diferentes utilizadas e a distância em semitons entre a nota mais baixa e a mais alta. Os dados coletados são apresentados no Quadro 9.

Nos dados apresentados, vê-se que nenhuma das músicas requer mais do que onze notas/teclas para que seja tocada da maneira tradicional, pressionando-se as teclas (modo manual). A média por música é de aproximadamente 7 de teclas requeridas. Um total de 12 teclas, portanto, permite a execução de todas as músicas listadas e a inserção opcional de uma nota adicional, desligada, para efetuar pausa no início/final da música.

Música Infantil	Total de notas	Notas no primeiro verso	Total de notas distintas	Alcance (em semitons)
Alecrim	19	8	4	6
Atirei o Pau no Gato	40	8	7	9
Boi da Cara Preta	23	9	7	11
Cai, Cai, Balão	30	8	6	8
Ciranda, Cirandinha	27	14	7	12
Marcha, Soldado	23	11	6	10
O Cravo Brigou com a Rosa	30	9	9	14
O Sapo Não Lava o Pé	39	7	6	11
Parabéns pra Você	27	6	8	13
Se Esta Rua Fosse Minha	43	12	11	13
Mínimo / Média / Máximo	19 30,1 43	6 9,2 14	4 7,1 11	6 10,7 14

**Quadro 9: atributos de músicas infantis**

Fonte: Autor

Vê-se também que o maior alcance é de 14 semitons. Assumindo-se um intervalo em que a dimensão da tecla representa a variação de um semitom, portanto, sabe-se que o espaço requerido para que seja possível tocar todas as músicas listadas é de quatorze vezes a profundidade da tecla. Para uma tecla de 5 cm, com o distanciamento como descrito, são requeridos 70 cm de espaço físico.

Para tocar músicas no modo 'playback' do instrumento, é requerido um número maior de teclas; em média, são necessárias 30,1 teclas por música. Isso acontece em função da repetição de notas idênticas ao longo da melodia. No entanto, 90% das músicas podem ter seu primeiro verso tocado, em 'playback', com 12 teclas ou menos. Assim, nessas músicas, é possível que sejam tocados de modo automatizado todos os primeiros versos, e que, com as mesmas teclas, o usuário possa executar todo o resto da música no modo 'manual'.

#### 4.4.1.1 Revisão da opinião dos especialistas e definição

Como visto na análise do protótipo digital inicial, o sentimento geral era de que o número de teclas disponível nas primeiras versões da simulação, doze, era suficiente para a grande maioria das operações testadas. Alguns músicos solicitaram a inclusão de teclas adicionais, que foi liberada até 300 teclas; ainda assim, não houve situações em que fossem utilizadas mais do que 20 teclas.

Com base na análise das músicas, no entanto, doze teclas se mostraram suficientes. Além disso, ainda existe a possibilidade de oferecer conjuntos adicionais de teclas para pós-venda, a ser discutida posteriormente no trabalho. Assim, a partir dessas informações, **fica determinado inicialmente em 12 o número de teclas que acompanham o instrumento**. O número ainda está sujeito a modificações, se necessárias devido às definições subseqüentes.

#### **4.4.2 Funcionamento e alimentação**

Como previsto na apresentação inicial da proposta e validado com o protótipo inicial, cada tecla tem seu funcionamento baseado na movimentação horizontal e ao giro relativos à central, na sua orientação (normal ou de cabeça para baixo), e no pressionamento de sua superfície (relativo ao qual é medida a pressão exercida pelo usuário). Além disso, as teclas não estão fisicamente conectadas com a central ou entre si, e devem ser carregadas previamente à utilização.

Para garantir essas funcionalidades, alguns componentes são necessários. A seguir, são apresentadas soluções para os problemas de projeto relacionados.

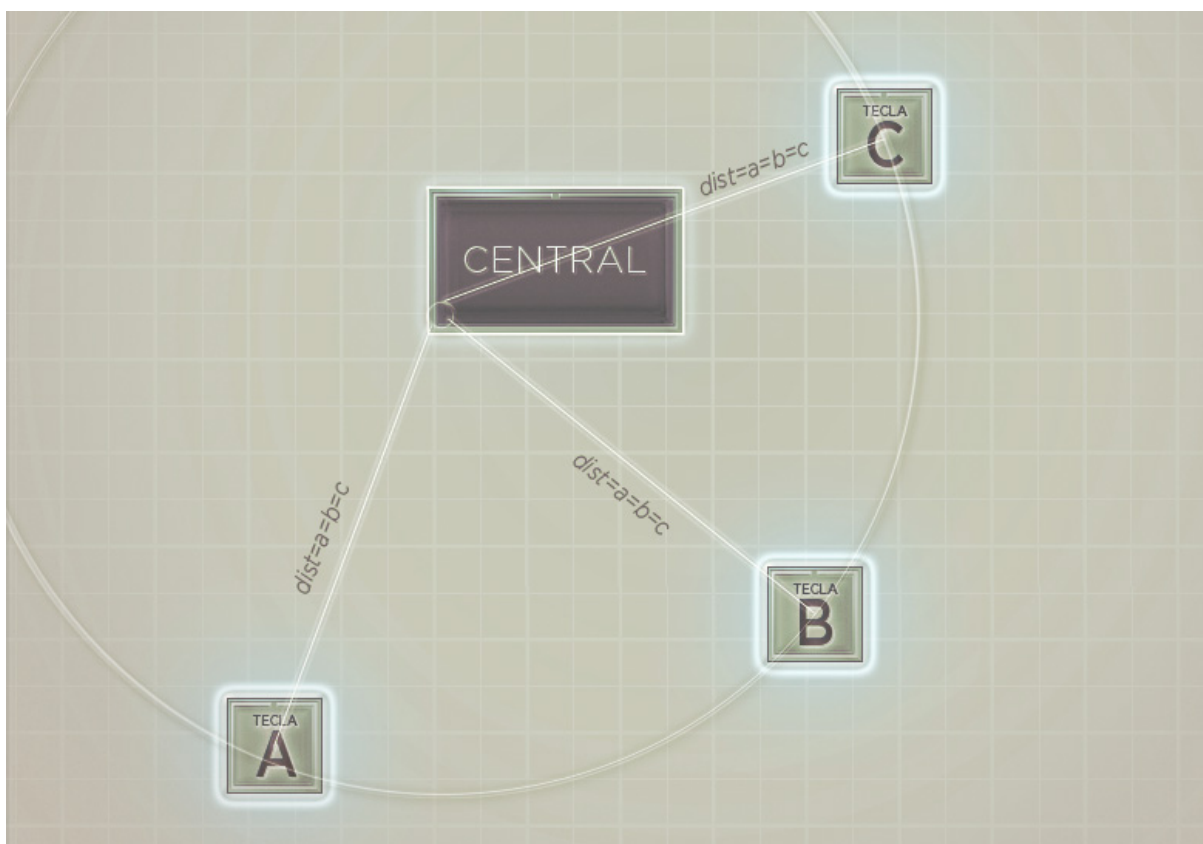
##### *4.4.2.1 Posição relativa entre as teclas e a central*

Em primeiro lugar, é preciso determinar a posição das teclas em relação a central. Caso houvesse uma superfície com sensores sobre a qual as teclas deveriam ser posicionadas, essa medição poderia ser imediata, mas, por questões de portabilidade, simplicidade de operação e versatilidade do produto, essa superfície não é disponibilizada. Outra solução que forneceria a localização da tecla de maneira imediata seria a utilização de conectores físicos entre cada peça, mas esta também não é adequada aos requisitos traçados.

Resta, portanto, a utilização de um sistema de comunicação remota. Havendo emissores de sinal em cada tecla e um receptor na central, é possível calcular a distância absoluta de cada peça a partir da análise do tempo de resposta do sinal. No entanto, a distância absoluta não é suficiente, já que se pretende que o movimento em cada eixo horizontal controle atributos diferentes do som. A Figura 33

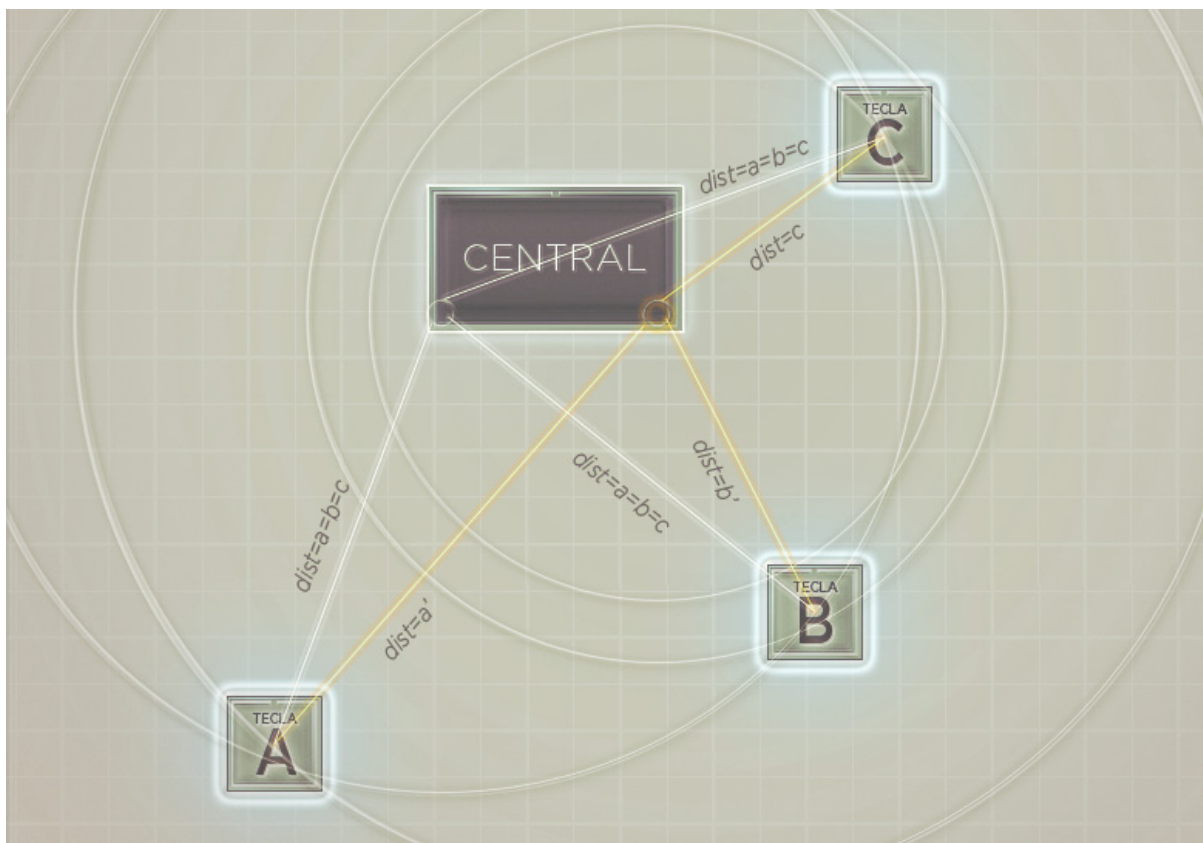


demonstra que teclas em posições muito diferentes retornam valores idênticos para a distância, o que não é satisfatório.



**Figura 33: determinação da posição a partir de um receptor**  
**Fonte: Autor (2011)**

Assim, faz-se necessária a utilização de pelo menos dois receptores na central, de modo que seja possível triangular a posição de cada uma das peças. Convém ressaltar que não é necessária a comunicação *entre* as peças, já que é a central que é responsável pela geração dos sons, uma vez recebidas as informações necessárias. A Figura 34 demonstra que dois receptores são suficientes para a determinação da distância horizontal em dois eixos. No entanto, vê-se que, apesar de os valores estarem corretos para todas as teclas, é impossível determinar de que lado da central as teclas estão. Essa informação é imprescindível para que se saiba, por exemplo, a altura das notas que cada tecla deve representar. Assim, dois receptores também não são suficientes.



**Figura 34: determinação da posição a partir de dois receptores**

Fonte: Autor (2011)

Nesse ponto, apresenta-se a possibilidade de utilizar o receptor de uma segunda tecla para obter a posição absoluta da tecla sendo analisada. No entanto, como mostra a Figura 35, a utilização desse recurso pode ocasionar situações em que ainda não é possível determinar o lado da tecla em relação à central, devido à simetria das teclas.

Resta, assim, como alternativa de projeto, a utilização de três receptores na central, posicionados intencionalmente desalinhados. Como mostra a Figura 36, todas as teclas estão posicionadas de maneira absoluta, sem possibilidade de ambigüidade na informação recebida.

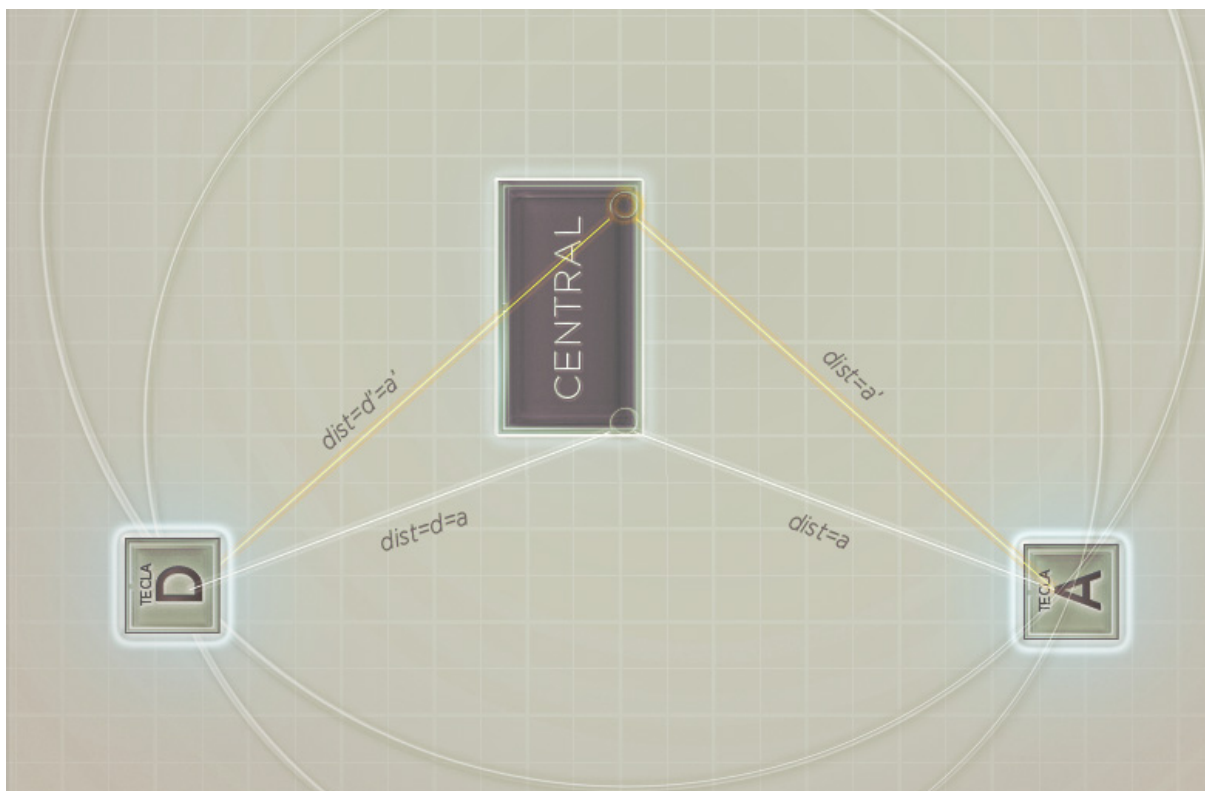


Figura 35: determinação da posição a partir de dois receptores e a ambigüidade da simetria  
Fonte: Autor (2011)

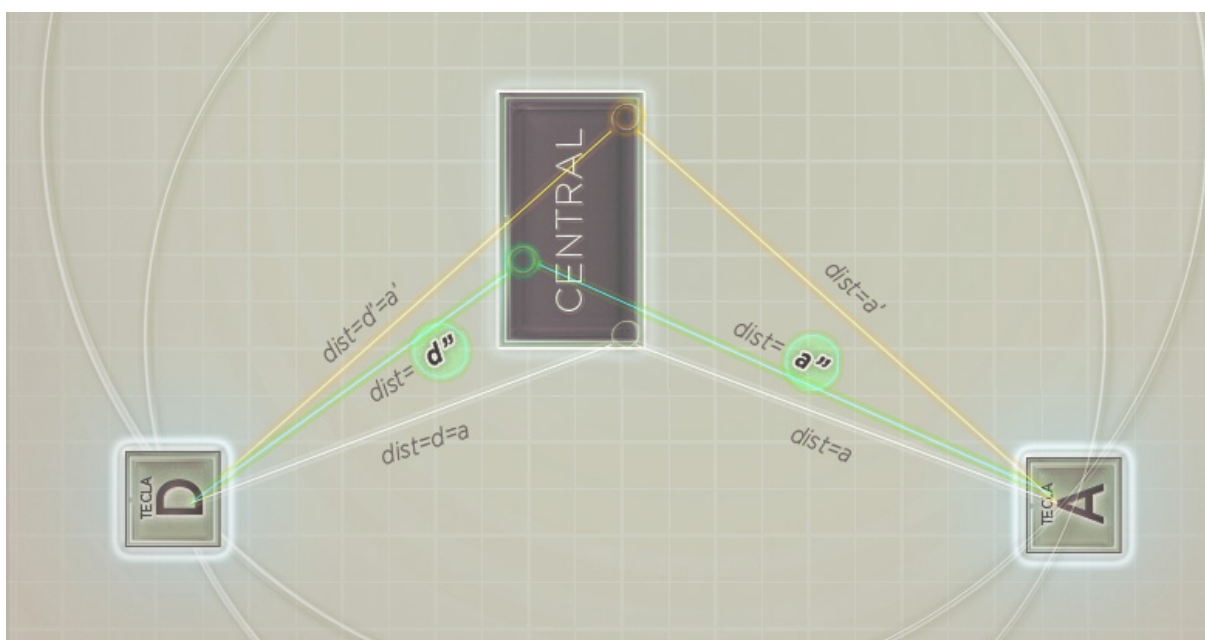


Figura 36: determinação da posição a partir de três receptores  
Fonte: Autor (2011)

Assim, fica especificado que, para determinar a posição das teclas, são necessários três transmissores (que não devem ser posicionados em linha) na central, e um transmissor em cada tecla, a ser posicionado em seu centro

**geométrico.** A partir desse sistema, a posição pode ser triangulada com base no tempo de resposta de cada receptor. Os transmissores a serem utilizados são módulos wireless que atuam por radiofrequência.

#### 4.4.2.2 *Rotação relativa entre as teclas e a central*

Para obter o giro relativo entre cada tecla e a central, é necessário haver um sensor em cada uma das peças. A informação obtida pelo sensor é então repassada à central, e o som é controlado a partir destes parâmetros. Para garantir o funcionamento, os valores calculados pela central não precisam ser retransmitidos à tecla; entretanto, a informação é importante para o usuário.

Um dispositivo possível para a obtenção da rotação da tecla/central é o acelerômetro. O dispositivo mede a aceleração *local* sobre um objeto. Assim, se colocado sobre uma superfície, será medida a aceleração da gravidade; se estiver em queda livre, no entanto, passa a estar em um referencial em que não tem peso e, portanto, não consegue medir a aceleração. Acelerômetros podem medir a aceleração em até três eixos.

Acelerômetros são relevantes em produtos em que é requerida a variação da aceleração de um objeto a cada dado instante, como em um jogo de corrida em um smartphone, por exemplo. Em outras palavras, é possível obter, de um acelerômetro, o quanto um objeto se movimentou *durante o período em que o acelerômetro estava funcionando e transmitindo informação*. Se o fornecimento de energia ao acelerômetro for cortado, ou se a transmissão for interrompida por qualquer motivo, todo o movimento do objeto no período de interrupção não será registrado.

No caso deste instrumento, é necessário obter valores absolutos da rotação de cada tecla na superfície, e compará-los com a rotação da central. Para se utilizar um acelerômetro neste projeto, seria necessário ter as teclas constantemente ligadas e transmitindo sua aceleração, ou haveria perda de informação, e teclas com rotações diferentes poderiam indicar valores idênticos. Assim, não é viável a utilização de acelerômetros para esse fim, já que essa regularidade e precisão na transmissão não podem ser garantidas.

Uma alternativa para a determinação da rotação absoluta da tecla é a utilização de um giroscópio. Giroscópios são dispositivos para medir e manter orientação de objetos, baseados nos princípios de conservação de momento angular. Em um giroscópio tradicional, um disco é posicionado em um eixo que é livre para assumir qualquer orientação (por estar, ele próprio, preso a outros eixos livres), independentemente do movimento da plataforma em que está montado. Giroscópios modernos e eletrônicos têm princípios de funcionamento diferente, mas podem ser usados para o mesmo fim. Com um giroscópio, tem-se uma referência absoluta a partir da qual se pode medir a rotação de um objeto; giroscópios mais baratos, no entanto, podem requerer que estejam ligados durante todo o tempo de uso para que possam fornecer uma informação consistente sobre a orientação relativa entre objetos. Assumindo-se um giroscópio de três eixos, é possível medir o giro nas três coordenadas.

Uma terceira solução possível é a utilização de magnetômetros, que percebem o campo magnético da Terra e atuam como bússola digital. Com a informação sobre onde está o norte, é possível determinar a rotação de todas as teclas frente ao mesmo referencial, e obter assim a rotação relativa. O dispositivo é freqüentemente usado em smartphones.

Assim, fica especificado que **o sistema para a determinação do giro das teclas será um magnetômetro integrado a um giroscópio**. Tanto o magnetômetro quanto o giroscópio são utilizados para a obtenção de uma informação precisa sobre o giro da tecla; o giroscópio serve também ao propósito de determinar a orientação (o lado) de cada tecla. Cada tecla e a central contêm um conjunto magnetômetro/giroscópio próprio, que transmite seus dados para a central, que por sua vez determina o giro relativo.

#### 4.4.2.3 *Orientação das teclas*

A orientação da tecla é necessária para determinar se ela está ligada ou não para o modo 'playback'. Para saber se uma tecla está 'de cabeça para baixo' ou não, uma série de soluções é possível. Em primeiro lugar, pode-se fazer uso de sensores por pressão, que são acionados apenas em um lado da tecla. Nesse caso, no entanto, pode haver problemas no caso da utilização do produto em superfícies irregulares,

em que não ocorre o acionamento adequado do sensor. O mesmo problema se aplica à utilização de sensores óticos. Em superfícies lisas e opacas, um sensor ótico não captaria luz na face que está em contato com o chão, podendo indicar assim o lado que está para baixo. Se a superfície for transparente ou irregular, no entanto, a leitura fica prejudicada.

Como alternativa, pode ser utilizado um inclinômetro, que mede a inclinação de um objeto em relação ao horizonte. O dispositivo é freqüentemente usado em câmeras, carros, aeronaves e ferramentas de engenharia, e tem seu funcionamento atrelado à ação da gravidade. Para este projeto, seria suficiente e viável para a determinação da orientação da tecla. No entanto, essa informação já pode ser obtida do giroscópio utilizado para a determinação do giro da tecla, assumindo que este seja um giroscópio de três eixos. A precisão obtida pelo giroscópio é menor do que a que é possível com a utilização de inclinômetros, mas não é um parâmetro importante neste caso: como só são possíveis duas orientações para a tecla (de cabeça pra baixo ou não), a precisão fornecida pelo giroscópio é suficiente.

Assim, fica especificado que **o sistema para a determinação da orientação das teclas será o mesmo utilizado para a determinação da rotação: um giroscópio.**

#### 4.4.2.4 *Acionamento das teclas*

Como descrito anteriormente, as teclas podem ser tocadas tanto pelo pressionamento da superfície, no modo 'teclado', quanto automaticamente a partir da central, no modo playback. Para que o acionamento dessas teclas seja possível, uma série de dispositivos é requerida.

No modo 'playback', o acionamento já é garantido pela utilização do giroscópio (que, pela orientação, determina se a tecla está ligada ou não) e a troca de informações com a central. A informação sobre este acionamento é exibida na tecla.

No modo 'teclado', para que se tenha controle da duração e da intensidade da nota, é preciso utilizar um sensor de pressão. Ao se apertar a superfície da tecla, há um recuo sutil, de até 0,25 cm, no intuito de fornecer feedback para a operação do usuário; a tecla oferece leve resistência à pressão do usuário, e retorna à posição original quando solta. A superfície passível de ser pressionada tem leve elevação se

comparada à superfície geral da tecla, de modo que, mesmo quando a tecla está virada de cabeça para baixo, pode ser apertada e ter o sensor de pressão ativado pelo contato com o chão.

Desta forma, para obter a funcionalidade pretendida, **o sensor selecionado é um potenciômetro linear deslizante, capaz de retornar sozinho à posição original na ausência de pressão**, e acoplado a uma das faces de cada uma das teclas.

#### 4.4.2.5 *Alimentação das teclas e da central*

Como determinado nas especificações de projeto, o produto deve ser capaz de funcionar por até três horas sem acesso a energia elétrica. Para tanto, deve ser carregado previamente, e precisa contar com algum tipo de bateria. Como a alternativa sendo desenvolvida prevê a existência de teclas destacáveis e sem-fio, é necessário um sistema de carregamento das teclas, e a utilização de bateria em cada uma delas.

**Para a fornecimento de energia à central, será utilizada fonte de alimentação conectada à tomada.** Quando conectada, a central é capaz de carregar simultaneamente tanto as teclas quanto a sua própria bateria.

O carregamento da bateria da central é feito internamente, sem exposição da operação para o usuário. O carregamento das teclas, no entanto, deve ser feito na parte externa do aparelho, uma vez que precisa-se carregar todas as teclas ao mesmo tempo não só por comodidade mas para que estejam disponíveis e igualmente carregadas no momento do uso.

Para o carregamento das teclas, uma alternativa é a utilização de conectores físicos. Para isso, cada tecla deve possuir duas entradas, inferior e superior, para que possa se conectar tanto ao módulo de baixo quanto ao de cima. Isso acontece porque, como a utilização de doze espaços para o carregamento individual de teclas não é viável frente às especificações já traçadas, resta a alternativa de ter as teclas empilhadas e conectadas em seqüência entre si a partir da central. No entanto, desta situação aparecem alguns problemas de segurança. Como todas as teclas são idênticas, ocorre que mesmo a tecla mais acima no momento do carregamento também conta com dois conectores, mas apenas um deles estaria de fato sendo

utilizado. O segundo conector estaria exposto e oferecendo risco de choque elétrico ao ser tocado pelo usuário.

Uma segunda alternativa é a utilização de carga por indução magnética. Nesse sistema, o carregador conectado à tomada envia um sinal contínuo em busca de um sinal eletrônico compatível; essa troca de informações pode ser feita pelos transmissores já instalados no aparelho. Quando identificado, o carregamento inicia. Dentro do carregador, um fio de cobre enrolado em helicóide e com material ferromagnético no interior atua como bobina, transformando a corrente elétrica vinda da tomada em campo magnético. Em cada componente que se pretende carregar, uma outra bobina, ao alcance da primeira, recebe voltagem, no que ocorre a indução eletromagnética. O sistema é seguro para o usuário, uma vez que não apresenta conectores aparentes. Além disso, facilita significativamente a operação por parte de crianças, já que a única ação necessária é a colocação das teclas junto à central ligada. A indução magnética é usada em diversos produtos, como aparelhos celulares, controles-remotos, videogames e até corações artificiais, carros elétricos e escovas de dentes elétricas.

Assim, **fica definido o carregamento da bateria das teclas pelo processo de indução magnética. O processo também será aplicado ao carregamento da bateria da central**, já que a tecnologia já estará implementada no produto.

Cada tecla é dotada de uma bateria, suficiente para a operação por até 3 horas. O mesmo é verdade para a central do aparelho. **Determina-se a utilização de baterias de lítio-polímero, recarregáveis**. As baterias são largamente utilizadas na indústria de eletrônicos portáteis devido ao tamanho reduzido e à flexibilidade de configurações disponíveis, além do tempo aumentado de vida útil.

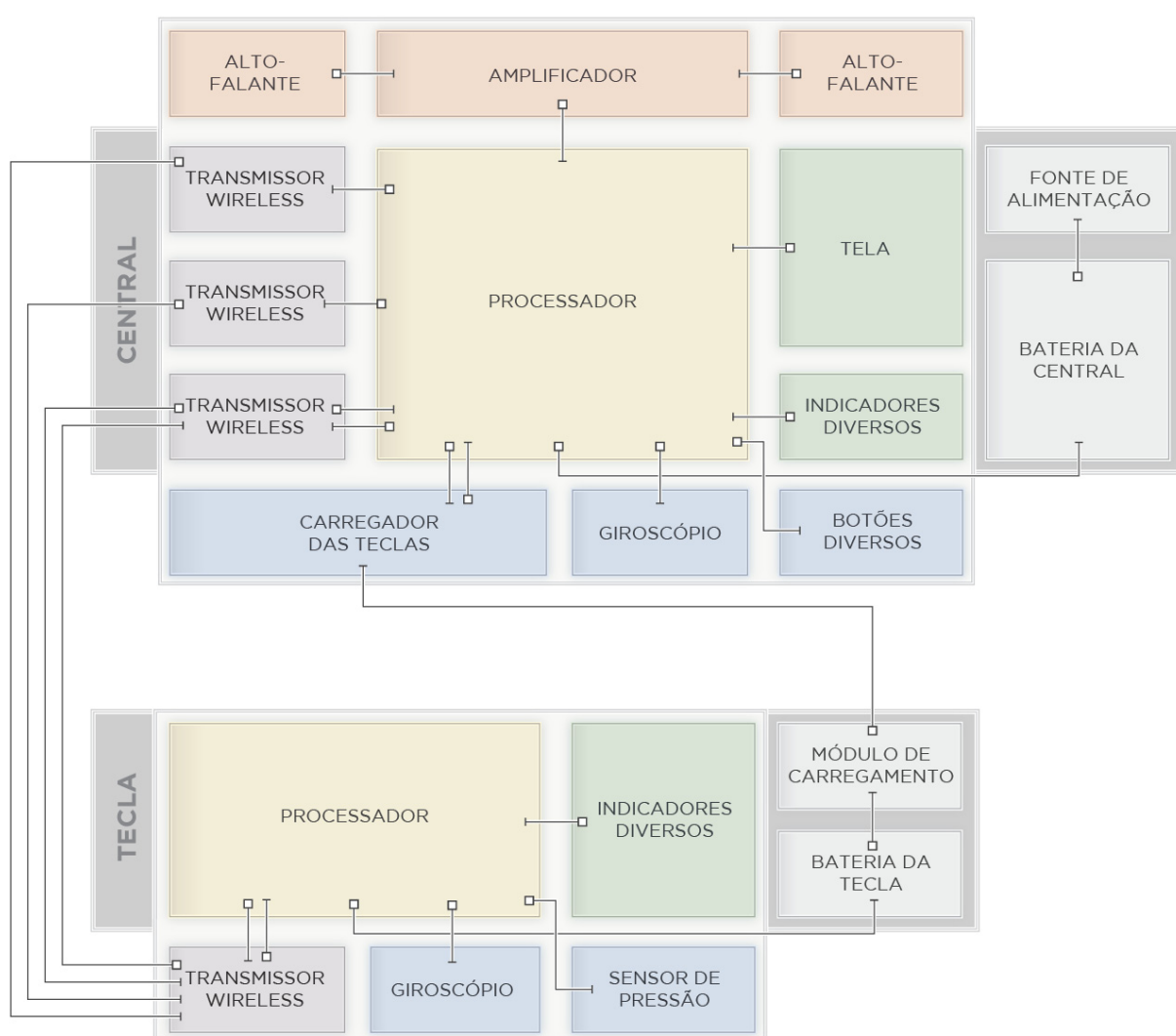
#### 4.4.2.6 *Controle e organização dos componentes*

Para o funcionamento do produto, é preciso receber as informações de cada componente e controlá-las via software, transmitindo os comandos necessários a cada parte. Para obter esse controle, sugere-se a utilização de microprocessadores, tanto para as teclas quanto para a central do aparelho. Microprocessadores têm tamanho bastante reduzido, e são utilizados para funções equivalentes em diversos



produtos eletrônicos similares, de *smartphones* a televisões digitais, e ocupam mínimo espaço físico.

**Assim, a partir dos módulos já especificados e das funcionalidades previstas, fica determinada a necessidade do uso de microprocessadores nas teclas e na central.** A Figura 37 apresenta o papel desempenhado pelos processadores em ambos os casos, e relaciona as entradas e saídas previstas. Alguns dos componentes listados podem sofrer modificação nas etapas subseqüentes de definição de sistemas.



**Figura 37: relação de componentes e papel dos processadores**  
**Fonte: Autor (2011)**

### 4.4.3 Configuração das teclas

Com os mecanismos de funcionamento definidos, é necessário determinar o formato das teclas, seu tamanho, e a disposição dos elementos interativos sobre o corpo da tecla (a interface).

#### 4.4.3.1 *Formato e tamanho das teclas*

De acordo com as especificações de projeto, todas as peças soltas devem ter dimensões suficientes para que não passem por um orifício de 5 cm de diâmetro; ou seja, necessitam ter mais do que 5cm de extensão em pelo menos duas dimensões. Ao mesmo tempo, não devem ser grandes a ponto de requerer um espaço físico excessivo para a utilização, e tampouco devem ultrapassar as dimensões gerais de 20x20x40cm quando guardadas.

Com base nesses dados, estipula-se uma altura de não mais do que 3 cm para cada tecla, de modo que, empilhadas, as doze unidades não ultrapassem 36 cm. Assumindo-se que, quando recolhidas, as peças serão posicionadas sobre a central, restam pelo menos 4 cm de altura para a central do aparelho,

Para as duas dimensões horizontais da tecla, tem-se então 5 e 20 cm como valores mínimo e máximo possíveis. Resta portanto definir o formato e a dimensão adequados para as peças.

Como visto, o giro das teclas determina a duração das notas; são possíveis quatro durações, cada qual representando o dobro da duração anterior. Estes são valores discretos, em intervalos de 90 graus. Em primeira análise, parece interessante ter teclas com dimensões diferentes em cada eixo (em formato retangular, por exemplo), de modo que uma rotação possibilite que a dimensão maior se alinhe com a linha do tempo da música; esse comportamento facilitaria a percepção de que a duração da nota aumentou, já que a dimensão no eixo do tempo também aumentaria. No entanto, um giro subsequente faria com que novamente a dimensão menor se alinhasse ao eixo do tempo, e a duração da nota teria novamente aumentado. Esse comportamento não é intuitivo, e deve ser evitado no projeto.

Assim, sugere-se teclas com dimensões idênticas nos eixos horizontais; teclas quadradas ou redondas atendem a essa especificação. Teclas redondas, no entanto, trazem dificuldades para visualizar o alinhamento, já que não fornecem referências claras para o posicionamento em cada uma das 4 rotações possíveis. Teclas quadradas, por outro lado, podem ser facilmente alinhadas e posicionadas lado a lado.

Fica determinado, portanto, que as teclas têm formato quadrado, com até 3 cm de altura, e lado maior com tamanho entre 5 e 20 cm. Para determinar essa dimensão, é interessante observar o comportamento das teclas durante a composição de uma música. Como visto anteriormente quando da definição do número de teclas, as músicas infantis analisadas têm um alcance médio de 10,7 semitons. Se pretende que o tamanho de cada tecla seja idêntico à distância necessária para a variação da nota em um semitom. Assim, para cobrir 10,7 semitons, seria necessário ocupar um espaço equivalente a 10,7 vezes a dimensão da tecla. Sendo esse valor 5 cm, chega-se à 53,5 cm; sendo ele 20 cm, chega-se a 2 metros e 14 cm.

De acordo com os dados antropométricos para a segurança de crianças no design de produtos dos EUA (SNYDER et al, 1977), o alcance frontal para crianças de 5,5 a 6,5 anos, de ambos os sexos, é de 44,4 cm para o quinto percentil, e de 53,5 para o nonagésimo quinto percentil; a média é de 48,5 cm. A distância é medida do tórax à mão fechada, estendida em frente ao corpo.

O alcance lateral de um braço, para a mesma faixa etária, é de 56,7 cm para o quinto percentil, e de 69,2 para o nonagésimo quinto. A média é de 63,5 cm. A distância é medida a partir do limite lateral tórax, até a extensão do braço oposto, estendido lateralmente; ou seja, considera apenas um braço.

A partir dessas dimensões, tem-se que, quanto menor o tamanho da tecla, mais fácil será para que a criança seja capaz de alcançá-la sem ter que se levantar. Como visto, para uma dimensão de tecla de 5x5 cm, tem-se uma abrangência de 53,5 cm para a escala média pretendida. Essa distância está dentro do valor de alcance lateral para um braço para as crianças mais novas da faixa etária trabalhar, do quinto percentil; isso quer dizer que, para todos os efeitos, todo o público-alvo consegue ter alcance completo em uma situação regular de uso.

Para uma dimensão de 6x6 cm, por exemplo, o valor da abrangência das teclas chega a 64 cm; para lados maiores, este número aumenta. O número não é excessivo, uma vez que deve-se considerar que o valor de alcance apresentado é para apenas um braço; contudo, para que o alcance do usuário seja significativamente maior, haver-se-ia que estender ambos os braços possivelmente simultaneamente, e supor coordenação motora suficiente em ambos os membros. Como visto ao longo da fundamentação teórica deste trabalho, a coordenação motora da criança pode ainda não estar plenamente desenvolvida. Assim, neste sentido, um valor entre 5 cm e 6 cm de lado é preferível.

Ao mesmo tempo, o comprimento da mão de uma criança da faixa de 5,5 a 6,5 anos, de ambos os sexos, é de 11,4 cm para o quinto percentil, e 13,4 para o nonagésimo quinto. O valor é medido da base da palma à ponta dos dedos esticados. A largura da mão, para a mesma faixa e percentis, é de 5,3 cm e 6,5 cm, respectivamente. Para crianças de 8,5 a 9,5 anos, tem-se valores mínimo e máximo de comprimento de 13 e 15,9 cm, e, de largura, de 5,9 e 7,8 cm. Convém que a tecla caiba na mão aberta de todo o público-alvo, para que seja de mais fácil transporte, especialmente quando é carregada mais de uma tecla. Frente a esses valores, a dimensão máxima não deve ser significativamente maior do que 5,3 cm.

A extensão da 'pega' de um usuário é medida na distância entre a falange média do dedo médio e a falange média do polegar, sendo essas mantidas paralelas. Efetivamente, dá a largura máxima de um objeto que pode ser segurado pelo usuário nessa maneira. Para uma criança da faixa de 5,5 a 6,5 anos, de ambos os sexos, esse valor é de 5 cm para o quinto percentil, e de 8,4 para o nonagésimo quinto percentil. Para uma criança da faixa de 8,5 a 9,5 anos, de ambos os sexos, esse valor é de 6,5 cm para o quinto percentil, e de 9,5 para o nonagésimo quinto percentil. Vê-se aqui, novamente, que a dimensão de 5 cm aproxima-se da ideal. No entanto, como a espessura já foi definida em menor do que 3 cm, sabe-se que, mesmo que sejam maiores, as teclas podem ser seguradas lateralmente, em grupo, diagonalmente, ou ainda com ambas as mãos.

Também importante para esta especificação, o comprimento do dedo indicador para crianças de 5,5 a 6,5 anos, de ambos os sexos, é de 4,2 cm para o quinto percentil, e de 5,5 para o nonagésimo quinto percentil. O diâmetro do dedo, para a mesma

faixa e percentiis, é de 0,95 cm e 1,18 cm, respectivamente. Para crianças de 8,5 a 9,5 anos, o valor chega a 1,11 cm e 1,35 cm, respectivamente. Nesse sentido, é interessante que as teclas não tenham espessura inferior à dos dedos, por questões de conforto e para facilitação da pega. Teclas mais espessas também minimizam o risco de acidentes, já que reduz-se a possibilidade de haver cantos pontiagudos.

**Assim, fica determinado para as teclas o formato ideal de prisma quadrado com lado entre 5 e 6 cm, e espessura de até 3 cm.** A altura da tecla não deve ser inferior a 1,5 cm, para que tenha seu caráter volumétrico facilmente evidenciado, para minimizar o risco de acidentes, e para que possa ser facilmente segurada. As dimensões estão sujeitas a pequenas alterações, caso requeridas para que possam ser incluídos os componentes técnicos necessários ao funcionamento. Sugere-se cantos arredondados, conforme as especificações de segurança.

#### 4.4.3.2 *Elementos da interface das teclas*

As seguintes operações podem ser realizadas pelas teclas: modificar a nota associada, modificar a duração associada, modificar a posição na linha do tempo associada, controlar se a tecla está disponível para 'playback' ou não, e tocar a nota associada durante o período em que está apertada (controlando também o volume e a duração). O status de todas as operações deve ser exibido, de alguma maneira, no corpo da tecla, para que seja evidente para o usuário. A realização dessas operações não se dá por meio da interface, mas sim pela manipulação da própria peça, como descrito nas seções precedentes.

A condição da tecla (ligada/desligada) é determinada pela própria orientação, e não precisa ser representada na interface gráfica. A posição das teclas na linha do tempo é representada pela posição horizontal, e pode, mas não precisa, ser representada graficamente. Resta representar imprescindivelmente, portanto, a **duração da nota**, a **nota**, e o **status** de 'tocando' ou 'em silêncio'. É interessante representar também a **afinação da nota** (a distância para o valor absoluto das notas da escala cromática), já que é possível utilizar o instrumento no modo contínuo. Também é importante ao usuário receber uma **representação de onde se encontra a linha do tempo** dentro da duração da própria tecla, para que saiba por quanto tempo a tecla ainda irá tocar; no entanto, a informação não é imprescindível.

Foram feitos estudos quanto à disposição destes dados na tecla. O nome da nota sendo tocada é a informação mais importante; em um teclado tradicional, por exemplo, é a *única* destas informações que aparece evidenciada. Assim, deve aparecer em destaque e com boa legibilidade. Para a representação do nome das notas, usa-se, tanto por motivos de economia de espaço quanto para a familiarização com a linguagem mais utilizada, as letras de 'C' a 'G#' (dó a sol sustenido) e de 'A' a 'B' (lá a si). Sugere-se também que sejam utilizadas cores na apresentação destas notas, como já foi testado e validado no primeiro protótipo digital. Cada nota tem uma cor associada, e notas intermediárias (com variação microtonal às notas da escala cromática) são representadas por cores também intermediárias. Além de ser divertido e auxiliar na leitura rápida da informação, esse sistema oferece uma maneira (sutil) de conferir a afinação das notas.

A informação sobre se a tecla está atualmente sendo pressionada ou tocando também é importante do ponto de vista da usabilidade, e precisa ser facilmente legível. Sugere-se a não-utilização de símbolos, haja vista que a decodificação destes símbolos representa maior complicação para o entendimento. Para a apresentação deste dado, portanto, optou-se pelo aumento da intensidade da cor/brilho da tecla como um todo, de modo que teclas em silêncio produzem menor brilho que as sendo tocadas. Para teclas sendo pressionadas, a representação de volume se dá da mesma forma.

Para apresentação da duração da nota, sugere-se a representação por meio de 'barras', em que o número de barras representa o número de 'batidas' por que a nota irá soar (de 1 a 4). Para que se possa mostrar o andamento da linha do tempo ao longo da duração da nota, opta-se por subdividir as barras, e preenchê-las gradualmente para denotar completude.

Assim, a Figura 38 apresenta uma representação da hierarquização destas informações e seus sistemas de representação. A figura não traz a posição, o aspecto ou o tamanho finais de cada um dos elementos, tampouco sugere-se que haja uma tela ou painel como o apresentado; a imagem serve apenas ao propósito de ilustrar como deve acontecer a leitura das teclas por parte do usuário. São apresentadas, em ordem: uma tecla ligada, uma tecla ligada e tocando, uma tecla ligada e um semitom abaixo das demais, e uma tecla desligada.



**Figura 38: determinação da posição a partir de três receptores**  
**Fonte: Autor (2011)**

#### **4.4.4 Configuração da central**

Foram determinados os mecanismos básicos necessários à operação do instrumento, que garantem a obtenção das informações de cada tecla. Ainda é necessário definir o tamanho, o formato e a disposição dos elementos da interface da central.

##### *4.4.4.1 Formato e tamanho da central*

Além das especificações de projeto que determinam as dimensões máxima e mínima do produto, já foi determinado que, sendo a altura das teclas o valor máximo de 3 cm (ainda incerta em dependência das dimensões dos componentes internos), a altura da central fica limitada em até 4 cm. Pela mesma justificativa aplicada às teclas, determina-se que a altura mínima da central seja de 1,5 cm.

Resta determinar as dimensões horizontais da central, obrigatoriamente entre 5 e 20 cm, e o formato. Por motivos de conformidade com as formas das teclas, sugere-se um formato quadrado ou retangular.

A central deve ser capaz de integrar em si as teclas (possivelmente empilhadas), para que possam ser carregadas quando a central estiver conectada à tomada. Assim, o local para o carregamento das peças deverá ocupar, pelo menos, um espaço quadrado de 5x5 cm no corpo da central. Desta forma, sugere-se um formato retangular para a central onde um lado tem o dobro do comprimento do outro, e em que metade da superfície esteja alocado para o carregamento das teclas, e o restante contenha os dispositivos de interação.

Com isso, **determina-se para a central as dimensões máximas de 20 x 10 x 4 cm, e o formato geral de prisma retangular**. As dimensões mínimas para a central são de 12 x 6 x 1,5. A definição precisa dos valores fica sujeita à determinação dos componentes internos da central e das teclas.

#### 4.4.4.2 *Elementos da interface da central*

Diferentemente das teclas, em que toda a operação é feita pela manipulação do objeto como um todo, na central são utilizados também botões. Além de servir de referência para a posição e o giro das teclas e conter o local para o carregamento das teclas, a central é responsável pelas seguintes operações: liga/desliga de todo o instrumento; play/pause da música; controle do volume global; controle do tempo global; controle da aproximação ou não das notas à nota discreta da escala cromática mais próxima; controle da aproximação do tempo das teclas ao valor pré-definido mais próximo; salvar a música configurada pelo usuário; carregar músicas pré-configuradas. Cada uma das operações deve poder ser feita através de um botão ou outro dispositivo equivalente posicionado na própria central. Além disso, como previsto anteriormente, deve haver uma tela na qual é registrado o posicionamento de todas as teclas na linha do tempo, com um marcador denotando o tempo presente.

A começar pelo espaço para o carregamento das teclas, deve haver uma indicação luminosa, ilustrada por ícone gráfico e/ou por informação textual, para a existência de teclas carregando e o status do carregamento. De maneira semelhante, deve haver uma indicação luminosa exclusiva para o carregamento da própria central, também com ilustração gráfica e/ou textual. Nesta indicação, deve-se ter a possibilidade de informar que: 1) o carregamento da central está sendo efetuado; 2)



a central está carregada e conectada; e 3) a central não está conectada e está com determinado percentual de carga. Para o status de completude da carga, indica-se a divisão em 4 estágios: quase sem carga, parcialmente carregada, quase totalmente carregada, e integralmente carregada.

Para as operações de play/pause e liga/desliga, indica-se a utilização de botões com ilustração gráfica e textual. Quando ligados/acionados, os botões devem ter indicação luminosa.

Para o controle de volume, indica-se a utilização de botões deslizáveis ou giratórios. O controle do volume por meio do giro de um botão é padrão não só em instrumentos como em outros utensílios do dia-a-dia; a utilização de controles ou botões deslizáveis também é freqüente em produtos como mesas de mixagem.

Para o controle da velocidade da música, também indica-se a utilização de botões deslizáveis ou giratórios. Foi pensada a utilização de controle por meio de dois botões, para aumentar e reduzir o andamento, já que oferecem maior precisão. Porém, optou-se pela utilização do mesmo sistema do controle do volume, para manter a padronização e não requerer do usuário maior familiarização.

Para o controle da aproximação para a altura da nota e para o tempo da nota, é indicada a utilização de um botão que representa 'opções avançadas'. Quando ligado/acionado, o botão deve ter indicação luminosa. A navegação e escolha das opções se dá a partir de botões direcionais e de um botão de confirmação. A opção pelo uso de um menu para configurações especiais tem o intuito de simplificar a operação para o usuário, reduzindo o número de controles aparentes com os quais ele possivelmente não costumará interagir. Ao mesmo tempo, oferece maior flexibilidade àqueles que quiserem usufruir das funcionalidades avançadas do produto.

Para acionar o carregamento de uma música pré-configurada ou gravar a música presentemente configurada na memória do aparelho, é indicada a utilização de um botão que representa 'músicas', com ilustração gráfica e textual. O pressionamento do botão implica no aparecimento, na tela da central, de instruções para o usuário. É possível salvar, carregar e deletar músicas na memória do aparelho. Ao salvar a música atual, o usuário é interrompido com a pergunta quanto a qual 'gaveta' deseja

usar para gravar. Gavetas são espaços na memória do aparelho que podem ser acessados pelo usuário. A escolha da gaveta é feita através dos botões de navegação; a confirmação da operação é feita através do pressionamento do botão de confirmação. O mesmo procedimento é feito para o carregamento de músicas pré-configuradas. Para desistir da operação, o usuário deve apertar novamente o botão de carregar/gravar; instruções na tela indicam as ações necessárias. Os três botões de navegação são posicionados em um mesmo grupo, a fim de indicar que controlam as mesmas funcionalidades.

Finalmente, como já indicado, a tela apresenta uma representação das teclas posicionadas sobre a linha do tempo e seu status. Quando são acionados quaisquer botões da central, a tela momentaneamente exibe informações contextuais relativas à operação executada.

Para todos os botões aqui listados, **fica determinado o diâmetro mínimo de 1,33 cm**, no intuito de que sejam passíveis de serem apertados confortavelmente por todo o público-alvo. Como visto anteriormente, o diâmetro máximo de dedos para o nonagésimo quinto percentil é de 1,33 cm (SNYDER et al, 1977). Todos os botões devem ter elevação frente à superfície da central, e devem recuar quando pressionados verticalmente. Para botões giratórios, fica determinada a utilização de espaçamento para outros botões de pelo menos 1,5 cm, de modo que permita o posicionamento dos dedos, e a utilização de relevo nas bordas no intuito de aumentar a fricção.

#### **4.4.5 Definição do som**

É importante definir quantos e quais sons (timbres) diferentes podem ser produzidos pelo instrumento a partir da utilização das teclas. Além disso, deve-se definir o alcance do volume permitido pelo aparelho. Deve ser determinado também o mecanismo responsável pela produção do som.

A partir do microprocessador, é acionado um amplificador. Para este instrumento, sugere-se a utilização de um amplificador de baixa potência para uso em aplicações de baixa tensão. Amplificadores desse tipo são utilizados tipicamente em sistemas de som para televisão, rádios e mp3 players portáteis, produtos com demanda

compatível com a deste. Além do amplificador, tem-se a necessidade da utilização de um alto-falante para a produção do som audível para o usuário.

Para determinar a potência do alto-falante necessário, pode-se considerar a capacidade de outros teclados eletrônicos. Tipicamente, teclados caseiros amadores têm de 2 a 6 Watts de potência em cada alto-falante, e dois alto-falantes. Teclados profissionais podem ter 11 ou mais Watts de potência, e freqüentemente são utilizados com amplificadores externos de alta potência. Como este é um instrumento para aprendizado e para crianças, **define-se a utilização de dois alto-falantes, e a potência de até 2,5 Watts para cada um.**

Assumindo-se uma fonte puntiforme e um alto-falante de sensibilidade média/baixa (em torno de 87 dB/W.m), pode-se ter uma estimativa do volume em decibéis a determinada distância e frente a determinada potência. Como visto anteriormente, o alcance médio das teclas na superfície, para dimensões possíveis de 5x5cm e frente às músicas infantis analisadas, é de 10,7 semitons, ou 53,5 cm. Calculando-se a partir deste valor e a potência de 2,5 Watts, tem-se uma intensidade máxima de 99 dB na posição determinada. A um metro, o valor cai a 94 dB. Como visto anteriormente na especificação do projeto, o volume máximo não deve ultrapassar 85 dB por períodos prolongados por motivos de conforto e segurança. Assim, deve ser feita uma limitação artificial, via software, no volume máximo do aparelho, ou deve ser utilizado alto-falante de sensibilidade menor (de até 73 dB/W.m para as dimensões aqui mencionadas).

#### **4.4.6 Definição estética**

Foram feitos alguns estudos para a linguagem a ser utilizada nos produtos. A etapa é a última das especificações de sistemas, já que depende das definições necessárias à funcionalidade, mas é especialmente importante para garantir que o produto seja acessível e interessante para o público especificado, e que possa servir de ferramenta didática. Os principais estudos desenvolvidos são apresentados no Apêndice 9.

Foram feitos diversos conceitos com aspecto lúdico, em que as teclas se apresentavam com formas de animais ou de objetos infantis. O intuito era

desenvolver peças que remetessem a objetos familiares e despertassem interesse. Apesar da aparência interessante, nesses conceitos não foi dada ênfase à simetria da forma, e, de modo geral, a legibilidade das informações era severamente prejudicada pela complexidade dos desenhos.

Além disso, segundo as especificações do projeto, dever-se-ia evitar o uso de estética infantilizada (com cores primárias em tons pastéis) e buscar a aparência de objetos e instrumentos de desejo do público alvo. Como visto na apresentação dos painéis semânticos, muitos desses objetos apresentam uso reduzido de cores, e interface simplificada, com indicações visuais claras.

Assim, **fica determinada a utilização de aparência minimalista, simples, reduzindo relevos, botões e cores, e dando destaque às informações dinâmicas necessárias à utilização.** Também consoante com as definições da etapa de Especificação de Projeto, fica determinada a utilização de cores através de sinais luminosos.

## 5. APRESENTAÇÃO DO PRODUTO

O produto se apresenta como um teclado modular em que as teclas não estão conectadas ao aparelho no momento da utilização. Todas as doze teclas são idênticas, e possuem dois lados de cores distintas: branco e preto (Figura 39 e Figura 40). Cada lado representa uma funcionalidade diferente para as teclas.



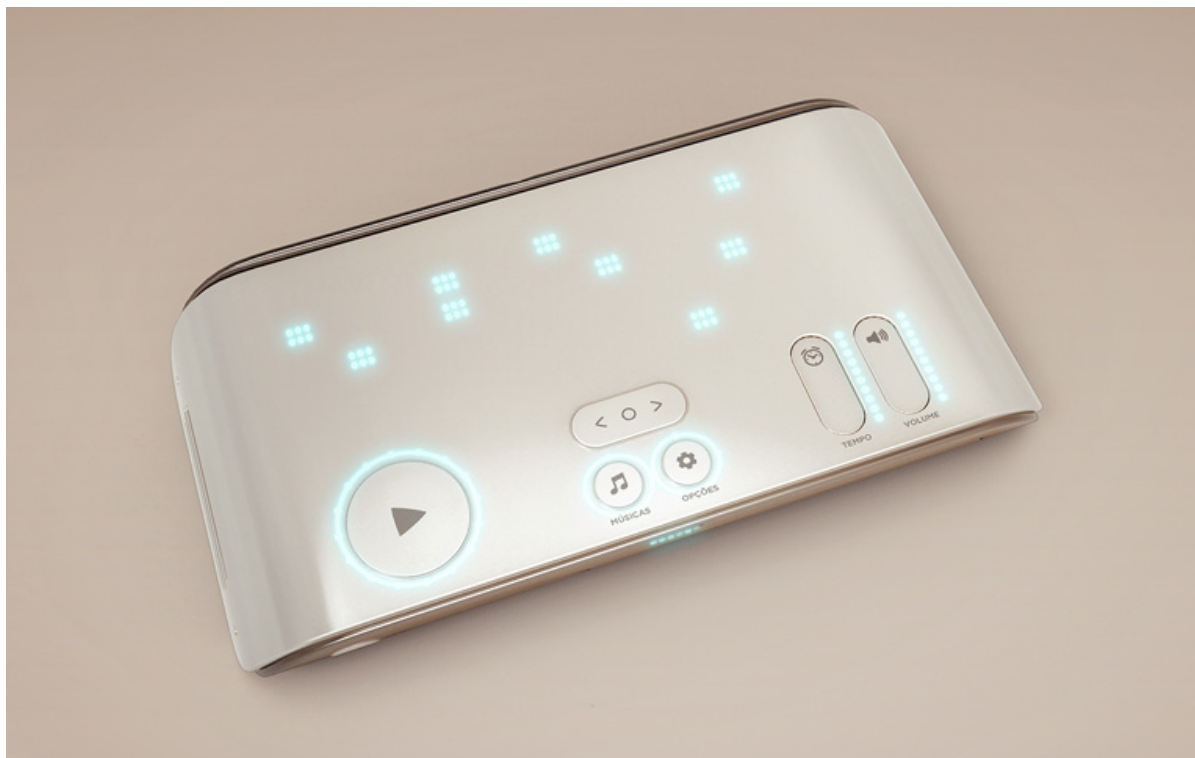
**Figura 39: Tecla: lado branco**  
Fonte: Autor (2011)



**Figura 40: Tecla: lado preto**  
Fonte: Autor (2011)

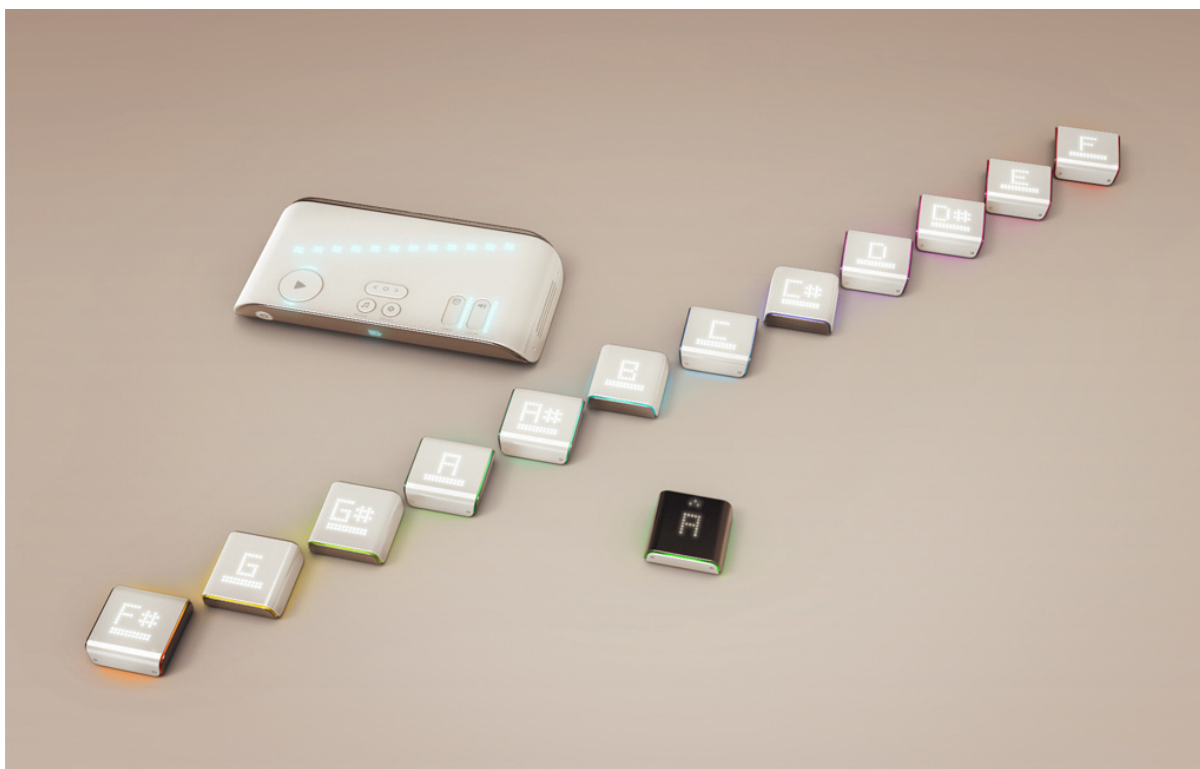
O produto é ligado a partir da 'central', um componente principal de onde é emitido o som, e a partir do qual o usuário pode configurar e executar as músicas, ligar, parar ou desligar o aparelho. É na central também que as teclas são guardadas e

carregadas. A central não precisa estar conectada à tomada para funcionar, e, operando a partir da sua bateria plenamente carregada, tem carga para pelo menos 3 horas de uso. A Figura 41 apresenta a central, com seus botões e interface.



**Figura 41: Central: interface**  
**Fonte: Autor (2011)**

O funcionamento do produto se dá da seguinte maneira: as teclas são posicionadas ao redor da central e, de acordo com a distância em relação a ela, representam notas específicas. Uma tecla próxima à central representa um dó médio (C5, usualmente a primeira nota da escala central de um piano). À medida que se distancia atrás da central, a tecla procede na escala cromática, podendo assumir os próximos valores: dó sustenido, ré, ré sustenido, etc. Da mesma forma, se a tecla se deslocar para a frente da central, assume os próximos valores no outro sentido da escala: si, lá sustenido, lá, sol sustenido, etc. Aumentando-se a distância das teclas para a central, pode-se cobrir até quatro oitavas em qualquer sentido (para um total de pelo menos oito oitavas). Pode-se alcançar, portanto, pelo menos 64 semitons distintos através do posicionamento das teclas. A Figura 42 apresenta a central e as teclas posicionadas na escala. Da esquerda para a direita, têm-se a evolução das notas, de fá sustenido até fá, com o dó médio ao centro.



**Figura 42: Apresentação do produto**

**Fonte: Autor (2011)**

O movimento lateral das teclas em relação à central também é importante na utilização do instrumento. A partir da central, é possível apertar 'play', fazendo com que cada uma das teclas seja tocada em sucessão. Assim, após posicionar as teclas nos locais (e notas) desejados, pode-se tocar automaticamente a música montada. Para determinar a ordem da execução de cada nota, é observada a posição lateral das teclas, da esquerda para a direita. Assim, a tecla mais à esquerda é tocada primeiro, seguida da próxima mais à esquerda, até chegar à tecla mais à direita, em que se encerra esse ciclo de execução. Pela Figura 42, tem-se uma configuração em que serão tocadas, na ordem, as notas: F#, G, G#, A, A#, B, C, C#, D, D#, E e F.

Teclas podem estar posicionadas em dois modos: 'canção' e 'teclado' (branco e preto, respectivamente). Na Figura 42, vê-se uma tecla no modo teclado, em preto, e as demais no modo 'canção'. Teclas no modo canção serão tocadas automaticamente quando o usuário pressionar 'play' na central. Teclas no modo 'teclado' precisam ser pressionadas individualmente para que emitam som; nesse sentido, atuam como um teclado tradicional. Teclas no modo 'canção' também podem ser pressionadas e irão emitir som instantaneamente.

Cada tecla apresenta em si informações sobre a nota que representa, além de uma luz colorida. A cor da luz é associada à nota, no intuito de auxiliar na leitura e promover mecanismos que facilitam o aprendizado do usuário; dó é representado pela cor azul, e as demais notas assumem as demais cores do espectro, gradativamente. A Figura 42, página anterior, ilustra essa variação de cores. Cada oitava engloba todo o espectro de cores, que se repete para as próximas oitavas; assim, se houver duas notas idênticas em oitavas distintas, as teclas terão a mesma cor.

Finalmente, o giro das teclas em relação à central modifica a duração das notas que serão tocadas no modo 'canção'. São possíveis 4 valores, cada qual tendo o dobro da duração do precedente. A informação sobre a duração é exibida na própria tecla. Na Figura 43, é possível ver a marcação da duração da tecla, apresentada abaixo do nome da nota. Somente teclas no modo canção apresentam o atributo 'duração'.



**Figura 43: Tecla com a informação de duração (2 partes)**

**Fonte: Autor (2011)**

Na central, é possível, além de executar as músicas, salvá-las para referência futura, e carregar músicas salvas previamente. É na central também que se modifica o volume geral do aparelho, a velocidade do andamento da música e demais configurações de uso.



Quando guardadas, as teclas se conectam à central e formam apenas um volume, que pode ser facilmente carregado pelo usuário (Figura 44). Nessa configuração, o produto tem dimensões gerais de aproximadamente 30 x 15 x 10 cm. Sem as teclas, a central tem menos da metade dessa altura.



**Figura 44: Teclas sendo carregadas na central**

**Fonte: Autor (2011)**

O produto tem acabamento reflexivo; o material de todas as superfícies externas é ABS translúcido nas cores branca e preta, com revestimento polimérico que oferece maior resistência a impactos e arranhões. O sistema de fixação da carcaça da central e das teclas é através de parafusos.

As teclas e a central são dotadas de baterias de lítio-polímero, carregáveis por meio de indução magnética. Quando a central está conectada à tomada, teclas a uma distância inferior a 30 cm serão carregadas. As baterias estão posicionadas e seguras junto aos componentes internos das peças, e não precisam ser manipuladas pelo usuário. A substituição das baterias, se necessária, e reparos de qualquer natureza devem ser feitos através da assistência técnica. Indicadores avisam se as baterias estão sem carga ou estão próximas de ficar.

## 5.1 DESCRIÇÃO DAS FUNCIONALIDADES

A seguir, são descritas em detalhe as diferentes funcionalidades do produto. São apresentados os modos de funcionamento, os sistema de operação, e imagens ilustrativas das especificidades do projeto.

### 5.1.1 Ligar o instrumento

A central apresenta dois lados utilizáveis, cada um com uma funcionalidade. Quando estiver comportando as teclas, a central deve estar posicionada com o lado preto para cima. Na superfície, um compartimento emborrachado abriga e mantém fixas as teclas. Todas as 12 teclas podem ser encaixadas na central.

Quando não estiver comportando as teclas e estiver sendo utilizada, a central deve ser posicionada com o lado branco para cima; esta é a configuração normal. Assim, a primeira tarefa para a utilização consiste em retirar as teclas, e, se desejado, conectar a central à tomada. A Figura 45 apresenta a central com as teclas removidas.



**Figura 45: Central pronta para o uso**  
Fonte: Autor (2011)

Para ligar o produto, deve-se colocar a central com a face branca para cima, e pressionar o botão liga/desliga, localizado na parte frontal da central. A Figura 46 apresenta a central sendo ligada, e é possível verificar a posição do botão no canto inferior esquerdo.



**Figura 46: Central sendo inicializada**  
**Fonte: Autor (2011)**

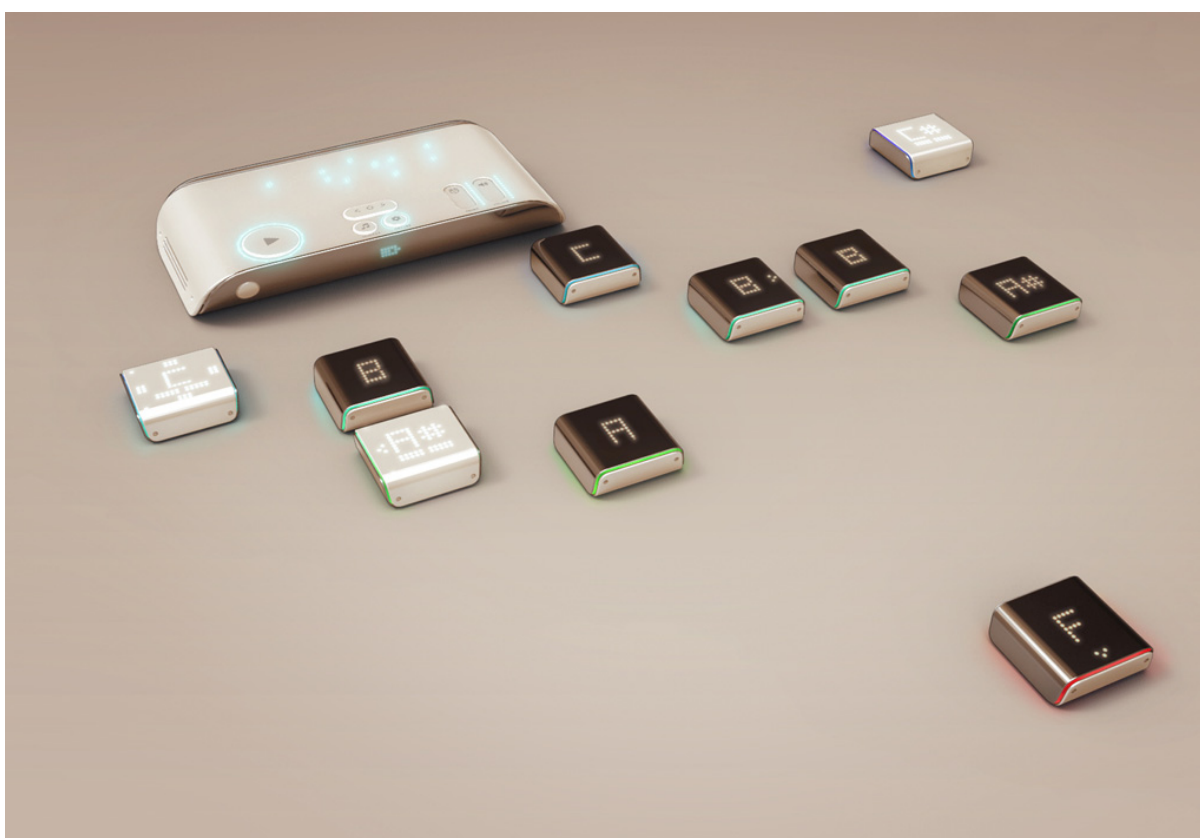
### 5.1.2 Posicionamento das teclas

Um vez inicializada a central, o produto já está pronto para uso. O próximo passo envolve o posicionamento das teclas no entorno da central, assumindo as notas desejadas. A determinação das notas/funcionalidades de cada tecla segue os seguintes critérios:

- a) o lado da tecla (preto ou branco) determina se ela está no modo 'canção' ou no modo 'teclado'.
- b) a distância lateral das teclas para a central determina a posição no tempo de cada tecla; ou seja, quando será tocada. O início da linha do tempo se dá a partir da peça mais à esquerda, e o término se dá na peça mais à direita.

- c) a distância horizontal para frente e para trás da central determina a nota de cada tecla. Quanto mais pra frente, mais baixa a nota; quanto mais para trás da central, mais alta a nota. A distância de 6,7 cm representa a variação de um semitom; é a distância equivalente à largura de uma tecla. Desse modo, se as teclas forem colocadas uma do lado da outra, tem-se uma escala cromática perfeita, com doze notas.
- d) o giro da tecla em relação à central determina a duração da nota. A duração pode assumir quatro valores, cada qual tendo o dobro do tempo do precedente. Assim, são possíveis durações em valores de 1, 2, 4 ou 8 vezes o valor de base. O valor numérico da duração em segundos depende da velocidade geral da música.

A Figura 47 mostra a distribuição de teclas no entorno da central. Todos os atributos mencionados podem ser observados, e estão representados nas interfaces das teclas e da central.



**Figura 47: Teclas posicionadas no entorno da central**  
Fonte: Autor (2011)

### 5.1.3 Execução da música a partir da central

Com as teclas configuradas da maneira desejada, o usuário pode executar a música e produzir som. São duas as maneiras possíveis: pressionando-se individualmente as teclas (independentemente de estarem no modo 'teclado' ou 'canção'), ou apertando 'play' na central. Com as teclas posicionadas, a interface da central apresenta em si uma representação gráfica deste posicionamento (Figura 48; a representação também pode ser vista na Figura 42 e na Figura 47).



**Figura 48: Central com a representação do posicionamento das teclas**  
**Fonte: Autor (2011)**

O botão de 'play' se encontra à esquerda e quando apertado, além de iniciar a reprodução da música, resulta no aparecimento de um indicador visual na interface da central e no entorno no botão. A música pode ser interrompida a qualquer momento apertando-se novamente o botão de 'play' (Figura 49).

Todas as teclas no modo 'canção' estão habilitadas para tocar a partir do 'play'. As teclas são tocadas sucessivamente, da esquerda para a direita, acompanhando a linha do tempo, e por um período equivalente à duração de cada uma. Enquanto estiverem soando, a posição da linha do tempo é indicada sobre a tecla;

efetivamente, é sinalizado por quanto tempo a tecla já tocou e por quanto tempo ainda irá tocar.



**Figura 49: Acionamento da funcionalidade 'pause'**

**Fonte: Autor (2011)**

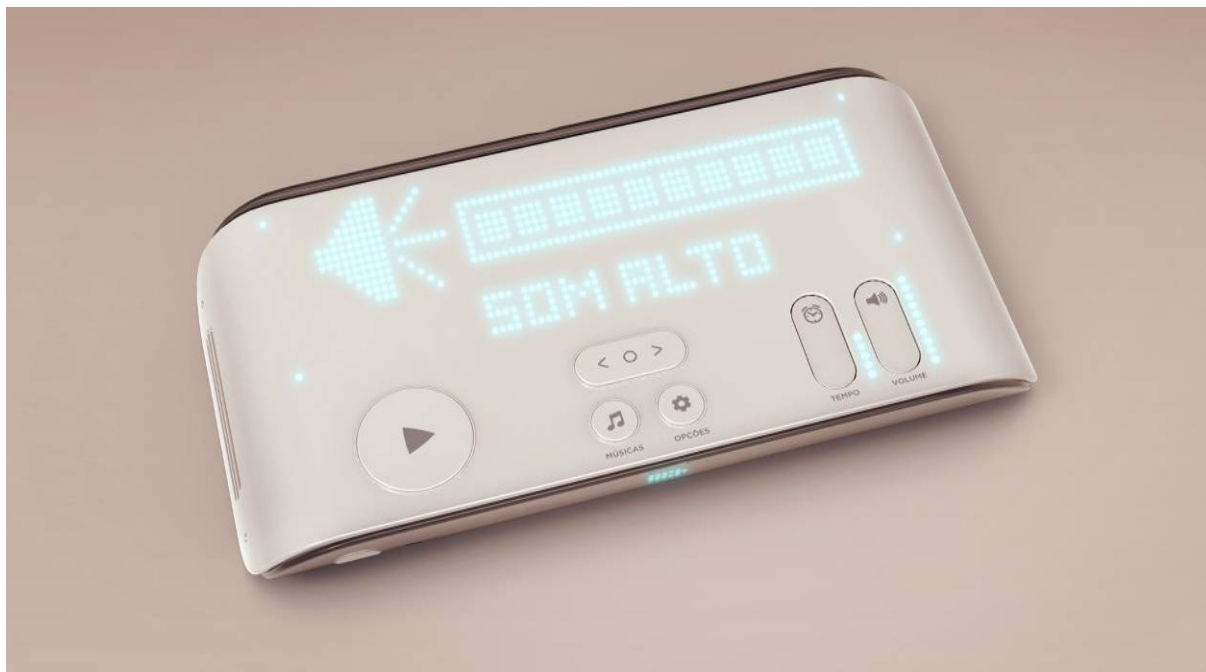
Caso as teclas sejam movimentadas durante a execução da música, a tonalidade e a duração serão corrigidas para refletir as mudanças nos atributos. Uma nota que representava um lá pode ser movimentada em direção à central e passará a tocar um sol ou um si imediatamente. Se movimentada lateralmente, a duração da tecla pode ser reduzida ou estendida. Efetivamente, portanto, é possível movimentar para a direita a tecla durante a execução e fazer com que acompanhe a linha do tempo durante todo o ciclo; ou seja, que permaneça emitindo som durante todo o ciclo. Com esse recurso, é possível executar a linha melódica de uma música com apenas uma tecla, ao arrastá-la.

#### **5.1.4 Configuração a partir da central**

A partir da central, é possível configurar alguns atributos. O volume e a velocidade da música (o 'tempo') podem ser configurados através de dois controles à direita. Os controles são sensíveis ao toque, e o usuário desliza o dedo para baixo e para cima para modificar os valores pretendidos. Indicadores do lado de cada controle



mostram o estado atual de ambos os atributos, e modificações são apresentadas momentaneamente na interface principal da central. A Figura 50 e a Figura 51 mostram o volume e o tempo sendo modificados, respectivamente.



**Figura 50: Alteração do volume**  
Fonte: Autor (2011)



**Figura 51: Alteração do tempo**  
Fonte: Autor (2011)

No centro da central, há mais 3 botões: um botão, ilustrado por uma nota musical, acessa o menu de música; outro, ilustrado por uma engrenagem, acessa o menu de opções; acima, um botão, subdividido em 3 partes, é utilizado para a navegação nesses menus e para confirmação.

No menu de música, o usuário pode gravar a configuração de teclas atualmente disposta ou carregar uma configuração previamente salva. Ao gravar a configuração, o usuário faz com que o sistema do aparelho memorize a posição de cada uma das teclas. Quando for acessada a música, no futuro, o sistema indicará onde deverá ser posicionada cada tecla para que obtenha a mesma configuração. A indicação é feita através de setas que aparecem na interface das teclas. São disponibilizadas 25 'gavetas' em que a música pode ser salva; ou seja, é possível salvar até 25 músicas. A Figura 52 apresenta a interface de escolha da gaveta.



**Figura 52: Acesso a uma das gavetas para gravar a música (em destaque, gaveta 5)**  
Fonte: Autor (2011)

No menu de opções, o usuário pode configurar algumas opções mais avançadas do instrumento. É possível definir se, ao pressionar 'play', a central irá tocar repetidas vezes a música preparada, ou se irá parar após um ciclo (Figura 53). Além disso, é possível definir a utilização dos modos de 'ajuda': ajuda para tempo, e ajuda para notas.





**Figura 53: Opção para ativar a repetição automática da música**  
**Fonte: Autor (2011)**

A ajuda para as notas, quando ligada, faz com que o instrumento aproxime o som emitido pela tecla à nota da escala cromática mais próxima. Como se sabe, há infinitas notas distintas entre notas das escala cromática; existem infinitas notas com sutis variações microtonais entre um dó e um dó sustenido, por exemplo. Quando a ajuda para notas está ligada, o sistema sempre aproxima as notas para a nota da escala cromática mais próxima. Esta é a opção que vem selecionada de fábrica. A ajuda para o tempo, por sua vez, faz com que a posição da tecla na linha do tempo seja corrigida para que se encaixe em intervalos regulares. Esta opção também vem selecionada de fábrica.

Caso as opções de ajuda estejam desligadas, quatro setas são habilitadas nas teclas, oferecendo sugestões de posicionamento sem corrigi-lo. Essas sugestões têm o intuito de auxiliar na correção da nota e do tempo através da participação ativa do usuário. Caso a tecla esteja posicionada em um local que quebre a seqüência rítmica determinada pelas notas precedentes e subseqüentes, por exemplo, setas horizontais indicarão a movimentação em direção à posição correta mais próxima. Caso a tecla não esteja posicionada precisamente sobre o local que representa um dó, por exemplo, setas verticais indicam a movimentação necessária para o

alinhamento. A Figura 54 apresenta uma tecla em que as setas sugerem a movimentação.



**Figura 54: Tecla com setas indicativas da posição ideal**

**Fonte: Autor (2011)**

A execução de notas com precisão microtonal oferece imensas possibilidades de uso e de aprendizado. É possível fazer 'bends' em notas sendo tocadas, fazendo com que a nota seja sutilmente modificada em tempo real. Os 'bends' podem ser feitos em múltiplas teclas ao mesmo tempo, com controle individual de cada uma, uma funcionalidade inédita em teclados. Além disso, é possível que a funcionalidade seja utilizada por músicos e professores para ensinar crianças a perceber a diferença tonal entre notas e os intervalos que existem entre semitons.

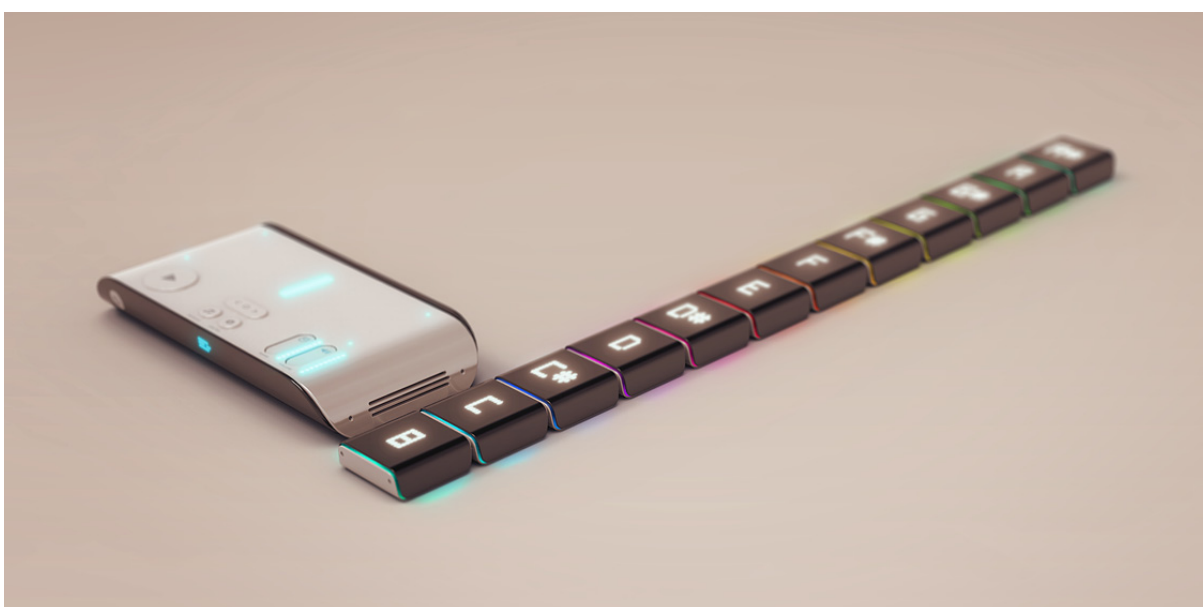
#### **5.1.5 Execução da música pressionando as teclas**

Além de tocar as teclas no modo 'canção' automaticamente a partir da central, é possível fazê-las soar ao se pressionar a superfície.

Quando pressionada a superfície das teclas, imediatamente a central emite o som correspondente à nota, independentemente do modo de uso. A tecla é verdadeiramente apertada, e a superfície recua. Essa resposta mecânica ao pressionamento simula o feedback existente nas teclas de um teclado convencional.

Indicadores luminosos na superfície da tecla também são acionados frente ao pressionamento.

Para configurar um teclado no estilo dos teclados convencionais, em que as teclas não tocam sozinhas e precisam ser individualmente pressionadas, basta posicionar as teclas com o lado preto para cima, lado a lado, perpendicularmente à central (Figura 55). Assim, tem-se um teclado com a escala cromática definida, e alcance de 12 semitons. Para tocá-lo, aperta-se as notas desejadas, uma a uma ou simultaneamente.



**Figura 55: Instrumento configurado como um teclado convencional**  
Fonte: Autor (2011)

### **5.1.6 Movimentação da central**

Além das teclas, a central também pode ser movimentada. Como a determinação das notas de cada tecla se dá a partir da posição *relativa* entre a central e as teclas, o reposicionamento da central tem conseqüências sobre a tonalidade de todas as teclas. Ao movimentar a central, portanto, é possível transpor toda a música já configurada; isto é, é possível fazer com que uma música inteira suba ou desça de tom.

Caso a ajuda para notas esteja desligada, é possível fazer bends em todas as teclas ao mesmo tempo. Ou seja, é possível fazer variações sutis na tonalidade todas as notas atualmente soando.

### 5.1.7 Alertas e utilização inadequada

Alguns avisos são exibidos quando a utilização ocorre de maneira imprópria ou há dificuldades com as quais o usuário precisa lidar. Na parte frontal da central, um indicador exibe o status da bateria.

Quando a bateria da central está acabando, este indicador mostra o desenho de uma bateria vazia. Além disso, na interface principal é exibida uma mensagem que alerta o usuário sobre a necessidade de recarga da central (Figura 56).



**Figura 56: Aviso de que a bateria da central está acabando**  
Fonte: Autor (2011)

A bateria das teclas tem capacidade equivalente à da central; deste modo, devem descarregar em ritmos equivalentes. Quando a bateria das teclas está acabando, um aviso na interface da central notifica o usuário da necessidade de carregamento (Figura 57).



**Figura 57: Aviso de que a bateria das teclas está acabando**  
**Fonte: Autor (2011)**

Quando o usuário afasta demais as teclas da central, é provável que a central fique impossibilitada de se comunicar e receber as informações quanto à posição e rotação. Para alertar o usuário sobre a necessidade de correção do posicionamento, é exibido um aviso na central (Figura 58).



**Figura 58: Aviso de que as teclas estão muito distantes**  
**Fonte: Autor (2011)**

### 5.1.8 Término do uso e carregamento das teclas

Para encerrar o uso, o usuário deve pressionar o botão de liga/desliga para desligar o aparelho. Além disso, deve recolher as teclas e guardá-las na parte de trás da central.

Caso queira carregar as teclas, o usuário precisa apenas encaixá-las ou posicioná-las a pelo menos 30 cm da central, que deve estar conectada à tomada. Durante o carregamento, as teclas recebem uma indicação em vermelho caso estejam completamente descarregadas (Figura 44). Se estiverem prontas para uso, mas ainda não estiverem plenamente carregadas, a indicação aparece em amarelo (Figura 59); ao término do carregamento, as teclas assumem a cor verde (Figura 60).



**Figura 59: Carregamento parcial das teclas**  
Fonte: Autor (2011)



**Figura 60: Carregamento completo das teclas**

**Fonte: Autor (2011)**

## 5.2 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

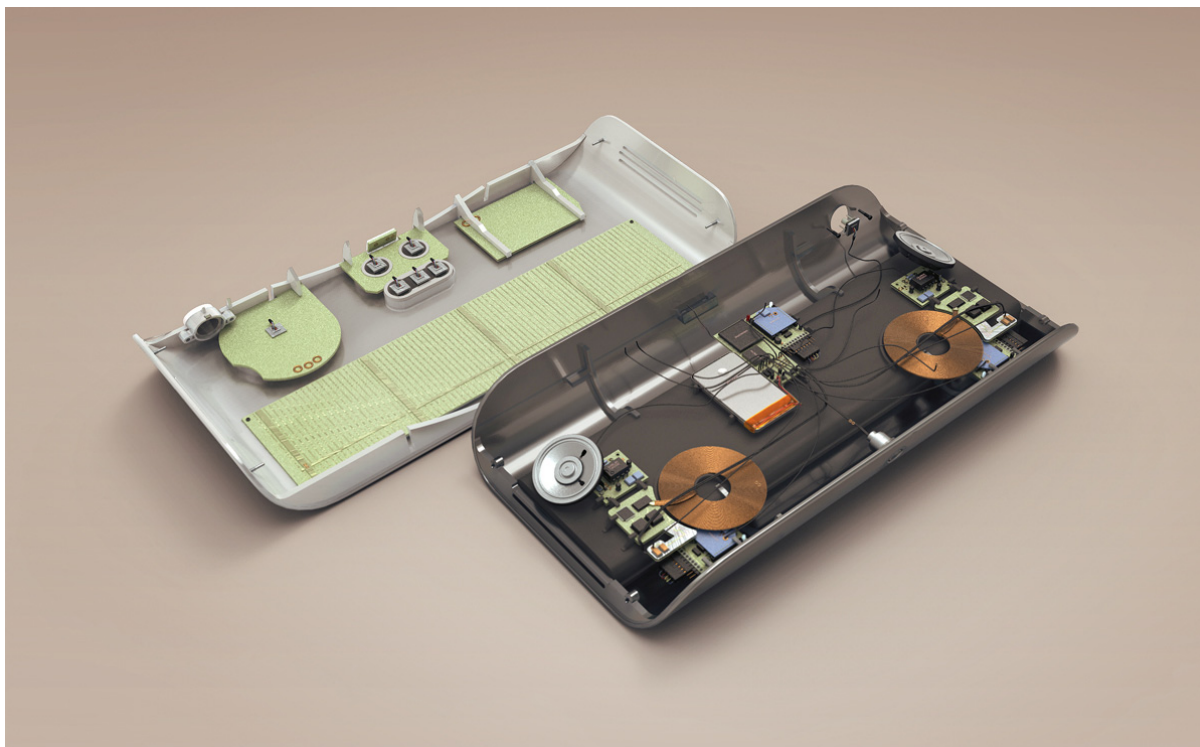
Para apresentar as diferentes partes utilizadas no projeto, foram preparadas imagens que mostram o detalhamento da parte interna. Além disso, foram preparados desenhos técnicos que apresentam as dimensões dos componentes principais e diferentes peças do produto; estes podem ser vistos no Apêndice 10.

### 5.2.1 Detalhamento da central

A Figura 61 apresenta uma visão do interior da central, com os seus componentes internos. Uma versão maior da imagem, com legendas para cada componente, pode ser vista no Apêndice 11.

A central consiste de uma carcaça polimérica separada em duas partes, cada qual de uma cor (branca e preta). As partes são produzidas pelo processo de injeção, e o polímero utilizado é ABS, devido à resistência e à durabilidade. Cada parte da carcaça recebe tratamento na superfície, com revestimento polimérico que garante maior resistência a impactos e arranhões e confere aparência reflexiva à superfície.





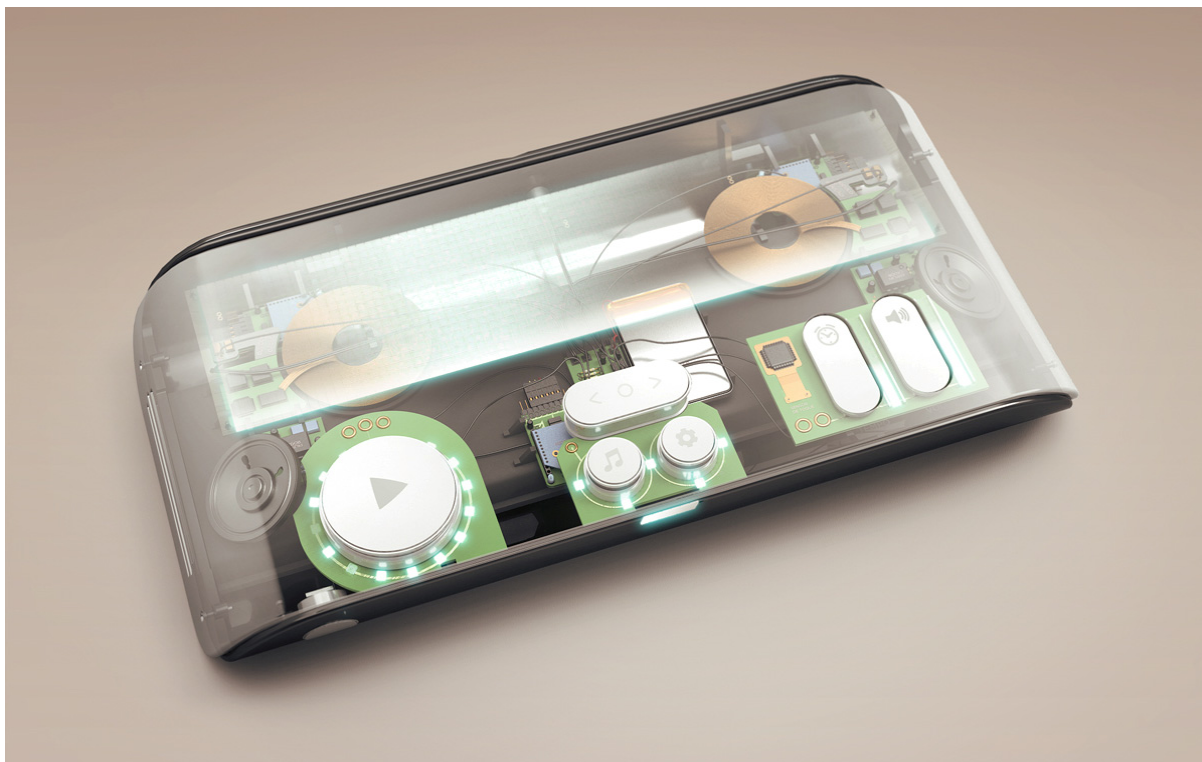
**Figura 61: Central aberta**

**Fonte: Autor (2011)**

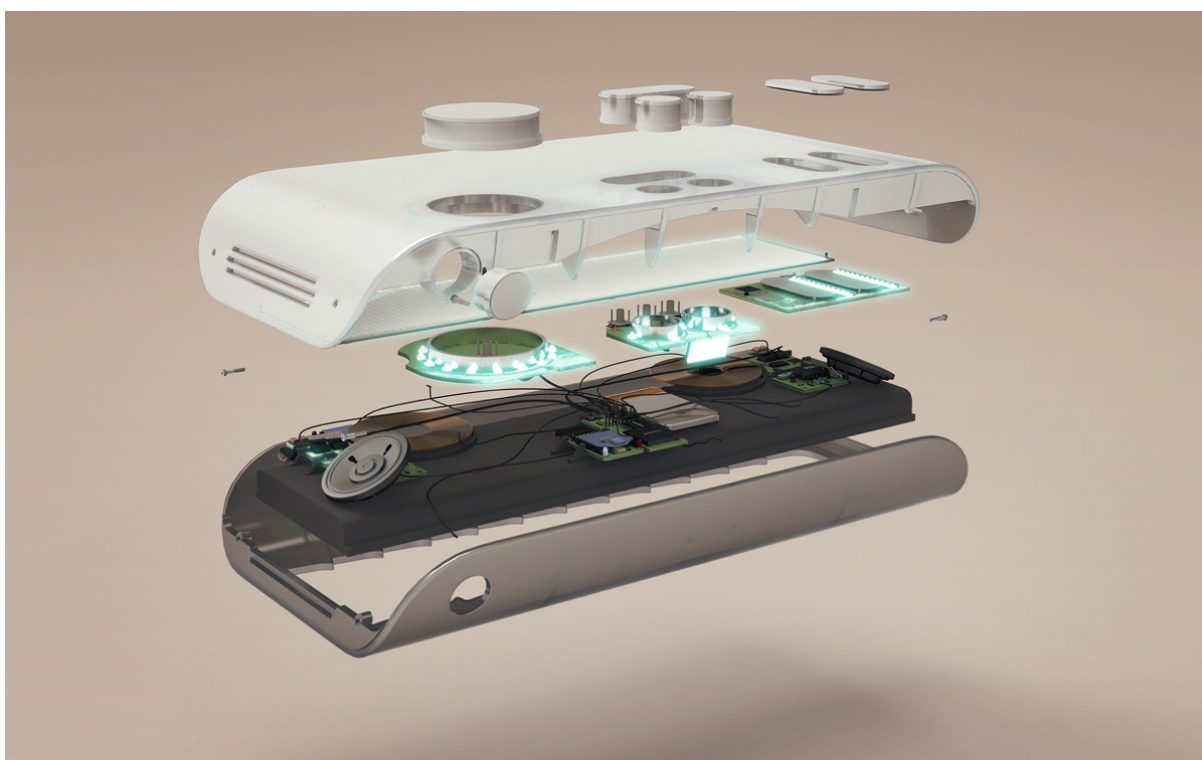
O polímero tem aparência translúcida, de forma a transmitir de maneira difusa a luz que se origina do interior da carcaça. A Figura 62 apresenta uma visualização dos componentes que aparecem por sob a superfície da carcaça, e ilustra a maneira como a luz aparece por trás do polímero translúcido. O posicionamento das lâmpadas pode ser visto na parte inferior, onde diversas lâmpadas de LED atuam como indicadores dos botões e dos controles de volume e tempo. No total, são utilizados 16 LEDs para o botão de play, 7 para os botões centrais, e 12 para cada controle à direita. Todos os LEDs utilizados têm diâmetro de 3 milímetros.

Além dos LEDs indicadores dos botões, há uma matriz de LEDs na parte superior da central que atua como uma tela para exibir as principais informações da interface. A Figura 63 exhibe o posicionamento desta matriz de LEDs e dos demais componentes. A matriz também pode ser vista, em transparência, na Figura 62, e a placa que suporta a matriz também é vista na metade branca da carcaça, na Figura 61.





**Figura 62: Visão interna dos componentes da central**  
Fonte: Autor (2011)

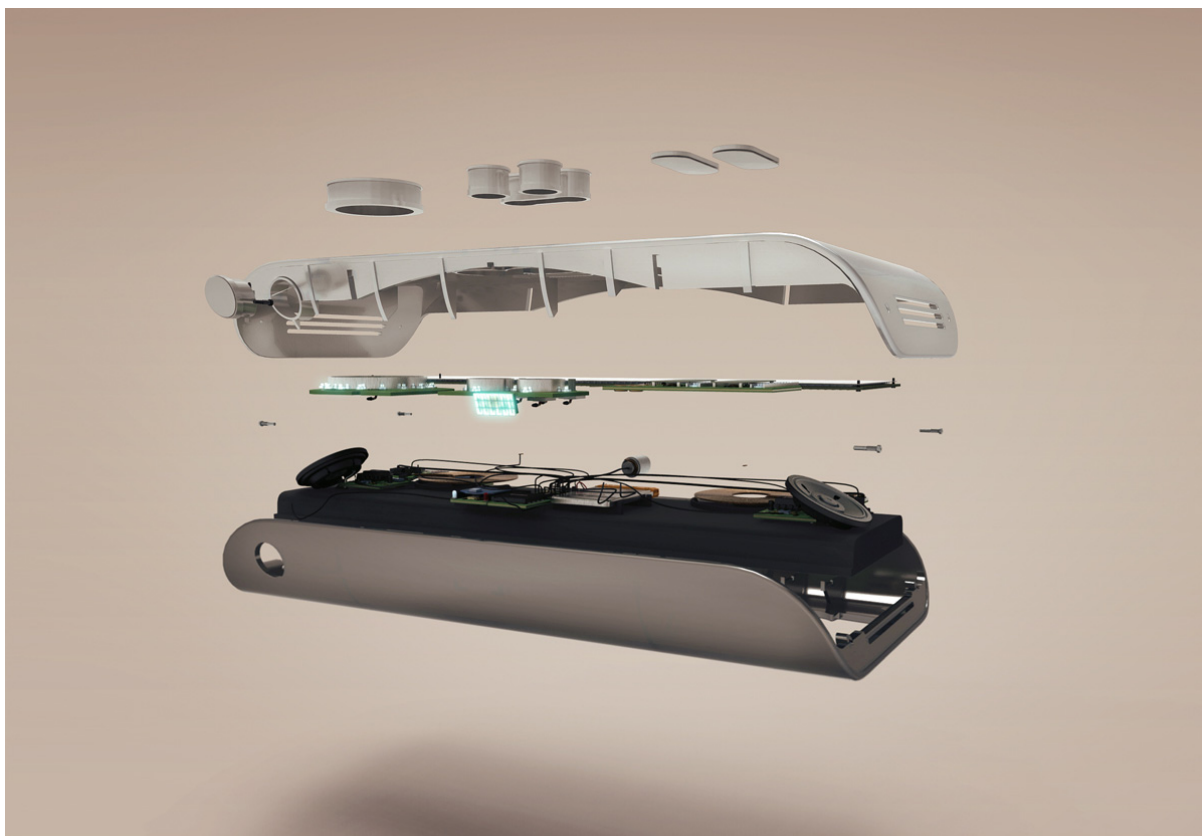


**Figura 63: Central em vista explodida**  
Fonte: Autor (2011)

Cada LED que compõe a matriz têm diâmetro de 3 milímetros. A opção pela utilização de uma matriz foi motivada pela possibilidade de iluminar apenas as informações (e lâmpadas) necessárias a cada instante, e não todo o fundo de uma tela de LCD, por exemplo. Com isso, confere-se ao produto uma aparência mais limpa, uma vez que não há delimitação de uma tela quando não há informações sendo exibidas. Além disso, tem-se as informações de uma maneira mais nítida, e é possível valer-se da intensidade das lâmpadas para chamar a atenção do usuário. A utilização de LEDs por sob a superfície também confere ao produto maior rigidez, já que dispensa a exposição direta da tela; isto é importante quando se observa que o público-alvo do projeto pode ser pouco cuidadoso e o produto pode vir a ser freqüentemente colocado em situações de estresse. A utilização de uma superfície translúcida sobre as lâmpadas faz com que sua luz chegue ao usuário de maneira difusa, o que confere ao produto uma estética original e simpática.

As metades da carcaça são fixadas entre si por meio de quatro parafusos (dois em cada extremidade). O uso de parafuso é devido à necessidade de que o produto esteja plenamente fechado e não se separe com o uso, mas que seja passível de manutenção. O posicionamento destes parafusos pode ser visto com nitidez na Figura 64. Os componentes internos são fixados à central por encaixe, à exceção do painel de LEDs; este é fixado por meio de 4 parafusos, que o prendem internamente à parte superior da carcaça.

Cada um dos botões também é produzido em ABS translúcido, por meio de processo de injeção. No total, são 4 botões brancos, além das duas superfícies dos controles de tempo e volume, e um botão preto, utilizado para a funcionalidade de liga/desliga. As inscrições sobre os botões, em cinza, são feitas por serigrafia. A Figura 65 apresenta em detalhe os ícones aplicados sobre os botões da superfície superior.



**Figura 64: Central em vista explodida (visão lateral)**

**Fonte: Autor (2011)**



**Figura 65: Ícones dos botões**

**Fonte: Autor (2011)**

Na parte inferior da central, é encaixado o componente em que as teclas são colocadas para o carregamento. Como o carregamento das teclas é feito à distância, através de indução magnética, o componente não tem funcionalidade eletrônica, e serve apenas para comportar as teclas durante o transporte, armazenamento e carregamento. É produzido em borracha na cor preta, através de processo de

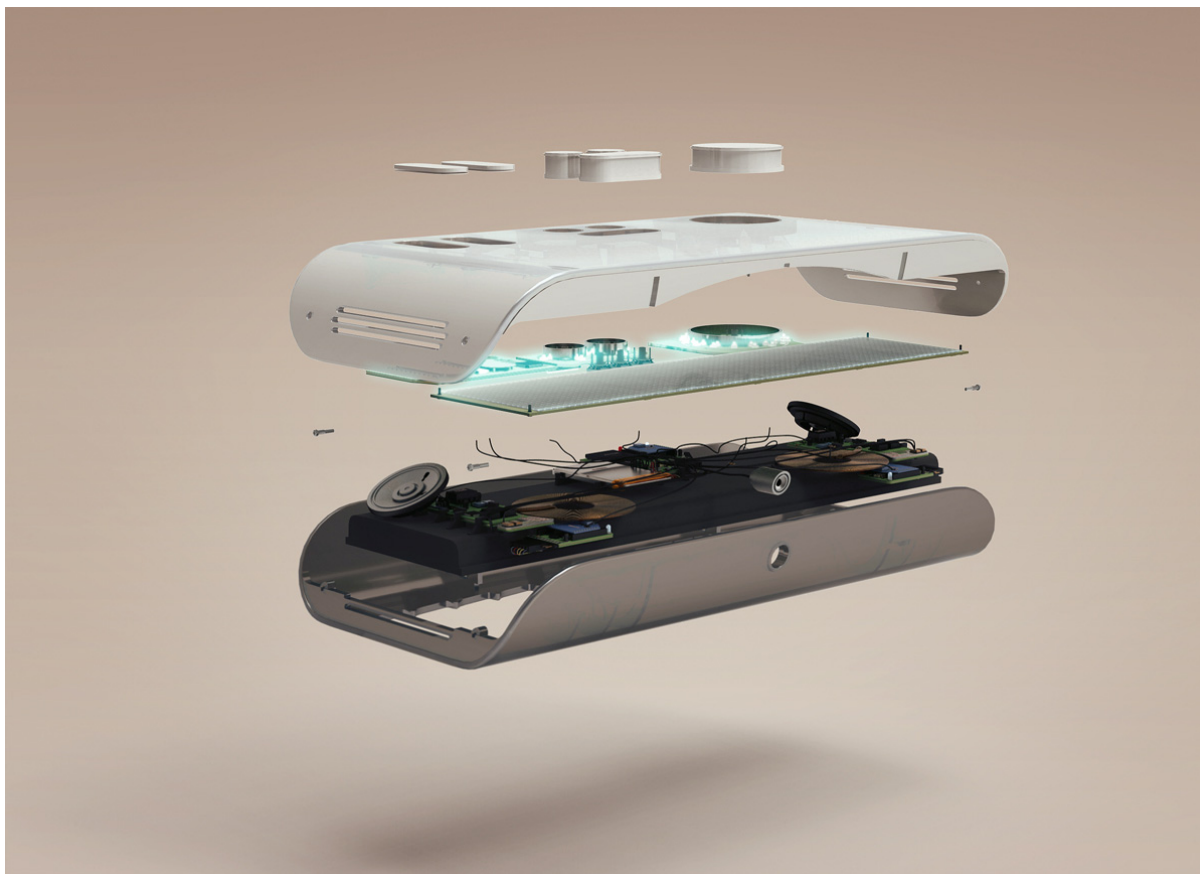
injeção; suas dimensões gerais podem ser observadas nos desenhos técnicos do projeto.

Nas extremidades direita e esquerda da central, 3 cortes oferecem a abertura necessária para a saída do som produzido no interior da central. A Figura 66 apresenta em detalhe a posição e a forma desses cortes; além disso, é possível ver novamente o local em que são parafusadas as metades da central.



**Figura 66: Aberturas na central para a saída do som**  
**Fonte: Autor (2011)**

Finalmente, na Figura 67, é possível verificar a abertura, na parte posterior da central, por onde é conectada a fonte de alimentação do produto. Além disso, é possível ver cada um dos componentes eletrônicos que se apresentam no interior do produto; a posição e dimensão desses pode ser vista com maior precisão nos desenhos técnicos do Apêndice 10 e na vista explodida legendada do Apêndice 11, e a descrição de suas funcionalidades e importância foram apresentadas na Definição de Sistemas.



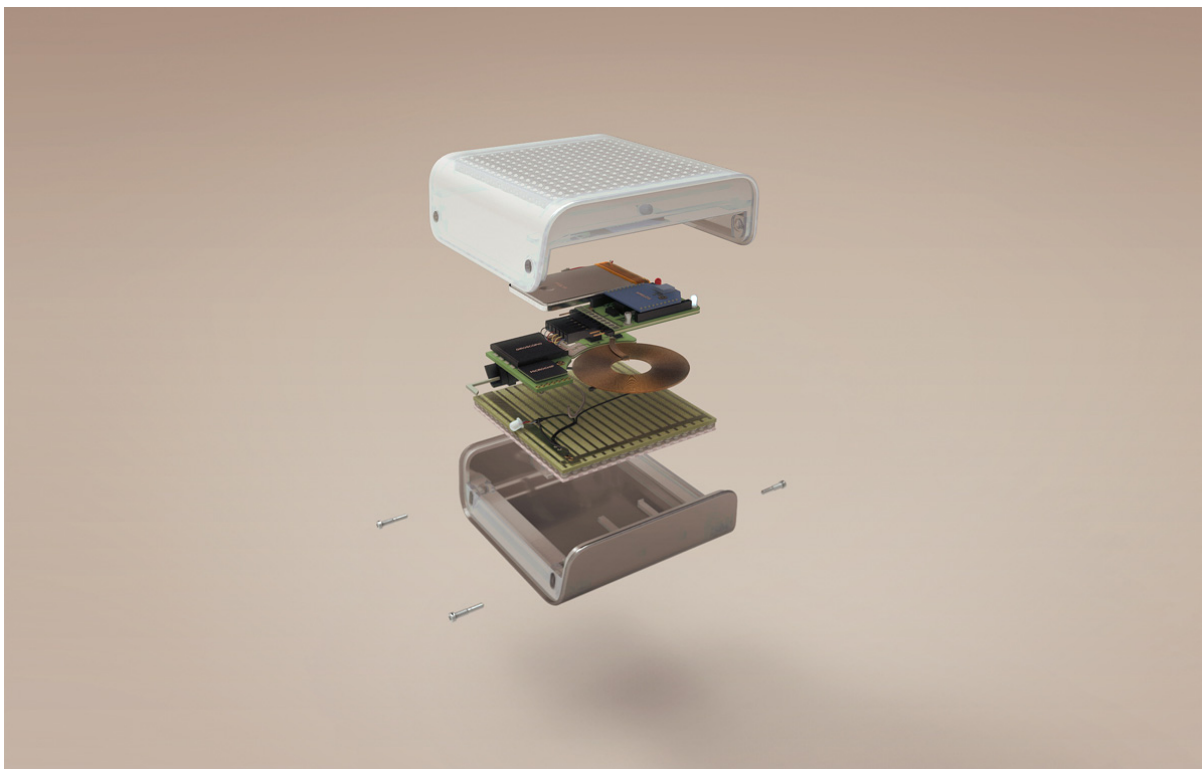
**Figura 67: Central em vista explodida (visão posterior)**  
**Fonte: Autor (2011)**

### **5.2.2 Detalhamento das teclas**

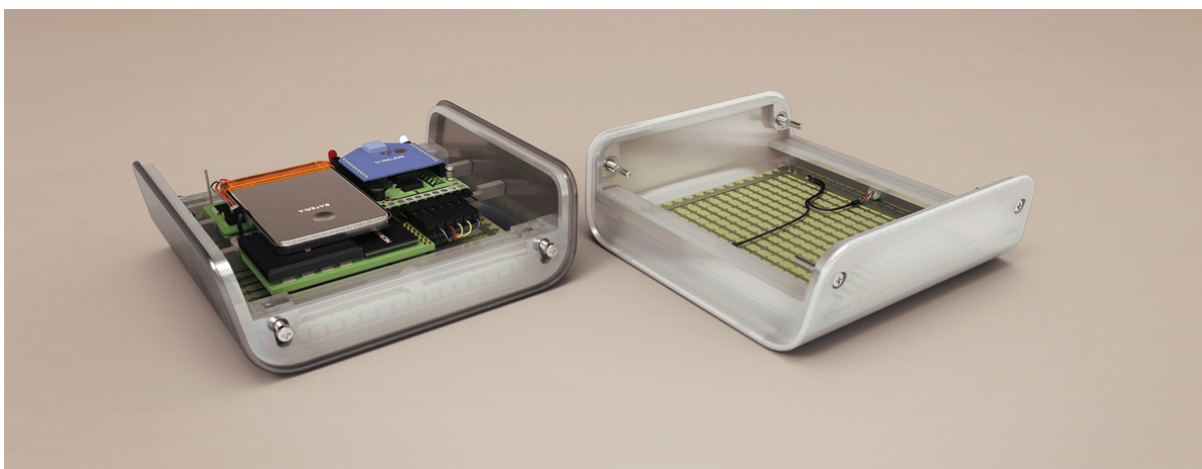
A Figura 68 apresenta uma visão do interior da tecla, com os seus componentes internos. Uma versão maior da imagem, com legendas para cada componente, pode ser vista no Apêndice 12.

Como na central, as teclas também são compostas de uma carcaça com duas metades, cada qual de uma cor (branca e preta). O formato externo das metades é idêntico exceto pela entrada dos parafusos (Figura 69). As partes são produzidas pelo processo de injeção, e o polímero utilizado é ABS, como na central. Cada parte da carcaça recebe tratamento na superfície, com revestimento polimérico que garante maior resistência a impactos e arranhões e confere aparência reflexiva à superfície.



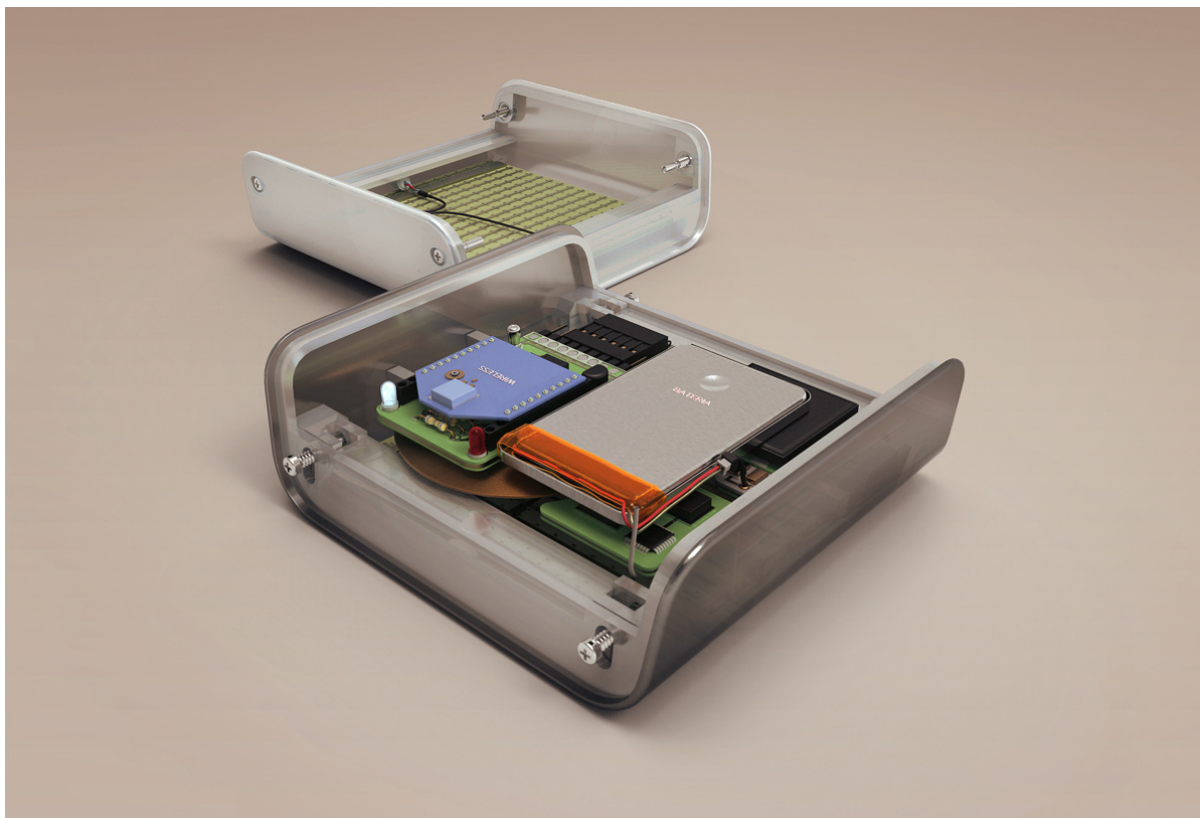


**Figura 68: Vista explodida da tecla**  
**Fonte: Autor (2011)**



**Figura 69: Tecla aberta**  
**Fonte: Autor (2011)**

O polímero tem aparência translúcida, de forma a transmitir de maneira difusa a luz que se origina do interior da carcaça. No interior de cada carcaça, há um segundo componente polimérico, também em ABS, na cor cinza, unido ao primeiro. Este componente também tem aparência translúcida, e é responsável pela borda das teclas, que tem sua cor modificada de acordo com a nota que representam. A Figura 70 apresenta a aparência do material e a disposição dos componentes internos.



**Figura 70: ABS cinza translúcido para a borda colorida**  
**Fonte: Autor (2011)**

As duas metades da carcaça são fixadas através de quatro parafusos. O encaixe dos parafusos apresenta uma fenda de 2 mm em uma das metades da carcaça, em um sentido, no intuito de proporcionar a movimentação da superfície quando pressionada. Um relevo moldado na própria carcaça polimérica garante que a peça retorne à posição original após o pressionamento.

As teclas não apresentam botões ou qualquer outro elemento de controle. Toda a manipulação é feita a partir da movimentação, do pressionamento e do giro de todo o objeto. Esta escolha tem o intuito de facilitar a utilização e reduzir o número de partes móveis.

Em cada tecla, há duas matrizes de LEDs sob cada superfície. As matrizes podem ser vistas em detalhe na Figura 68 e na Figura 72. Cada LED que compõe a matriz têm diâmetro de 3 milímetros. Assim como na central, a opção pela utilização de uma matriz foi motivada pela possibilidade de iluminar apenas as informações (e lâmpadas) necessárias a cada instante.

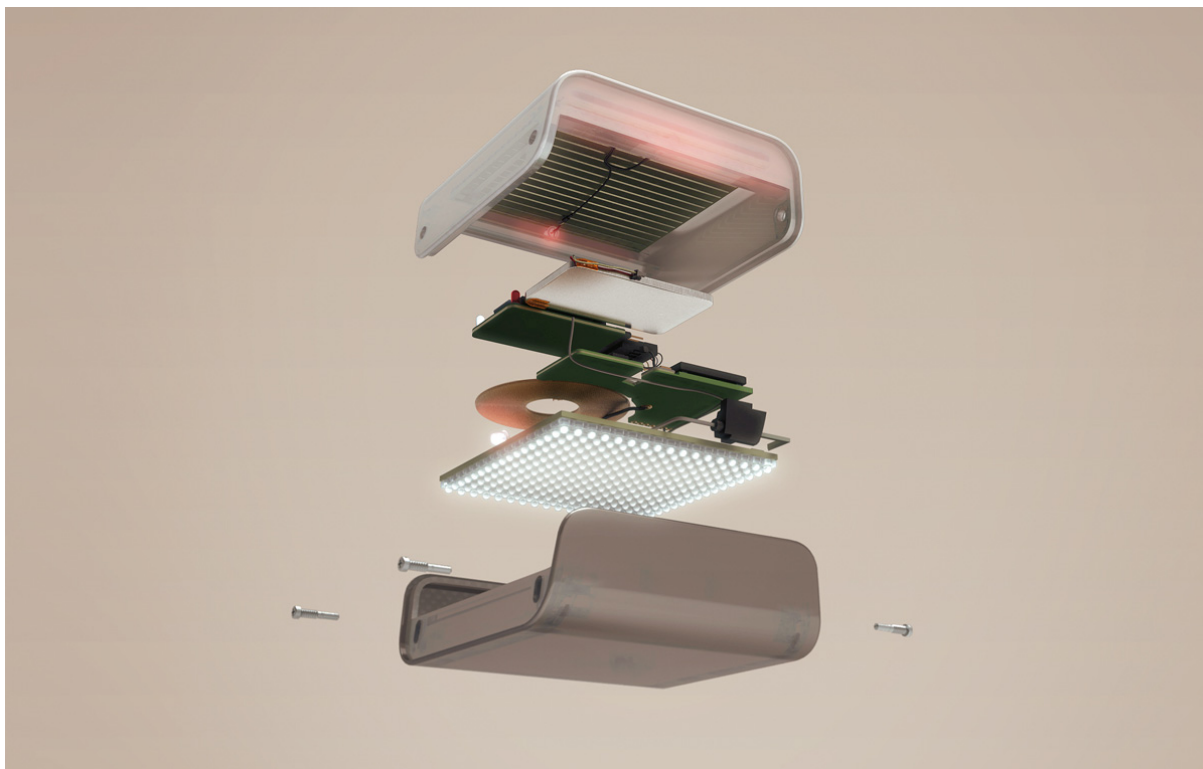
Em cada tecla, além das matrizes, há ainda outros 4 LEDs de 3 mm de diâmetro posicionados em cada lado do sólido, junto à superfície translúcida cinza que existe entre a carcaça. Estes LEDs tem 3 diodos, em vermelho, verde e azul, e possibilitam a iluminação do feixe lateral em todas as cores do espectro. A Figura 71 apresenta o resultado desta iluminação, e a Figura 72 mostra a iluminação com a tecla aberta.

Nas vistas explodidas, é possível ver cada um dos componentes eletrônicos que se apresentam no interior do produto; a posição e dimensão pode ser vista com maior precisão nos desenhos técnicos do Apêndice 10 e na vista explodida legendada do Apêndice 12, e a descrição de suas funcionalidades e importância foram apresentadas na Definição de Sistemas.



**Figura 71: Feixe colorido na borda das teclas**  
**Fonte: Autor (2011)**





**Figura 72: acendimento dos LEDs coloridos na tecla aberta**  
**Fonte: Autor (2011)**

### 5.3 VERIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO

A fim de verificar o produto final produzido, foram desenvolvidos um modelo volumétrico e um protótipo digital que simula as funcionalidades pretendidas.

#### 5.3.1 Modelo volumétrico

Foi desenvolvido um modelo volumétrico do instrumento, em tamanho real. O modelo inclui uma representação da central, com todos os elementos de operação e com os suportes para as teclas no lado de carregamento. A interface da central não é operacional, uma vez que depende da existência de luzes e de um microprocessador programado.

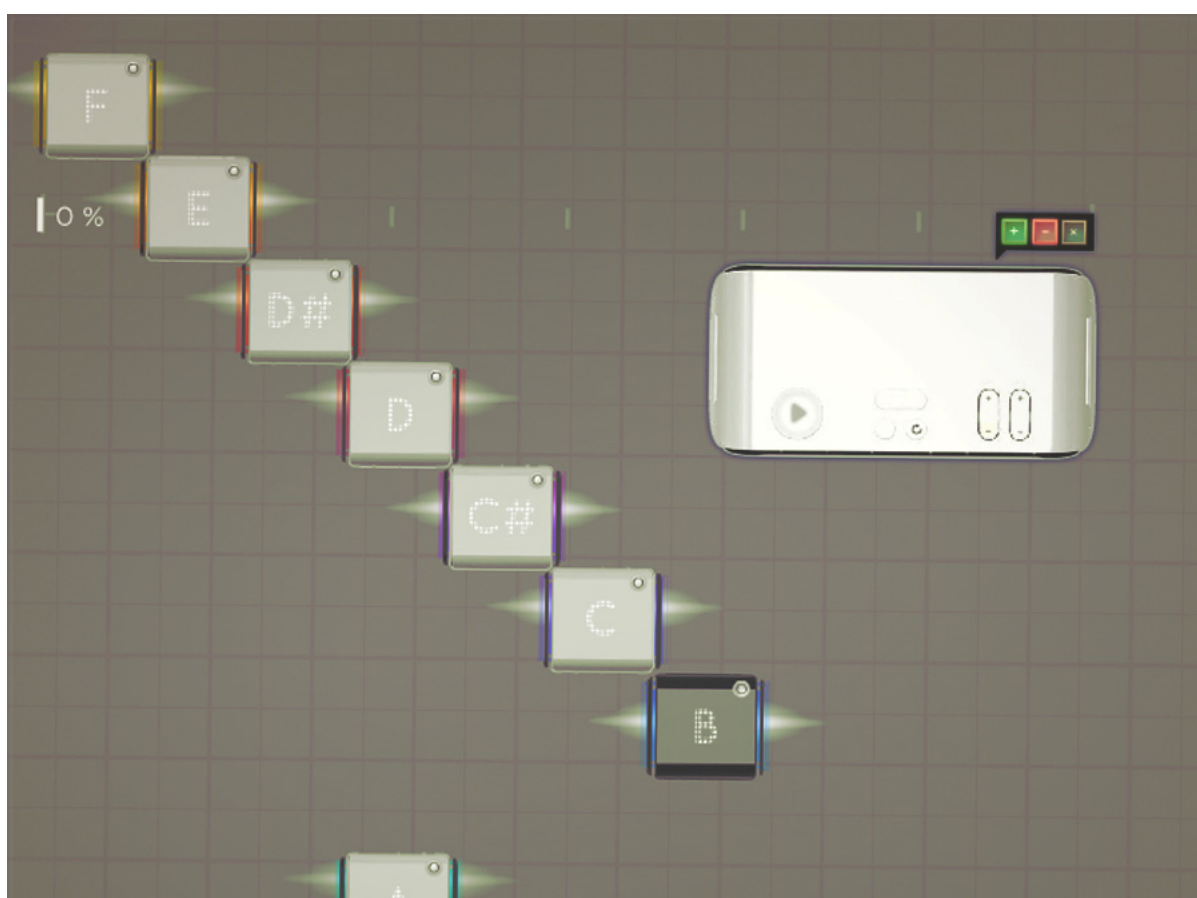
O modelo volumétrico Incluiu também um número reduzido de teclas, para teste do encaixe com a central e da possibilidade de posicionamento e montagem de músicas. A interface das teclas não é operacional, e a representação cromática das

notas também foi apresentada de maneira fixa, com cores pintadas em definitivo para cada uma das teclas.

### 5.3.2 Protótipo digital

O protótipo digital inicial, que havia sido desenvolvido ainda na etapa de validação da alternativa, foi adaptado para que melhor representasse o produto pronto (Figura 73). Foram alteradas as dimensões gerais dos elementos e sua forma foi adaptada ao visual final do produto.

A interface da central e os botões foram reorganizados, e, exceção feita à tela principal, à funcionalidade de salvar/carregar músicas, ao controle global de volume e à variação microtonal de notas, é funcional. Além disso, as teclas agora exibem as informações de uso de maneira equivalente à determinada.



**Figura 73: Protótipo digital revisado**  
Fonte: Autor (2011)

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foi visto ao longo de todo o trabalho, os benefícios da educação musical no desenvolvimento da criança são imensos. Crianças que têm contato com a música têm ganhos no desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais, e sentem-se melhor. Através da utilização de um instrumento adaptado às suas necessidades, é possível que despertem um interesse mais profundo na arte que do contrário poderia não ser descoberto.

Observando-se os objetivos do projeto, que abordavam a carência de produtos e de iniciativas focadas na iniciação de crianças na teoria e no aprendizado musical, o desenvolvimento deste projeto é importante não só por oferecer uma solução concreta para o problema, mas também por trazer à tona o assunto e incentivar a discussão. De fato, ao longo da pesquisa bibliográfica foram levantados diversos instrumentos tradicionais e inovadores e analisada a sua possibilidade de utilização em contextos de aprendizado na música, e, apesar da aplicabilidade variada de cada um, poucos foram aqueles que verdadeiramente focavam neste aspecto da educação musical.

A importância do desenvolvimento de um produto especificamente para o ensino de música para crianças deve às especificidades e ao potencial deste grupo. Instrumentos tradicionais não foram projetados tendo em mente as dimensões do corpo da criança, e muitas vezes demandam flexibilidade e esforços intensos. Além disso, muitos dos instrumentos são de difícil aprendizado, e requerem longos períodos de treinamento e muita coordenação motora. Frente à dedicação necessária para dominar o instrumento, os aspectos mais conceituais da música por vezes acabam recebendo menos atenção ou sendo deixados de lado; em muitos casos, como se constatou na pesquisa realizada, adultos desistem do aprendizado subsequente da música devido às experiências desgastantes que tiveram na infância. Nesse sentido, é importante que o primeiro contato com instrumentos musicais represente uma experiência não só positiva do ponto de vista do aprendizado mas que também seja prazeroso e instigante.

No projeto de instrumentos musicais, muitos dos desafios encontrados dizem respeito não somente à dificuldade técnica da construção dos produtos (que é

imensa), mas à gigantesca história da música e dos instrumentos. Além de propiciar o desenvolvimento da vasta gama de instrumentos que conhecemos hoje, a evolução da música ao longo dos séculos também foi responsável pela consolidação de conceitos muito rígidos quanto ao que é ou não permitido na construção de músicas. Como observado ao longo da fundamentação teórica do trabalho, ainda existem muitas barreiras ao desenvolvimento de instrumentos eletrônicos, por exemplo, e técnicas e sistemas de ensino inovadores são incorporados muito lentamente à comunidade musical. Ainda assim, inovações verdadeiramente positivas eventualmente são agregadas mesmo aos contextos mais fechados; hoje, inovações tecnológicas podem ser percebidas até mesmo na música clássica e em orquestras.

Com o projeto desenvolvido, abrem-se diversas possibilidades de desenvolvimento futuro para produtos desse tipo; nesse sentido, é interessante apontar que o projeto já encontra-se em vias de ser patenteado. A intenção é que tanto a pesquisa realizada quanto o projeto do produto possam servir de base para a elaboração de outros projetos desse tipo. Uma iniciativa parecida que vem obtendo sucesso é a Toy Symphony, com brinquedos musicais que auxiliam crianças a participar de atividades de composição, performance e audição. Ao mesmo tempo, outros projetos de interfaces tangíveis para produtos musicais vêm tendo cada vez mais aceitação e visibilidade; é o caso do Reactable, que hoje está disponível até em smartphones. Espera-se que projetos deste tipo possam cada vez mais fazer uso da tecnologia e do apelo dessa tecnologia junto ao público jovem para promover a educação musical.

Dentro do próprio projeto, muito ainda pode ser feito em termos de acessórios e materiais pedagógicos complementares. Foram pensados acréscimos ao projeto, que, por motivos diversos que incluem tanto a necessidade de simplificar o produto devido ao público-alvo quanto a preocupação com os custos de produção, não foram implementados, mas ainda são cabíveis de menção e desenvolvimento futuro. Para amplificar o potencial didático do instrumento, podem ser acrescentadas músicas pré-programadas, e pode ser adicionado um mecanismo que permita inserir música de fontes externas como a internet ou mídias digitais. Podem ser fornecidos tapetes educacionais que auxiliem no posicionamento de teclas, oferecendo guias para o alinhamento e marcações que delimitam os intervalos de tons e semitons. Músicas

podem vir pautadas a fim de serem aplicadas sobre estes tapetes, selecionadas de acordo com as preferências do público. Há a possibilidade do desenvolvimento de teclas adicionais que simulem a sonoridade de outros instrumentos, como baterias e guitarras; além disso, teclas especiais podem disponibilizar funcionalidades como gravação de voz ou assistência/orientação no ensino da música. Todos esses são mecanismos que podem ser acrescentados gradativamente à experiência da criança com o instrumento, proporcionando caminhos para o aprendizado de conceitos musicais cada vez mais avançados.

Por fim, resta dizer que, mesmo tendo sido submetido a diversas etapas de verificação de funcionalidades e de suas características gerais, muito ainda pode ser feito em termos de teste e análise do produto durante o uso. Ainda que não sejam acrescentadas novas funcionalidades, é essencial que, antes de ser produzido, o produto passe por extensivos testes de uso com o público pretendido, e que sejam analisados o seu potencial didático e os benefícios a longo prazo. Tais verificações não são possíveis no cronograma deste Trabalho de Conclusão, mas são etapas importantes do projeto de um produto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11786**: Segurança do Brinquedo. Rio de Janeiro, 1998.

APEL, Willi. **Harvard Dictionary of Music**: Second Edition, Revised and Enlarged. Cambridge: The Beiknap Press of Harvard University Press, 1974.

BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. **Projeto integrado de produtos**: planejamento, concepção e modelagem. Barueri, SP: Manole, 2008.

BAXTER, Elisa. **World in their hands**. The Age, Technology. 2007. Disponível em: <<http://www.theage.com.au/news/technology/world-in-their-hands/2007/03/24/1174597945762.html>>. Acesso em: 19 de abril de 2011.

BAXTER, Mike. **Projeto de produto**: guia prático para o design de novos produtos. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

BIJSTERVELD, Karin; SCHULP, Marten. **Breaking into a World of Perfection**: Innovation in Today's Classical Musical Instruments. Maastricht, Department of Technology and Society Studies, Faculty of Arts and Culture, University of Maastricht, 2004.

CAPPONI, Analia Paula. **Cognición Musical y Método Suzuki**. III Reunión Anual de SACCOM, Anais. Buenos Aires, 2003.

CLIFFORD, Stephanie. **No Dice, No Money, No Cheating. Are You Sure This Is Monopoly?** The New York Times, Business Day, February 15, 2011. Nova York, 2011.

CONSUMER PRODUCT SAFETY COMMISSION. **16 CFR Part 1117 - Proposed Rule**. Federal Register. EUA, 1994.

DAWSON, William. **Hearing Loss**. The Double Reed, vol. 30, nº 2, 2007.

EB, Encyclopaedia Britannica. **Encyclopaedia Britannica Ultimate Reference Suite**. Chicago: Encyclopædia Britannica, 2010. 1 CD-ROM.

EXPERT GROUP ON TOYS SAFETY. **Guidance document N°10**: Guidance document on the classification of music instruments. Toys, Guidance documents from the Expert Group on Toy Safety. European Commission. UE, 2010.

FIGUEIREDO, Sérgio Luiz Ferreira de. **Educação musical nos anos iniciais da escola**: identidade e políticas educacionais. In: Revista da ABEM, n. 12, março 2005. Porto Alegre: Associação Brasileira de Educação Musical, 2005.

FORJUOH, S.N.; SCHUCHMANN, J.A.; LANE, B.L. **Correlates of heavy backpack use by elementary school children**. Public Health, 118, 532-535. 2004.

GONÇALVES, Renata. **Piaget e Vygotsky**: Diferenças e semelhanças. Disponível em: <<http://monografias.brasilecola.com/psicologia/piaget-vygotsky--diferencas-semelhanças.htm>>. Acesso em: 14 de abril de 2011.

GONCY, Elizabeth A.; WAEHLER, A. Charles. **An empirical investigation of creativity and musical experience**. Psychology of Music, 34: 307. 2006.

GORDON, Edwin. **A music learning theory for newborn and young children**. Chicago: GIA, 1990.

GORMAN, James. **Playing Music as a Toy, and a Toy as Music**. The New York Times, Essay, June 3, 2003. Nova York, 2003.

GOULART, Diana. **Dalcroze, Orff, Suzuki e Kodály: semelhanças, diferenças, especificidades**. Rio de Janeiro: Conservatório Brasileiro de Música, 2000.

GRACE, Elizabeth. **Kohlberg's Moral Reasoning Stages**. 2010a. Disponível em: <<http://www.kidsdevelopment.co.uk/KohlbergsMoralReasoningStages.html>>. Acesso em: 14 de abril de 2011.

GRACE, Elizabeth. **Vygotsky & Socio-Cultural Theory**. 2010b. Disponível em: <<http://www.kidsdevelopment.co.uk/VygotskySocioCulturalTheory.html>>. Acesso em: 14 de abril de 2011.

GRAY, Peter. **The Value of Play IV: Play is Nature's Way of Teaching Us New Skills**. 2009. Disponível em: <<http://www.psychologytoday.com/blog/freedom-learn/200901/the-value-play-iv-play-is-nature-s-way-teaching-us-new-skills>>. Acesso em: 12 de abril de 2011.

HALLAM, Susan. **The power of music: its impact on the intellectual, social and personal development of children and young people**. International Journal of Music Education, 2010.

HANDWERK, Brian. **Chimp "Girls" Play With "Dolls" Too — First Wild Evidence**. National Geographic Daily News. 2010. Disponível em: <<http://news.nationalgeographic.com/news/2010/09/101220-chimpanzees-play-nature-nurture-science-animals-evolution/>>. Acesso em: 16 de abril de 2011.

HARGREAVES, David J.; KOUTSOUPIDOU, Theano. **An experimental study of the effects of improvisation on the development of children's creative thinking in music**. Psychology of Music, v. 37(3), p. 251-278, 2009.

HOOKER, Richard. **The Earliest Japanese Music**. World Civilizations, 1996. Disponível em: <<http://www.wsu.edu/~dee/ANCJAPAN/MUSIC.HTM>>. Acesso em: 31 de março de 2011.

HURON, David. **Is Music an Evolutionary Adaptation?** In: THE BIOLOGICAL FOUNDATIONS OF MUSIC, 2001, New York. Annals of the New York Academy of Sciences. New York: New York Academy of Sciences, p. 43-61, 2001.

JAYNES, E. T. **The Physical Basis of Music and its Implications for Musical Performance**. St Louis: Washington University, 1996.

JENSEN, Kristoffer. **The Control of Musical Instruments**. Nordical Acoustic Meeting, Helsinki. Copenhagen: University of Copenhagen, 1996.

JORDÀ, Sergi; GEIGER, Günter; ALONSO, Marcos; KALTENBRUNNER, Martin. **The reactTable: Exploring the Synergy between Live Music Performance and Tabletop Tangible Interfaces**. Barcelona: Music Technology Group, Pompeu Fabra University, 2007.

JUNTUNEN, Marja-Leena. **Embodiment In Dalcroze Eurhythmics**. Dissertação de mestrado em Educação. Oulu (Finlândia): Universidade de Oulu, 2004.

KENNEDY, Michael. **The Oxford Dictionary of Music**. Oxford: Oxford University Press, Inc, 2006.

KUGLER, Michael. **Practice**: Orff-Schulwerk. Carl-ORFF™-Stiftung, 2008. Disponível em: <<http://www.orff.de/en/orff-schulwerk/practice.html>>. Acesso em: 14 de abril de 2011.

LOUREIRO, Alícia Maria Almeida. **A educação musical como prática educativa no cotidiano escolar**. In: Revista da ABEM, n. 10, março 2004. Porto Alegre: Associação Brasileira de Educação Musical, 2004.

LUEDER, Rani. **Are children just little adults?**. ErgoSolutions. 2003.

LUEDER, Rani. **Through the Rearview Mirror**: Ergonomics for Children. HFES Bulletin, Volume 53, Number 10, October 2010. Santa Monica, Califórnia: 2010.

LYSLOFF, René T. A.; MATSON, Jim. **A New Approach to the Classification of Sound-Producing Instruments**. Ethnomusicology. Illinois: University of Illinois Press, v. 29, n. 2, p. 213-236, 1985.

MARTINS, Edna; SZYMANSKI, Heloisa. **A abordagem ecológica de Urie Bronfenbrenner em estudos com famílias**. Estud. pesqui. psicol. v.2004 n.1. Rio de Janeiro, 2004.

MCDOWELL, Margaret A., R.D.; FRYAR, Cheryl D.; HYRSCH, Rosemarie; OGDEN, Cynthia L. **Anthropometric Reference Data for Children and Adults: U.S. Population, 1999–2002**. Division of Health and Nutrition Examination Surveys. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. EUA, 2005

MCPHERSON, Gary E. **The role of parents in children's musical development**. Psychology of Music, v. 37 (1), p. 91-102, 2009.

MORA, Alexandre. **Design de Brinquedos**: Estudo dos brinquedos utilizados nos centros de educação infantil do município de São Paulo. São Paulo: FAU - USP, 2006.

NORRIS, Beverly; SMITH, Stuart. **Child Anthropometry**. In: Ergonomics for Children: Designing products and places for toddlers to teens. Florida: Taylor & Francis, 2008.

OSWALT, Angela. **Child & Adolescent Development**: Overview. Disponível em: <[http://www.familyserviceonline.org/poc/view\\_doc.php?type=doc&id=7928&cn=28](http://www.familyserviceonline.org/poc/view_doc.php?type=doc&id=7928&cn=28)>. Acesso em: 14 de abril de 2011.

PENNA, Maura. **A dupla dimensão da política educacional e a música na escola: I – analisando a legislação e termos normativos**. In: Revista da ABEM, n. 10, março 2004. Porto Alegre: Associação Brasileira de Educação Musical, 2004.

PERETZ, Isabelle. **The nature of music from a biological perspective**. Montreal: International Laboratory for Brain, Music and Sound Research (BRAMS), University of Montreal, 2006.

PINCH, T. J.; BIJSTERVELD, Karin. **Sound Studies**: New Technologies and Music. New York: Cornell University, Science and Technology Studies Department, 2003.

PINZINO, Mary Ellen. **Audiation**: Another Way of Knowing. Letters on Music Learning, issue 12. Park Forest South, Illinois: Come, Children Sing!, Governors State University, 1994.

PLATCHECK, Elizabeth Regina. **Metodologia de ecodesign para o desenvolvimento de produtos sustentáveis**. Porto Alegre, RS, 2003.



QUEIROZ, Luis Ricardo Silva. **Educação musical e cultura: singularidade e pluralidade cultural no ensino e aprendizagem da música.** In: Revista da ABEM, n. 10, março 2004. Porto Alegre: Associação Brasileira de Educação Musical, 2004.

RABELLO, E.T.; PASSOS, J. S. **Erikson e a teoria psicossocial do desenvolvimento.** Disponível em: <<http://www.josesilveira.com/artigos/erikson.pdf>>. Acesso em: 14 de abril de 2011.

RICE, Valerie; LUEDER, Rani. **DESIGNING Products For Children.** In: Ergonomics for Children: Designing products and places for toddlers to teens. Florida: Taylor & Francis, 2008a.

RICE, Valerie; LUEDER, Rani. **CHILDREN AND INJURIES.** In: Ergonomics for Children: Designing products and places for toddlers to teens. Florida: Taylor & Francis, 2008b.

ROLIM, Amanda Alencar Machado; GUERRA, Siena Sales Freitas; TASSIGNY, Mônica Mota. **Uma leitura de Vygotsky sobre o brincar na aprendizagem e no desenvolvimento infantil.** Rev. Humanidades, Fortaleza, v. 23, n. 2, p. 176-180. Fortaleza, 2008.

ROSA, Paulo Ricardo da Silva. **Instrumentação para o Ensino de Ciências.** Campo Grande: Departamento de Física - Universidade Federal de MS, 2008.

NSKC. **Toy Safety Fact Sheet.** National Safe Kids Campaign. Disponível em: <<http://www.safekids.org/our-work/research/fact-sheets/toy-safety-fact-sheet.html>>. Acesso em: 21 de abril de 2011.

SCHMIDT-JONES, Catherine. **Classifying Musical Instruments.** Disponível em <<http://cnx.org/content/m11896/latest/>>. Acesso em: 4 de abril de 2011.

SCHÜTZ, Ricardo. **Vygotsky & Language Acquisition** Disponível em: <<http://www.sk.com.br/sk-vygot.html>>. Acesso em: 14 de abril de 2011.

SNYDER, Richard; SCHNEIDER, Lawrence; OWINGS, Clyde; REYNOLDS; Herbert; GOLOMB, Henry; SCHORK, Anthony. **Anthropometry Of Infants, Children, And Youths To Age 18 For Product Safety Design.** Highway Safety Research Institute Of The University Of Michigan, Consumer Product Safety Commission. Bethesda, Maryland. 1977.

SOUTHGATE, Darby E.; ROSCIGNO, Vincent J. **The Impact of Music on Childhood and Adolescent Achievement.** Social Science Quarterly, 90(1), 4-2. Ohio: 2009.

SOUZA, Jusamara. **Educação musical e práticas sociais.** In: Revista da ABEM, n. 10, março 2004. Porto Alegre: Associação Brasileira de Educação Musical, 2004.

TEACHOUT, David J. **The Impact of Music Education on a Child's Growth and Development.** Greensboro: The University of North Carolina at Greensboro, 2005.

TERREL, James A. **Age Determination Guidelines: Relating Children's Ages To Toy Characteristics and Play Behavior.** U.S. Consumer Product Safety Commission (CPSC). 2002.

TORRES, Brenda. **Children's Play With Toys.** In: Ergonomics for Children: Designing products and places for toddlers to teens. Florida: Taylor & Francis, 2008.

TOY SYMPHONY. **Toy Symphony:** Project Overview. Disponível em: <<http://opera.media.mit.edu/ToySymphony/project.html>>. Acesso em: 14 de abril de 2011.

UCCI, Mary. **Playdough:** 50 Years' Old, And Still Goopy, Fun, And Educational. Child Health Alert 24. 2006.

VAUSE, Nancy L.. **Hearing Ergonomics For Children: Sound Advice.** In: Ergonomics for Children: Designing products and places for toddlers to teens. Florida: Taylor & Francis, 2008.

VIRGINIA TECH. **Virginia Tech Multimedia Music Dictionary.** Disponível em <<http://www.music.vt.edu/musicdictionary/>>. Acesso em 27 de março de 2011.

YOUTZ, Gregory. Silk and Bamboo: **An Introduction to Chinese Musical Culture.** Disponível em <<http://www.plu.edu/~youtzgl/essays/silk/Chchap8.doc>>. Acesso em: 29 de março de 2011.

WAJSKOP, Gisela. **O brincar na educação infantil.** Caderno de Pesquisa, São Paulo, n.92, p. 62-69, fev. 1995.

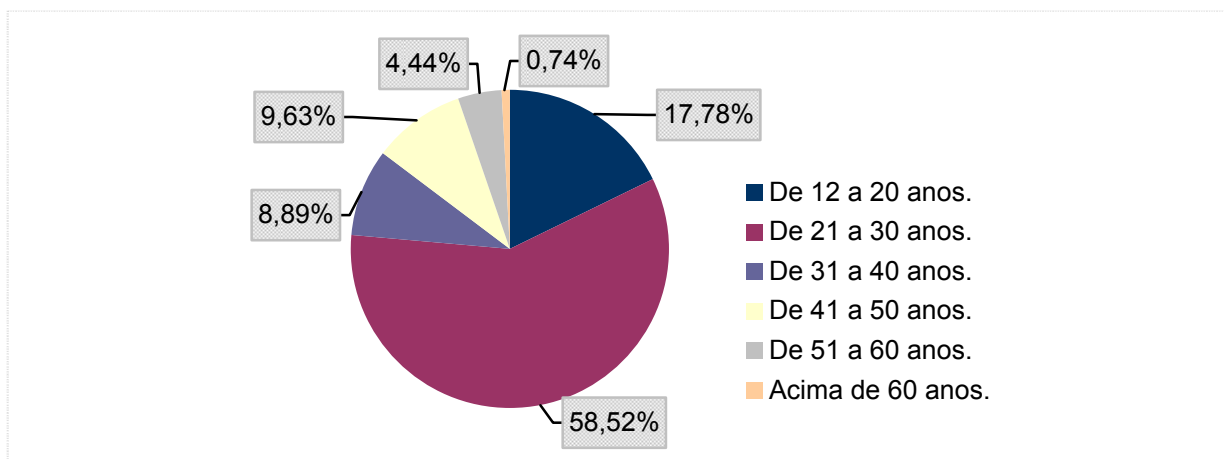
WELLER, Melinda. **The Serious Need for Play.** Scientific American Mind. Nova York: 2009.

WIKIPÉDIA. **Wikipédia:** a enciclopédia livre. 2011. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1gina\\_principal](http://pt.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1gina_principal)>. Acesso em: 21 de abril de 2011.

ZOLTÁN KODÁLY PEDAGOGICAL INSTITUTE OF MUSIC. **The Kodály Concept of Music Education.** Kecskemét, Hungria: Zoltán Kodály Pedagogical Institute of Music. Disponível em: <<http://www.kodaly-inst.hu/kodaly/concept.htm>>. Acesso em: 14 de abril de 2011.

## APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO AO PÚBLICO EM GERAL

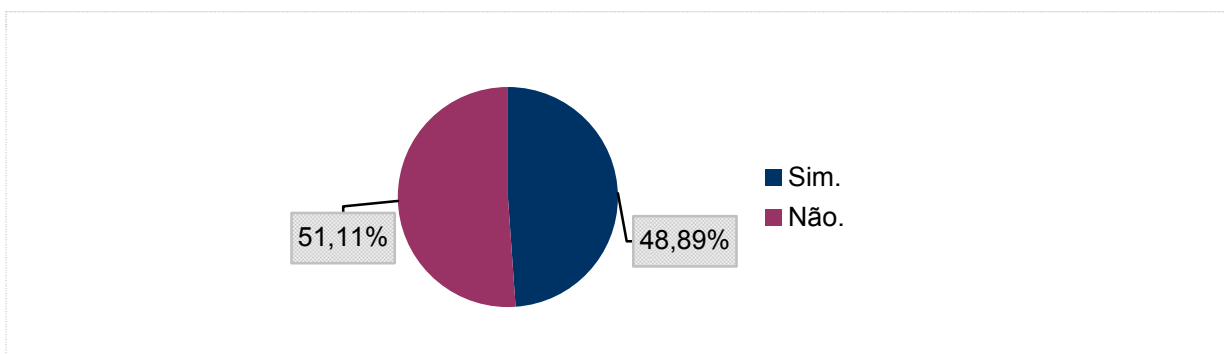
A pesquisa, realizada ao longo de uma semana, foi aplicada a 135 participantes, e incluiu pessoas de todas as faixas etárias definidas. Abaixo, é apresentada a proporção de pessoas de cada faixa etária (Gráfico 1); o grupo com maior número de respostas foi o de 21 a 30 anos, com 58% dos respondentes.



**Gráfico 1: Faixa etária**

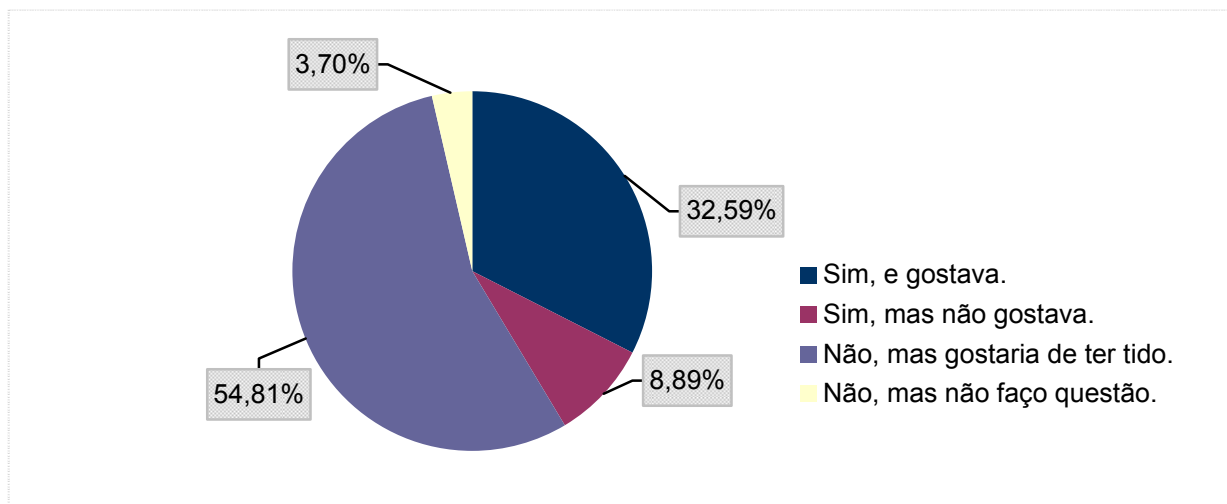
Fonte: Autor

Dentre toda a amostra pesquisada, **48.89% das pessoas tocam instrumento musical hoje em dia**. A proporção de pessoas que teve aula de instrumentos ou música na escola foi de 41,48%. Esses números, que também aparecem representados abaixo (Gráfico 2 e Gráfico 3, respectivamente) servem de referência à análise posterior, que detalha a influência que o ensino e as experiências musicais tiveram sobre os respondentes.



**Gráfico 2: Incidência de quem toca instrumentos musicais**

Fonte: Autor



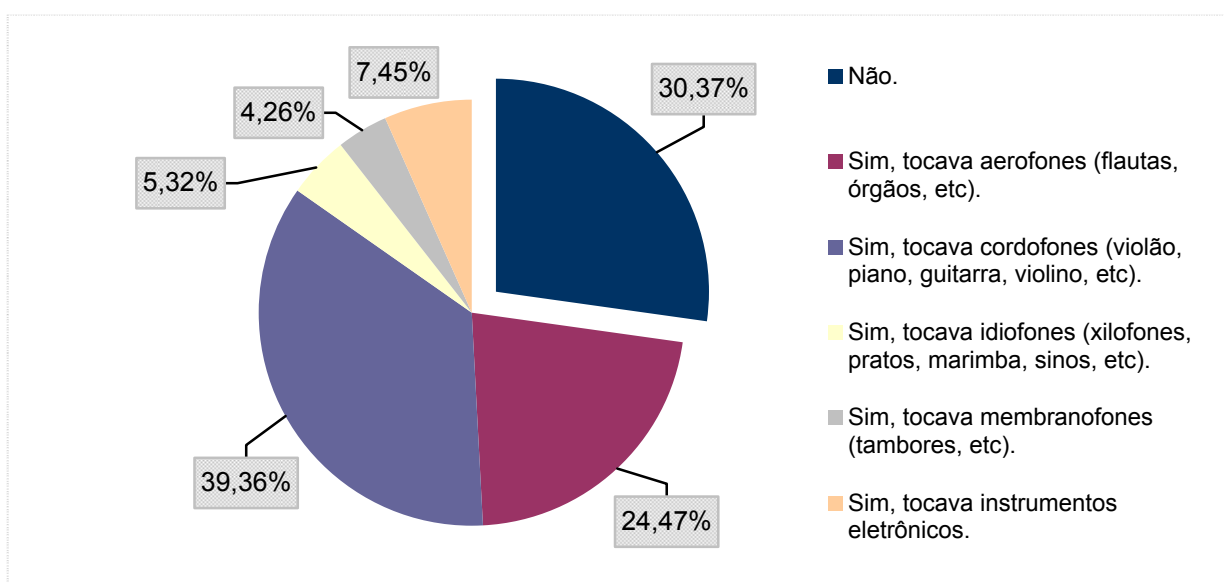
**Gráfico 3: Incidência de quem teve aula de música no colégio**

Fonte: Autor

De modo geral, a amostra pesquisada tem uma percepção positiva quanto à aula de música no colégio, e respondeu que gostava das aulas ou que gostaria de as ter tido; 87,31% respondeu dessa forma. Analisando apenas aqueles que tocam instrumento musical, esse número é levemente menor: 86,31%. A diferença é bastante sutil, e não pôde ser atribuída a nenhuma causa específica.

Existe um número razoavelmente maior de pessoas que tocam instrumento entre aqueles que tiveram aula de música no colégio do que entre os que não tiveram. **53,57% dos que tiveram aula tocam hoje em dia**; entre os que não tiveram, apenas 46,15% toca. Surpreendentemente, a incidência de quem toca instrumentos musicais é também maior entre os que não gostavam da aula (52,27% entre os que gostavam, e 58,33% entre os que não gostavam); caso fosse menor, poderia demonstrar que alunos tendem a esquecer o que aprendem em aulas de que não gostavam, mas isso não ficou evidenciado. De fato, talvez sinalize que as aulas mais eficazes, e que trariam melhores resultados, eram aquelas que os alunos não apreciavam — talvez pela carga de trabalho ou pela complexidade associada. De qualquer forma, **a influência de ter tido aulas (boas ou ruins) sobre tocar ou não um instrumento é baixa**, o que aponta para possíveis problemas na educação musical.

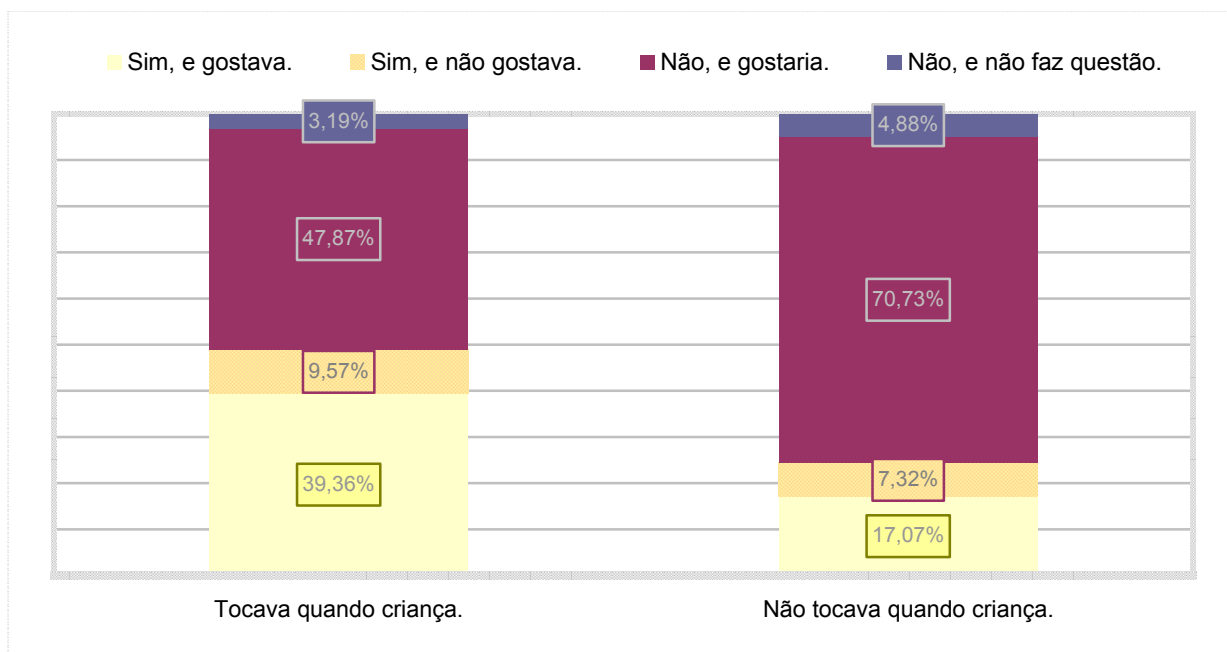
A grande maioria da amostra pesquisada, com 69,63%, teve contato com instrumentos musicais até os doze anos de idade. Dentre esses, a maior parte utilizava aerofones e cordofones (24,47% e 39,36%, respectivamente), e um número significativo já tinha contato com mais de um instrumento musical (19,15%); o Gráfico 4 mostra os valores para todos os tipos de instrumentos. Os números não são surpreendentes, uma vez que já tinha sido observada grande proporção de respondentes que tiveram alguma educação musical na escola.



**Gráfico 4: Contato com instrumentos musicais até os 12 anos**

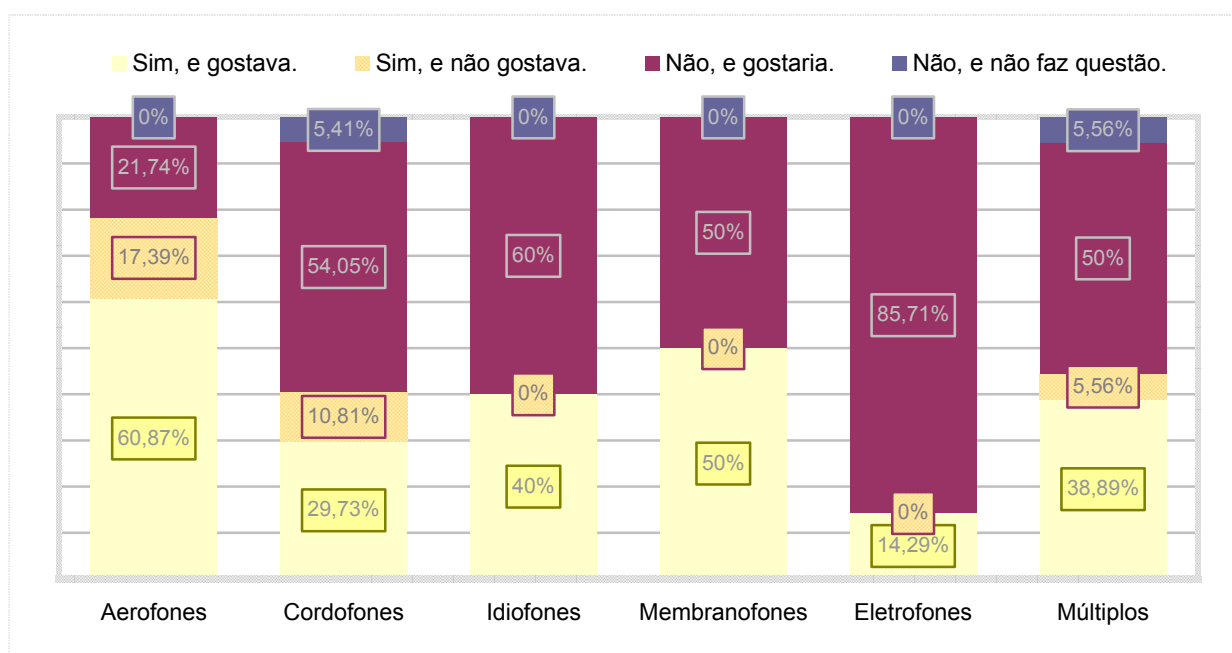
Fonte: Autor

Dentre aqueles que tocavam instrumentos até os 12 anos, 48,94% estudaram música na escola; dentre os que não tocavam nenhum instrumento, apenas 24,39% estudaram (Gráfico 5). Ou seja, **o uso de instrumentos na infância está associado, nessa amostra, às aulas de música**. O grupo dos que tocaram aerofones na infância foi o que apresentou maior correlação com as aulas de música, tendo 78% dos indivíduos estudado música. Ao mesmo tempo, é o grupo com maior densidade de indivíduos que gostavam das aulas. O Gráfico 6 apresenta o detalhamento desses dados para esse e os demais grupos de instrumentos.



**Gráfico 5: Experiência de aulas na escola (frente ao contato na infância)**

Fonte: Autor

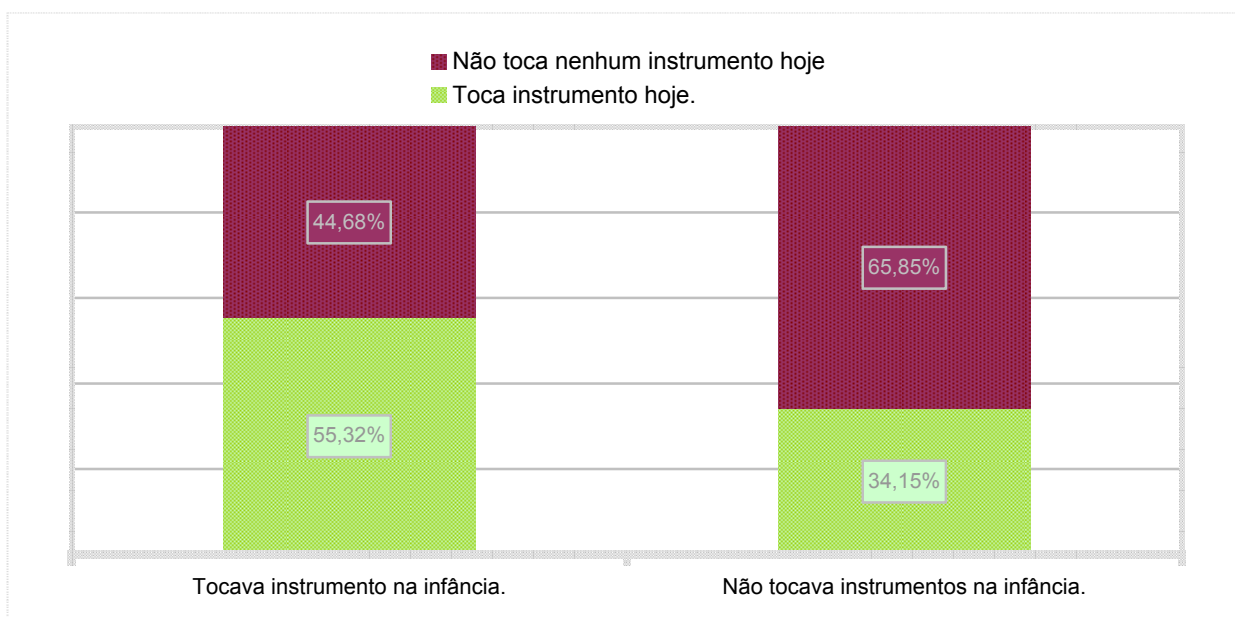


**Gráfico 6: Experiência de aulas na escola dentre praticantes na infância (por instrumento)**

Fonte: Autor

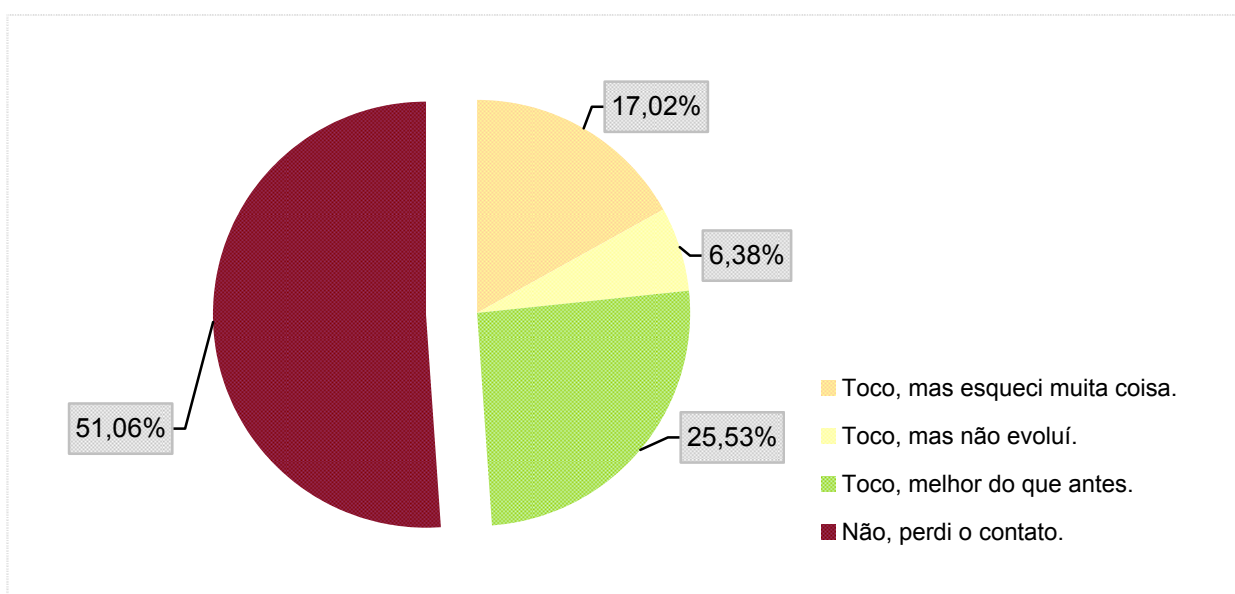
De modo geral, observou-se que **o número de pessoas que tocam algum instrumento hoje é bem maior entre aqueles que tiveram contato prévio na infância: 55% destes**. Dentre os que não tiveram contato com instrumentos na infância, a proporção é de apenas 34% (Gráfico 7). Isso atesta o impacto de se obter

contato com a música na infância. No entanto, uma outra informação importante pode ser obtida: **mais de 51% das pessoas hoje já perderam contato com o instrumento original que haviam aprendido na infância**, e ou deixaram de tocar ou vieram a dominar um novo instrumento, em substituição. Apenas 25% afirma ter evoluído no instrumento inicial (Gráfico 8).



**Gráfico 7: Incidência de quem toca algum instrumento hoje (frente ao contato na infância)**

Fonte: Autor

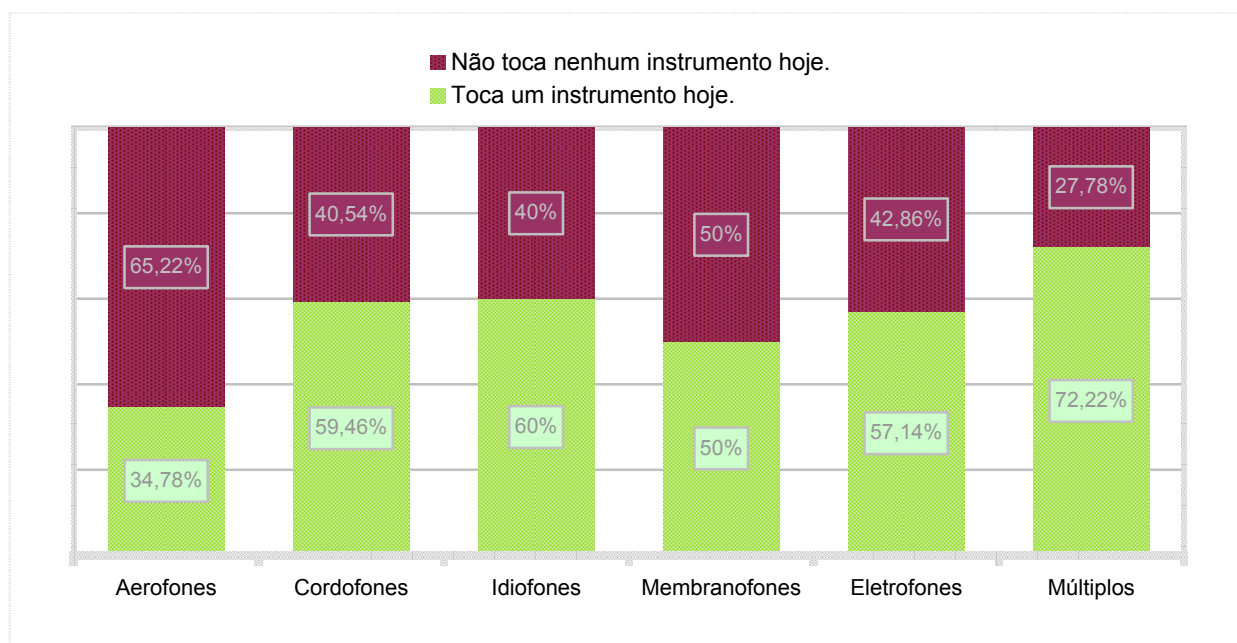


**Gráfico 8: Evolução de quem tocava instrumentos na infância**

Fonte: Autor

O Gráfico 9 detalha a importância que o contato inicial com cada tipo de instrumento teve posteriormente na habilidade dos entrevistados para tocar instrumentos

musicais em geral, e permite uma diferenciação entre eles. Entre quem tocava aerofones na infância, apenas 34% ainda tocam alguma coisa; para cordofones, eletrofones e idiofones, o índice aproxima-se de 60%. Para quem tocava mais de um instrumento, chega a 72%.

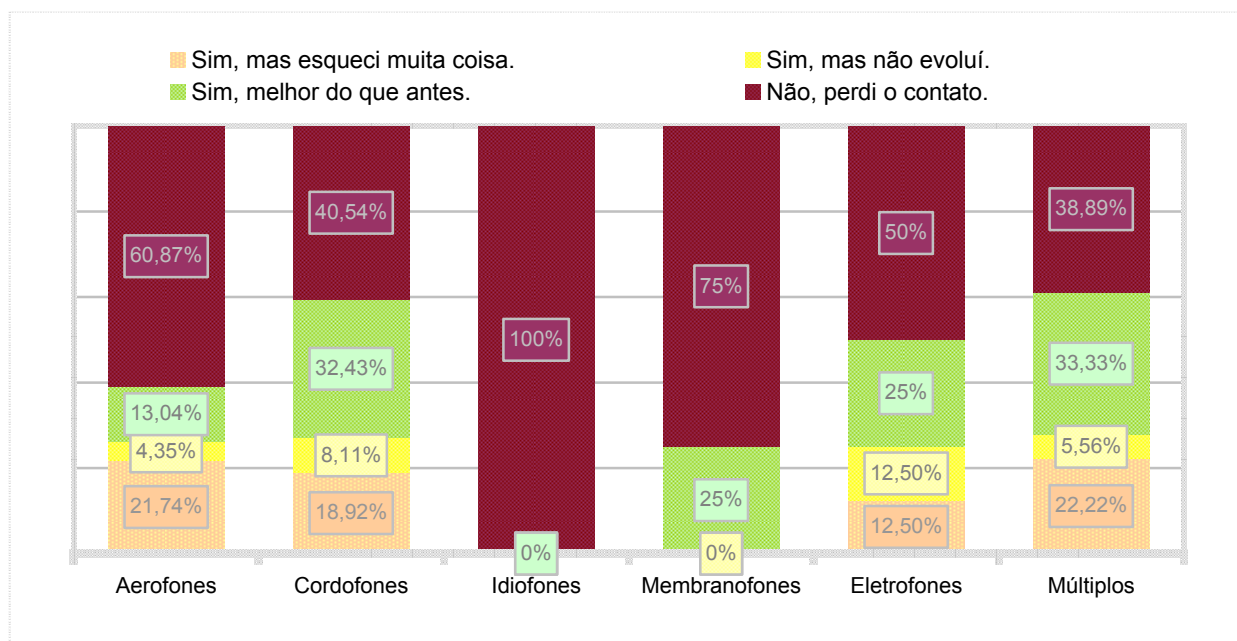


**Gráfico 9: Incidência de quem toca hoje (de acordo com cada instrumento tocado na infância)**

**Fonte: Autor**

Analisando a evolução dentro de cada grupo de instrumentos (Gráfico 10), vê-se que são os que tocavam cordofones (32%) ou mais de um instrumento (33%) os que mais evoluíram em sua habilidade. Em ordem decrescente de o quanto retiveram pelo menos uma parte do conhecimento que tinham na infância, estão: mais de um instrumento (61%), cordofones (59%), eletrofones (50%), aerofones (39%), membranofones (25%) e idiofones (0%). Com esses dados, percebe-se que aerofones, apesar de bastante populares, não têm bons índices quanto à habilidade que os entrevistados viriam a ter mais tarde nesse tipo de instrumento ou em outros instrumentos; ao mesmo tempo, como demonstrado pelo gráfico 6, são o grupo que apresenta não só a maior proporção de estudantes de música no colégio como também os estudantes mais satisfeitos. Este fato aponta talvez para problemas com a educação musical dos entrevistados, que apreciavam as aulas mas retiveram muito pouco do que aprenderam. De todo modo, a experiência foi percebida pelos respondentes como largamente positiva.

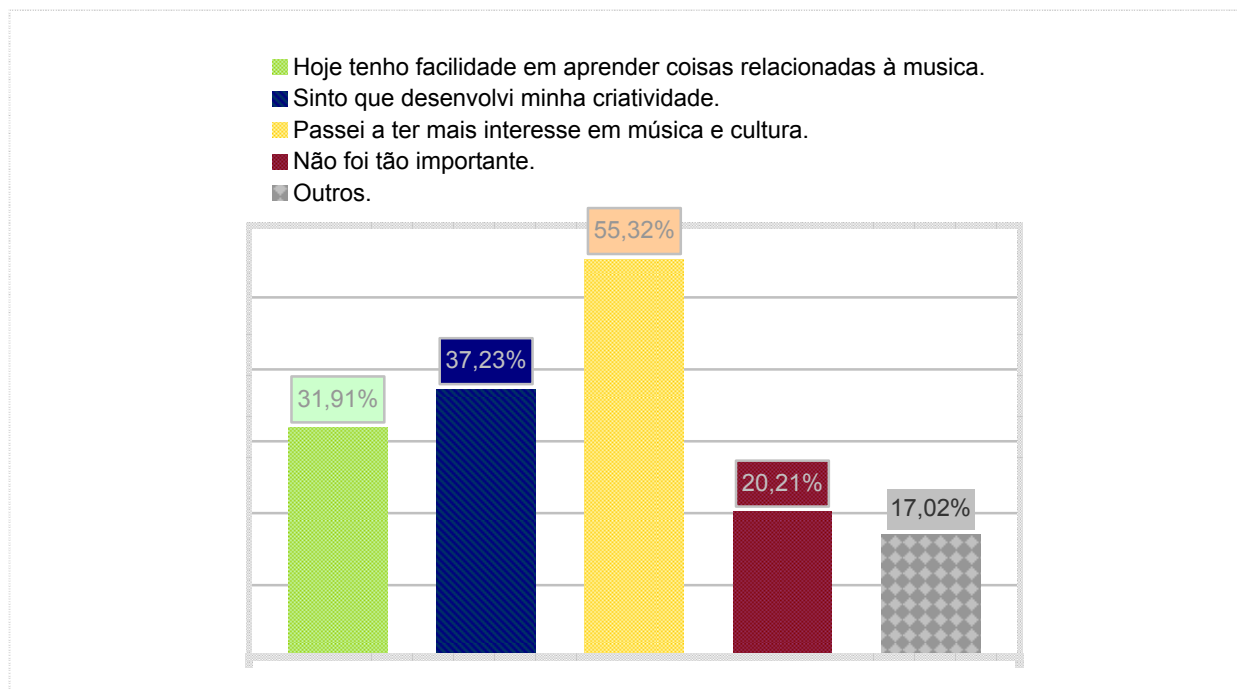




**Gráfico 10: Evolução de quem tocava instrumentos na infância (por instrumento)**

Fonte: Autor

Para aqueles que usavam algum instrumento na infância, foi perguntada a importância dessa experiência (Gráfico 11). Era possível marcar mais de uma resposta, ou responder com suas próprias palavras. 55% dos pesquisados afirmaram que a experiência fez com que hoje tivessem mais interesse em cultura e em música; 37% afirmaram que hoje têm maior criatividade devido à experiência musical na infância; e quase 32% afirmaram que aprendem coisas musicais com maior facilidade. **Apenas 20% classificou a experiência como pouco relevante.** Contrastando-se às respostas anteriores, em que se soube que 42% das crianças com contato com instrumentos hoje não tocam nenhum instrumento (Gráfico 7), vê-se que a percepção de importância não está necessariamente associada à retenção que se tem do conhecimento.



**Gráfico 11: Importância de ter aprendido um instrumento na infância**

Fonte: Autor

Dentre as respostas oferecidas pelos próprios respondentes quanto à importância de ter praticado a música na infância, destaca-se:

"Engraçado... eu fui "obrigado" a aprender teclado/piano pelo meus pais. Mas eu só comecei a me interessar mesmo por música e instrumentos musicais quando um amigo meu me convidou para tocar em uma banda com ele, aos meus 14 anos de idade."

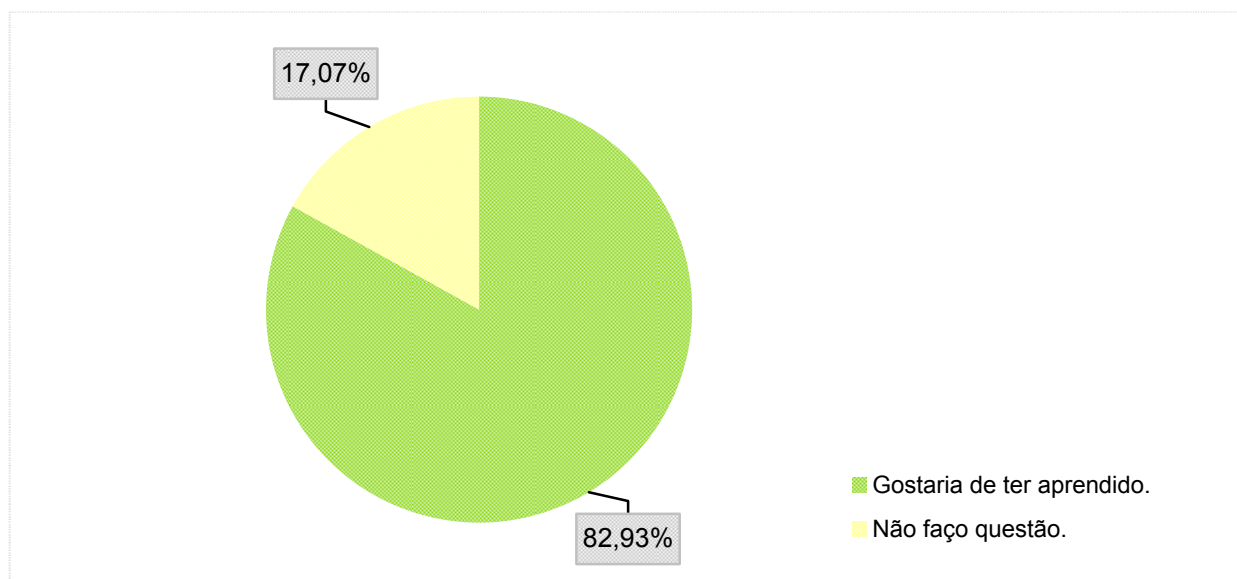
"Evolução cognitiva e de raciocínio. A música e seus padrões nada mais são do que matemática."

"Fez com que eu me conhecesse melhor e ficasse mais confortável com o que sentia na época."

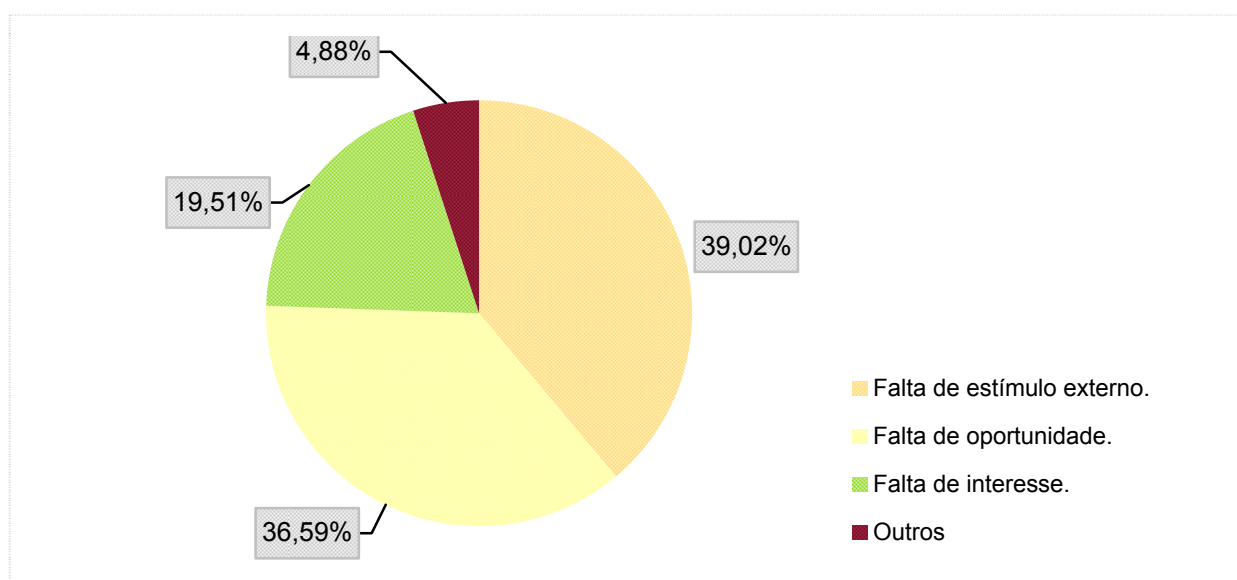
"Coordenação motora consideravelmente melhor desenvolvida do que os meus colegas; fui muito disciplinada com isso, afinal era necessário treinos diários, e meu ouvido musical é um pouco diferente do das pessoas que tiveram mais contato com a música cantada do que tocada (eu quase não ouvia músicas populares quando criança)."

"Desenvolvi senso crítico em relação à qualidade musical."

Para aqueles que não tiveram contato com instrumentos musicais na infância, foi perguntado se gostariam de ter aprendido a tocar algum deles nessa época; quase 83% afirmaram que sim (Gráfico 12). Perguntados pelos motivos pelos quais não aprenderam (Gráfico 13), os respondentes citaram falta de estímulo externo (39%) e falta de oportunidade (36%) como os principais fatores; apenas 19% afirmaram não ter tido interesse na época.



**Gráfico 12: Incidência de quem gostaria de ter aprendido um instrumento na infância**  
Fonte: Autor



**Gráfico 13: Justificativas para não ter aprendido um instrumento na infância**  
Fonte: Autor

## APÊNDICE 2 – QUESTIONÁRIO AO PÚBLICO EM GERAL

*\*obrigatórias*

Parte I
<p><b>Qual é a sua faixa etária? *</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* De 12 a 20 anos.</li> <li>* De 21 a 30 anos.</li> <li>* De 31 a 40 anos.</li> <li>* De 41 a 50 anos.</li> <li>* De 51 a 60 anos.</li> <li>* Acima de 60 anos.</li> </ul> <p><b>Você sabe tocar algum instrumento musical? *</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Sim.</li> <li>* Não.</li> </ul> <p><b>Se sim, que instrumento(s) você toca?</b></p> <p>[resposta livre]</p> <p><b>Você teve aula de música no colégio? *</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Sim, e gostava.</li> <li>* Sim, mas não gostava.</li> <li>* Não, mas gostaria de ter tido.</li> <li>* Não, mas não faço questão.</li> </ul> <p><b>Até os 12 anos de idade, você se lembra de utilizar algum instrumento musical (mesmo que sem dominá-lo)? *</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Sim, tocava idiofones (xilofones, pratos, marimba, sinos, etc.).</li> <li>* Sim, tocava membranofones (tambores, etc.).</li> <li>* Sim, tocava cordofones (violão, piano, guitarra, violino, etc.).</li> <li>* Sim, tocava aerofones (flautas, órgãos, etc.).</li> <li>* Sim, tocava instrumentos eletrônicos.</li> <li>* Sim, tocava mais de um tipo de instrumento.</li> <li>* Não.</li> </ul>
Parte II.a - Para os que responderam “sim” à pergunta sobre utilização de instrumentos até os 12 anos
<p>Sobre o contato com instrumentos quando criança;</p> <p><b>Hoje, você sabe tocar esse(s) instrumento(s) com que teve contato até os 12 anos de idade? *</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Sim, melhor do que antes.</li> <li>* Sim, mas não evoluí.</li> <li>* Sim, mas esqueci muita coisa.</li> <li>* Não, perdi o contato.</li> </ul> <p><b>Qual foi a importância de ter tido contato com o instrumento musical até os 12 anos de idade? *</b> (múltipla escolha)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Hoje tenho facilidade em aprender coisas relacionadas à música.</li> <li>* Sinto que desenvolvi minha criatividade.</li> <li>* Passei a ter mais interesse em música e cultura.</li> <li>* Não foi tão importante.</li> <li>* Other: [resposta livre]</li> </ul>
Parte II.b — Para os que responderam “não” à pergunta sobre utilização de instrumentos até os 12 anos

Sobre não ter tido contato com instrumentos musicais quando criança;

**Gostaria de ter aprendido algum instrumento quando pequeno? \***

- \* Não faço questão.
- \* Sim.

**Por que acha que não teve contato com instrumentos musicais nessa época? \***

- \* Falta de estímulo externo.
- \* Falta de oportunidade.
- \* Falta de interesse.
- \* Other: [resposta livre]

Término do questionário.

### APÊNDICE 3 – ENTREVISTAS COM PROFISSIONAIS DA MÚSICA

**Roteiro:** para as entrevistas, foi seguido o roteiro de perguntas apresentado a seguir. As respostas foram anotadas durante a entrevista.

- a) Quais são as principais dificuldades em se aprender um instrumento musical?
- b) No que diz respeito à satisfação do usuário e à oportunidade que oferece para o aprendizado de música, quais são as principais características que um instrumento musical deve ter? O que caracteriza um bom instrumento musical?
- c) Como deve ser um instrumento musical feito para crianças? Por quê?
- d) Quais são as dificuldades que uma criança tem ao aprender um instrumento?
- e) O que uma criança acha interessante em um instrumento? De quais instrumentos ela mais gosta? Quais são as necessidades/requisitos que uma criança vê em um instrumento que são diferentes daquelas que os adultos vêem?
- f) Com que instrumentos já-existentes as crianças de 5 a 9 anos têm melhores resultados? Por quê?
- g) Quais instrumentos você não recomendaria para uma criança dessa idade? Por quê?

**Respostas:** a seguir, são apresentadas as respostas obtidas nas entrevistas.

**Perfil do entrevistado:** aproximadamente 30 anos; música formada e professora universitária.

- a) Não acho que as as pessoas tenham dificuldades. é necessário vontade de aprender algo novo, concentração e estudo. É claro que um professor com uma boa metodologia sempre facilita. Tem que poder ser visto pela criança como uma brincadeira.
- b) Esse tipo de pergunta talvez devesse ser feita para alguém do marketing.
- c) Primeiramente deve ser pensado na idade da criança e realizar um estudo aprofundado sobre qual o seu nível de desenvolvimento psicológico, motor, cognitivo.. desta criança. Isso dará uma boa informação sobre o tipo de instrumento.
- d) Nenhuma desde que ela queira tocar.
- e) Acredito que a primeira coisa é que o instrumento tenha uma boa sonoridade.

- f) Nesta faixa etária em que eles estão aprendendo a ler e escrever eles têm condições de tocar qualquer instrumento desde que adequado à sua anatomia.
- g) Não sei.

**Outras informações:** a entrevistada afirmou que flautas doces não são muito indicadas para atividades de musicalização, e recomendou outros instrumentos: "[...] exigem muita técnica (pega na posição certa, tapa ou libera o furo certo, acerta a embocadura para o sopro, etc.) para emitir notas afinadas, que é a primeira premissa para oferecer um referencial melódico (de escala musical) para a criança. Um piano já dá a nota "pronta", mas, pelo tamanho, pode não ser anatomicamente ideal para a criança. Em geral, os instrumentos de percussão são os mais adequados, para a criança perceber noção de som grave/ agudo, curto/longo, forte/fraco, ou seja, perceber as propriedades do som: altura, intensidade, duração, timbre e densidade. Talvez um xilofone seria uma síntese entre a idéia de coordenação motora ligada à percussão, e a possibilidade melódica, semelhante ao piano."

**Perfil do entrevistado:** 45 anos; músico formado, professor de violão, com mais de 20 anos de experiência dando aulas.

- a) As principais dificuldades vêm de coisas "exatas": valores, escalas... Crianças têm só 15 minutos de atenção. Crianças também têm dificuldades com conceitos de musicalização, já que muitas vezes não conhecem os instrumentos, e não entendem o som que devem obter. A falta de concentração também é um problema. Videogames são mais interessantes do que instrumentos, porque tem sons, cores... E, durante as aulas, se vê isso. Qualquer bipe, barulho ou quique de bola rouba a atenção de um aluno.
- b) Tem que poder ser visto pela criança como uma brincadeira.
- c) Deve ser divertido, rápido, atraente... Por exemplo, um teclado com recursos, imagens. Ou percussivo. Deve poder ser compartilhado com outras crianças.
- d) Falta de atenção, falta de concentração. Se não têm motivação constante, todos os dias, e não são estimuladas em casa.
- e) A brincadeira, o lúdico.
- f) Percussivo, porque têm resultados rápidos.
- g) Instrumentos que possam machucá-la. Não acho indicado cordas: violão, violino. Qualquer instrumento que seja maior do que a criança. Exemplo: a gaita, porque a criança fica escondida atrás dela.

---

**Perfil do entrevistado:** aproximadamente 55 anos, música formada, professora de canto lírico.

- a) Falta de tempo, dedicação ou oportunidade.
- b) É difícil responder. Deve ser de boa qualidade.
- c) Deve ser bem construído e ter tamanho adequado.
- d) Crianças costumam ter menos dedicação e paciência.
- e) A maioria dos alunos vem para fazer aulas de violão. O maior número de desistências é entre alunos de piano. A principal dificuldade da criança é a falta de dedicação ou de tempo.
- f) Com instrumentos de percussão, porque são mais simples. Instrumentos de sopro (flautas) também são adequados.
- g) Não recomendaria instrumentos muito grandes para a criança, ou muito complexos ou de má qualidade.

---

**Perfil do entrevistado:** aproximadamente 45 anos, músico formado, professor de violão

- a) Não vejo dificuldades, se o estudante tiver comprometimento.
  - b) Não sei responder.
  - c) Quanto mais simples, melhor, contanto que tenha boa construção.
  - d) A falta de bons professores ou não terem educação musical.
  - e) Não saberia dizer. Acho que instrumentos para crianças devem ser de boa qualidade, e simples.
  - f) Depende do interesse da própria criança... De qual instrumento ela gosta mais.
  - g) Não recomendaria instrumentos muito grandes ou mal-feitos, de má qualidade.
-



**Perfil do entrevistado:** aproximadamente 50 anos, música formada, professora de piano e coordenadora pedagógica.

- a) As principais dificuldades vêm de falta de tempo, dedicação ou oportunidade, mas todos podem aprender um instrumento se se dedicar.
- b) É muito difícil dizer... Diferentes músicos têm noções diferentes do que é mais apropriado. Instrumentos variam muito entre si. O importante é que tenham capacidade de produzir sons e sejam de boa qualidade.
- c) Instrumentos muito complexos não são recomendados, já que dificilmente serão utilizados ou explorados fora do ambiente escolar... Crianças gostam muito das aulas, mas não se dedicam tanto fora delas. Instrumentos simples, portáteis e intuitivos são bons para crianças por esse motivo.
- d) Crianças às vezes deixam de fazer exercícios em casa ou praticar, e acabam treinando somente nas aulas. Ainda assim, vemos muita evolução mesmo naqueles que praticam só uma vez por semana, na escola.
- e) É difícil responder, já que cada criança acaba se dedicando mais ou menos dependendo da própria preferência e disposição. A maior parte das crianças se matricula para aprender violão, guitarra e bateria.
- f) Crianças muito novas devem ter cuidado ao aprender instrumentos como baterias, porque demandam grande esforço físico, o que pode ser prejudicial à saúde. Flautas, gaitas, e outros instrumentos que demandam grande capacidade pulmonar são difíceis para crianças mais novas. Como cansam rápido, não podem praticar por tanto tempo, o que também prejudica o aprendizado... Violões e guitarras, apesar de muito populares, são um pouco grandes para crianças, e outros instrumentos, como ukuleles, podem ser mais indicados.

---

**Perfil do entrevistado:** aproximadamente 25 anos, baterista, tecladista e guitarrista, com experiência em ensinar violão e teclado para crianças.

- a) Acho que é a conciliação entre o objeto físico, o instrumento em si (dentro de suas possibilidades de geração de diferentes sons - notas e timbres - no que diz respeito ao posicionamento das mãos e a configuração dos instrumentos, seja em teclas, tambores, cascas, etc) e a organização natural dos sons. O que eu quero dizer é que o mais difícil é verter os movimentos físicos para o campo dos sons de maneira intuitiva, tendo em vista dois dos principais aspectos da feição musical: a memorização da coleção de posições manuais em

relação aos efeitos (isto é, as 'notas') que essas posições geram, e a função desse efeito dentro da estrutura da canção que se deseja tocar.

- b) No caso de se pensar um instrumento novo, acho que o instrumento deve ser ilustrativo, auto-explicativo, com indícios claros de que desse lado faz grave, desse faz agudo, de que com essa formatação faz nota maior, de que com aquela faz nota menor. No que diz respeito ao primeiro contato com um instrumento musical, o instrumento ideal deveria ainda auxiliar no emprego dessas notas, ajudando o usuário a refletir sobre suas opções ("Por que fiz um mi, e não um fá?", "por que fiz maior e não menor?"). Se fosse possível, esse instrumento ainda deveria fornecer pistas para que fique desde muito cedo compreendido que todas as escalas possuem a mesma fórmula, não importa o tom em que seja empregado. Pra isso, um mecanismo de transposição automático viria a calhar. Nos teclados tem isso, mas, se fosse pra ser ideal, o instrumento deveria de alguma maneira sinalizar a nota que está sendo executada. O que caracteriza um bom instrumento é relativo: depende do instrumento e do que tu espera. Uma boa bateria é uma que tem um som forte, limpo, que segure a afinação. Um bom teclado é um que forneça timbres funcionais para covers e composições, e que não tenha um teclado muito rígido (quanto mais macio, mais confortável). Um bom violão depende da altura das cordas, da 'potência' da caixa acústica, da largura do braço, etc. Depende do critério: bom de tocar ou que saia um som bom?
- c) [respondida junto à próxima questão]
- d) Aqui, uma resposta meio que ajuda a completar a da outra pergunta e vice versa. A meu ver, o maior problema de uma criança é que ela ainda ouve muito pouca música, e é através da exposição que a gente adquire fluência. É igual a uma segunda língua, só que a diferença é que a língua número 2 pode ser comparada com a língua número 1 e isso auxilia o aprendizado, enquanto música não tem com o que comparar porque é uma linguagem meio que totalmente nova. Assim, eu acho que, pra compensar a falta de exposição, o segredo é ser lúdico. Tem que rolar uma brincadeira com os sons, um ligue-os-pontos sonoro que ajude a criança a ir percebendo que cada seqüência gera um efeito diferente, que cada efeito engendra uma intenção (triste, feliz, cerimonioso, rude, assustador, cada nota com o seu, dependendo ainda da seqüência). Acho que a relação imagem e som também é super necessária, tanto na parte de partituras quanto (pra mim principalmente) na dos movimentos com as mãos, como em um "videoquê" didático. Guitar hero dá um exemplo interessante nesse sentido, mas poderia ser muito explorado para que aquela "interface" audiovisual pudesse auxiliar na aprendizagem.
- e) Respondendo a segunda pergunta antes, acho que é o aspecto do lúdico, do entretenimento, da brincadeira. Acho que muita criança curte bateria porque é grande, tem baquetas, pedais e um monte de tambores. No entanto, já vi crianças que curtiram muito bateria por causa do seu potencial técnico (usar várias capacidades motoras ao mesmo tempo), mas despilharam por causa da ausência das possibilidades melódicas e harmônicas. Nesse sentido, acho que o

teclado chama mais a atenção, porque é bem elementar, já que é uma espécie de reprodução do cromatismo, mas aí é chato porque são só teclas. E tenho pra mim que instrumentos de cordas são inicialmente os mais chatos (pra crianças). Adulto quer instrumento pra colocar a linguagem que ele tá desenvolvendo conscientemente em prática. Criança quer brincar, mas só vai gostar de brincar mais se a brincadeira for dando resultado.

- f) Acho que bateria e teclados (mesmo xilofones, ou qualquer coisa em que as notas sejam dispostas apenas horizontalmente, e não horizontal E verticalmente, como em instrumentos de cordas), porque um é motor e baseado na repetição e memorização, e o outro porque, dos melódicos, é o mais fácil de visualizar (as teclas pretas ajudam bastante nesse processo de visualização, ajudando a criança a não se perder nas notas).
- g) Eu não falei nenhuma vez de instrumento de sopro porque tenho a impressão que, exceto por flauta doce e gaita de boca, todos são muito complexos. Acho que eu não recomendaria sax, oboé e essas coisas. De resto, acho que o ideal seria mostrar vários pra criança, deixar ela brincar com eles por um tempo e ver qual fez mais sentido pra ela. Porque a linguagem musical é uma só pra todos (exceto percussões), mas o instrumento é o veículo de acesso a ela. Se a criança tem mais facilidade num do que outro e isso é explorado o suficiente pelos pais, acredito que seja muito possível que essa criança venha a se interessar e até tenha sucesso em outros instrumentos.

---

**Perfil do entrevistado:** aproximadamente 40 anos, música formada e professora de piano para crianças de 3 a 10 anos.

- a) 40 anos, professora de piano para crianças de 3 a 10 anos.
- b) Inadequação do usuário ao instrumento. No meu caso, eu tive muita dificuldade com o piano, porque tinha/tenho as mãos pequenas.
- c) Trabalhar os dois lados do cérebro. O piano trabalha a coordenação motora e usa os dois lados. Tem clave de fá, e clave de sol. Usa mão direita e esquerda, o que faz com que as crianças apresentem dificuldade no aprendizado, mas é positivo em última instância. A característica que define um bom piano, especificamente, é a acústica.
- d) Deve exigir pouca força física da criança. Não deve prejudicar a postura da criança.
- e) Em um violão, a criança não está vendo, tem que fazer força e tem a postura prejudicada. O piano exige alguma força. Às vezes, um aluno de piano muito novo (de 4, 5 anos) é passado para o teclado porque as teclas são mais macias e exigem menos força para produção de som. Um violino exige menos força do que o violão e a criança enxerga o instrumento.

- f) O piano atrai porque é grande e apresenta várias possibilidades. Quanto à experiência de ao piano... Ocorrem situações como "tenho medo do grave, não vou tocar mais estas teclas; só toco as teclas dos agudos". A flauta não atrai, porque não sai o som logo...
- g) Flauta doce serve para musicalização e já treina as duas mãos da criança, que normalmente usa apenas uma nas brincadeiras.
- h) Violão, principalmente. Pelos problemas quanto a força, postura, e visualização...

---

**Perfil do entrevistado:** aproximadamente 50 anos, professor de violão para crianças e adultos.

- a) Acredito que todo mundo tem um "dom musical", em algum nível. Essa dificuldade ocorre quando o dom é muito baixo, ou seja, a pessoa não consegue perceber, por exemplo, o quanto está desafinada, cantando numa rodinha de amigos.
- b) Penso que seja a facilidade de manuseio, pois que para o aprendiz, qualquer articulação de movimentos será difícil, mesmo em um instrumento excelente. Assim, por exemplo, no caso de um violão, cordas muito altas, braço muito largo, ou bojo extremamente avantajado, poderiam ser dificuldades adicionais para um principiante.
- c) Acho que deve ser pequeno, porque seria mais apropriado para um uso que não causasse dificuldade técnica operacional. Por exemplo, um criança sentada numa bateria de adulto, dificilmente conseguiria alcançar todos os "pratos" por não ter o braço suficientemente longo para isso.
- d) A maior dificuldade está ligada à sua base lingüística e gramatical, para entender as nuances da música, suas subdivisões, num contexto lógico. Quanto à parte prática, se a criança tem um certo dom naturalmente desenvolvido, ela simplesmente copiará tudo e tocará bem mais rapidamente até do que um adulto.
- e) Acredito que elas tem um fascínio muito grande por instrumentos elétricos, até pela sensibilidade do som que eles produzem. Assim, uma criança que talvez não se interesse tanto por violão, pode ficar muito interessada em tocar um guitarra, pelo efeito da produção do som no amplificador. Pessoalmente, tenho tido a experiência de possuir um cavaquinho na minha casa e percebo que nunca houve uma criança que o visse e não se interessasse por ele na mesma hora. Atribuo isso ao tamanho do instrumento, que pareceria mais com um "violão de brinquedo", na imaginação infantil.

- f) Honestamente, eu não tenho base para responder a essa pergunta, por me especializar em violão, mas acredito que ela teria resultados com aquele instrumento que lhe causasse menos incômodo ergonômico para tocar, ou seja, uma flauta doce ou um teclado pequeno ou um cavaquinho.
  
- g) Um violoncelo ou um contrabaixo acústico, ou mesmo alguns instrumentos de sopro (que não são a minha área específica) que demandassem muita força para sustentação do instrumento e muito fôlego também.

#### **APÊNDICE 4 – ENTREVISTAS LIVRES COM PROFISSIONAIS DA MÚSICA**

No dia 17/06/2011, foi feita uma visita à Estação Musical, em Porto Alegre. A escola, fundada em 2001, oferece aulas de diversos instrumentos e conta com mais de trinta professores. Dentre as atividades para crianças, há cursos de musicalização para bebês, musicalização infantil e ‘projeto integrado’, em que crianças de 3 a 7 anos participam de experiências de música, teatro, dança e artes; as atividades incluem “contato do aluno com diferentes instrumentos e suas técnicas” e “exploração dos principais elementos da linguagem musical através do instrumento (flauta doce, violino ou piano)”. Foi realizada uma entrevista com a coordenadora pedagógica da escola, a professora Karla Dias.

A entrevista foi extremamente positiva, e ofereceu uma noção bem diferente da que se vinha obtendo até então com instrumentistas. Karla afirmou que muito dificilmente seria possível obter uma noção de quais instrumentos (e por que) são bons ou ruins para crianças, já que os músicos não se sentem confortáveis para falar de instrumentos que não são a sua especialidade; assim, irão descrever mais frequentemente os aspectos positivos dos próprios instrumentos, o que criaria distorções no resultado final das entrevistas. De acordo com Karla, o mais recomendado para crianças de aproximadamente 5 anos são atividades de musicalização, em que ocorre a familiarização com instrumentos e conceitos musicais. A partir dos 7 anos, ou antes, muitos alunos já estão em aulas regulares de instrumentos musicais; no entanto, a coordenadora afirmou que muitas vezes falta, para esses alunos, uma transição mais apropriada entre período em que a música ainda aparece como brincadeira ou distração e a aula propriamente dita, e é esse trabalho que a escola tenta desenvolver com as atividades de musicalização e ‘projeto integrado’.

Karla afirmou que instrumentos de percussão como baterias não são muito recomendados para crianças mais novas, uma vez que demandam muito esforço físico. A coordenadora também disse que os instrumentos mais procurados são violões e guitarras, e que instrumentos de sopro têm baixa procura. De modo geral, ela recomenda instrumentos como teclados, pianos, flautas e ukuleles, mas afirma que a preferência da criança deve ser decisiva.

Nas atividades de musicalização, é comum que as crianças experimentem com diversos tipos de instrumentos. Dentre esses, xilofones são muito utilizados, por serem simples e intuitivos e oferecerem bom campo para exploração de conceitos musicais; Karla relatou que é freqüente que teclas sejam removidas de xilofones para ensinar escalas musicais para crianças, ou para facilitar na execução de determinadas melodias.

Também na escola Estação Musical, foi entrevistado o professor Rodrigo Carraro, responsável pelas aulas de musicalização e projeto integrado. De acordo com ele, não há uma dificuldade universal por que todos os alunos de música ou instrumentos passam; foi citado o exemplo da alfabetização: é impossível dizer quais são as 'principais dificuldades' quanto ao aprendizado da linguagem, já que cada criança tem seu próprio ritmo e desafios. Os principais problemas que ele pôde citar são extrínsecos, e dizem respeito a acesso, oportunidade, incentivo, tempo, etc, e à falta de motivação que acompanha ou deriva destes fatores. Das escolas metodológicas, ele recomenda especialmente a de Orff.

Para crianças bem novas, com menos de cinco anos, o professor indica especialmente instrumentos de percussão simples, e sugere que conceitos de melodia devem ser obtidos através do canto. As atividades nessa idade teriam o intuito de promover a percepção musical da criança. Rodrigo afirmou que a percepção da criança ainda é sincrética, e, por isso, os conceitos que podem ser abordados são principalmente relacionados ao tempo: andamento, velocidade, intervalos. Na escolha dos instrumentos, deve-se evitar madeira, e preferir plástico.

A partir dos cinco anos, gradativamente, pode-se começar a ensinar conceitos melódicos através de instrumentos: altura, timbre, intensidade. Também convém passar conceitos visuais associados à música, como o avançar das notas, da esquerda para a direita, em um teclado. Segundo ele, o xilofone é o principal instrumento de musicalização; o teclado também é uma ferramenta importante nas suas aulas.

O professor é fortemente a favor de jogos eletrônicos e instrumentos 'temáticos' para crianças, e os utiliza nas aulas para atividades de musicalização. Teclados eletrônicos que emitem sons de animais ou as letras do alfabeto são, segundo ele,

incentivos à utilização do instrumento/brinquedo e positivos ao aprendizado. Rodrigo afirmou ter idéias para o desenvolvimento de instrumentos para crianças que gostaria de colocar em prática e que atendem carências atuais, em que se faria uso de 'células rítmicas' (seqüências de batidas que podem ser utilizadas em repetição) e maior exploração da associação entre representações gráficas e o som.

No dia 06/05/2011, foi feita uma visita à escola de música Casa da Música, em Porto Alegre. O espaço oferece aulas de canto, flauta, clarinete, oboé, sax, trompete, teoria musical, piano, violão clássico e popular, bandolim, cavaquinho, violino, viola e musicalização para crianças. Lá, foi feita uma entrevista não-estruturada com Ângela Diel, cantora lírica e professora na escola, da qual participou também o professor de violão Orestes Dornelles. Ângela tem longa experiência na música, tendo estudado com Ida Weisfeld e Neyde Thomas, e Dina Grossberguer, mestra no Conservatório de Bruxelas, e tendo recebido o prêmio de Melhor Voz Feminina no Concurso Nacional Carlos Gomes em 1993.

Apesar de não trabalhar usualmente com crianças de 5-9 anos, Ângela pôde oferecer diversas indicações sobre a utilização de instrumentos por crianças graças à sua experiência com educação musical. Segundo ela, até os 4, 5 anos, recomenda-se apenas atividades de percussão leves, conscientes das limitações físicas da criança. Ângela sugere exercícios corporais associados à música, e cita a percussão corporal como uma boa alternativa para essa idade; a professora cita também uma experiência na Europa de crianças que aprendem escalas, de maneira indireta, através de brincadeiras sobre um tapete em que há marcações das notas. A utilização de cores e formas em associação com noções musicais é vista como positiva. Atividades de musicalização, em que não há ênfase no ensinamento de conceitos musicais, mas sim na familiarização com a música e os instrumentos, são recomendadas.

De acordo com ela, instrumentos musicais voltados para crianças são tipicamente pobres, e construídos com má qualidade. A grande maioria dos instrumentos razoáveis é de percussão; instrumentos de outras categorias voltados à criança são de má qualidade, o que faz com que as crianças já ingressem com a utilização de instrumentos adultos/tradicionais. Quanto à popularidade, a aula mais procurada na escola é a de violão; a aula com mais desistências é a de piano.



Segundo Ângela, 5 ou 6 anos é uma idade adequada para o início do aprendizado de conceitos mais avançados, já que há um desenvolvimento melhor da criança quanto a ritmo e coordenação motora. Ela afirma que, além de pianos, instrumentos de sopro são particularmente recomendados para crianças a partir dessa idade, e instrumentos de percussão mantêm-se como alternativas consistentes. O professor Orestes confirmou essas indicações, mas reafirmou a dificuldade de encontrar instrumentos de qualidade para crianças. Segundo ele, há problemas tanto no projeto quanto nos materiais utilizados nestes instrumentos; nas experiências que teve, os instrumentos estragam com facilidade, o que desencoraja o aprendizado.

## APÊNDICE 5 – ANÁLISE DETALHADA DE SIMILARES

A seguir, é apresentada a análise detalhada dos cinco instrumentos analisados.

### 1 *Análise de um triângulo musical*

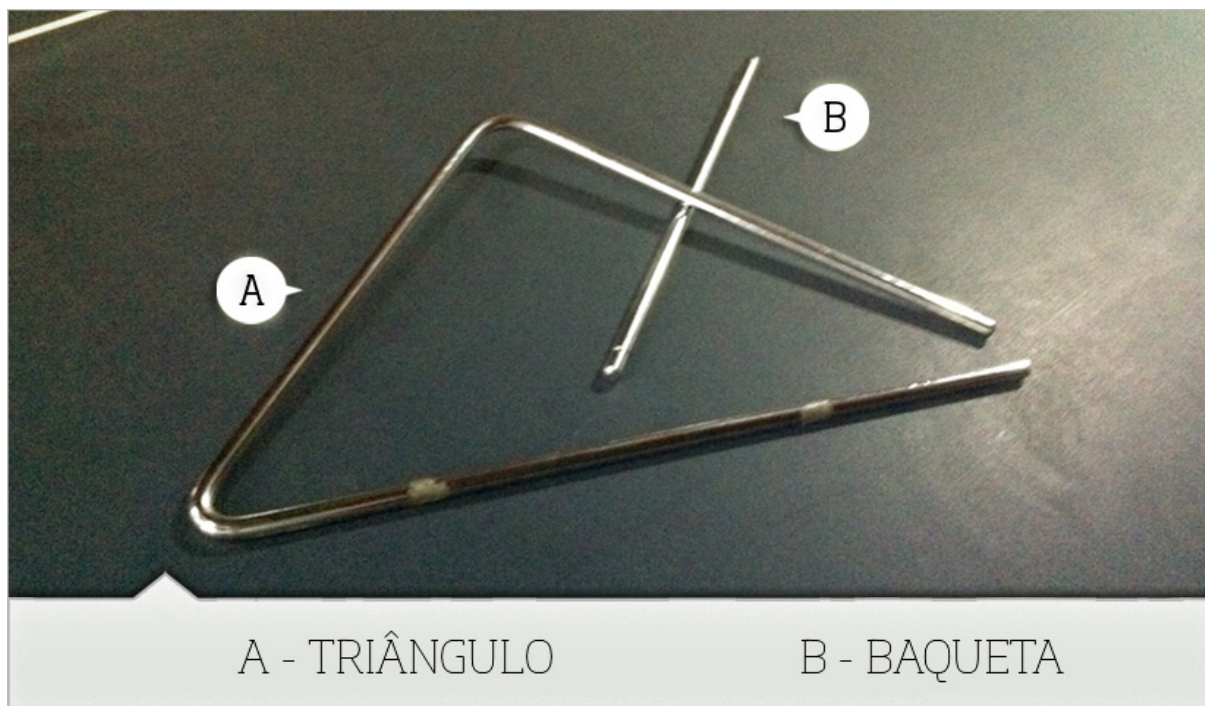
#### **Análise histórica**

Triângulos musicais são instrumentos constituídos por um barra fina de aço torcida no formato de um triângulo. Teoricamente, é um instrumento de tom indefinido, já que seu tom fundamental é escondido entre diversos outros componentes inarmônicos.

De acordo com a Encyclopeadia Brittanica (2010), o triângulo musical existe desde o século XIV; há época, freqüentemente tinha formato trapezoidal, e, na maioria dos casos, dispunha de anéis fixados ao corpo, como um pandeiro. Assim como pratos e bumbos, triângulos eram parte central da música dos janízaros turcos no século XVIII, quando vieram a se popularizar. Nessa época, foram trazidos às orquestras, com o objetivo de dar um "caráter local" ao som. Já no século XIX, triângulos musicais eram utilizados em orquestras puramente pela sua qualidade sonora.

#### **Análise sincrônica**

O instrumento escolhido para a análise é um Triângulo pequeno, marca Contemporânea, comprado em 2010 (Figura 74). O produto foi comprado em Porto Alegre, e tem sido utilizado e mantido segundo as recomendações do fabricante.



**Figura 74: triângulo musical**

Fonte: autor

O Quadro 10, abaixo, apresenta a análise do produto.

<b>Análise Estrutural do Similar</b>	
<b>Número de componentes:</b>	Um triângulo musical contém dois componentes: o triângulo propriamente dito (Figura 74a), e a baqueta metálica (Figura 74b).
<b>Carenagem:</b>	Não há carenagem em um triângulo musical; todo o produto é feito de um único material, que lhe dá a resistência necessária ao desgaste.
<b>Sistemas de união:</b>	Não há.
<b>Centro de gravidade:</b>	O produto é perfeitamente estável se posicionado na horizontal sobre uma superfície. Não pode ser equilibrado de nenhuma outra maneira.
<b>Estrutura:</b>	As partes principais são móveis e não têm encaixe; assim, não há uma estrutura representada pelo o conjunto das partes.
<b>Quantidade e diversidade de componentes similares (DfA):</b>	São dois componentes; todos fabricados a partir do mesmo material e com processos de produção parecidos.
<b>Matérias primas e suas fontes:</b>	O triângulo musical é feito de aço inoxidável. O aço inoxidável é uma liga de ferro e cromo, podendo conter outros elementos.
<b>Ciclo de vida do produto e suas partes:</b>	Por ser feito de partes sólidas e separadas, sem encaixes, o produto não pode ser consertado em caso de ruptura ou amassado. Por outro lado, é virtualmente impossível de ser danificado através do uso, o que faz com que possa ser utilizado por toda a vida do usuário.

<b>Análise Funcional do Similar</b>	
<b>Mecanismo:</b>	O mecanismo que dá funcionalidade ao produto é mecânico: é a batida da baqueta no corpo do triângulo que produz as vibrações e o som. O controle de volume é dado pela intensidade da batida; o som pode ser também abafado pela mão que segura o triângulo. Para se obter timbres diferentes, pode-se utilizar baquetas de outros materiais ou tamanhos. O tom obtido é usualmente indeterminado.
<b>Confiabilidade:</b>	O produto é bastante confiável e virtualmente não falha, já que funciona através da vibração do componente principal — que é uma parte separada, sólida e praticamente inquebrável.
<b>Versatilidade:</b>	O produto não é versátil, e só pode ser utilizado de uma maneira principal (batendo no componente principal para que produza sons); as variações possíveis dizem respeito à forma de bater e abafar o som, e são sutis.
<b>Resistência:</b>	O produto é capaz de suportar esforços muitas vezes superiores àqueles possíveis através de sua utilização prevista.
<b>Acabamento:</b>	O aço do produto é inoxidável; com isso, não requer ou dispõe de nenhum outro acabamento.
<b>Reciclagem de suas partes ou do produto todo após o descarte:</b>	Todo o produto pode ser reciclado após o descarte. Não há necessidade de que seja desmontado.
<b>Análise Ergonômica do Similar</b>	
<b>Praticidade:</b>	O produto é extremamente prático e funcional. É leve e portátil, e produz resultados imediatamente até com usuários inexperientes.
<b>Conveniência:</b>	O produto é conveniente (fácil de usar e obter). Não requer preparação ou montagem, e não precisa ser guardado em local especial. É pequeno e portátil.
<b>Segurança:</b>	O produto é seguro ao usuário. Não há risco de se partir e uma das partes atingir o usuário, não há partes passíveis de serem ingeridas, e é leve o suficiente para que uma eventual queda não machuque.
<b>Manutenção:</b>	Por ser feito de material maciço e peças separadas, não-articuladas, não há manutenção possível ou necessária, à parte limpeza do suor para que o material não se desgaste.
<b>Reparo:</b>	Por ser feito de material maciço e peças separadas, não-articuladas, não há reparos possíveis ou necessários.
<b>Transporte:</b>	O produto é facilmente transportável sem necessidade de um compartimento adicional.
<b>Montagem e desmontagem durante o processo produtivo (DfA e DfD):</b>	Não há necessidade de desmontagem ao fim do ciclo de uso, já que pode ser reciclado como um todo.
<b>Consumo de energia e demais consumíveis (água, sabão etc.):</b>	Não utiliza energia ou outros produtos para manutenção.
<b>Geração de resíduos durante a vida útil:</b>	Não gera resíduos.
<i>Avaliação qualitativa da situação de uso</i>	

<b>Atividades da tarefa (operação mínima):</b>	Segurar o triângulo (parte principal); Segurar a baqueta; Bater no triângulo com a baqueta;
<b>Relação antropométrica:</b>	O tamanho do instrumento é adequado às proporções do ser humano; há espaço adequado para movimentar a baqueta e atingir os diferentes pontos do triângulo sem que seja necessário grande esforço ou movimentação. Por ser móvel, a posição do instrumento em relação do corpo é adaptável pelo próprio usuário.
<b>Análise Morfológica do Similar</b>	
<b>Estilo:</b>	A estética do produto segue a sua função. É um triângulo isósceles (em função das propriedades sonoras desejadas), e a espessura da barra tem relação com o timbre e volumes pretendidos. O tamanho é definido por motivações ergonômicas e para possibilitar andamentos mais rápidos (se fosse maior, levaria mais tempo para atingir pontos diferentes do instrumento).
<b>Unidade:</b>	O produto não tem unidade formal, uma vez que não é montado e suas partes não se encaixam.
<b>Interesse:</b>	A forma, perfeitamente geométrica, é interessante esteticamente.
<b>Equilíbrio:</b>	O produto é equilibrado formalmente, por ter formato geométrico, ser simétrico, e ter espessura constante.
<b>Superfície:</b>	A superfície do produto é perfeitamente lisa.
<b>Métodos de encaixe para desmontagem:</b>	O produto não é desmontável.
<b>Embalagem do produto final:</b>	O produto é vendido sem embalagem.
<b>Impacto ambiental causado após o descarte da embalagem:</b>	Não há embalagem.
<b>Análise de Mercado do Similar</b>	
<b>Demanda:</b>	O produto é produzido e vendido há mais de 500 anos, com mínimas variações na forma, e é usado até hoje por músicos amadores e profissionais. Há demanda.
<b>Oferta:</b>	O produto é vendido em lojas de instrumento em todo o país.
<b>Preço:</b>	O produto é vendido por de 25 a 60 reais.
<b>Embalagem:</b>	Não há embalagem.
<b>Propaganda:</b>	Não há propaganda.
<b>Ciclo de vida:</b>	Há anos não há variações de projeto ou material no produto; assim, o produto se encontra na vida adulta, e não há previsão de obsolescência.

**Quadro 10: análise sobre o triângulo musical**

**Fonte: Autor**

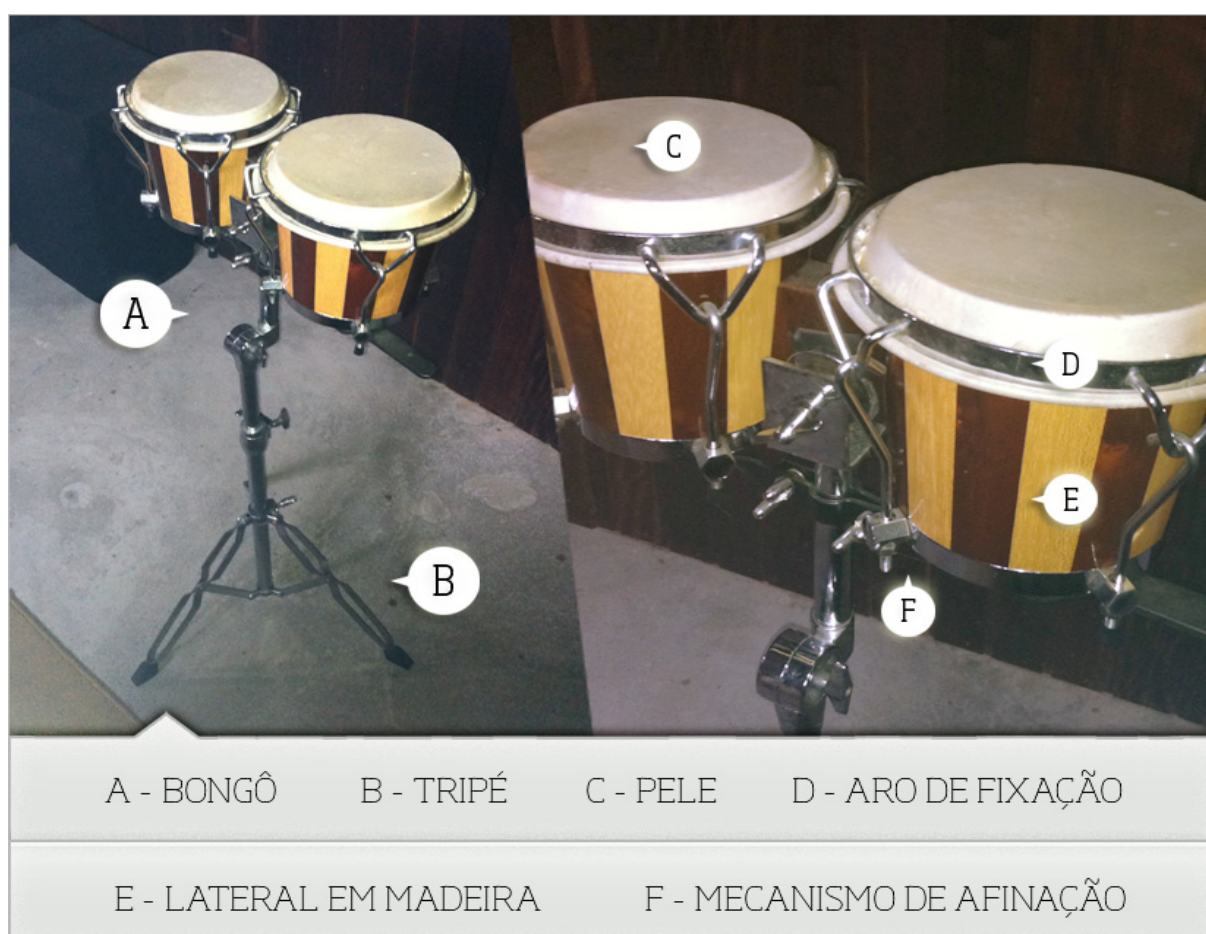
## 2 *Análise de um bongô.*

### **Análise histórica**

Bongôs são um par de tambores (cada qual com uma cabeça) permanentemente presos entre si, de origem afro-cubana; um dos tambores tem aproximadamente 13 centímetros de diâmetro e outro, 18, e a mesma altura. Bongôs são tocados com as mãos e dedos. Segundo a Encyclopedia Brittanica (2010), foram criados por volta de 1900, em Cuba, para utilização em bandas de dança latino-americanas.

### **Análise sincrônica**

O instrumento escolhido para a análise é um Bongô em Madeira Natural B068, da marca Hunter, comprado em 2007 (Figura 75). O produto foi comprado em Porto Alegre, e tem sido utilizado e mantido segundo as recomendações do fabricante.



**Figura 75: bongô**  
**Fonte: autor**

O Quadro 11 apresenta a análise do produto.

<b>Análise Estrutural do Similar</b>	
<b>Número de componentes:</b>	O bongô contém os seguintes componentes: um tripé (Figura 75b); dois tambores de tamanhos diferentes, cada qual com pele/membrana (Figura 75c), aro de fixação/afinação e suportes laterais (Figura 75d), corpo (Figura 75e) e mecanismo de afinação (Figura 75f).
<b>Carenagem:</b>	Não há carenagem; os componentes têm função estrutural ou são parte do mecanismo de produção de som.
<b>Sistemas de união:</b>	Os bongôs são aparafusados ao tripé, e a membrana é presa ao tambor por pressão de um aro metálico; as diferentes partes do tripé também são aparafusadas entre si. Os dois tambores estão permanentemente presos entre si por um componente de ferro pintado.
<b>Centro de gravidade:</b>	O centro de gravidade encontra-se bem ao topo do produto, uma vez que a maior parte do peso está concentrada junto aos bongôs; assim, é de fácil tombamento.
<b>Estrutura:</b>	As partes principais não são móveis e estão fixadas à estrutura: um tripé; os tambores estão posicionados ao topo, à altura das mãos do usuário.
<b>Quantidade e diversidade de componentes similares (DfA):</b>	Os componentes que aparecem mais de uma vez no produto são os mecanismos de fixação, as membranas dos bongôs, e os pés do tripé. Os demais componentes aparecem uma vez.
<b>Matérias primas e suas fontes:</b>	A membrana dos bongôs é feita de pele de gado; os tambores dos bongôs em si têm corpo de madeira envernizada e junções em aço inoxidável. O tripé é de liga metálica, e pintado.
<b>Ciclo de vida do produto e suas partes:</b>	A pele dos tambores é a parte mais frágil do sistema e a que requer mais freqüente manutenção e substituição, por perder a afinação e eventualmente rasgar; dependendo do uso, pode durar de alguns dias a alguns anos. São removidas e descartadas como lixo convencional. As partes em madeira (nos tambores) podem ser danificadas com o uso, mas dificilmente poderão ser consertadas ou substituídas, e o produto como um todo deverá ser descartado. Isoladamente, cada um dos componentes pode ser reciclado, já que não há junção permanente de materiais distintos; entretanto, essa separação é trabalhosa e dificilmente será efetuada pelo usuário no momento do descarte. Os demais componentes metálicos são resistentes e sua expectativa de vida é a mesma do produto.
<b>Análise Funcional do Similar</b>	
<b>Mecanismo:</b>	O mecanismo que dá funcionalidade ao produto é mecânico: é a batida dos dedos na membrana que cobre cada um dos tambores, através da qual é produzida a vibração que ressoa nas caixas acústicas. O controle de volume é dado pela intensidade da batida; o som pode ser também abafado pela mão que toca a membrana; além disso, cada tambor tem volume e timbre particulares, em função da diferença de tamanho, e eventuais diferenças na construção — este bongô veio equipado com peles idênticas nos dois tambores, mas cada uma delas pode ser substituída por peles de outros materiais (eg. pele de cabra, ou folhas de raio-x).

<b>Confiabilidade:</b>	O produto é bastante confiável e construído com qualidade, mas está sujeito a falhas devido à fragilidade das membranas, e à quantidade de componentes: por exemplo, se os tambores estiverem mal-instalados no tripé, ou se o tripé estiver mal-equilibrado, a operação será problemática.
<b>Versatilidade:</b>	Exceto pela remoção dos tambores do tripé e a possibilidade de utilização no colo, o produto não é versátil, e só pode ser utilizado de uma maneira principal (batendo nos componentes principais para que produzam sons); as variações possíveis dizem respeito à forma de bater, e são sutis.
<b>Resistência:</b>	O produto é capaz de suportar grandes esforços (sem danos ao som que pode produzir ou perdas quanto à facilidade utilização) em todos os componentes exceto nas peles dos tambores, que são bastante frágeis e rompem com facilidade e frequência. Ainda assim, o produto como um todo é bastante resistente a quedas, batidas ou arranhões.
<b>Acabamento:</b>	As partes em madeira são envernizadas tanto para proteção quanto para efeito estético.
<b>Reciclagem de suas partes ou do produto todo após o descarte:</b>	Todo o produto pode ser reciclado após o descarte se as partes forem devidamente separadas entre si, exceto pela madeira. A desmontagem é uma tarefa trabalhosa, e dificilmente será feita pelo usuário no momento do descarte.
<b>Análise Ergonômica do Similar</b>	
<b>Praticidade:</b>	O produto é razoavelmente prático e funcional. É portátil, e produz resultados imediatamente até com usuários inexperientes, mas é pesado, e de difícil utilização no colo ou entre as pernas por usuários de pequeno porte ou mais fracos. Caso seja utilizado no tripé, perde um pouco de sua praticidade quanto ao transporte e à instalação. Como ponto negativo, a necessidade de substituir as peles também implica em uma atividade complicada e trabalhosa.
<b>Conveniência:</b>	O produto é razoavelmente conveniente (fácil de usar e obter). Requer preparação para o uso caso seja necessária a utilização do tripé, e requer habilidade e conhecimento para a substituição das peles. Quanto à compra, o produto é de fácil obtenção em lojas de instrumentos.
<b>Segurança:</b>	O produto é seguro ao usuário. Não há risco de se partir e uma das partes ferir o usuário, exceto pelas membranas, que por sua vez não oferecem risco. Não há partes passíveis de serem ingeridas por crianças exceto pelos parafusos (que são presos firmemente e só podem ser removidos com utensílios). Há riscos de ferimentos acidentais em caso de queda, que pode ocorrer por desequilíbrio do tripé, desatenção do usuário, ou devido à instalação mal-feita dos tambores no tripé.
<b>Manutenção:</b>	A manutenção principal do produto diz respeito à necessidade de substituir as peles em caso de rompimento, e à afinação que precisa ser feita periodicamente nas mesmas. A operação é feita através do ajuste do aro metálico que prende as peles, e depende da noção musical do operador para que seja bem-sucedida.
<b>Reparo:</b>	O reparo possível do produto também diz respeito à substituição das peles. Os demais componentes dificilmente poderão ser consertados ou substituídos em caso de falha permanente.



<b>Transporte:</b>	O produto é facilmente transportável sem necessidade de um compartimento adicional. A remoção dos tambores do tripé facilita esse processo.
<b>Montagem e desmontagem durante o processo produtivo (DfA e DfD):</b>	A montagem se caracteriza pela instalação dos tambores no local adequado do tripé e sua fixação, e pela colocação e afinação das peles sobre cada um dos tambores.
<b>Consumo de energia e demais consumíveis (água, sabão etc.):</b>	Não utiliza energia ou outros produtos consumíveis para manutenção.
<b>Geração de resíduos durante a vida útil:</b>	Os resíduos gerados são orgânicos: a pele dos tambores que precisa ser descartada ao ser substituída.
<i>Avaliação qualitativa da situação de uso</i>	
<b>Atividades da tarefa (operação normal):</b>	Posicionar o bongô, no tripé, em frente ao usuário de pé; Bater com as mãos (livres de utensílios) nas peles para produzir sons;
<b>Relação antropométrica:</b>	O tamanho do instrumento é adequado às proporções do ser humano; este deve utilizá-lo de pé, caso estejam instalados no tripé, ou no colo ou entre as pernas, caso o usuário esteja sentado. Há espaço adequado entre os tambores para movimentar as mãos e espaço suficiente na superfície de cada um deles para atingir voluntária e rapidamente os diferentes pontos da membrana para obter variações de som e ritmo.
<b>Análise Morfológica do Similar</b>	
<b>Estilo:</b>	A estética do produto segue a sua função. Os tambores têm formato cilíndrico por motivações acústicas, e são posicionados sobre um tripé para: 1) liberar as mãos do usuário (que não precisa segurar os tambores) e 2) adequar o posicionamento dos tambores à altura das mãos do usuário.
<b>Unidade:</b>	O produto não tem unidade formal, uma vez que, ao ser montado, une os tambores (superfícies de revolução com todas as dimensões parecidas e formas arredondadas) a um tripé fino, alto, e repleto de cantos em ângulo reto.
<b>Interesse:</b>	Os dois componentes principais (tambores) são superfícies de revolução esteticamente agradáveis e que denotam claramente sua função.
<b>Equilíbrio:</b>	O produto é equilibrado formalmente, por ter aparente simetria frontal (que, de fato, não existe, por serem os tambores levemente diferentes em tamanho). A parte superior, onde ficam os tambores, é desequilibrada (maior e mais pesada) em relação ao resto do produto.
<b>Superfície:</b>	A superfície do produto é lisa nas partes metálicas e de madeira, e rígida; é levemente áspera e bastante macia e frágil na parte orgânica (na pele dos tambores).
<b>Métodos de encaixe para desmontagem:</b>	O produto é desmontável através da desparafusação de todos os componentes.
<b>Embalagem do produto final:</b>	O produto é vendido sem embalagem.

<b>Impacto ambiental causado após o descarte da embalagem:</b>	Não há embalagem.
<b>Análise de Mercado do Similar</b>	
<b>Demanda:</b>	O produto é produzido e vendido na sua forma moderna há mais de 200 anos, com mínimas variações na forma, e é usado até hoje por músicos amadores e profissionais. Há demanda.
<b>Oferta:</b>	O produto é vendido em lojas de instrumento em todo o país.
<b>Preço:</b>	O produto é vendido por aproximadamente 200 reais.
<b>Embalagem:</b>	Não há embalagem.
<b>Propaganda:</b>	Não há propaganda.
<b>Ciclo de vida:</b>	Há anos não há variações de projeto ou material no produto; assim, o produto se encontra na vida adulta, e não há previsão de obsolescência.

**Quadro 11: análise sobre o bongô**  
**Fonte: Autor**

### 3 *Análise de uma harmônica*

#### **Análise histórica**

A harmônica é um instrumento de sopro que funciona através do deslocamento do ar por canais, em que o som é produzido por um conjunto de palhetas livres. Foi produzido por Friedrich Buschmann, em 1821, em Berlin (EB, 2010). As notas são produzidas ao inspirar ou expirar o ar em cada um dos canais, com a língua cobrindo os canais que não se deseja acionar, e estão tradicionalmente na escala diatônica. Em gaitas cromáticas, o usuário pode selecionar entre dois conjuntos de palhetas, afinados com diferença de um semitom.

Historicamente, a harmônica é apenas um de diversos instrumentos de sopro de palhetas livres. O primeiro desses instrumentos teve origem na China, no século XVII.

#### **Análise sincrônica**

O instrumento escolhido para a análise é uma harmônica Hohner Big River 590 MC90016, em dó (Figura 76). O produto foi comprado em 2006, e tem sido utilizado e mantido segundo as recomendações do fabricante.



**Figura 76: harmônica**

Fonte: autor

O Quadro 12 apresenta a análise do produto.

Análise Estrutural do Similar	
<b>Número de componentes:</b>	A harmônica contém os seguintes componentes, fechados em um produto conciso que é entregue ao usuário: pente/grelha (de plástico, Figura 76d), palhetas (sobre duas lâminas de metal, Figura 76e e Figura 76f) e a cobertura metálica (Figura 76c), em duas partes.
<b>Carenagem:</b>	Há "carenagem": duas placas metálicas revestem o produto e tem dupla função: acústica e protetora.
<b>Sistemas de união:</b>	Os elementos são presos entre si por parafusos e roscas.
<b>Centro de gravidade:</b>	O produto é compacto e leve e tem formato de paralelepípedo. O centro de gravidade é aproximadamente o centro geométrico.
<b>Estrutura:</b>	As partes estão presas rigidamente entre si. As palhetas têm a função de produzir as diferentes notas; o pente tem a função de abrigar as palhetas e, pela parte externa, direcionar o fluxo de ar; a cobertura dá resistência ao conjunto e serve pra projetar o som produzido — são responsáveis, portanto, pelo timbre da gaita.

<b>Quantidade e diversidade de componentes similares (DfA):</b>	Cada palheta tem um tamanho, mas tanto elas como as placas são feitas do mesmo material — possivelmente cortadas a partir de uma única chapa de latão. A parte plástica é única, e as duas coberturas metálicas são idênticas, mas têm desenhos diferentes gravados sobre a superfície externa.
<b>Matérias primas e suas fontes:</b>	Os materiais utilizados são: latão (palhetas e placas), plástico não-identificado (possivelmente polipropileno, no pente) e aço.
<b>Ciclo de vida do produto e suas partes:</b>	Os componentes são plásticos ou metálicos, e têm boa durabilidade. No entanto, as palhetas podem enferrujar e perder as propriedades acústicas, e por isso devem ser limpas freqüentemente. Além disso, por serem maleáveis, acabam perdendo a elasticidade com o tempo. Com uso intenso, é possível que tenham que ser substituídas anualmente. Todas as partes da harmônica são vendidas separadamente pelo fabricante. Com isso, a mesma gaita pode ser usada por toda a vida, se tiver suas partes substituídas à medida que a necessidade surgir.
<b>Análise Funcional do Similar</b>	
<b>Mecanismo:</b>	O mecanismo que dá funcionalidade ao produto é mecânico: é o movimento do ar nas cavidades internas da gaita que faz com que as palhetas vibrem e produzam som, que ressoa no interior do instrumento.
<b>Confiabilidade:</b>	O produto é bastante confiável e construído com qualidade, mas está sujeito a falhas devido à fragilidade das palhetas, que perdem em elasticidade com o tempo e podem resultar em má-afinação ou quebra. A presença de líquidos no interior também prejudica o funcionamento.
<b>Versatilidade:</b>	Exceto pela remoção dos tambores do tripé e a possibilidade de utilização no colo, o produto não é versátil, e só pode ser utilizado de uma maneira principal (batendo nos componentes principais para que produzam sons); as variações possíveis dizem respeito à forma de bater, e são sutis.
<b>Resistência:</b>	O produto é capaz de suportar grandes esforços (sem danos ao som que pode produzir ou perdas quanto à facilidade utilização) em todos os componentes. Os maiores problemas quanto à resistência dizem respeito ao desgaste, pelo uso e pela corrosão, das palhetas.
<b>Acabamento:</b>	O acabamento é metálico ou de polímero liso em todas as superfícies.
<b>Reciclagem de suas partes ou do produto todo após o descarte:</b>	Todo o produto pode ser reciclado após o descarte se as partes forem devidamente separadas entre si. Esta é uma tarefa trabalhosa, e dificilmente será feita pelo usuário no momento do descarte.
<b>Análise Ergonômica do Similar</b>	
<b>Praticidade:</b>	O produto é prático e funcional. É leve e portátil, e produz resultados imediatamente, sem necessidade de ser preparado. Demanda moderado esforço físico, e usuários inexperientes cansam rapidamente.
<b>Conveniência:</b>	O produto é razoavelmente conveniente (fácil de usar e obter). Quanto à compra, o produto é de fácil obtenção em lojas de instrumentos. Não precisa ser preparado antes do uso, mas deve ser limpo e seco antes de ser guardado.

<b>Segurança:</b>	O produto é seguro ao usuário. Não há risco de se partir e uma das partes ferir o usuário. Não há partes passíveis de serem ingeridas por crianças exceto pelos parafusos (que são presos firmemente e só podem ser removidos com utensílios). Há riscos de ferimentos acidentais em caso de queda, mas o produto é pouco pesado.
<b>Manutenção:</b>	A manutenção principal do produto diz respeito à necessidade de substituir as palhetas em caso de desgaste e à limpeza que deve ser feita a cada utilização. A manutenção das palhetas é feita através do ajuste e alinhamento, ou da substituição.
<b>Reparo:</b>	O reparo possível do produto também diz respeito à substituição das palhetas e demais componentes que apresentarem defeitos.
<b>Transporte:</b>	O produto é facilmente transportável sem necessidade de um compartimento adicional.
<b>Montagem e desmontagem durante o processo produtivo (DfA e DfD):</b>	A montagem se caracteriza pelo posicionamento das diferentes partes e parafusação.
<b>Consumo de energia e demais consumíveis (água, sabão etc.):</b>	Não utiliza energia ou outros produtos consumíveis para operação ou manutenção.
<b>Geração de resíduos durante a vida útil:</b>	Os únicos resíduos são as partes substituídas.
<i>Avaliação qualitativa da situação de uso</i>	
<b>Atividades da tarefa (operação normal):</b>	Posicionar a gaita em frente à boca, e pressioná-la com as duas mãos. Aspirar e inspirar o ar, forçando-o pelas cavidades na parte frontal. Movimentar a gaita lateralmente com as mãos.
<b>Relação antropométrica:</b>	O tamanho do instrumento é adequado às proporções do ser humano; é facilmente segurado com uma ou duas mãos, e o manuseio é fácil. A aspiração pelas cavidades depende de precisão e controle fino dos lábios, e pode se mostrar difícil para alguns usuários.
<b>Análise Morfológica do Similar</b>	
<b>Estilo:</b>	A estética do produto segue a sua função; não há formas salientes e todo o desenho otimiza o volume do produto. Na cobertura, diversos grafismos decoram a superfície.
<b>Unidade:</b>	O produto se apresenta como um paralelepípedo simétrico em relação a dois planos ortogonais, tem aparência geométrica e grande unidade formal; os diferentes materiais estão distribuídos visualmente em camadas do produto.
<b>Interesse:</b>	Por ser um produto de forma bastante simplificada e compacta, sem ousadias no desenho, não tem forte apelo visual. Os materiais são simples. Além disso, por ter formato geométrico e as cavidades serem posicionadas na superfície de cor preta, pode ser difícil identificar sua funcionalidade por quem por ventura não tiver conhecimento prévio do que é uma gaita.
<b>Equilíbrio:</b>	O produto é equilibrado formalmente, por ter simetria em dois eixos e formato geométrico.
<b>Superfície:</b>	A superfície do produto é lisa em todas as partes. As superfícies metálicas são decoradas com grafismos estampados.

<b>Métodos de encaixe para desmontagem:</b>	O produto é desmontável através da desparafusação de todos os componentes.
<b>Embalagem do produto final:</b>	O produto é vendido em uma embalagem plástica de polipropileno, em uma única peça, que serve para guardar o produto ao longo de toda a vida útil.
<b>Impacto ambiental causado após o descarte da embalagem:</b>	A embalagem só será descartada quando o produto também for; além disso, pode ser reciclada.
<b>Análise de Mercado do Similar</b>	
<b>Demanda:</b>	O produto é produzido e vendido na sua forma moderna há mais de 100 anos, com mínimas variações na forma, e é usado até hoje por músicos amadores e profissionais. Existe demanda.
<b>Oferta:</b>	O produto é vendido em lojas de instrumento em todo o país.
<b>Preço:</b>	O produto é vendido por aproximadamente 120 reais.
<b>Embalagem:</b>	O produto é vendido em uma embalagem plástica de polipropileno, em uma única peça, e embalado novamente em um revestimento plástico transparente. A embalagem conta com identificação da marca e do modelo na parte superior, e informações como código do produto e código de barras na parte inferior.
<b>Propaganda:</b>	Não há informações sobre a existência de propagandas para esse modelo de gaita.
<b>Ciclo de vida:</b>	O produto se encontra na vida adulta, e não há previsão de obsolescência.

**Quadro 12: análise sobre a harmônica.**  
**Fonte: Autor**

#### 4 Análise de um violão

##### **Análise histórica**

O violão ou guitarra é um instrumento de cordas com origem provável na Espanha, no século XVI (EB, 2010). O produto é resultado de uma longa linha evolutiva que se estende por mais de três mil anos e se iniciou na Ásia central e na Índia — esta relação é visível ao se observar as semelhanças entre o violão e os modernos instrumentos de cordas desta região, como o *tanbur* e o *sitar*. A representação gráfica mais antiga de que se tem notícia de um instrumento desta linhagem é uma gravação em pedra feita pelos hititas há cerca de 3.300 anos.

Diversos instrumentos desta linhagem já foram apontados como os precursores diretos do violão moderno. Cita-se com frequência a influência do *oud*, instrumento de quatro cordas introduzido pelos colonizadores mouros na pensínsula Ibérica no

século VIII, e do *lut* escandinavo, próximo ao alaúde, dotado de seis cordas e difundido pelos vikings. Por volta de 1200 d.C., havia na Europa dois instrumentos distintos que partilhavam a denominação de “guitarra”: a guitarra mouresca, com um fundo arredondado, braço largo e múltiplas bocas, e a guitarra latina, com um braço mais estreito e uma única boca. As distinções entre os instrumentos foram abandonadas por volta do século XIV; os dois instrumentos passaram a ser denominados simplesmente de guitarras.

Entre os séculos XV e XVI, é desenvolvido na Espanha outro instrumento tido como fundamental no desenvolvimento do violão moderno — a *vihuela* ou viola da mano, geralmente produzida com seis cordas afinadas em quartas como em um alaúde e um corpo de formato muito semelhante ao do violão moderno. Embora representações mais antigas do instrumento indiquem um estreitamento mais abrupto do corpo, no século XVI a construção da vihuela era bastante similar à do violão moderno. A vihuela desapareceu ao final do século XVI, suplantada pelo alaúde, mas sua forma influenciou a construção do chamado violão barroco, ainda mais próximo ao violão moderno. A forma atual do instrumento, comumente denominada violão ou guitarra clássica, foi desenvolvida por Antonio de Torres, no século XIX, e popularizada pelo seu uso por Andrés Segovia e outros violonistas.

### **Análise sincrônica**

O instrumento escolhido para a análise é um violão acústico Eagle Clássico DH-69 (Figura 77). O produto foi comprado em 2004, e tem sido utilizado e mantido segundo as recomendações do fabricante; as únicas partes substituídas da configuração original são as cordas; todas foram trocadas.





**Figura 77: violão**

Fonte: autor

O Quadro 13 apresenta a análise do produto.

<b>Análise Estrutural do Similar</b>	
<b>Número de componentes:</b>	O violão contém os seguintes componentes, consolidados em um único volume: braço (em madeira; especificamente, em mogno, recoberto com madeira rosewood na escala; Figura 77e), corpo (em madeira; lateral em mogno, e tampo em "spruce"; roseta em mogno trabalhado em mosaico), mão (em mogno; Figura 77a), tarraxas (em liga metálica e polímero; Figura 77b), trastes (em liga metálica dourada; Figura 77d), cordas (de nylon; Figura 77c).
<b>Carenagem:</b>	Não há carenagem.
<b>Sistemas de união:</b>	Os elementos são colados, e fixados permanentemente. As cordas são presas através de um sistema de amarração, em que a pressão é garantida pela utilização das tarraxas.
<b>Centro de gravidade:</b>	O centro de gravidade é razoavelmente acima do centro geométrico do produto, já que a caixa acústica é oca. O produto equilibra-se bem se posicionado na horizontal, e tem equilíbrio instável se posto na posição vertical.



<b>Estrutura:</b>	As partes estão presas rigidamente entre si, exceto pelas cordas. As cordas são responsáveis pela produção do som, e a caixa acústica tem a função de amplificar o som produzido; o som é produzido através da vibração das cordas. Assim, essas são posicionadas em frente à abertura da caixa acústica. Os diferentes tons são dados pelo tamanho de corda que é liberado para vibrar, e pela variação de espessura entre as cordas; essas são presas à mão e ao corpo do violão. A determinação do tamanho liberado para a vibração das cordas é feita pelo usuário, e é feita a partir dos trastes, e a afinação de cada uma das cordas é feita por meio das tarraxas, na parte superior.
<b>Quantidade e diversidade de componentes similares (DfA):</b>	Os componentes que se repetem em um mesmo violão são as tarraxas e os componentes de metal da mão, além dos trastes do braço.
<b>Matérias primas e suas fontes:</b>	Os materiais utilizados são: madeiras (mogno, rosewood, e spruce), ligas metálicas, polímero não-identificado, e nylon.
<b>Ciclo de vida do produto e suas partes:</b>	Os componentes plásticos ou metálicos têm boa durabilidade e dificilmente precisarão ou poderão ser substituídos, exceto pelas cordas, que devem ser substituídas sempre que se quebrarem. As partes de madeira podem envergar com o tempo; nesse caso, é preciso levar o violão a um profissional especializado, que realizará o conserto, se possível. O produto tem grande durabilidade, e pode acompanhar o usuário ao longo de toda a vida, se bem cuidado. A reciclabilidade depende da separação das partes, que, por serem coladas entre si, pode se mostrar difícil ou inviável no momento do descarte.
<b>Análise Funcional do Similar</b>	
<b>Mecanismo:</b>	O mecanismo que dá funcionalidade ao produto é mecânico: é a vibração das cordas (e o tamanho das cordas que é liberado, pelo usuário, para vibrar) que produz som, que por sua vez reverbera no interior da caixa acústica.
<b>Confiabilidade:</b>	O produto é bastante confiável e construído com qualidade, mas depende da afinação, que por sua vez depende da habilidade e experiência do usuário ou da utilização de um equipamento externo. Também depende do cuidado que é dado ao produto, já que danos à caixa acústica e empenamentos têm impactos bastante fortes no som produzido.
<b>Versatilidade:</b>	O produto é versátil quanto à utilização, como demonstrado pelas diversas maneiras de se tocar violão que se popularizaram ao longo dos anos; um exemplo dessa versatilidade é a freqüente utilização da caixa acústica e do tampo como instrumento de percussão, para acompanhamento do próprio violão enquanto instrumento de cordas.
<b>Resistência:</b>	O produto não é muito resistente a impactos, e requer bastante cuidado no manuseio. Batidas no tampo invariavelmente resultam em marcas, e impactos mais fortes resultam em amassados e empenamentos que prejudicam a acústica. A utilização do produto com paletas também resulta em danos (estéticos) ao tampo, que tem o acabamento prejudicado pela abrasão. Os braços tendem a empenar com o tempo, especialmente quando a madeira é exposta ao sol. As cordas tendem a se desgastar com o tempo, e rompem com facilidade se houver muita pressão ao atarraxar.

<b>Acabamento:</b>	As partes em madeira são envernizadas tanto para proteção quanto para efeito estético.
<b>Reciclagem de suas partes ou do produto todo após o descarte:</b>	Partes do produto podem ser recicladas após o descarte se forem devidamente separadas entre si, e se a cola for removida entre elas; isso, no entanto, representa uma tarefa difícil e trabalhosa, que dificilmente será realizada. As partes de madeira não podem ser recicladas, e o uso de verniz prejudica ainda o descarte ou a reutilização.
<b>Análise Ergonômica do Similar</b>	
<b>Praticidade:</b>	O produto é prático e funcional, uma vez que não depende de outros utensílios para funcionar e é portátil. Negativos à sua praticidade são a necessidade de afinar (o que por sua vez depende de habilidade e experiência ou produtos periféricos) e o cuidado na utilização.
<b>Conveniência:</b>	O produto é conveniente (relativamente fácil de usar e obter). Quanto à compra, o produto é de fácil obtenção em lojas de instrumentos. Não precisa ser preparado antes do uso (exceto pela afinação, caso já não esteja afinado), mas deve ser devidamente guardado longe do sol e da umidade excessiva.
<b>Segurança:</b>	O produto é seguro ao usuário. Há risco das cordas romperem e atingirem o usuário, o que pode ser moderadamente perigoso, especialmente se atingir os olhos. Não há partes passíveis de serem ingeridas, e o risco de ferimentos acidentais por queda ou contato com a superfície é mínimo ou inexistente.
<b>Manutenção:</b>	A manutenção principal do produto diz respeito à necessidade de substituir as cordas em caso de desgaste ou rompimento, à limpeza que deve ser feita a cada utilização, e à afinação.
<b>Reparo:</b>	O reparo possível do produto também diz respeito à substituição das cordas, e da eventual necessidade levar a um especialista caso envergue com o tempo.
<b>Transporte:</b>	O produto é transportável sem necessidade de um compartimento adicional. Contudo, é necessário evitar que entre em contato com a água ou que esteja sujeito à ação do tempo, o que motiva a compra de capas (plásticas ou de couro) ou cases (malas/envoltórios) por parte da maioria dos usuários.
<b>Montagem e desmontagem durante o processo produtivo (DfA e DfD):</b>	A montagem se caracteriza pela manufatura das diferentes partes, posicionamento, colagem, testes e ajustes, em um processo largamente manual e dependente da atuação de especialistas.
<b>Consumo de energia e demais consumíveis (água, sabão etc.):</b>	Não utiliza energia ou outros produtos consumíveis para operação ou manutenção.
<b>Geração de resíduos durante a vida útil:</b>	Os únicos resíduos são as partes substituídas.
<i>Avaliação qualitativa da situação de uso</i>	
<b>Atividades da tarefa (operação normal):</b>	Posicionar uma das mãos junto à abertura da caixa acústica, e outra junto à escala e os trastes, no braço. Pressionar as cordas desejadas junto ao traste. Bater contra as cordas com a mão próxima à abertura da caixa.

<b>Relação antropométrica:</b>	O tamanho do instrumento é adequado às proporções do ser humano; a utilização da escala privilegia usuários destros — além disso, privilegia também aquelas com dedos longos e finos. Usuários com dedos pequenos têm dificuldade em atingir simultaneamente diferentes pontos na escala, e usuários com dedos grossos tem dificuldade em pressionar as cordas desejadas.
<b>Análise Morfológica do Similar</b>	
<b>Estilo:</b>	A estética do produto segue a sua função, com liberdade formal no desenho da caixa acústica, que confere ao violão sua aparência tradicional.
<b>Unidade:</b>	O produto tem forma icônica e largamente consolidada no repertório visual da população, o que faz com que se apresente com aparência familiar; no entanto, a produto como um todo não tem grande unidade formal, e as linhas curvas da caixa acústica contrastam fortemente com a linearidade do braço, da escala e das cordas esticadas.
<b>Interesse:</b>	O produto tem forma bastante característica e acabamento cuidadoso, o que o torna interessante visualmente.
<b>Equilíbrio:</b>	Quanto à forma, o produto é razoavelmente simétrico em um eixo, mas tem a maior parte de seu volume concentrado na parte inferior.
<b>Superfície:</b>	A superfície do produto é lisa em todas as partes. As partes de madeira são envernizadas.
<b>Métodos de encaixe para desmontagem:</b>	O produto não é desmontável por meio de desencaixe. As partes estão permanentemente coladas entre si.
<b>Embalagem do produto final:</b>	O produto vem embalado em uma caixa de papelão descartável.
<b>Impacto ambiental causado após o descarte da embalagem:</b>	A embalagem é descartada imediatamente após a abertura, e pode ser reciclada.
<b>Análise de Mercado do Similar</b>	
<b>Demanda:</b>	O produto é produzido e vendido na sua forma moderna há séculos, e é usado até hoje por músicos amadores e profissionais. Há demanda.
<b>Oferta:</b>	O produto é vendido em lojas de instrumento em todo o país.
<b>Preço:</b>	O produto é vendido por aproximadamente 330 reais.
<b>Embalagem:</b>	O produto é vendido em uma embalagem descartável de papelão ondulado.
<b>Propaganda:</b>	Não há informações sobre a existência de propagandas para esse modelo de violão.
<b>Ciclo de vida:</b>	O produto se encontra na vida adulta, e não há previsão de obsolescência.

**Quadro 13: análise sobre o violão.**  
**Fonte: Autor**

## 5 *Análise de um teclado eletrônico*

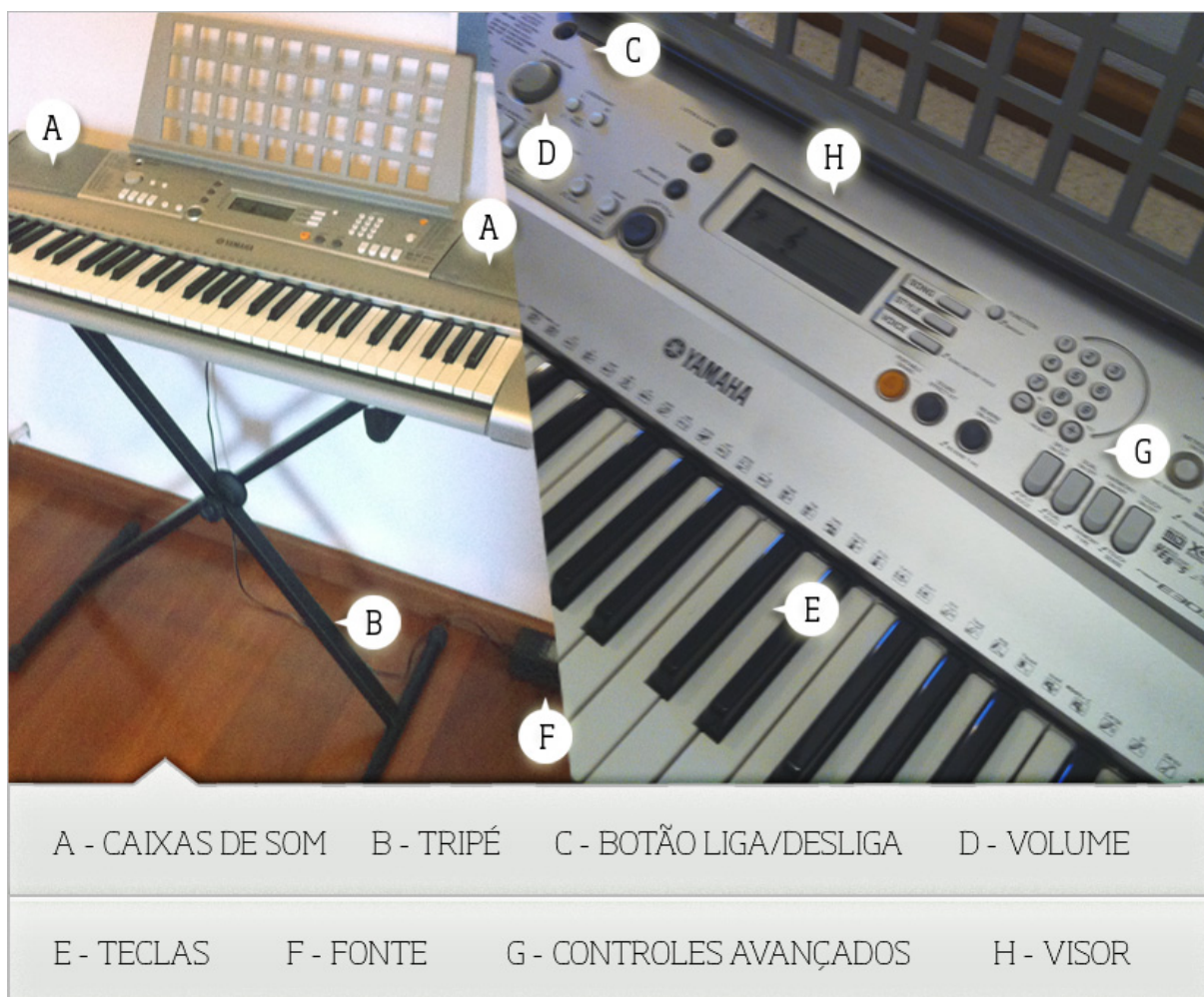
### **Análise histórica**

Teclado é qualquer instrumento musical em que diferentes notas podem ser obtidas ao se pressionar uma série de teclados, botões e/ou alavancas. Segundo a Encyclopaedia Britannica (2010), o instrumento assumiu a importância que tem devido à facilidade que provê para fazer soar várias notas simultaneamente ou em rápida sucessão. Contextualmente, a evolução de um estilo de composição associado ao teclado é vista como parte dos desenvolvimentos tecnológicos e teóricos na cultura urbana ocidental; se posiciona em oposição à música *folk*.

Os primeiros instrumentos com teclados surgiram no século XIV; eram órgãos com teclados aplicados, e vieram antes dos instrumentos de corda, como pianos, a que hoje se associa um teclado. O teclado eletrônico surgiu no início do século XX, e foi projetado como uma alternativa econômica e compacta ao órgão de tubos. Na forma e no tamanho, o teclado eletrônico se assemelha a um piano. Um teclado funciona a partir de osciladores eletrônicos (um circuito que carrega uma corrente alternada a uma frequência determinada), que permitem que seja reproduzida música composta por diversas partes.

### **Análise sincrônica**

O instrumento escolhido para a análise é um teclado eletrônico, marca Yamaha, modelo PBR E303, comprado em 2006 (Figura 78). Dentre os instrumentos analisados, este é o mais complexo no que diz respeito à construção, já que apresenta um maior número de componentes — incluindo componentes eletrônicos. O produto foi comprado em Porto Alegre, e tem sido utilizado e mantido segundo as recomendações do fabricante.



**Figura 78: teclado**

Fonte: autor

O Quadro 14 apresenta a análise do produto.

<b>Análise Estrutural do Similar</b>	
<b>Número de componentes:</b>	O teclado contém os seguintes componentes, consolidados em um único volume: carcaça (em polímero), painel (Figura 78h), caixas de som (Figura 78a), botões (em polímero; Figura 78c, d, g), e teclas (Figura 78e). Além disso, dispõe de um tripé (Figura 78b) e de uma fonte de alimentação (Figura 78f). Os principais componentes eletrônicos de um teclado são os <i>switches</i> (contatos) embaixo de cada tecla/botão, a fiação que os conecta, a placa/chip que controla a interface do usuário, as saídas e entradas na parte posterior (MIDI in/out, adaptadores de fones de ouvido, e entrada para disquete), e um modulador de som, além do amplificador.
<b>Carenagem:</b>	Há uma carenagem plástica que envolve todo o produto, protegendo e escondendo os componentes eletrônicos e abrigando a interface.
<b>Sistemas de união:</b>	Os elementos são aparafusados entre si.
<b>Centro de gravidade:</b>	O centro de gravidade é razoavelmente compatível com o centro geométrico do produto, excluindo-se o tripé.

<b>Estrutura:</b>	As partes estão presas rigidamente entre si. As teclas encontram-se na parte frontal, mais próximas ao usuário, e representam a principal interface para a produção de sons; acionando-as, determina-se a nota e o volume a serem emitidos. A informação é interpretada e o som é emitido ou enviado para um disquete ou para uma interface MIDI. Depois das teclas, outros botões são responsáveis por outras funcionalidades do teclado, como liga/desliga e a escolha do "instrumento" (qualidade do som) a ser emitido.
<b>Quantidade e diversidade de componentes similares (DfA):</b>	Todas as teclas são feitas do mesmo material, e se repetem ao longo da escala.
<b>Matérias primas e suas fontes:</b>	Os materiais utilizados são na maioria polímeros, componentes eletrônicos diversos, e elementos de fixação.
<b>Ciclo de vida do produto e suas partes:</b>	Os componentes plásticos ou metálicos têm boa durabilidade e dificilmente precisarão ou poderão ser substituídos. O produto como um todo tem extensa durabilidade e pode acompanhar o usuário por toda a vida.
<b>Análise Funcional do Similar</b>	
<b>Mecanismo:</b>	O mecanismo que dá funcionalidade ao produto é mecânico: é o acionamento das teclas que faz com que um sinal seja emitido e interpretado pelos componentes eletrônicos.
<b>Confiabilidade:</b>	O produto é bastante confiável e construído com qualidade.
<b>Versatilidade:</b>	O produto é versátil quanto à utilização, uma vez que oferece centenas de sons (instrumentos) em sua biblioteca, e permite que o som seja amplificado, ou que a música tocada seja enviada para interface MIDI ou ainda salva em disquete.
<b>Resistência:</b>	O produto é resistente, e conta com carcaça plástica que protege os componentes eletrônicos. Não pode entrar em contato com a água.
<b>Acabamento:</b>	Nenhum dos componentes recebe revestimento ou pintura.
<b>Reciclagem de suas partes ou do produto todo após o descarte:</b>	Exceto pelos componentes elétricos, todas as partes do produto podem ser separadas e recicladas.
<b>Análise Ergonômica do Similar</b>	
<b>Praticidade:</b>	O produto é prático e funcional, e seu uso é bastante intuitivo. Depende de energia elétrica para funcionar, o que limita a praticidade.
<b>Conveniência:</b>	O produto é conveniente (relativamente fácil de usar e obter), mas depende de energia elétrica, que nem sempre está à disposição, e da utilização do tripé.
<b>Segurança:</b>	O produto é seguro ao usuário. Exceto pelo plugue, não há risco de choque elétrico já que todo o produto é envolvido por uma carcaça plástica. Para crianças, o fio elétrico pode oferecer perigo devido à extensão.

<b>Manutenção:</b>	Por ser um produto fechado, sem partes móveis à parte as teclas e os botões, a única manutenção possível diz respeito à limpeza rotineira da superfície.
<b>Reparo:</b>	A manutenção do produto deve ser feita em assistência técnica, devido aos componentes elétricos.
<b>Transporte:</b>	O produto é transportável sem necessidade de um compartimento adicional. Contudo, é necessário evitar que entre em contato com a água ou que esteja sujeito à ação do tempo, o que motiva a compra de cases (malas/envoltórios) por parte da boa parte dos usuários.
<b>Montagem e desmontagem durante o processo produtivo (DfA e DfD):</b>	As diferentes partes são encaixadas e aparafusadas, e alguns componentes elétricos são soldados e/ou colados.
<b>Consumo de energia e demais consumíveis (água, sabão etc.):</b>	Utiliza energia elétrica.
<b>Geração de resíduos durante a vida útil:</b>	Os únicos resíduos são as partes substituídas, caso houver.
<i>Avaliação qualitativa da situação de uso</i>	
<b>Atividades da tarefa (operação normal):</b>	Ligar o instrumento a uma tomada. Ligar o instrumento. Posicionar pelo menos uma das mãos junto às teclas. Pressionar as teclas.
<b>Relação antropométrica:</b>	O tamanho do instrumento é adequado às proporções do ser humano, tanto no que diz respeito às dimensões gerais quando à distância e tamanho de cada uma das teclas. A altura do teclado pode ser ajustada através do tripé. Ocasionalmente, usuários com dedos mais largos podem ter problemas ao pressionar as teclas; isso pode ser resolvido através de modificações na maneira de tocar.
<b>Análise Morfológica do Similar</b>	
<b>Estilo:</b>	A estética do produto segue a sua função, e mesmo a carcaça (que não tem função acústica ou operacional) não apresenta grande ousadia na forma.
<b>Unidade:</b>	O produto tem unidade formal, garantida pela existência da carcaça plástica que engloba física e visualmente todos os diferentes elementos.
<b>Interesse:</b>	O produto tem forma bastante característica, mas o acabamento plástico deixa a desejar.
<b>Equilíbrio:</b>	Quanto à forma, o produto é simétrico em relação a um eixo e tem formato de paralelepípedo.
<b>Superfície:</b>	A superfície do produto é lisa em todas as partes.
<b>Métodos de encaixe para desmontagem:</b>	O produto é desmontável por meio da desparafusação das partes.
<b>Embalagem do produto final:</b>	O produto vem embalado em uma caixa de papelão descartável.

<b>Impacto ambiental causado após o descarte da embalagem:</b>	A embalagem é descartada imediatamente após a abertura, e pode ser reciclada.
<b>Análise de Mercado do Similar</b>	
<b>Demanda:</b>	O produto é produzido e vendido na sua forma moderna há décadas, e é usado por músicos amadores e profissionais. Há demanda.
<b>Oferta:</b>	O produto é vendido em lojas de instrumento em todo o país.
<b>Preço:</b>	O produto é vendido por aproximadamente 600 reais.
<b>Embalagem:</b>	O produto é vendido em uma embalagem descartável de papelão ondulado.
<b>Propaganda:</b>	Não há informações sobre a existência de propagandas para esse modelo de teclado.
<b>Ciclo de vida:</b>	O produto se encontra na vida adulta, e não há previsão de obsolescência.

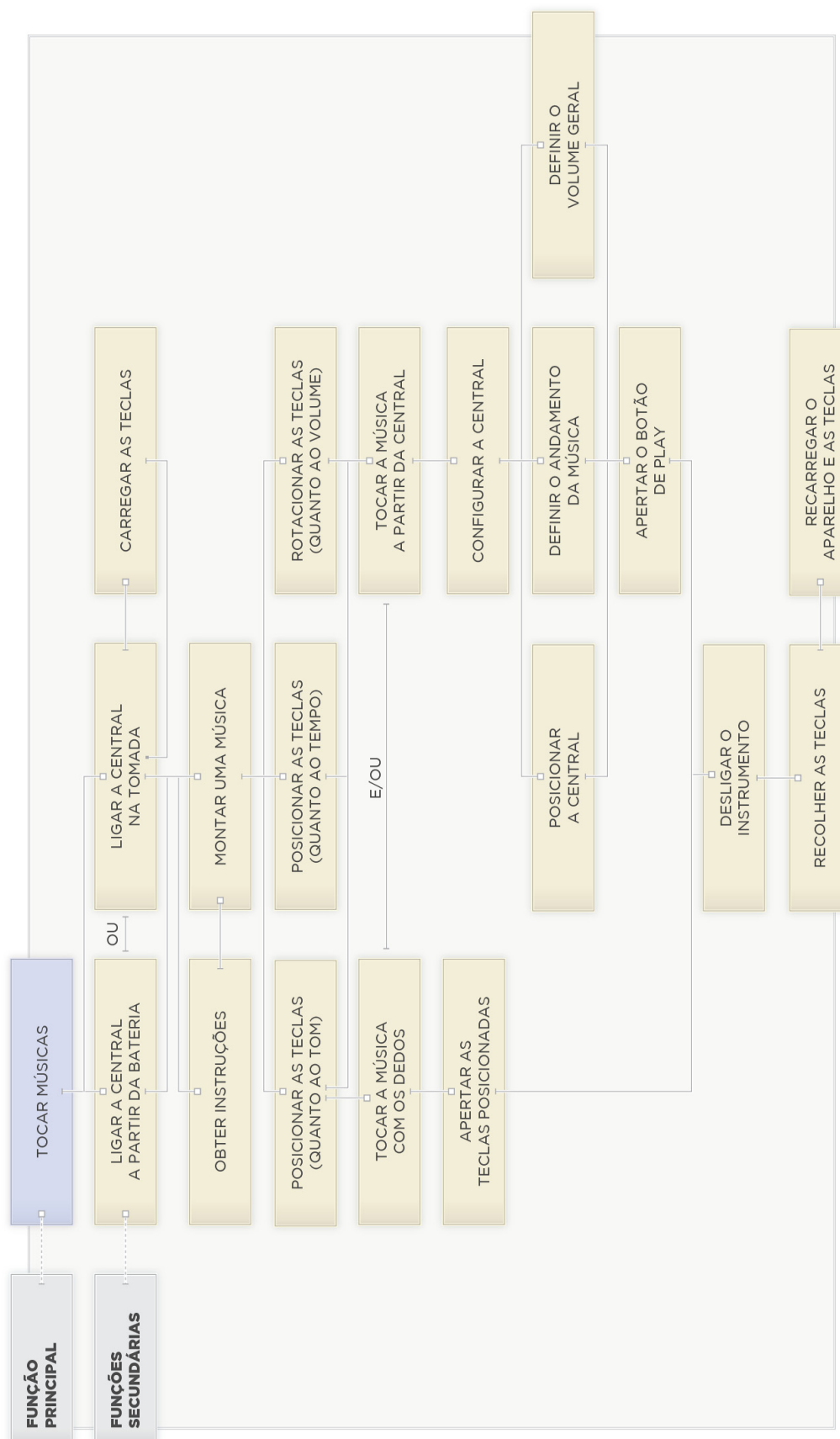
**Quadro 14: análise sobre o teclado.  
Fonte: Autor**







## APÊNDICE 7 – ÁRVORE FUNCIONAL



## APÊNDICE 8 – OPINIÕES SOBRE O PRIMEIRO PROTÓTIPO DIGITAL

Foram consultados de maneira informal profissionais interessados no projeto, em busca de opiniões e críticas sobre o primeiro protótipo digital desenvolvido. São músicos, designers e engenheiros com background na música, que tocam um ou mais instrumentos, e capazes de opinar tanto quanto ao aspecto musical quanto funcional e ergonômico da proposta. As entrevistas se deram pessoalmente e por e-mail.

---

### **Perfil do entrevistado:** Engenheiro mecânico, baixista e guitarrista

Gostei bastante do projeto, e achei muito inteligente a maneira como é possível tocar montando as músicas na linha do tempo, e apertando o 'play'... Remove um dos maiores problemas de quem está aprendendo, que é querer tocar e saber o que quer fazer, mas não ter a habilidade pra tocar o instrumento... Isso acaba desmotivando. Nesse teclado, dá pra preparar a música, sem tocar, até que esteja perfeita, o que facilita bastante as coisas e deixa a experiência bem mais divertida pra quem está começando. De críticas, eu tive dificuldades para operar o protótipo, no começo, porque as teclas são bastante pequenas, e para arrastá-las é preciso segurar pela borda do objeto. O giro é bastante intuitivo, mas o jeito de virá-las de cabeça pra baixo é difícil de deduzir (por um botão). Eu sugeriria algum mecanismo de 'tutorial', no início, pra acostumar o usuário ao produto, mas achei muito intuitivo depois de ter usado algumas vezes.

---

### **Perfil do entrevistado:** Engenheiro mecânico, guitarrista

Muito legal a possibilidade de tocar tanto 'na linha do tempo', com a música rolando, quanto apertando cada uma das teclas... Dá a possibilidade do usuário fazer duas coisas ao mesmo tempo, e as duas coisas foi ele que fez. No teclado normal, o usuário pode até colocar uma música pra tocar de fundo, mas é uma música pronta... Podendo ele mesmo montar a música, e alterar ela enquanto ela está tocando, fica possível controlar vários aspectos da música ao mesmo tempo. É possível fazer com que os acordes principais toquem, repetidas vezes, enquanto se improvisa sobre as teclas. E, melhor, as teclas que compõem os acordes também podem ser apertadas, o que faz com que estejam na escala certa, pra quem não entende. Achei muito legal também a maneira como cada nota em uma cor associada, e as cores mudam automaticamente. Também gosto da linha do tempo que corre visualmente, pra mostrar o que está sendo tocado, mas tenho dúvidas sobre como isso seria implementado no produto mesmo... Eu gostaria de ver uma representação na central das notas que estão sendo tocadas automaticamente, quando se aperta 'play'. Seria interessante até pra que a criança se acostumassem com a notação musical.

---

**Perfil do entrevistado: Designer de produto, baixista e guitarrista**

Gostei muito da idéia, e acho que tem muito potencial pra ensinar pras crianças. Eu achei complicado de usar no início, mas acho que é porque não tinha nada escrito... Talvez com o produto pronto seja mais fácil. O aplicativo era pequeno, também, e ficava difícil de clicar. Eu gostaria que fosse possível salvar as músicas, pra ouvir depois... E achei que são poucas teclas, e era difícil remover as teclas na ordem certa... Sempre sai a última que foi adicionada, e não a que foi selecionada... Gostei muito das cores e luzes, e acho que vai ficar muito bonito. Mexer a central e girar também é muito bacana, porque acaba com o trabalho que é transpor uma música num violão, por exemplo...

---

**Perfil do entrevistado: Músico formado**

Acho muito importante que haja um 'grid' no modelo pronto, como tem hoje no Flash. Dá uma noção melhor de onde se deve posicionar as teclas, especialmente em relação ao tempo... Não precisaria ser um grid dinâmico como o que existe hoje, pode ser só um tapete, ou uma folha. Sem umas marcações, fica um desafio de erro/acerto... Mesmo assim, gosto muito da solução de uma linha traçando a 'afinação' da tecla. Não sei se é só pro Flash, mas acho importante manter no produto final. Gosto muito também das cores E do nome da nota. As cores deixam a composição mais interessante, e as notas dão a informação mais importante. Eu gosto da idéia de inverter a posição das notas pra 'desligar', mas é difícil perceber o que está acontecendo durante a simulação. Espero que no produto final seja mais óbvio.

---

**Perfil do entrevistado: Designer gráfico, guitarrista e baixista**

Eu gostei muito do conceito, é muito original. No protótipo, eu achei tudo muito pequeno e difícil de clicar... Poderia ter uma 'dica' quando passa o mouse em cima das coisas, ou uma tela explicando no início, que ia salvar um baita tempo... Tem que ter também um jeito de salvar as músicas (aqui no protótipo e no modelo pronto), pra aproveitar a funcionalidade... E aí poder carregar depois. Ia ser muito legal também se desse pra imprimir a 'partitura' da música que a criança montou, pra ter um resultado tangível. Aí ela pode emprestar pros amigos ou trocar as músicas que escreveu, ou o professor de música pode corrigir o que achar errado.

---

**Perfil do entrevistado: Designer de produto, guitarrista**

O produto é muito legal, me lembra o Reactable, mas com a linha do tempo... Acho que vai ser muito didático, porque as crianças gostam de brincar de montar, e ele é tipo um LEGO musical. E tem muito de ser uma atividade de grupo, em que dá pra chamar amigos pra montar junto. Teclado normal às vezes é visto como chato (aquela coisa toda de 'aula de piano'), e isso muda tudo. Deveria vir também com um livrinho junto, ensinando algumas músicas e como usar...

---

#### **Perfil do entrevistado: Músico formado**

Acho muito interessante, e tem muito potencial pra expandir depois... A idéia pede muito outros instrumentos, com formatos diferentes e coloridos e tal. Comprar por exemplo uma peça de bateria, uma peça de 'gravador' (a criança poderia gravar a própria voz e usar várias vezes, tipo um 'autotune'), e outras... Tem muito potencial e eu imagino as crianças brincando por horas com isso.

---

#### **Perfil do entrevistado: Engenheira mecânica, tecladista**

Eu achei difícil de usar no início... Só dá pra apertar uma tecla de cada vez, e aí demora pra fazer uma música, e fica meio quebrado. Seria muito legal num touchscreen, pra apertar varias peças e fazer acordes, mas acho que é mais ou menos como vai ser depois, se for 'sólido' mesmo. Só achei meio estranho o volume ser pela rotação das teclas, porque eu imagino que apertar mais forte na tecla já vai dar um volume maior, e assim fica confuso. Eu acho mais importante ter um jeito de controlar a duração da nota, porque pra umas músicas fica estranho com todos os tempos iguais, não é natural. Pode ser com o giro assim, mesmo, ou então a tecla pode 'esticar' na horizontal, que aí o tamanho define a duração. Mas é muito divertido, eu fiquei brincando por muito tempo. Pena que não dá pra salvar as músicas ainda, pra mandar pra pessoas.

---

#### **Perfil do entrevistado: Músico formado**

Seria muito importante vir com música pré-carregadas pra que o usuário entenda o que instrumento faz. Poderia vir com uma biblioteca pronta, e talvez ter um jeito de aumentar a biblioteca depois, comprando.. Daí o usuário pode improvisar em cima de músicas conhecidas, até pegar o jeito. Fora isso, achei muito legal, mas interface estava pequena pra usar no browser, eu tive que aumentar. Gostei muito das luzes e cores que mudam enquanto mexe a tecla, acho que ajuda muito pra entender a posição das coisas.

---

#### **Perfil do entrevistado: Designer gráfica, especialista em *user experience***

O produto é muito interessante, mas tem a aparência 'tecnológica'. É uma idéia muito boa, mas precisa ser contextualizada pro público que vai utilizar. Talvez na forma das teclas, na linguagem... A central parece complexa, cheia de operações. A criança vai gostar de usar quando tentar, mas a primeira impressão vai ser de que é um 'brinquedo de adultos'. Acho importante que tenha um componente lúdico forte. E tem que ensinar a criança a usar. Pode ter tipo um 'amigo' no aparelho, que fala com a criança e dá as instruções de como usar, e quando ela estiver pronta pra usar sozinha, pode desligar isso. Mas é importante pra não 'assustar' ela de cara.

---

**Perfil do entrevistado: Professor infantil, e tecladista**

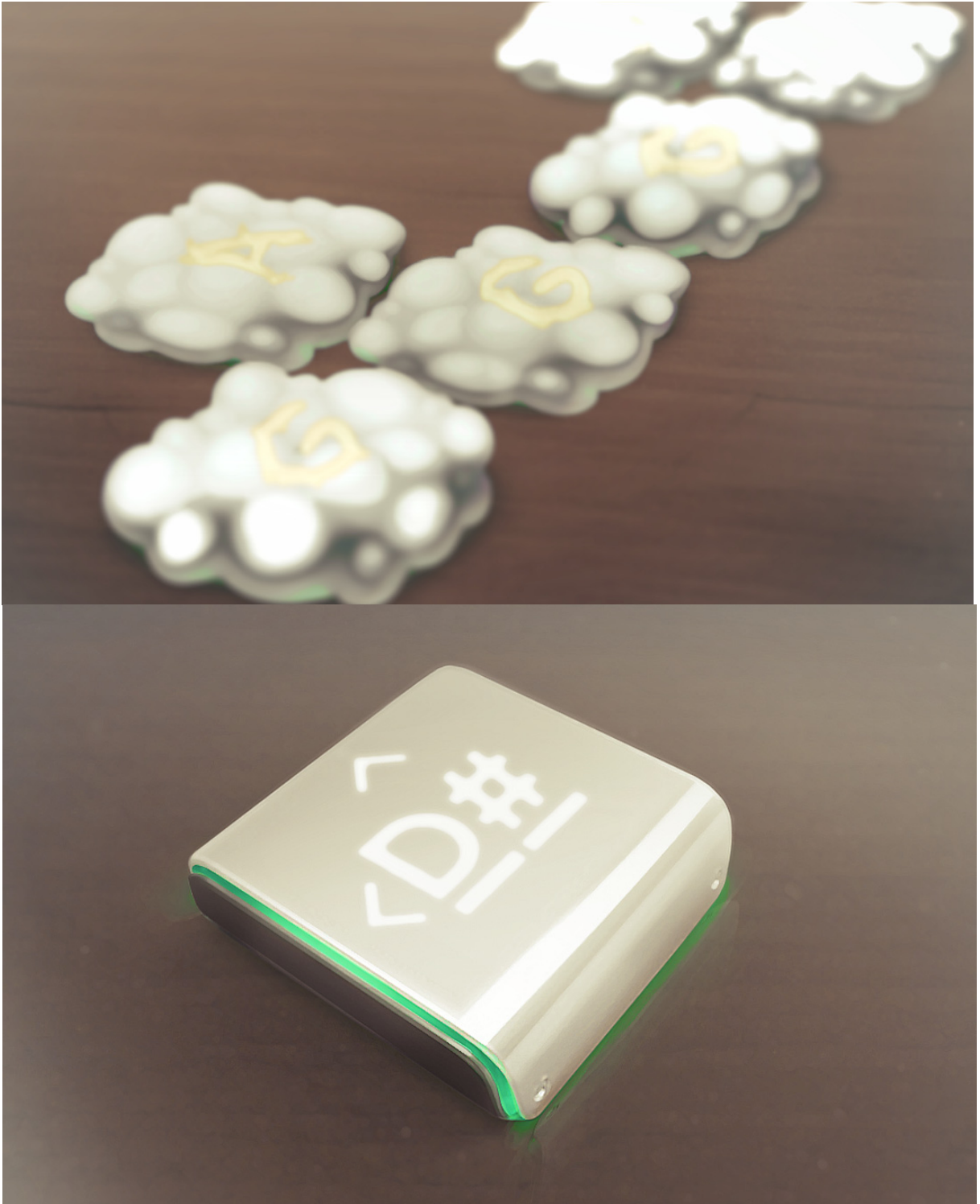
Eu gosto muito da idéia das teclas soltas, sem ter a ordem fixa, mas acaba tornando mais difícil, porque querendo ou não todo mundo sabe como um teclado comum funciona. Teria que ser mais claro o que tem que fazer. A grade do fundo é muito importante, e seria bom se desse pra carregar ali umas músicas, do tipo: carrega a marcação de onde as teclas têm que ir, e a aí a pessoa coloca as peças e aprende a 'ver as músicas', que acho que é a idéia toda do produto (ver de um jeito diferente). Acho que tem muito potencial e pode ser muito 'legal' pras crianças, porque vai ser uma brincadeira, ainda mais se vier com essas músicas famosas junto.

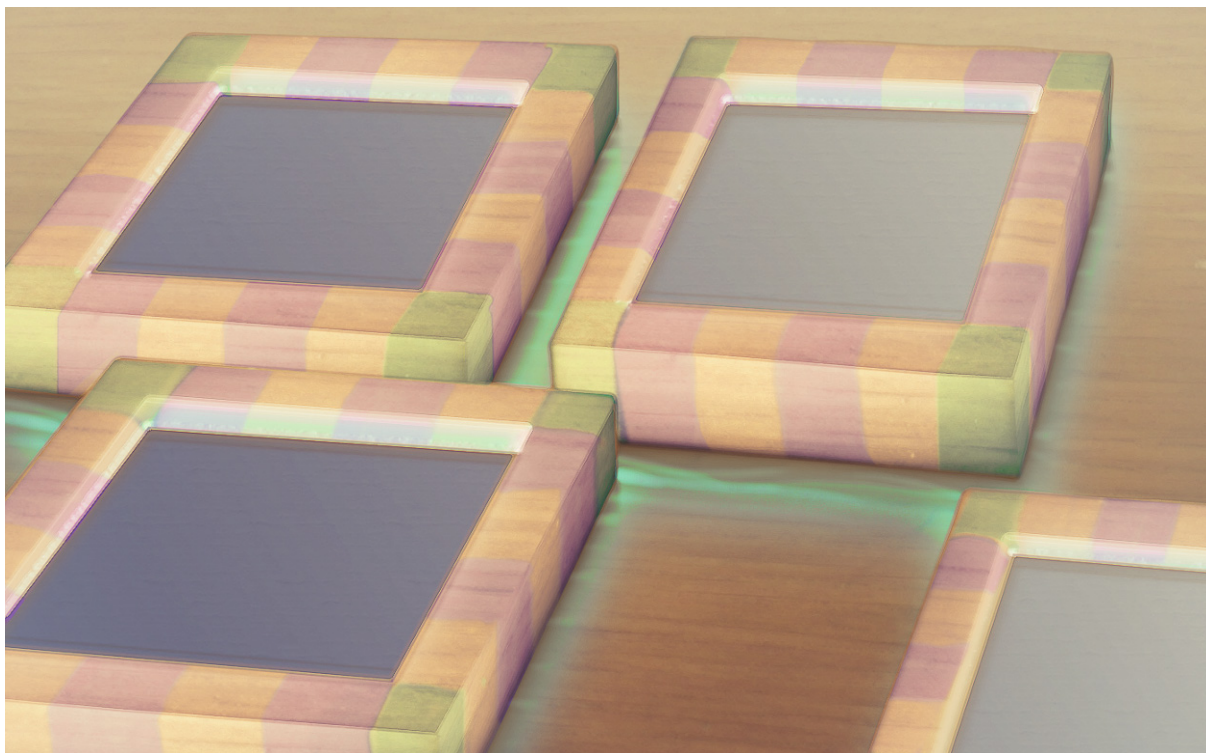
## APÊNDICE 9 – ESBOÇOS DE OPÇÕES ESTÉTICAS PARA O PRODUTO

A seguir, são apresentados alguns conceitos estudados para o desenvolvimento do produto.









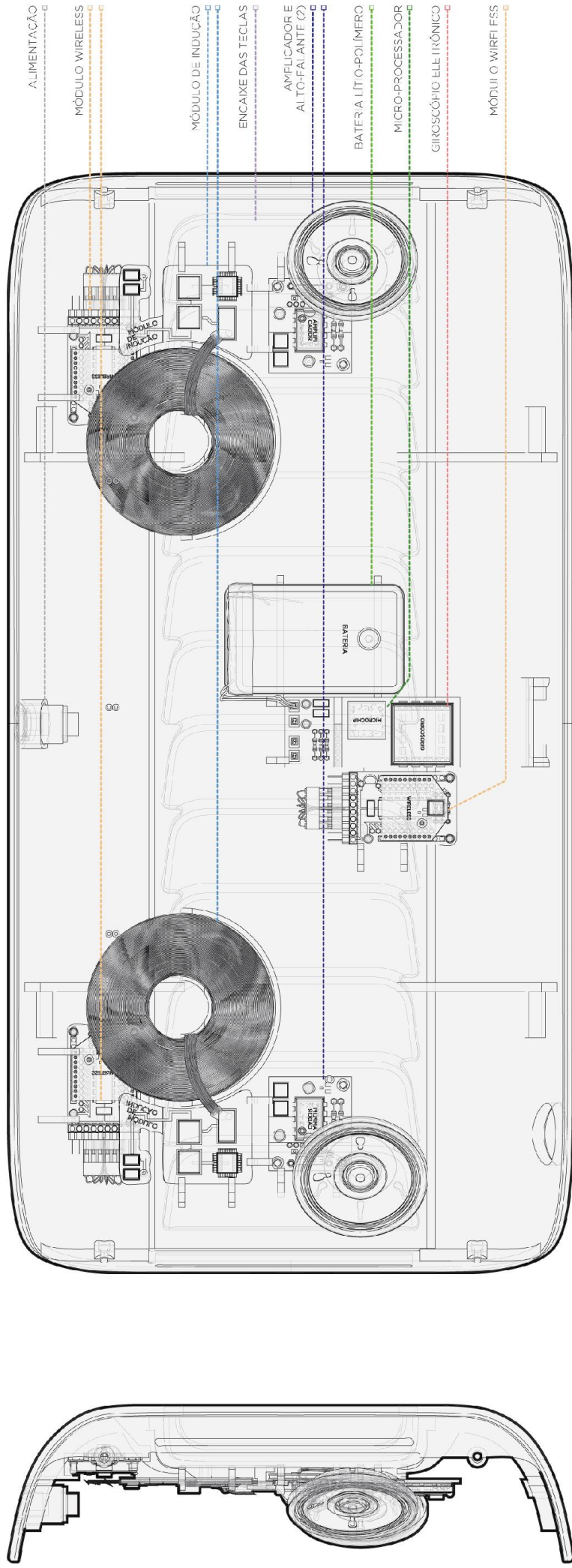
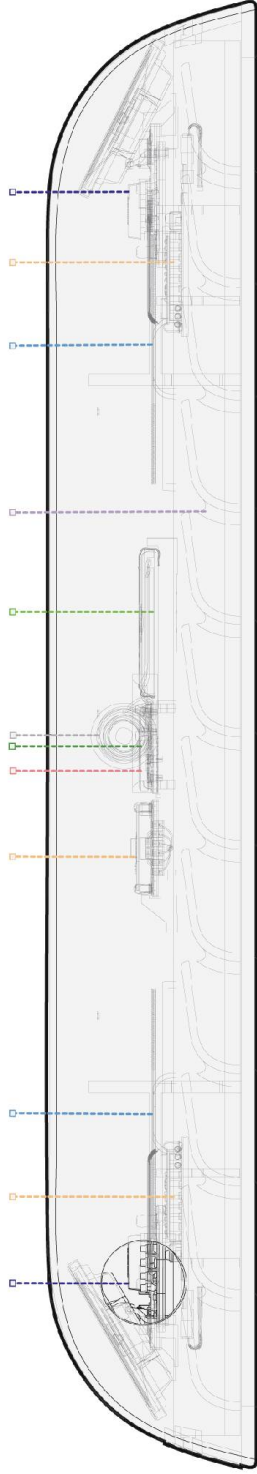
## **APÊNDICE 10 – DESENHOS TÉCNICOS**

A seguir, são apresentados desenhos técnicos tanto da central quanto das teclas, com dimensões e vistas internas dos componentes. Todas as medidas apresentadas estão em milímetros. A escala é indicada junto ao desenho.

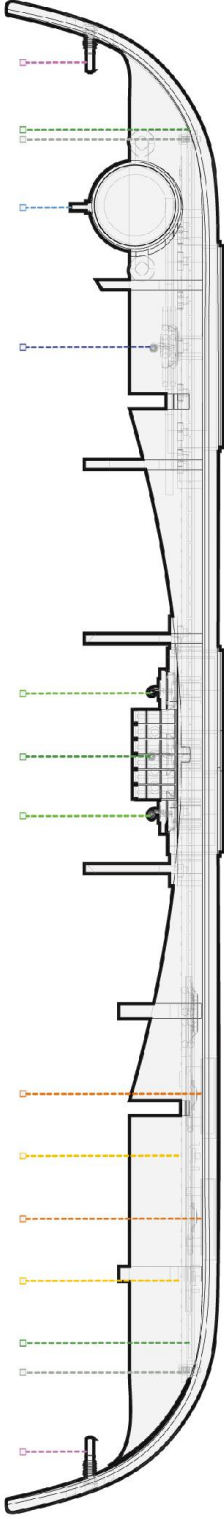
## **APÊNDICE 11 – VISTA EXPLODIDA DA CENTRAL**

## APÊNDICE 12 – VISTA EXPLODIDA DA TECLA

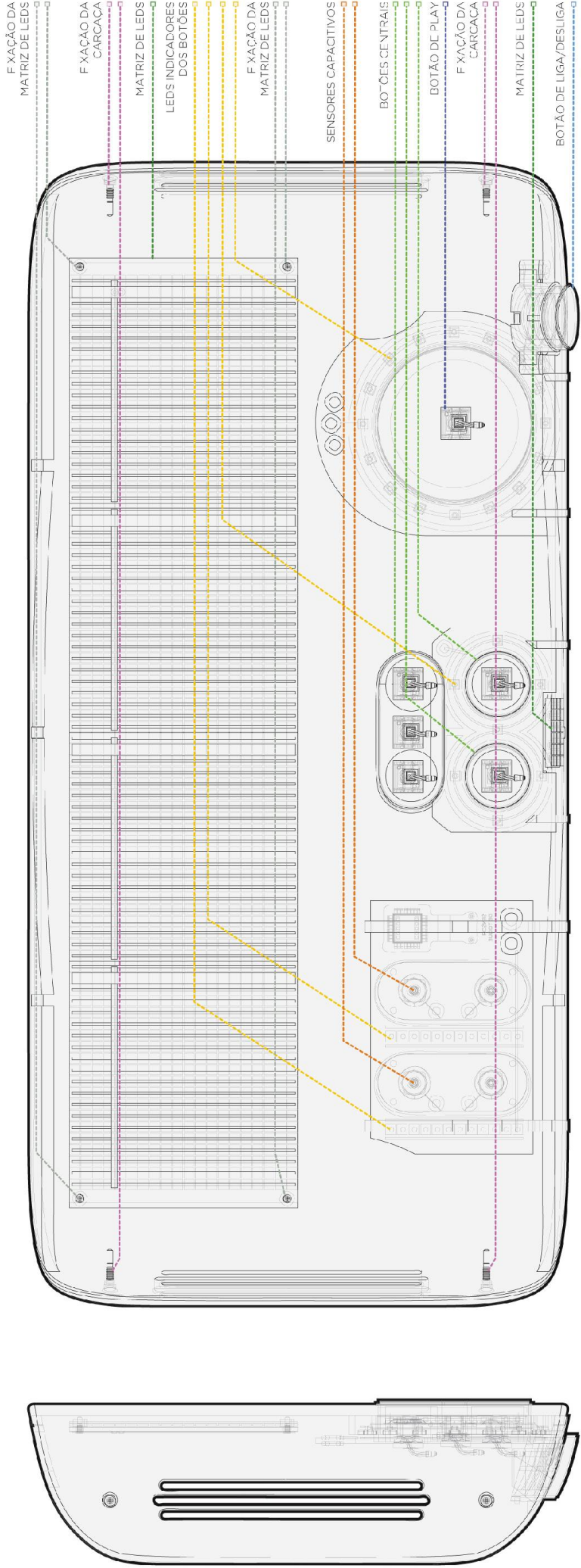
CENTRAL:  
METADE PRETA  
ESCALA 1:2

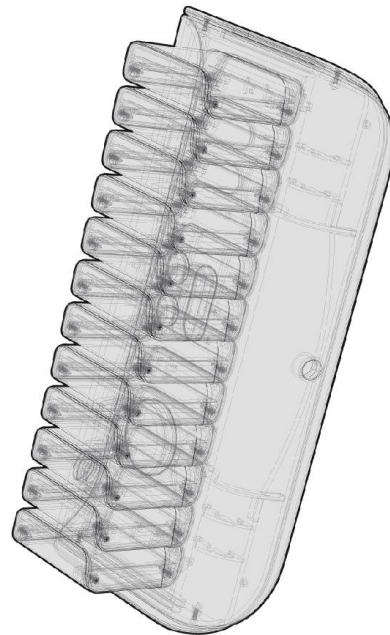
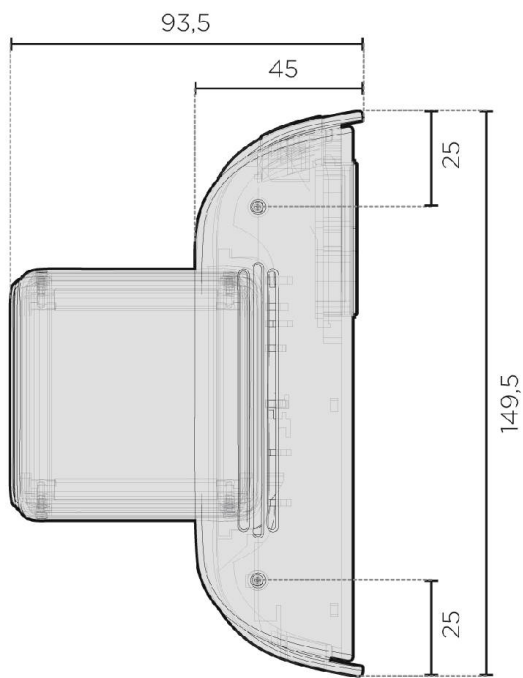
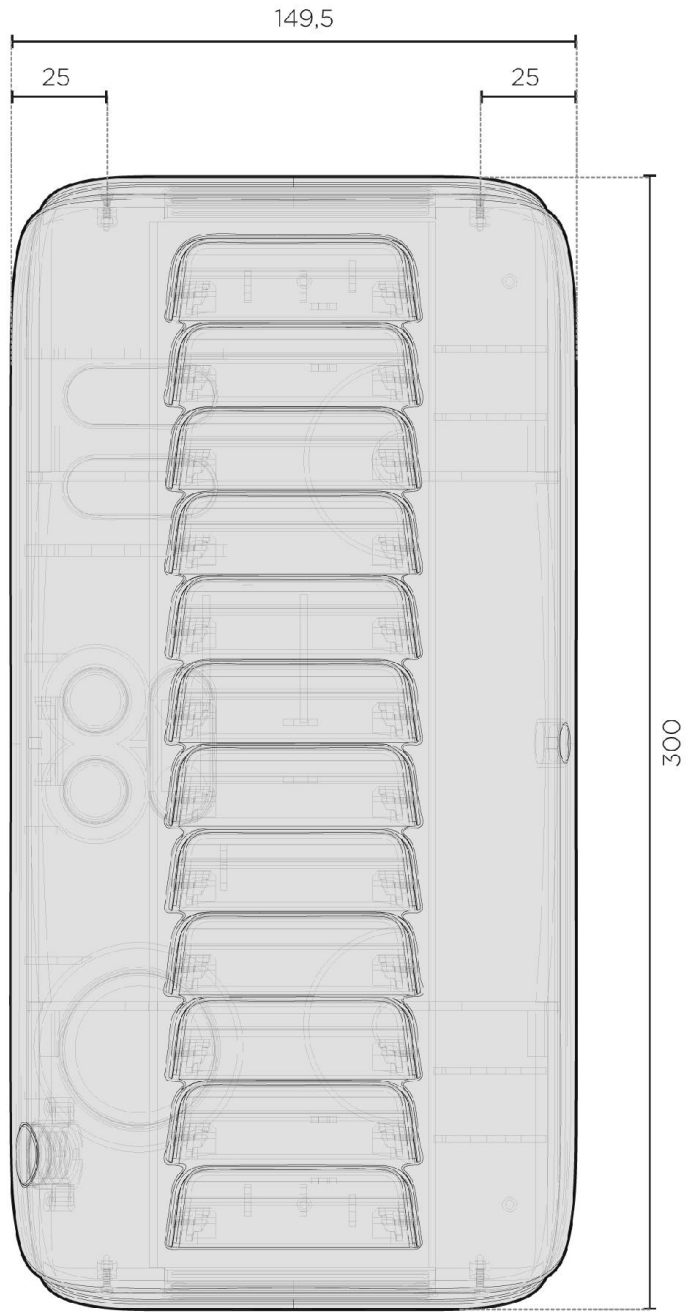
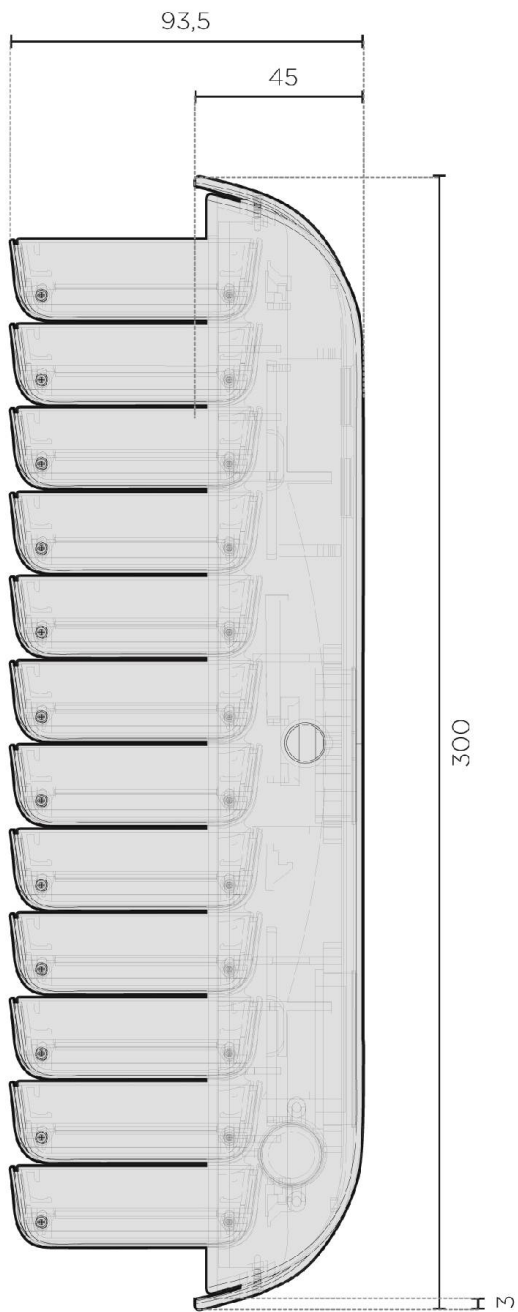






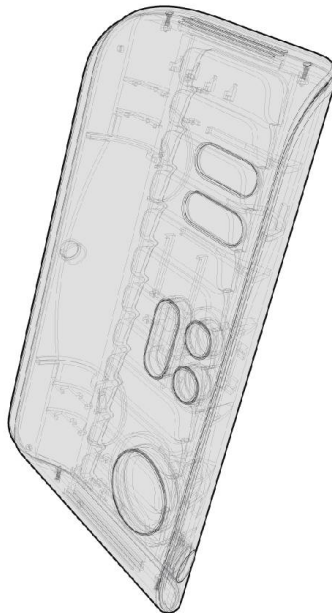
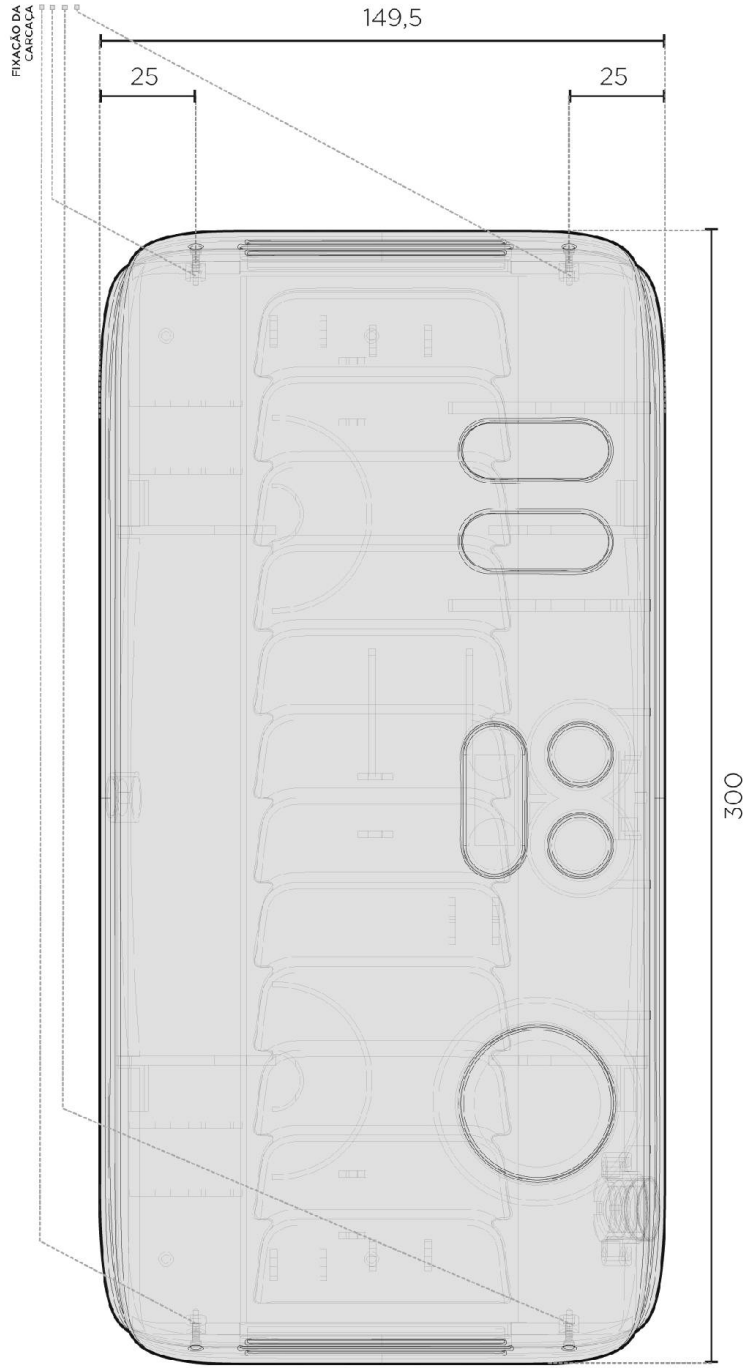
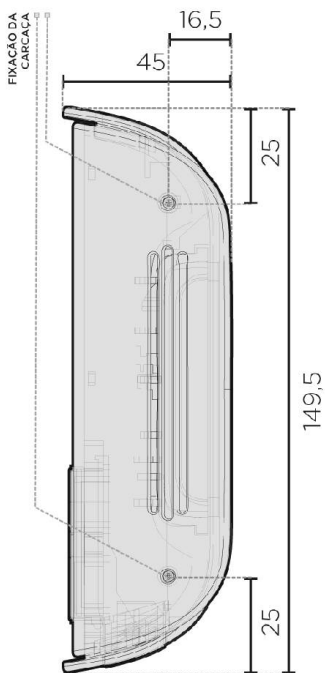
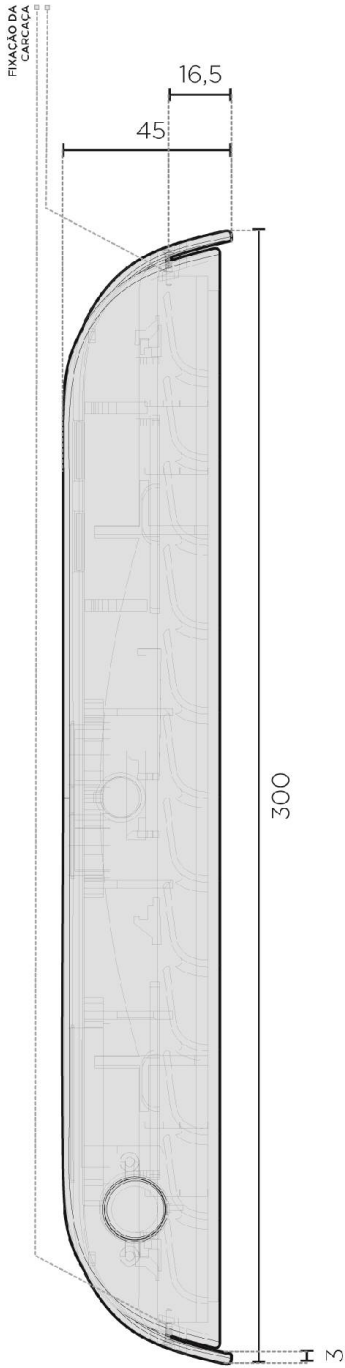
**CENTRAL:  
METADE  
BRANCA  
ESCALA 1:2**



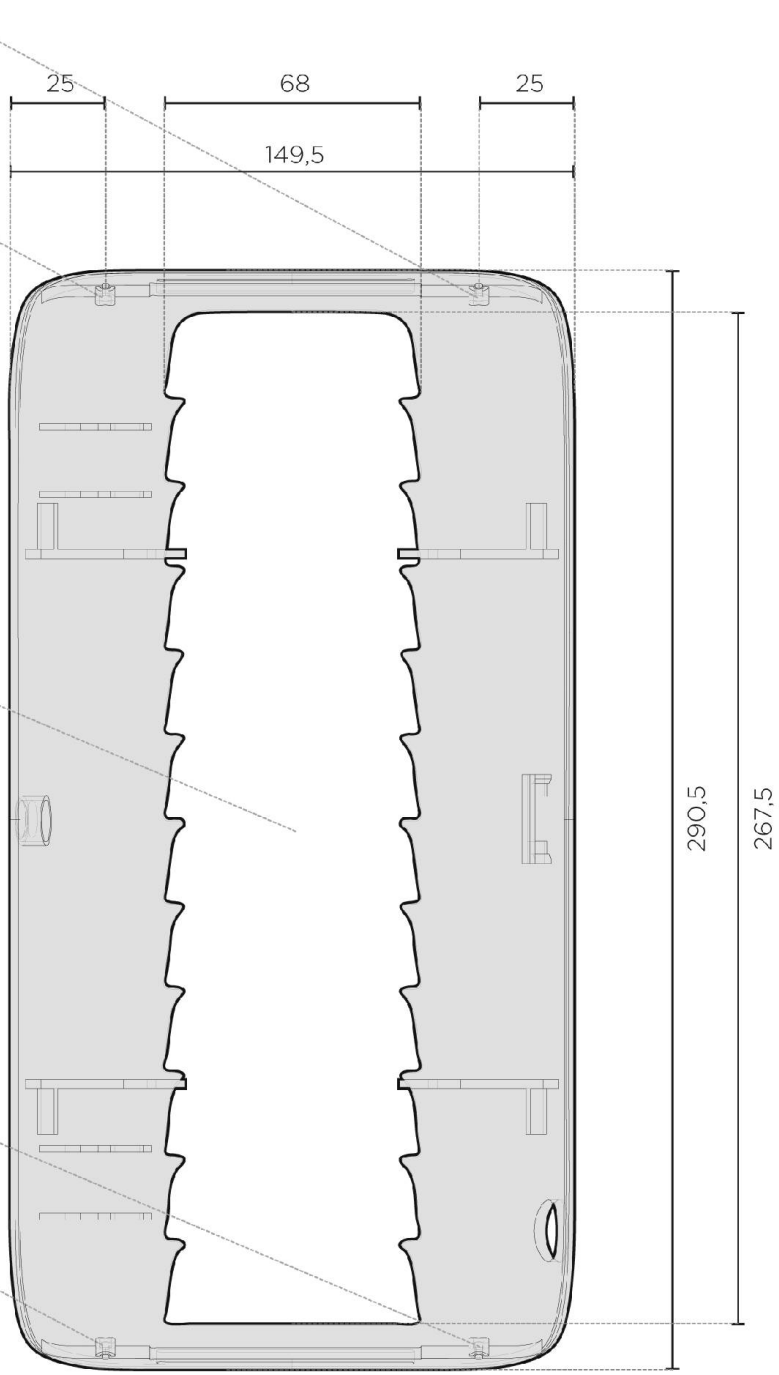
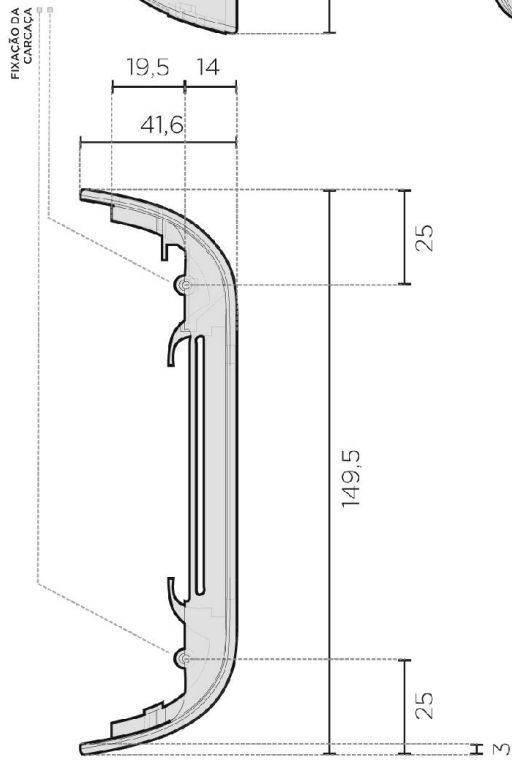
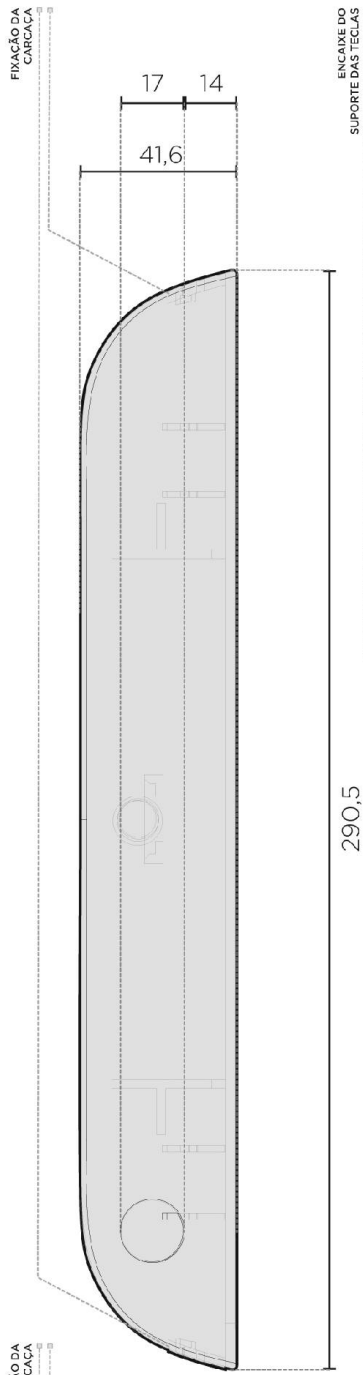


**CENTRAL: FECHADA COM TECLAS**  
ESCALA 1:2

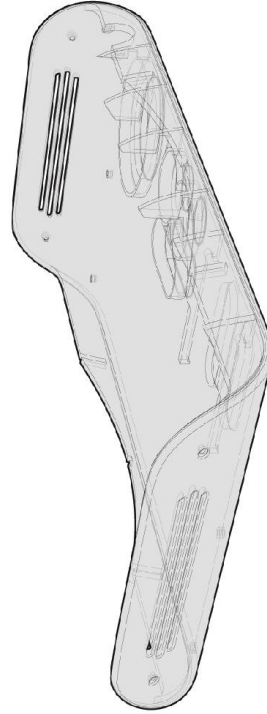
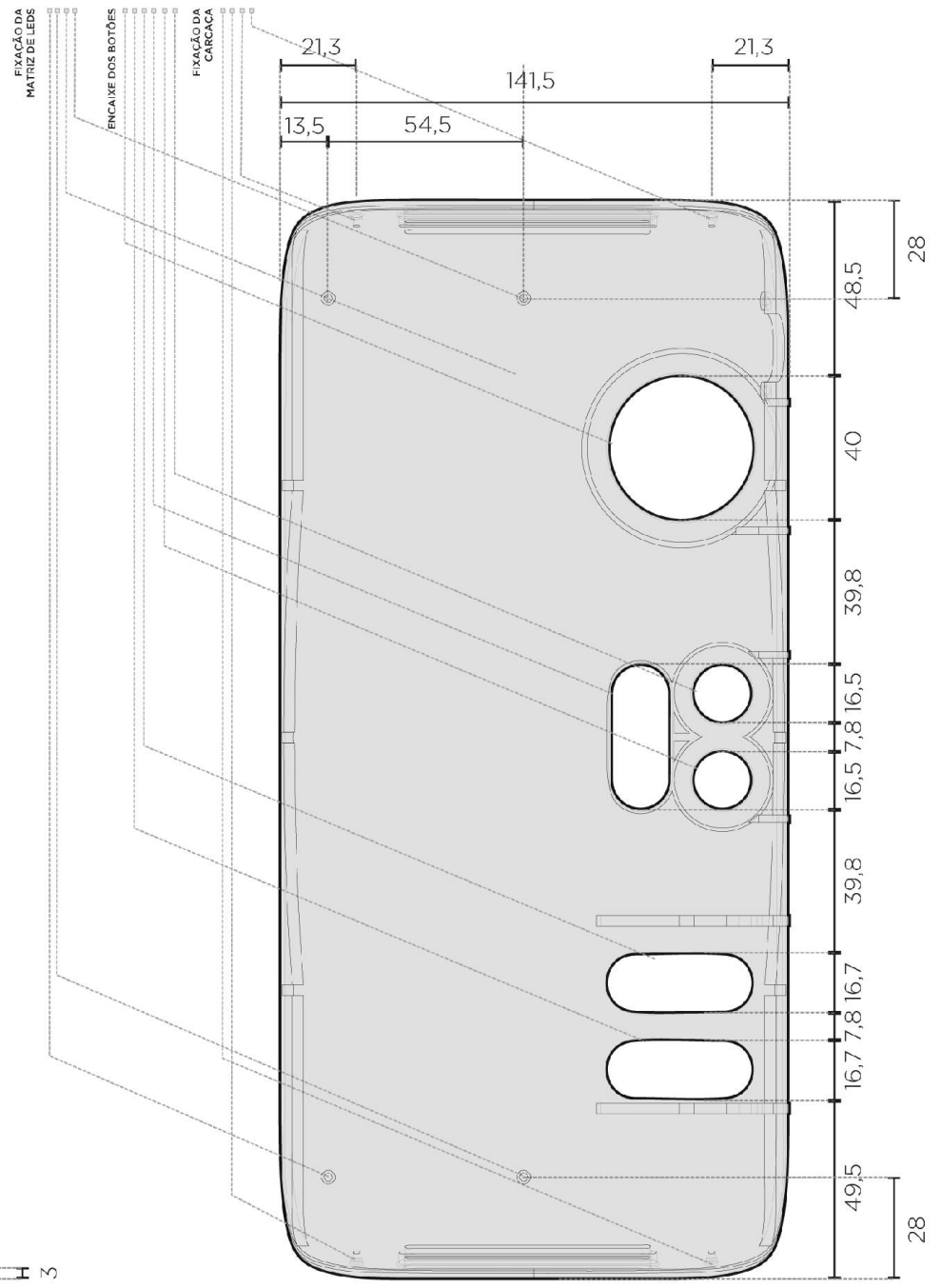
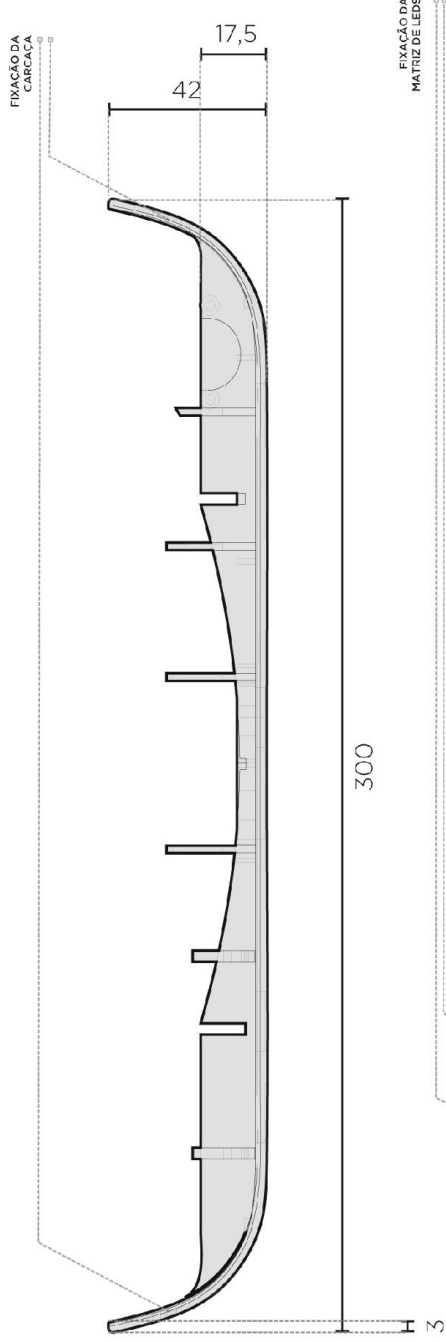
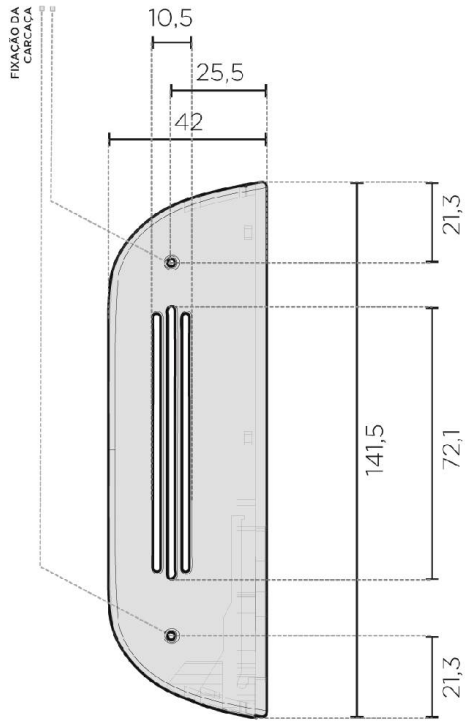




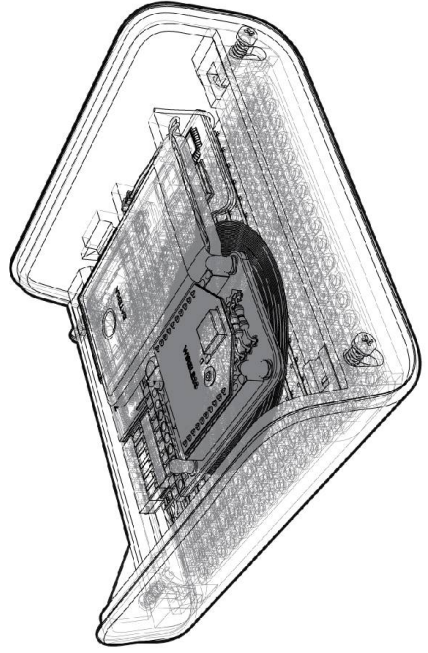
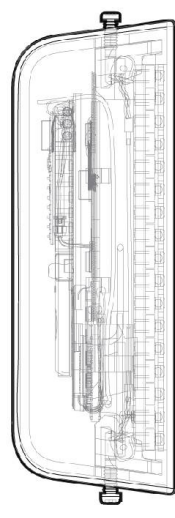
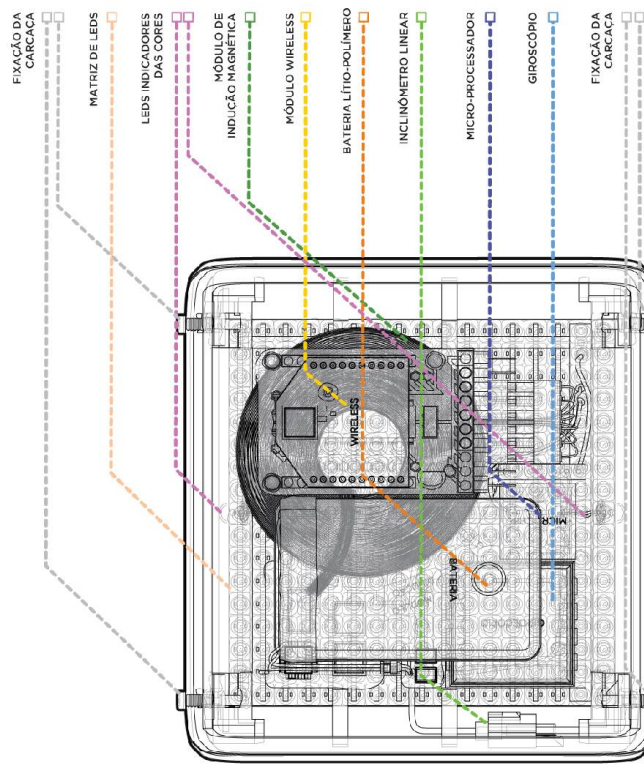
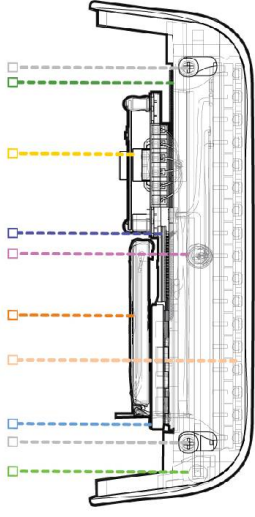
**CENTRAL: FECHADA (CARCAÇA)**  
 ESCALA 1:2



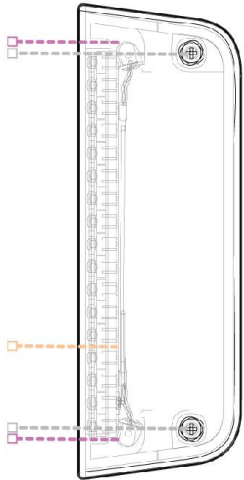
**CENTRAL: PARTE PRETA (CARCAÇA)**  
 ESCALA 1:2



**CENTRAL: PARTE BRANCA (CARCAÇA)**  
 ESCALA 1:2



**TECLA: METADE PRETA**  
 ESCALA 1:1

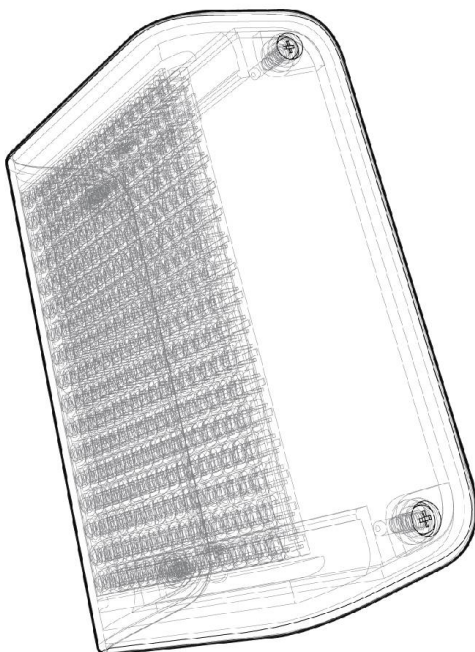
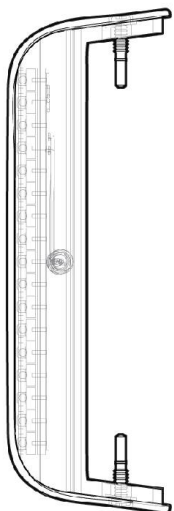
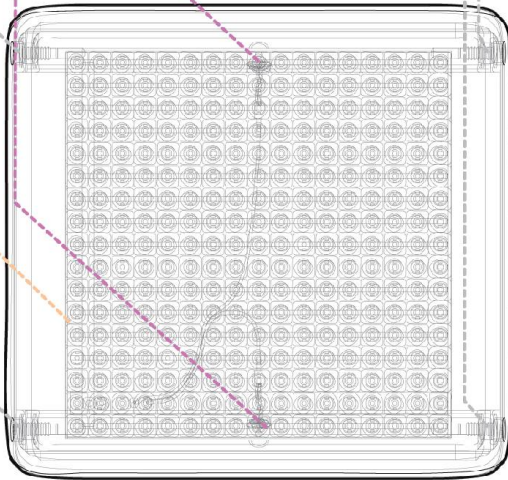


FIXAÇÃO DA  
CARCACA

MATRIZ DE LEDS

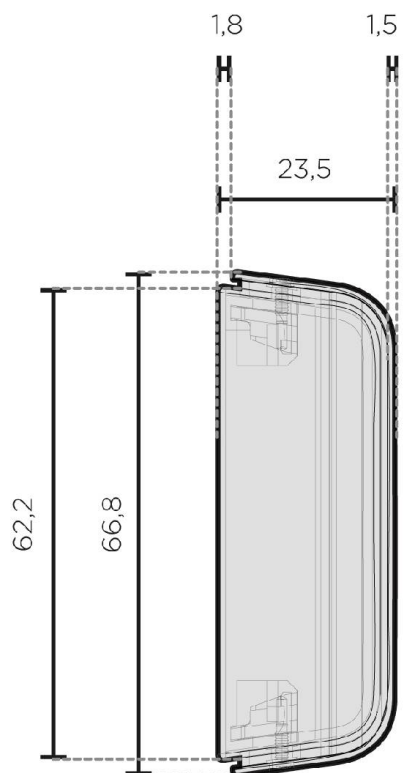
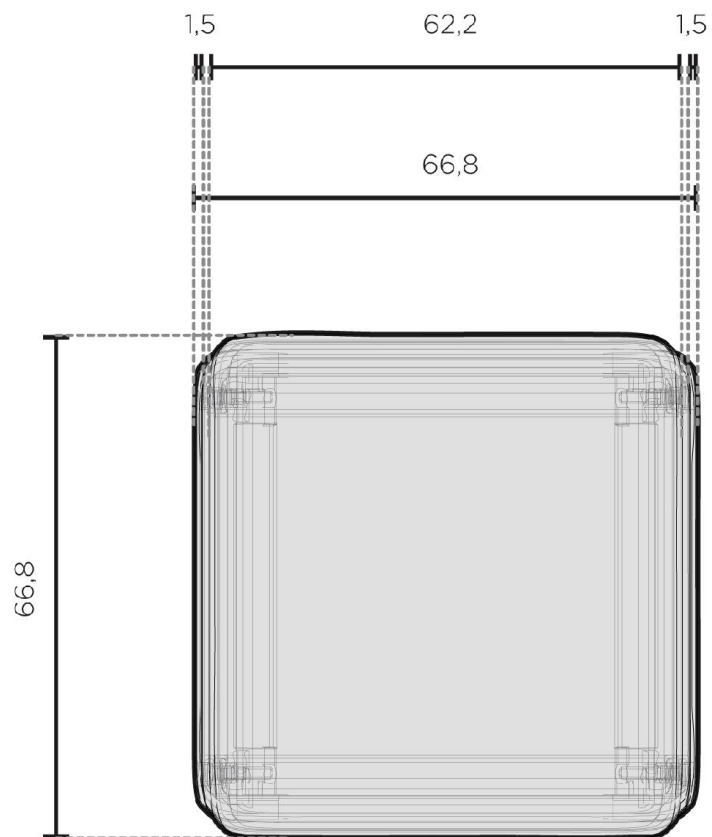
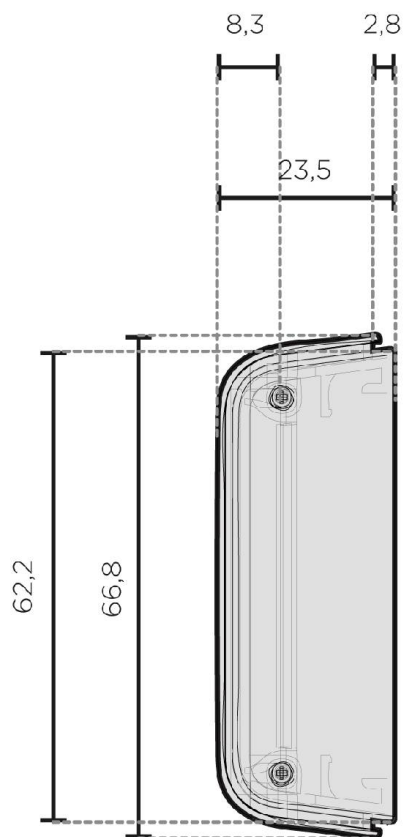
LEDS INDICADORES  
DAS CORES

FIXAÇÃO DA  
CARCACA

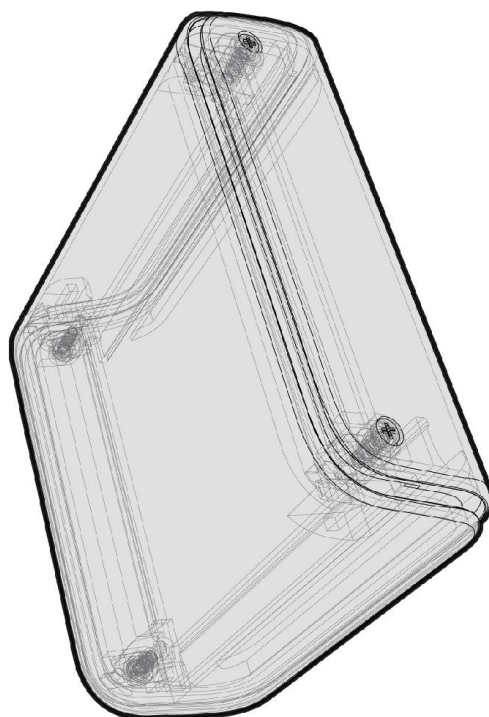


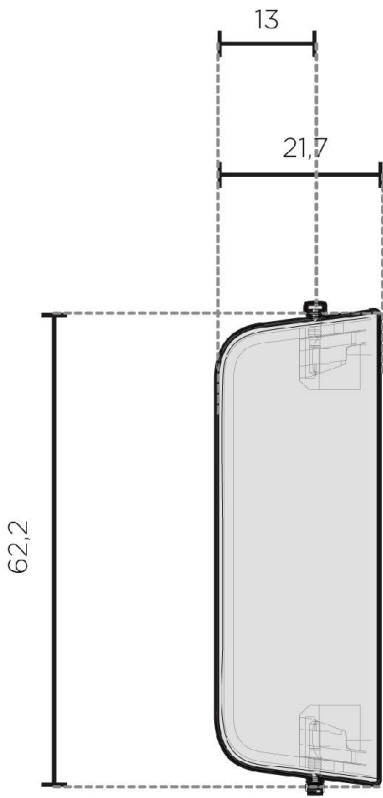
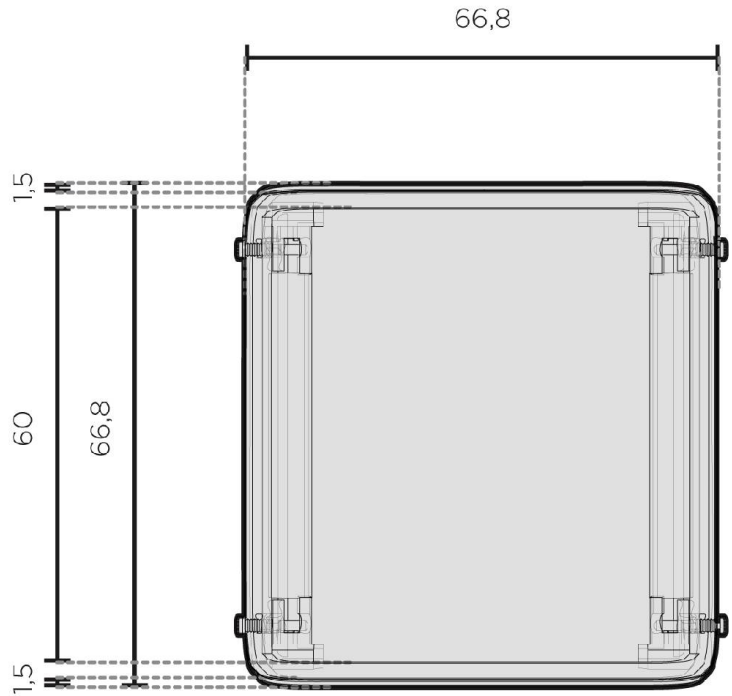
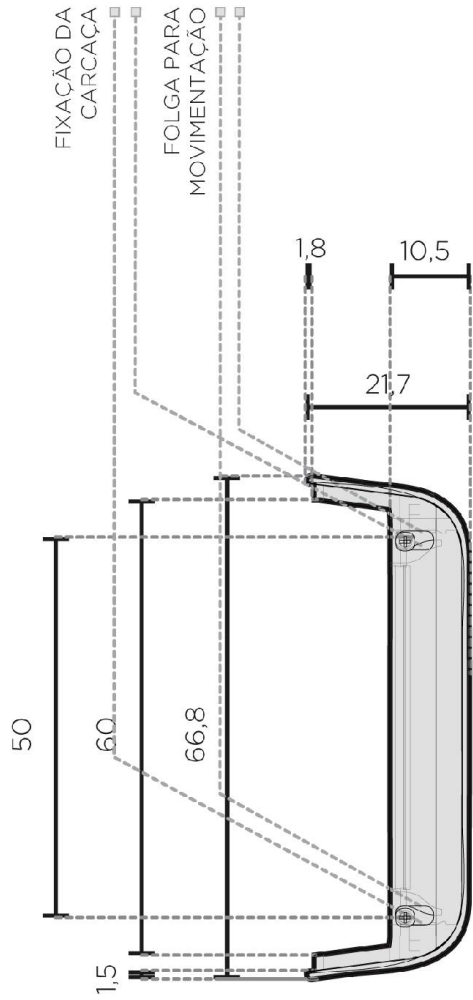
**TECLA: METADE BRANCA**  
ESCALA 1:1



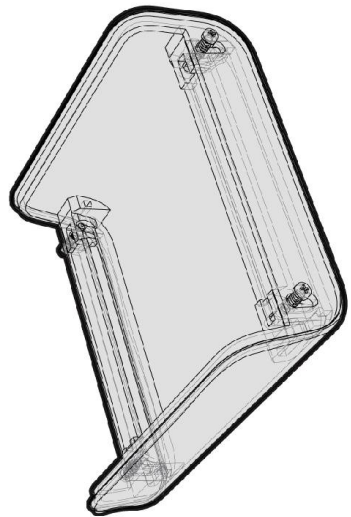


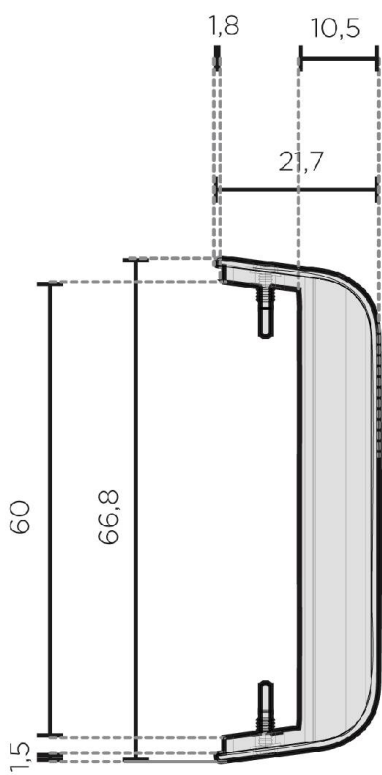
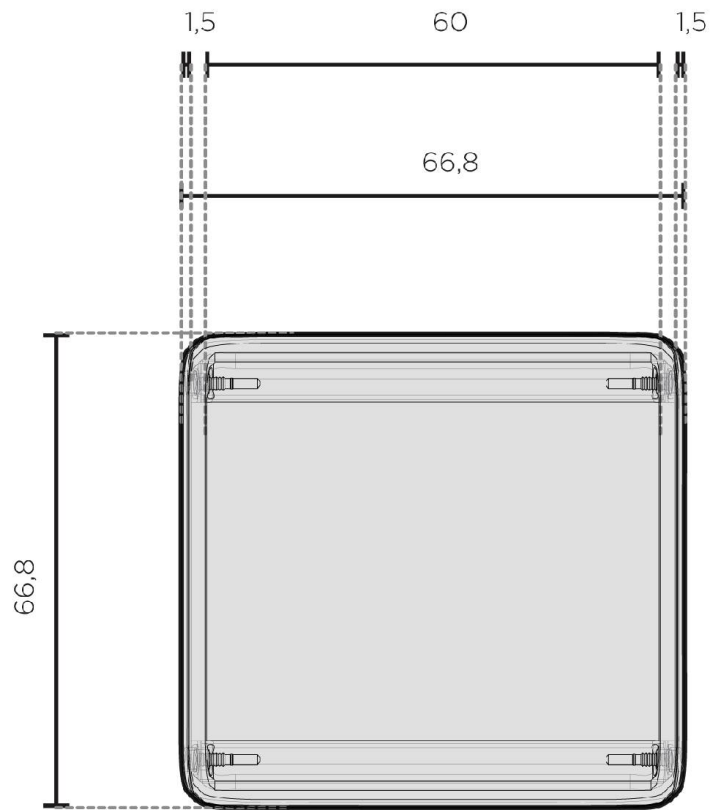
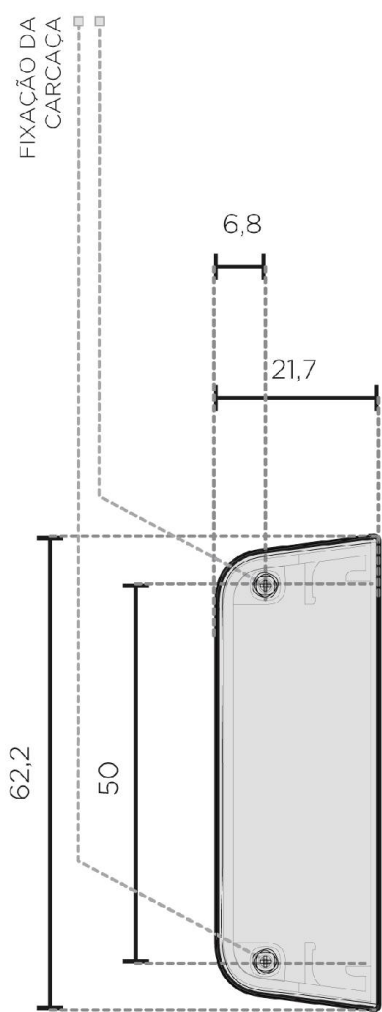
**TECLA: FECHADA (CARÇAÇA)**  
ESCALA 1:1



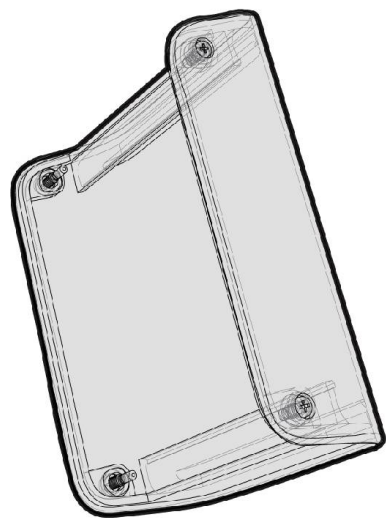


**TECLA: PARTE PRETA (CARÇAÇA)**  
 ESCALA 1:1





TECLA: PARTE BRANCA (CARCAÇA)  
 ESCALA 1:1





CARCAÇA POLIMÉRICA (ABS)

SENSORES CAPACITIVOS (atrás da placa)

LEDs INDICADORES DOS BOTÕES (atrás da placa)

BOTÕES CENTRAIS

BOTÃO DE 'PLAY'

BOTÃO DE LIGA/DESLIGA

MATRIZ DE LEDS

Parafusos para a fixação (4 unidades)

BOTÃO DE LIGA/DESLIGA

BATERIA LÍTIO-POLÍMERO

AMPLIFICADOR E ALTO-FALANTE

MÓDULO WIRELESS

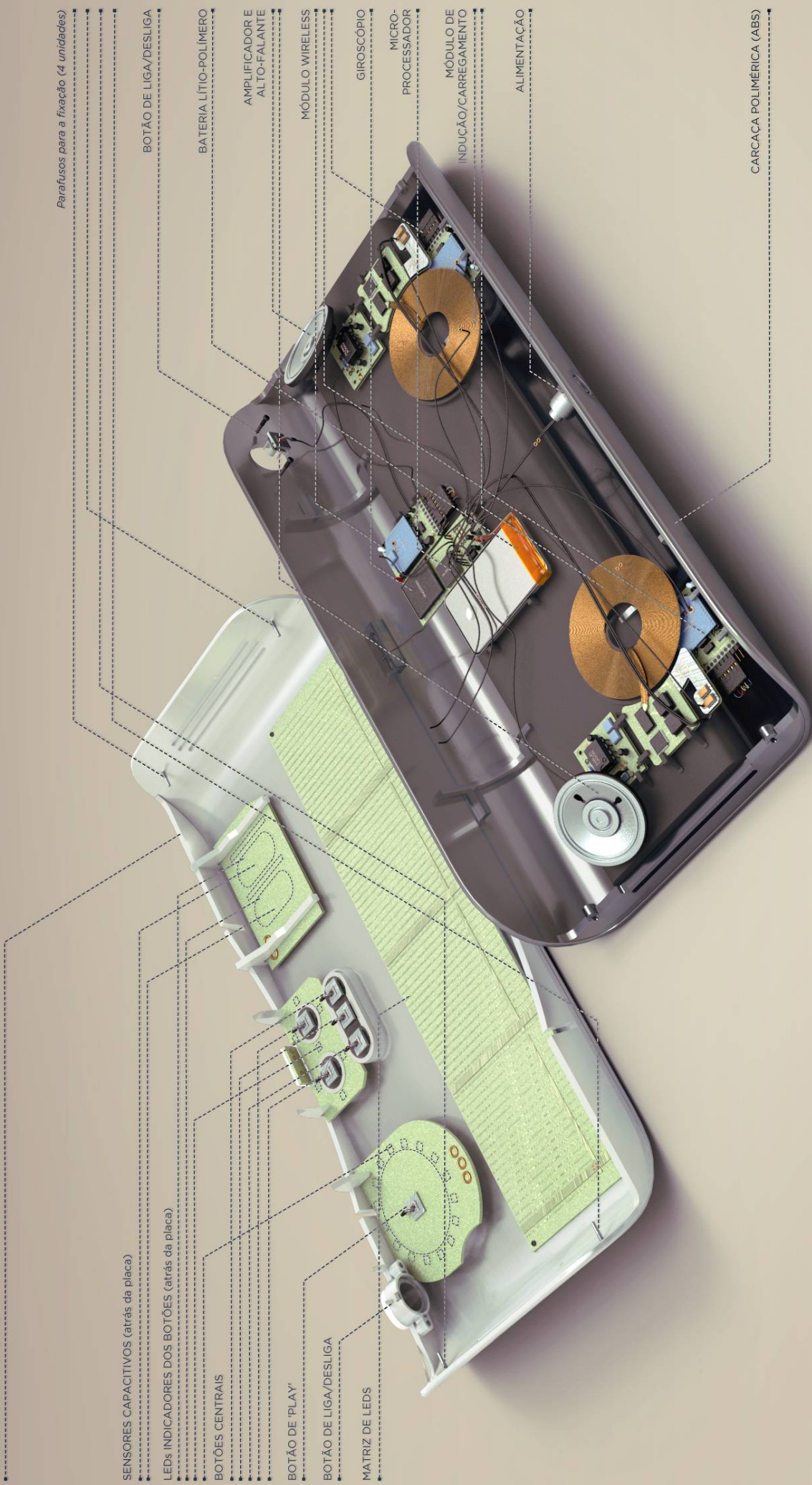
GIROSCÓPIO

MICRO-PROCESSADOR

MÓDULO DE INDUÇÃO/CARREGAMENTO

ALIMENTAÇÃO

CARCAÇA POLIMÉRICA (ABS)



MATRIZ DE LEDs

LEDs de 3 cores (2 unidades)

BATERIA LÍTRIO-POLÍMERO

MÓDULO WIRELESS

MÓDULO DE  
INDUÇÃO/CARREGAMENTO

MATRIZ DE LEDs

CARCACA POLIMÉRICA (ABS)

FIXAÇÃO DA  
CARCACA

MICRO-PROCESSADOR

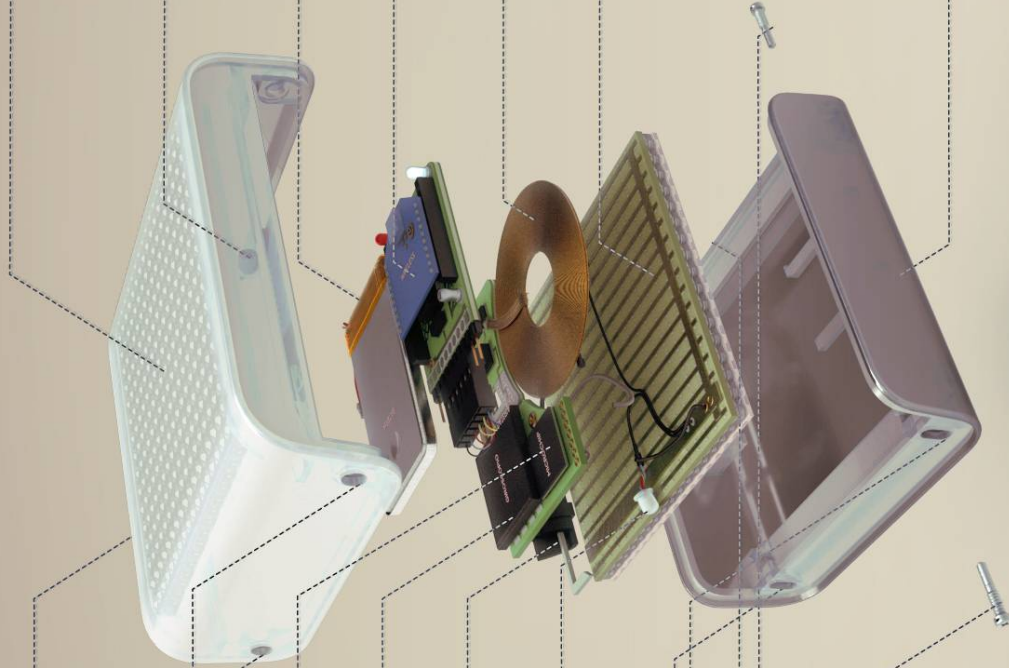
GIROSCÓPIO

POTENCIÔMETRO LINEAR

LEDs de 3 cores (2 unidades)

FIXAÇÃO DA  
CARCACA (com margem para deslocamento)

*Parafusos para a fixação (4 unidades)*



CARCACA POLIMÉRICA (ABS)