

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola de Belas Artes/Departamento de Desenho Industrial
Curso de desenho industrial – Projeto de Produto

Relatório de Projeto de Graduação

Letrolino – Violino elétrico modular para criança



Stephanie Taylor Sosa Soren Doyle
112174515

Rio de Janeiro
2019

Escola de Belas Artes
Departamento de Desenho Industrial

Stephanie Taylor Sosa Soren Doyle

Letrolino: violino elétrico modular para criança

Projeto de graduação em desenho industrial apresentado à Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Desenho Industrial.

Orientador: José Benito Gonzalez

Co-orientador: Ronaldo José Fazanelli Migueis

Rio de Janeiro

2019

Departamento de Desenho Industrial

Stephanie Taylor Sosa Soren Doyle

José Benito Gonzalez

Ronaldo José Fazanelli Migueis

Letrolino – Violino elétrico modular para criança

Projeto submetido ao corpo docente do Departamento de Desenho Industrial da Escola de Belas Artes da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Desenho Industrial/ Habilitação em Projeto de Produto.

Aprovado em: _____

Prof. José Benito Gonzalez, Especialista/Adjunto IV
Orientador - UFRJ/BAI

Prof. Ronaldo José Fazanelli Migueis, D.Sc.
Co-orientador - UFRJ/BAI

Prof. Jeanine Geammal, M.Sc.
UFRJ/BAI

Prof. Valdir Soares, D.Sc.
UFRJ/BAI

Rio de Janeiro
Julho de 2019

S. S. DOYLE, Stephanie Taylor.

Letrolino: Violino elétrico modular para criança [Rio de Janeiro] 2019.

Ix, 78 p.; 21 x 29,7cm. (EBA/UFRJ, Bacharelado em
Desenho Industrial - Habilitação em Projeto de Produto, 2019)

Relatório Técnico - Universidade Federal do Rio de Janeiro, EBA.

1. Instrumento musical. 2. Musicalização. 3. Impressora 3D

I. D.I. EBA/UFRJ. II. Letrolino: Violino elétrico modular para criança

Agradecimentos

Muito obrigada a todas as professoras e professores que participaram da minha educação e aos meus pais que sempre valorizaram o aprendizado mais que qualquer outra coisa no mundo.

Um agradecimento especial aos que acreditam na educação pública de qualidade e investem nisso sempre como solução para um futuro melhor.

Resumo do Projeto submetido ao Departamento de Desenho Industrial da EBA/UFRJ como parte dos requisitos necessários para obtenção de grau de Bacharel em Desenho Industrial.

Letrolino – Violino elétrico modular para criança

Stephanie Taylor Sosa Soren Doyle

Julho de 2019

Orientador: Prof. José Benito Gonzalez

Departamento de Desenho industrial / Projeto de Produto

Resumo

O projeto se fundamenta a partir do estudo da música e do violino durante a fase infantil, ressaltando sua importância para o desenvolvimento cognitivo e motor da criança por meio do uso do instrumento desenvolvido em questão. A possibilidade que o produto Letrolino trás ao aprendiz é de acompanhar o crescimento do usuário durante os anos, moldando-se ergonomicamente ao uso conforme seu tamanho. Além disso, o violino elétrico aborda questões lúdicas sobre o que é o som e a vasta possibilidade de se criar e inventar composições a partir da experimentação sonora que um instrumento elétrico pode prover. Com isso, espera-se que o produto agregue rendimento ao conhecimento musical infantil e diversão à vida de seus usuários.

Abstract of the project submitted to the Industrial Design Department of EBA/UFRJ as a part of the requirements needed for the achievement of the Bachelor degree in Industrial Design.

Letrolino – modular electric violin for children

Stephanie Taylor Sosa Soren Doyle

July of 2019

Advisor: Prof. José Benito

Department: Industrial Design / Project of Product

Abstract

The project is based on the study of music and violin during the infantile phase, emphasizing its importance for the cognitive and motor development of the child through the use of the developed instrument. The possibility that the product Letrolino brings to learning is to follow the growth of the user over the years, shaping itself ergonomically according to its size. Furthermore, the electric violin deals with playful questions about what is the sound and the vast possibility of creating and inventing compositions from the sound experimentation that an electric instrument can provide. Therefore, the product is expected to add income to children's musical knowledge and fun to the lives of their users

Lista de ilustrações

Figura 1- Dimensão comparativa dos tamanhos dos violinos	14
Figura 2 - Com quantos anos a criança iniciou o estudo de violino?	16
Figura 3 - Quais tamanhos de violino já foram comprados para o uso do aluno?	17
Figura 4 - A criança tem interesse em adquirir um violino elétrico?	17
Figura 5 - A criança sente dificuldades para entender o conceito de "afinação"?	18
Figura 6 - Sente dificuldade para estudar violino sem ajuda?	18
Figura 7 - Violino Zion, marca Plander	20
Figura 8 - mecanismo de atarracha	21
Figura 9 - SV-200 Studio Solid-body Violin™	22
Figura 10 - NS Design CR4 4-string Electric Violin	22
Figura 11 - Violino elétrico Stagg	23
Figura 12 - DDM Electric Violin	24
Figura 13 - Elviolin	24
Figura 14 - partes do violino	26
Figura 15 – posição correta	27
Figura 16 – posição de transição	28
Figura 17 – posição definitiva	28
Figura 18 - brinquedos infantis	29
Figura 19 - blocos de encaixe da LEGO	29
Figura 20 - violino elétrico da marca GEWA	30
Figura 21 - Yamaha YEV104NT	30
Figura 22 - divisão em duas partes	31
Figura 23 - posicionamento do piezo	32
Figura 24 - sistema de captação de som	33
Figura 25 - saída de áudio	33
Figura 26 - cravelha de violino	34
Figura 27 - cravelha de guitarra	35
Figura 28 - voluta do violino	36
Figura 29 - solução final para disposição desejada	37
Figura 30 - situação idesejada	37
Figura 31 – Forças atuando no cavalete	38
Figura 32 – Esquema de vetores	39
Figura 33 - pontos de contato e corpo simplificado	39
Figura 34 - altura do corte	40
Figura 35 - união entre as duas peças	41
Figura 36 - encaixe	42
Figura 37 - mecanismo de tarraxa	42
Figura 38 – travamento da porca	43
Figura 39 – Parafuso + porca	43
Figura 40 - encaixe desenvolvido a partir de brinquedo	44
Figura 41 - dimensões da cravelha	45
Figura 42 - Solução para o posicionamento das cravelhas	45
Figura 43 - Proporção dos braços	46
Figura 44 - Conceito do braço para violino 4/4	47
Figura 45 - Conceito do bloco extensor	48
Figura 46 - Conceito do corpo base	49
Figura 47 - lateral oca por dentro detalhada	49
Figura 49 - Set de cordas	52

Figura 50 - Tarracha/cravelha de guitarra	52
Figura 51 - Queixeira	53
Figura 52 - Espaleira	53
Figura 53 - cavalete mais barato no mercado	53
Figura 54 – parafuso	54
Figura 55 - Arco para violino ½	54
Figura 56 – peça quebrada: preenchimento 20%	55
Figura 57 – nova peça com preenchimento 100%	55
Figura 58 – união das peças com o parafuso	56
Figura 59 – colocação das cravelhas	57
Figura 60 – entrada da corda pelo microfuro	58
Figura 61 – saída da acorda	58
Figura 62 – prendimento da corda	59
Figura 63 – instalação do piezo	59
Figura 64 – conexão do piezo com o equalizador	60
Figura 65 – entrada para cabo p10	61
Figura 66 – posicionamento do cavalete	61
Figura 67 – colocação da queixeira	62
Figura 68 - Modelo final renderizado	63
Figura 69 – violino prototipado na impressora 3D	63
Figura 70 – comparação com violino acústico 4/4	64
Figura 71 – comparação com violino acústico 1/2	65
Figura 72 - logotipo	66
Figura 73 – usabilidade: posição de transição para iniciantes	66
Figura 74 – usabilidade: posição definitiva	67
Figura 75 – usabilidade: costas	67

Sumário

CAPÍTULO 1 - ELEMENTOS DA PROPOSIÇÃO	12
1.1. Contextualização	12
1.2. Justificativa	12
1.3. Objetivo	13
1.4. Metodologia	13
CAPÍTULO 2 - LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE DADOS	15
2.1. Público alvo	15
2.1.1 Pesquisa com público alvo	16
2.1.2 Aspectos econômicos	18
2.2 Musicalização infantil	19
2.3 Análise dos dados levantados e definição dos problemas	19
2.4 Análise de similares	20
2.4.1 Violino acústico infantil	20
2.4.2 Violino elétrico	21
2.4.3 violino elétrico CAD 3D	23
2.5.1 Empresa CAMMADA	24
2.5.2 Empresa 3D Rio	25
2.6 Partes do violino	25
2.8 Função estética e simbólica	29
CAPÍTULO 3 - CONCEPÇÃO	31
3.1. Premissas conceituais	31
3.2. Subsistema de captação de som	32
3.2.1 Protótipo	32
3.3 Cravelha	34
3.3.1 Posicionamento das cravelhas	36
3.4 Física do violino	38
3.4.1 Cálculo das forças	38
3.5 Desenvolvimento	39
3.5.1 Elaboração do encaixe	40
3.5.2 Cavidade das cravelhas	44
3.5.3 Desenvolvimento da peça Braço	46
3.5.4 Desenvolvimento da peça Corpo Base	48
3.5.5 Corpo	50
CAPÍTULO 4 - DETALHAMENTO GRÁFICO E TÉCNICO	51
4.1 Materiais e métodos de fabricação	51

4.2 Análise de custo	51
4.3. Fabricação	55
4.4. O produto	62
4.4.1. Modelo final: impressão 3D	63
4.4.2. Nome e logotipo	65
4.5. Usabilidade do modelo final	66
Conclusão	68
Bibliografia	69

ANEXOS

Anexo 1: Pesquisa de público

Anexo 2: Desenho Técnico

CAPÍTULO 1 - ELEMENTOS DA PROPOSIÇÃO

1.1. Contextualização

O projeto nasce com base em anos de relação com a música, nos quais se experienciaram o aprendizado do violino na fase infantil e, posteriormente, o ensino desse instrumento a crianças de 2 a 12 anos de idade. Desejando unir o mundo da música com o da tecnologia, a autora se propõe a desconstruir o violino clássico e investigar possíveis maneiras de se construir esse instrumento, a partir de uma nova concepção de materiais e matéria prima biodegradáveis. A união desses dois mundos prevê o incentivo ao ensino da música a partir de uma plataforma de visualização de dados, que auxilie o já desafiador estudo do violino na fase infantil e adulta.

O instrumento em questão está cotado entre os mais difíceis de serem tocados, pois a precisão da afinação é extremamente alta, a ser ainda mais dificultada pelo fato de o violino não conter trastes¹ auxiliando a execução das notas musicais.

1.2. Justificativa

A proposta do violino elétrico é trazer a tecnologia ao meio musical e mais interatividade às aulas de violino voltadas para crianças. Com o avanço da tecnologia e sua popularização crescente, a introdução precoce de smartphones, computador, tablets e gadgets na fase infantil pode influenciar no desempenho acadêmico de crianças, tanto positiva quanto negativamente. Com o intuito de ser uma ferramenta positiva para o ensino em geral, acoplar a tecnologia ao sistema educacional é contextualizar as novas gerações à Era da programação. O ensino de música na fase infantil enfrenta dificuldades como a dispersão e falta de concentração. Ao se tratar de um violino diferente do instrumento barroco, já conhecido no meio musical clássico, pretende-se despertar curiosidade e interesses mais intensos que podem ser convertidos em determinação e perseverança do aluno em aprender a tocar o instrumento. Além disso, a possibilidade de torná-lo elétrico traz ao usuário a noção do que é um instrumento elétrico e

¹ Trastes: são pequenas divisões, atualmente de metal, em certos instrumentos de cordas, tais

quais são suas versatilidades sonoras, criando assim mais uma ferramenta de abordagem de assuntos do meio musical.

Outro ponto é que, ao longo de seu desenvolvimento, a criança precisa adquirir um violino cada vez maior, conforme o crescimento de seus braços e ombros, até chegar ao tamanho final, o chamado violino inteiro. Em alguns casos, ao longo de 6 anos, chega a comprar 4 tamanhos diferentes de violino, o que torna o estudo do instrumento mais caro ainda. Seguindo a média de preços nacionais para alunos iniciantes, a soma desses 4 violinos se aproximaria de R\$4.000,00.

1.3. Objetivo

A maior intenção desse projeto é alcançar o interesse da criança em aprender música, trazendo a ela a possibilidade de dialogar tanto com a esfera musical quanto a tecnológica, fazendo o uso do violino elétrico conectado a programas de som que permitem a exploração de novos timbres sonoros ou até mesmo o controle da afinação da melodia executada no instrumento, raridade ou até mesmo exclusividade no mercado. Além disso, espera-se desenvolver um violino modular, que tenha a possibilidade de ter seu tamanho aumentado para acompanhar a jornada de desenvolvimento e crescimento da criança.

Como objetivos específicos, espera-se que o violino projetado possa ser impresso em impressoras 3D, tenha custo abaixo da média do mercado e assim possa eventualmente sofrer alterações e personalizações em sua característica física, trazendo então versatilidade em sua estrutura. Além disso, espera-se aumento no rendimento do aluno de violino usuário do instrumento em questão, maior aprendizado, mais interesse nas aulas e mais contato com outros campos que não só o da música, a partir da conexão do violino ao computador via cabo P10 e placa de som.

1.4. Metodologia

A ideia de transformar o ensino de violino em uma atividade mais divertida e inovadora partiu da experiência das aulas ministradas pela autora ao longo de 5 anos usando o método do Suzuki.

Shinichi Suzuki foi um violinista, professor e filósofo nascido no Japão que levou os princípios do aprendizado da língua materna ao aprendizado da música. A ideia de que a criança aprende a falar a língua materna antes de saber ler foi reproduzido no método de ensino musical: aprender a tocar o instrumento antes de aprender a teoria musical. As principais premissas do Suzuki são: o envolvimento dos pais na educação musical, constante repetição, envolvimento da criança com a música o mais cedo possível (já em seus 3 primeiros anos de vida) e aula em conjunto com outras crianças.

Nos últimos seis meses de pesquisa, os alunos foram divididos em grupos conforme a faixa etária e tamanho, totalizando 2 grupos:

Grupo 1: faixa etária de 6 a 9 anos

Grupo 2: faixa etária de 9 a 12 anos

Dessa maneira, o comprimento dos braços puderam ser medidos e, conforme idade e tamanho da criança, maior ou menor seria o violino.

Os violinos acústicos utilizados como parâmetro de medida foram os dos próprios alunos envolvidos na pesquisa, variando seus tamanhos conforme o padrão fracionário dado na figura 1.

Figura 1- Dimensão comparativa dos tamanhos dos violinos



Fonte: violinovermelho.com.br

Nota-se que, no grupo 1, o tamanho do braço da criança varia de 35cm a 46cm, aconselhado então o uso do violino $\frac{1}{2}$. No grupo 2, o comprimento dos braços varia entre 49cm e 56cm, sendo então o tamanho $\frac{3}{4}$ o aconselhado. O violino de tamanho inteiro passa a ser recomendado a partir dos 12 anos de idade ou quando a medida dos braços da criança passam de 60 cm.

CAPÍTULO 2 - LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

2.1. Público alvo

Os grupo contemplados pelo projeto podem ser divididos em público consumidor e usuário, visto que o uso do produto é destinado a crianças acima de 6 anos, dependentes financeiramente de seus pais (público consumidor) para a aquisição do produto em questão. São estes: adultos responsáveis pela educação e criação dessas crianças, pais, mães, avós e pessoas interessadas em investir no estudo da música na fase infantil.

Figura 2 – crianças aprendendo a tocar violino



Fonte: acervo pessoal da autora

2.1.1 Pesquisa com público alvo

O produto se dirige ao grupo de crianças na faixa etária entre 6 e 12 anos, estudante de violino, cujos pais ou responsáveis estão dispostos a financiar o estudo da música na fase infantil e promover o consumo e uso de instrumentos cada vez mais favoráveis ao enriquecimento do aprendizado de seus filhos.

O objetivo da pesquisa foi compreender com quantos anos a criança iniciou o estudo, com qual frequência trocou de violino e quanto já foi gasto com a troca de instrumento.

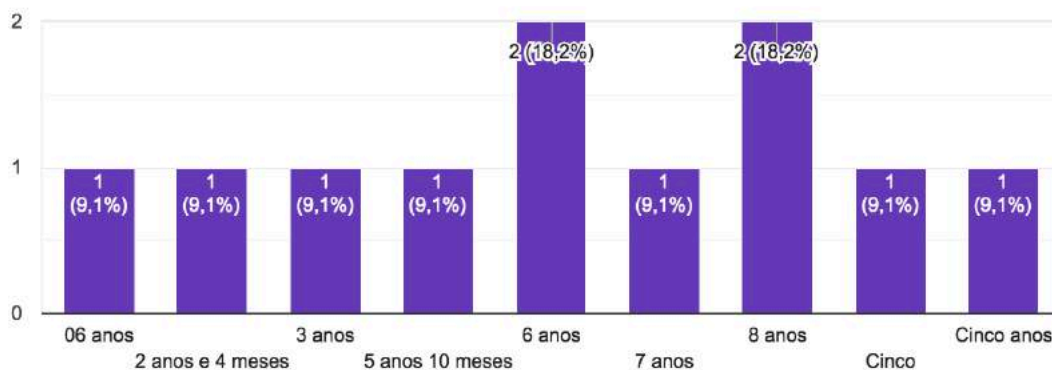
Foi observado que, dentro de um campo amostral de 14 alunos, os preços dos violinos de cada um varia entre R\$ 300 e R\$ 3.000,00

Seguindo um questionário respondido por 11 famílias cuja criança participa de aulas de violino, foram gerados alguns gráficos referentes às respostas das perguntas:

- 1- Com quantos anos a criança iniciou o estudo de violino?
- 2- Quais tamanhos de violino já foram comprados para o uso do aluno?
- 3- A criança tem interesse em adquirir um violino elétrico?
- 4- A criança sente dificuldades para entender o conceito de "afinação"?
- 5- Sente dificuldade para estudar violino sem ajuda?

Como resultado para a primeira pergunta, foi gerado o gráfico da figura 2, onde se evidencia o início do estudo de música, mais precisamente do violino, durante a fase infantil. Em maioria, entre 5 e 6 anos de idade.

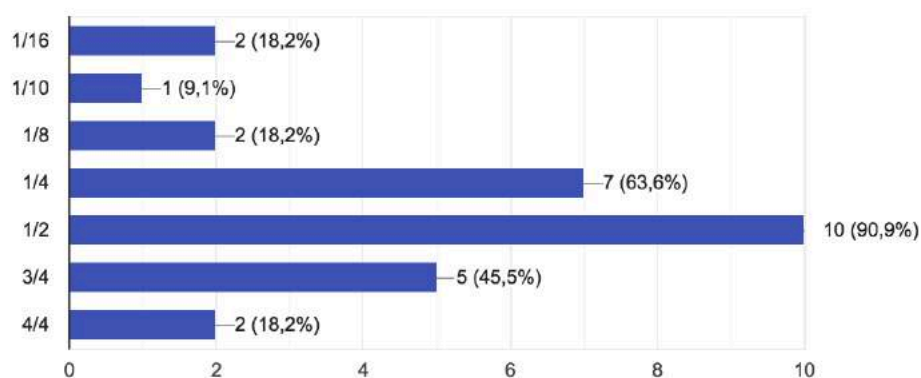
Figura 2 - Com quantos anos a criança iniciou o estudo de violino?



Fonte: docs.google.com/forms

Para a segunda pergunta, em predominância foi respondido que o primeiro violino adquirido para a criança pelos pais foi o de tamanho $\frac{1}{2}$, seguido pelo de tamanho $\frac{1}{4}$ e em terceiro lugar o $\frac{3}{4}$.

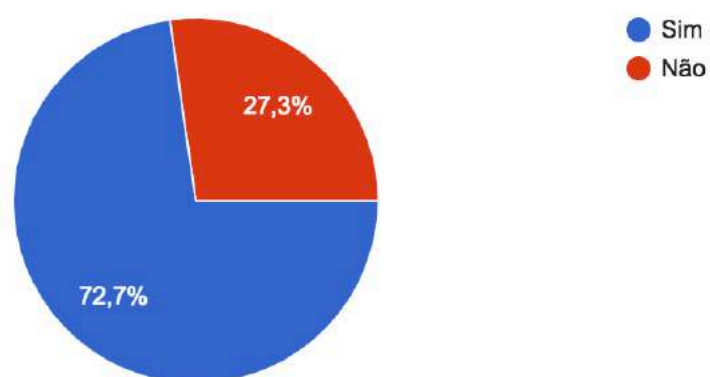
Figura 3 - Quais tamanhos de violino já foram comprados para o uso do aluno?



Fonte: docs.google.com/forms

No gráfico referente às respostas da pergunta seguinte, foi percebido o interesse das crianças em adquirir um violino elétrico, visto que 72,7% das respostas foi positiva a esse cenário.

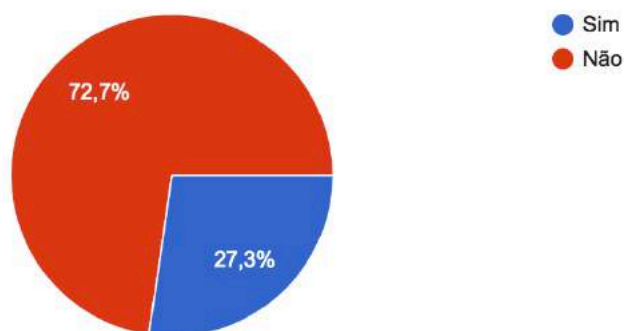
Figura 4 - A criança tem interesse em adquirir um violino elétrico?



Fonte: docs.google.com/forms

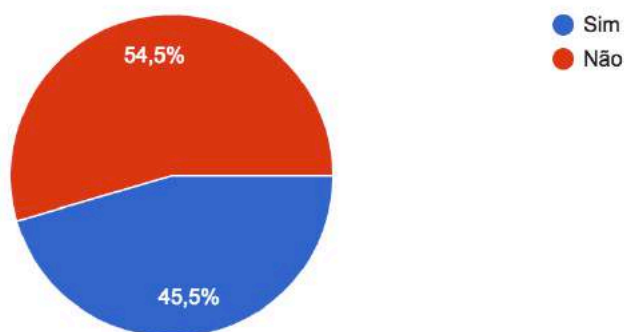
Representando as respostas das duas últimas perguntas da pesquisa, o gráfico da figura 5 demonstra qual porcentagem sente dificuldade para entender o conceito de afinação e qual quantidade de criança acha que precisa de ajuda no estudo de violino (figura 6)

Figura 5 - A criança sente dificuldades para entender o conceito de "afinação"?



Fonte: docs.google.com/forms

Figura 6 - Sente dificuldade para estudar violino sem ajuda?



Fonte: docs.google.com/forms

2.1.2 Aspectos econômicos

O instrumento ainda tem um longo caminho pela frente para ser popularizado no Brasil, já que está presente em maior peso no meio musical clássico. Isso se deve à cultura europeia por trás de suas raízes e o alto custo desse instrumento. O violino pode ser tratado como uma peça de arte, sendo o mais caro beirando a faixa de R\$ 4 milhões, obra do famoso luthier Giuseppe Guarneri (1698 –1744). Outros violinos de nível profissional podem ser encontrados na faixa de R\$ 20 mil a R\$ 100 mil e atenderem à qualidade sonora que um músico busca em um instrumento. Abaixo dessa faixa de preço, acha-se violinos por volta de R\$ 1 mil, cuja qualidade sonora não é tão superior, mas ainda sim é aceitável.

Ao se tratar de violinos com preços mais populares, há no mercado os feitos em fábrica e de origem chinesa, custando em torno de R\$ 300 a R\$ 700. Em questões de sonoridade, os violinos chineses não apresentam boa qualidade e os materiais utilizados em sua fabricação são de baixa qualidade, quase que descartáveis. Esses são mais procurados pelos alunos ainda

iniciando o estudo da música, que ainda não estão certos sobre dar continuidade ao aprendizado.

Tratando-se de violino elétrico, apenas estão disponíveis no mercado os tamanhos destinados a adultos e estão custando por volta de R\$ 800,00 (violinos elétricos da marca Stagg).

2.2 Musicalização infantil

A musicalização infantil é um processo a partir do qual a criança pode ter um primeiro contato com o estudo formal da música. Trata-se de uma proposta de ensino na qual se pretende desenvolver capacidades motoras, cognitivas e perceptivas básicas que favoreçam o posterior aprendizado não só de algum instrumento musical, como também de tarefas complexas de raciocínio lógico.

É cientificamente comprovado que nascemos com milhões de neurônios ainda não conectados, que por meio da música são estimulados a se conectarem, com isso, a intensificar o desenvolvimento cerebral. Visto isso, é importante valorizar a introdução de novas habilidades nos primeiros anos de vida das crianças, para um melhor aproveitamento de seu desenvolvimento tanto musical quanto fisiológico.

2.3 Análise dos dados levantados e definição dos problemas

Pelo questionário feito para esse projeto e experiência adquirida ao longo das aulas ministradas nos últimos anos, observa-se que os alunos, em sua maioria, usam mais de um tamanho de violino durante seu crescimento tanto corporal quanto musical. Com isso, há busca de tamanhos maiores de violino e de instrumentos melhores, que atendam melhor à necessidade de qualidade sonora. Por esse motivo, há a tentativa de se propor economia no aspecto da compra de um violino novo e maior, conforme o passar dos anos.

Mais uma questão levantada é que o instrumento de madeira é muito frágil, sendo constante nas aulas voltadas para o público infantil algum dano ao violino quando esse cai no chão ou é manuseado de forma incorreta. Como solução, pode-se pensar em outro material e forma para compor o instrumento.

2.4 Análise de similares

Foram analisados violinos acústicos dos tamanhos $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, e $\frac{3}{4}$; e violinos elétricos que já estão no mercado internacional e nacional voltados para o uso amador e profissional.

2.4.1 Violino acústico infantil

A marca Plander é a referencia para os violinos infantis mais baratos e completos no mercado. O produto vem acompanhado do arco, resina e case, e pode ser encontrado do maior ao menor tamanho: 4/4 a 1/16, atendendo a faixa etária a partir dos 3 anos de idade.

Os preços variam conforme o tamanho do violino, de R\$ 270,00 a R\$ 350,00 sendo os menores os mais caros. Essa faixa de preço é considerada baixa em relação a outras marcas e é uma consequencia da qualidade também baixa dos itens que acompanham o violino. O arco sempre apresenta algum problema em seu mecanismo de atarracha (figura 9) e a qualidade sonora do violino é ruim, mas atende ao usuário no quesito ergonomia.

Figura 7 - Violino Zion, marca Plander



Fonte: americanas.com.br

Figura 8 - mecanismo de atarracha



fonte: pt.wikipedia.org

2.4.2 Violino elétrico

A entrada do violino clássico em outros cenários musicais, como Pop, Rock, Eletrônico, Country exigiu sua atualização acústica e elaboração de uma nova aparência que dialogasse com instrumentos mais populares, presentes nessas outras esferas musicais. É notória a diversidade de tipos de formas e acabamentos que os violinos elétricos apresentam, ficando mais próximos da estética das guitarras.

A grande vantagem de o instrumento ter seu som amplificado por um captador de som acoplado, é que a caixa acústica pode ou não ser dispensada e assim o corpo do violino permitir ser modificado.

Uma vez conectado a uma placa de som via cabo P10, o timbre e outras características do som produzido pelo instrumento podem ser alteradas, além de ter a possibilidade de ser gravado e depois editado, dependendo do software de música utilizado.

No mercado ainda não se encontra tamanhos destinados à criança, por isso foram analisados violinos do tamanho inteiro (4/4). Os violinos de nível profissional (figura 10 e figura 11) são mais caros, custando por volta de R\$ 6.300,00 (\$1,790.00) e de nível amador (figura 12) entorno de R\$ 800,00.

Figura 9 - SV-200 Studio Solid-body Violin™



Fonte: usa.yamaha.com

Figura 10 - NS Design CR4 4-string Electric Violin



Fonte: electricviolinshop.com

Figura 11 - Violino elétrico Stagg



Fonte: stagg.com

2.4.3 violino elétrico CAD 3D

Alguns projetos interessantes utilizando programas CAD com modelagem e impressão 3D chegaram a um ótimo resultado estético e funcional. Mas, mais uma vez, apenas desenvolvido no tamanho inteiro (4/4). Alguns desses violinos estão disponíveis para download gratuito em sites como o thingiverse.com. A ideia do site é construir uma grande comunidade de troca entre os visitantes, deixando os projetos desenvolvidos pelos próprios integrantes da rede disponíveis para todos que acessarem esse universo.

O DDM Electric Violin (figura 13) e o Elviolin (figura 14) são exemplo de resultados desse processo de modelagem e impressão 3D, ambos utilizando o plástico PLA como material para a impressão.

Figura 12 - DDM Electric Violin



Fonte: thingiverse.com

Figura 13 - Elviolin



Fonte: thingiverse.com

2.5 Consultoria para impressão 3D

2.5.1 Empresa CAMMADA

A empresa é especialista em impressão 3D, reunindo em seu site várias lojas disponíveis para prestar o serviço de impressão com qualidade, alta tecnologia e profissionalismo. Há à disposição diferentes tipos de materiais, como plásticos PLA, ABS e PET; Gesso, Resina e Nylon. Dentre esses, o PET é o de menor custo, ideal para realização de testes e estudo de

encaixe. Porém, não é tão resistente quanto ao ABS e PLA, pois apresenta oscilações de temperatura e torna o acabamento não muito unificado. Por isso foi descartado como matéria para o produto final. O material que melhor atende conforme suas propriedades mecânicas é o ABS, sendo esse mais resistente a impacto e à alta temperatura, diferente do PLA. Apesar de não ser reciclável como o PLA, o ABS foi o escolhido por sua resistência mecânica a deformações.

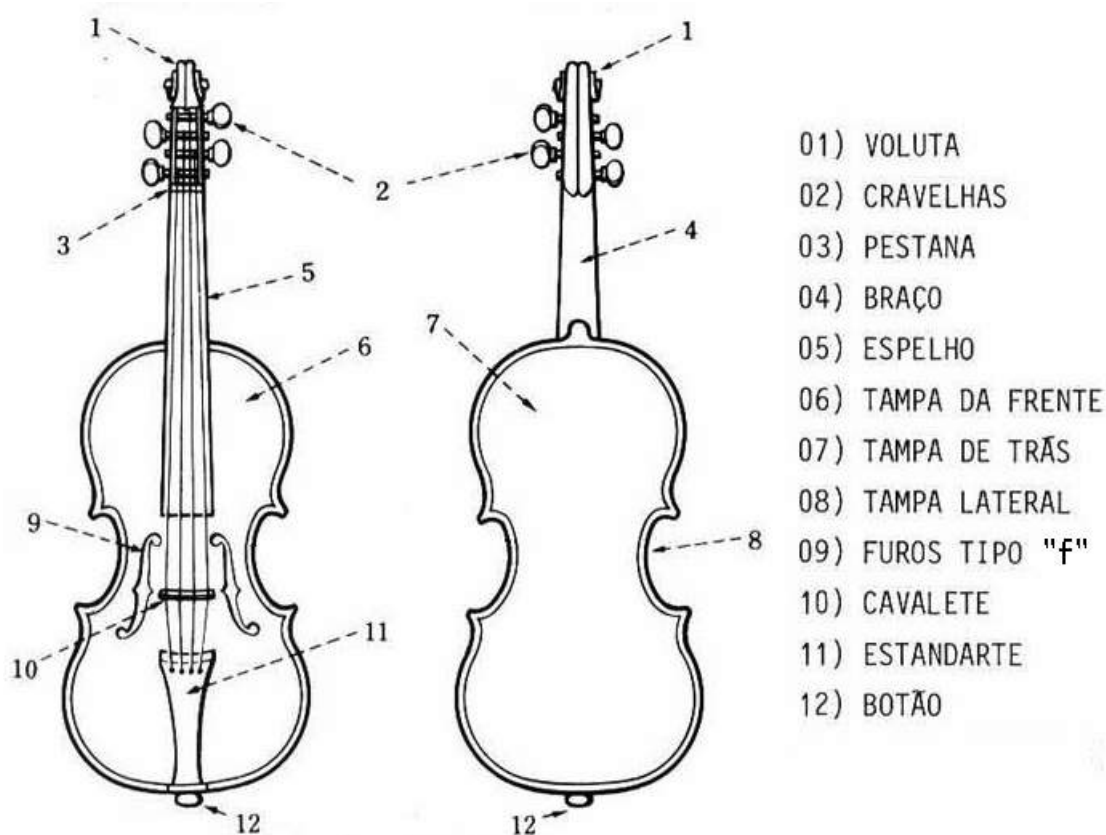
2.5.2 Empresa 3D Rio

A consultoria com o técnico e engenheiro Daniel sobre a estrutura do violino elétrico foi importante para definir detalhes sobre o nível de preenchimento da impressão e a precisão que a máquina seria capaz de oferecer no resultado final. Com isso, foi sugerido que o nível fosse de 15%, para que a peça não seja muito pesada e o custo e duração de impressão sejam mais baixos. Além disso, o maior tamanho possível de ser impresso nas máquinas disponíveis é um modelo que tenha sua maior dimensão inferior a 30 cm, pois é nesse tamanho de área que a impressora opera. Lá estão disponíveis tanto o plástico ABS quanto o PLA, e mais uma vez foi recomendado a impressão em ABS por conta de sua resistência e a facilidade para se dar acabamento ao produto, seja lixando ou aplicando Primer. Estão disponíveis as cores amarela, azul, verde, rosa, preto, marrom, cinza, vermelho e roxo.

2.6 Partes do violino

Para ser analisada a tarefa, é necessário antes compreender as partes e peças que compõem o violino e como é a atuação de cada uma delas no momento de execução musical do violinista.

Figura 14 - partes do violino



fonte: musicartgaruva.blogspot.com

O instrumento é posicionado do lado esquerdo do músico, independente de ser canhoto ou destro. Quando colocado na posição de tocar, o queixo repousa à esquerda do estandarte (11), a mão segura o violino pelo braço (4), onde os dedos estarão tocando as cordas que passam por cima do espelho (5).

O corpo do violino tem uma caixa acústica, que é todo o espaço oco formado pelos tampos de madeira (6, 7 e 8). Ela é a responsável por temperar o som de acordo com especificações da madeira utilizada em sua construção, o verniz, o melhor aproveitamento da arquitetura interna para a reverberação do som. Por fim, os furos "f" (9) completam o sistema de execução, por sonora, por onde sai o som.

As cordas ficam presas em dois extremos: estandarte (11) e cravelhas (2), essa responsável por tensioná-las conforme rotacionada. O cavalete (10) é a peça em madeira que apoia as cordas no tampo frontal (6) do violino, transmitindo a vibração delas à caixa acústica. Para essa vibração das cordas acontecer, é utilizado um arco que mantém crina de cavalo ensionada, o que entra em contato com as cordas do violino transversalmente, na altura do "f".

2.7 Análise da tarefa

O instrumento é tocado em grande parte com o arco, quando esse é deslizado pelas cordas. O violino é posicionado no ombro esquerdo do músico e o arco é segurado pela mão direita.

Figura 15 – posição correta



fonte: pt.wikihow.com

Antes de ser atingida a posição correta, há uma posição de transição que facilita a criança com o aprendizado do instrumento. Nessa posição, a mão esquerda segura o instrumento por uma região chamada “ombro do violino”, onde os dedos não têm contato com as cordas. Desse modo, a primeira etapa a ser aprendida é a de controle do arco e realização do ritmo, comandado pela mão direita.

Figura 16 – posição de transição



fonte: pt.wikihow.com

Depois de dominar essa parte, o aluno passa a segurar na posição definitiva, por uma região denominada “braço do violino”, onde os dedos passam a encontrar as cordas e determinar as notas pressionando elas.

Figura 17 – posição definitiva



fonte: pt.wikihow.com

2.8 Função estética e simbólica

O produto foi desenvolvido seguindo uma estética mais minimalista da forma, eliminando adornos que estão presentes nos violinos clássicos, mas mantendo pontos de contato importantes para o uso do instrumento e para o reconhecimento da forma do violino, no intuito de não se deixar perder a proximidade do violino elétrico com o violino tradicional. No campo infantil, é sempre bem vindo cores vivas, que remetem à alegria e brincadeira, por isso foi usado como referência de cor o universo de brinquedos infantis (figura 19) e especificamente os blocos de montar da marca LEGO (figura 20) como referência para eventuais encaixes entre peças.

Figura 18 - brinquedos infantis



Fonte: mamaebox.com.br

Figura 19 - blocos de encaixe da LEGO



Fonte: solothurnerzeitung.ch

As figuras 21 e 22 mostram exemplos de dois violinos elétricos feitos de madeira, um da marca GEWA e outro da Yamaha . A forma segue um aspecto mais moderno com curvas mais orgânicas, disponível também nas cores marrom claro e escuro. Na figura 22, o elemento circulado em vermelho pode apresentar risco para a usabilidade da criança, por se tratar de uma quina pontiaguda. Por isso, esse elemento será modificado na concepção do produto.

Figura 20 - violino elétrico da marca GEWA



Fonte: deluca.it

Figura 21 - Yamaha YEV104NT



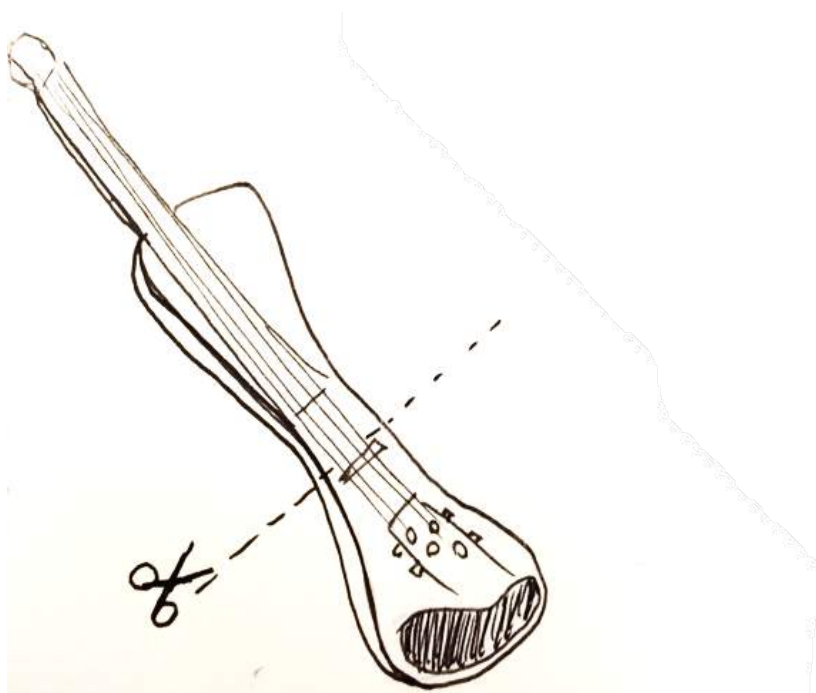
Fonte: superprof.com.br

CAPÍTULO 3 - CONCEPÇÃO

3.1. Premissas conceituais

Partindo de alguns violinos elétricos fabricados por grandes marcas já consagradas no mercado, assim como alguns projetos de violino produzidos em impressão 3D, o caminho escolhido para elaboração do instrumento foi sua confecção por meio da impressão 3D. Esse meio permite ao usuário estar mais perto do produto final, com a possibilidade de personalizar a estrutura do violino conforme o seu gosto, desde que não comprometa a estrutura mecânica do instrumento. Por esse meio de produção também há a possibilidade de adquirir o produto sem necessidade de um acabamento final. A partir desse meio de fabricação, a área de operação da máquina impressora passa a ser uma condição determinante no tamanho do violino. Desse modo, para que o violino possa ser impresso em mais tipos e modelos de impressora, sua forma foi modificada: o corpo do instrumento é dividido em duas ou mais partes, sendo elas fabricadas uma de cada vez e depois unidas uma à outra (figura). Mais uma vantagem do processo é poder trabalhar sem moldes e ajustar a modelagem virtual a eventuais atualizações de seus componentes, como por exemplo o captador de som.

Figura 22 - divisão em duas partes



Fonte: elaborado pela autora

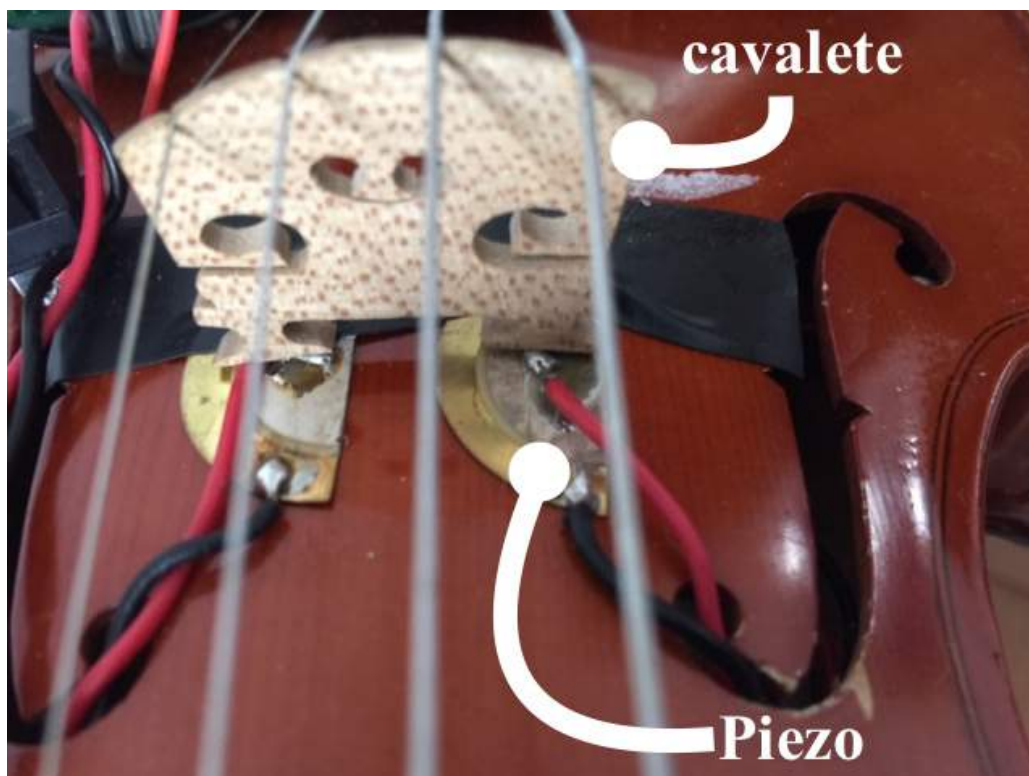
3.2. Subsistema de captação de som

O violino elétrico recebe esse adjetivo por apresentar a possibilidade de ter seu som amplificado. Para isso, há um sistema elétrico em seu interior que capta as vibrações sonoras geradas pelo músico-usuário por meio de um piezo. Esse piezo fica posicionado entre o corpo do violino e o cavalete (figura 23), que por sua vez sustenta as quatro cordas. A vibração delas transpassa pelo cavalete e atinge o piezo, que encaminha essa energia mecânica por dois fios, um positivo e outro negativo, a uma entrada de áudio.

3.2.1 Protótipo

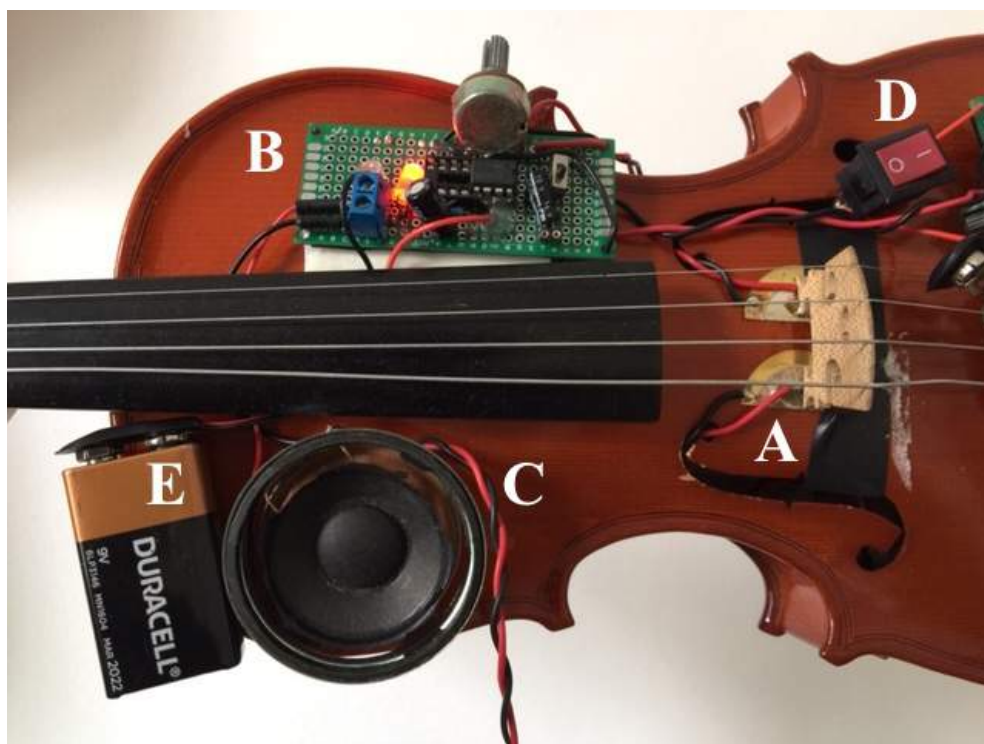
Durante o curso de Eletrônica para artista, conduzido pelo professor Magno Malta, realizado na Escola de Artes Visuais do Parque Lage, foi desenvolvido um sistema de captação de som (figura 24), composto por um piezo (A), um mini-amplificador (B), um altofalante (C), um botão liga/desliga (D) e uma saída de áudio Jack 8mm (figura 25). Tudo alimentado por uma bateria de 9v (E). Esse sistema foi desenvolvido para funcionar com a energia de baixa voltagem, não sendo recomendado a alimentação de energia vinda da tomada (110v e 220v).

Figura 23 - posicionamento do piezo



Fonte: elaborado pela autora

Figura 24 - sistema de captação de som



Fonte: elaborado pela autora

Figura 25 - saída de áudio



Fonte: elaborado pela autora

3.2.2 Escolha do captador de som

Após entender o funcionamento da captação do som do instrumento, foi observado que a complexidade para fazer um sistema que pudesse ser alimentado por energia elétrica com voltagem mais alta (tomadas em geral) era superior ao imaginado. Por conta disso, como passo inicial, foi adotada a ideia de adquirir sistemas de captação de som já disponíveis no mercado, levando como premissas o baixo custo, funcionalidade simples e objetiva e o menor tamanho. Um próximo passo será desenvolver também o circuito elétrico do captador com o objetivo de baratear a produção do violino elétrico.

Os modelos de captador analisados foram

3.3 Cravelha

O violino possui 4 cordas e cada uma delas está presa a um afinador chamado Cravelha (figura 26). É com o girar dessas peças que se afina o instrumento, apertando ou afrouxando a corda. Elas são normalmente feitas de madeira talhada à mão, o que requer muita habilidade e tempo de trabalho. Uma alternativa encontrada para a substituição desse tipo de cravelha foi a utilização do afinador de guitarra (figura 27). Dessa maneira, o violino elétrico recebe uma característica da guitarra e foge da classificação de instrumento clássico.

Figura 26 - cravelha de violino



Fonte: poraomusical.com.br

Figura 27 - cravelha de guitarra



Fonte: produto.mercadolivre.com.br

O modo como as cravelhas de guitarra são presas ao corpo do instrumento é diferente, fazendo então necessário o desenvolvimento de um novo Layout na sua distribuição pelo corpo do violino. A posição tradicional das cravelhas é na voluta² do violino (figura 28), mas foi optado a mudança de lugar, migrando todo o sistema de afinação para o extremo oposto das cordas.

² Voluta: é a parte de cima dos instrumentos de cordas friccionadas, como violino, viola, violoncelo e contrabaixo, cujo formato se assemelha a um caracol e é uma referência barroca ao estilo de arquitetura grega, que era repleta de volutas em suas colunas. Logo abaixo da voluta está a caixa onde se encontram as cravelhas, nas quais são presas as cordas.

Figura 28 - voluta do violino

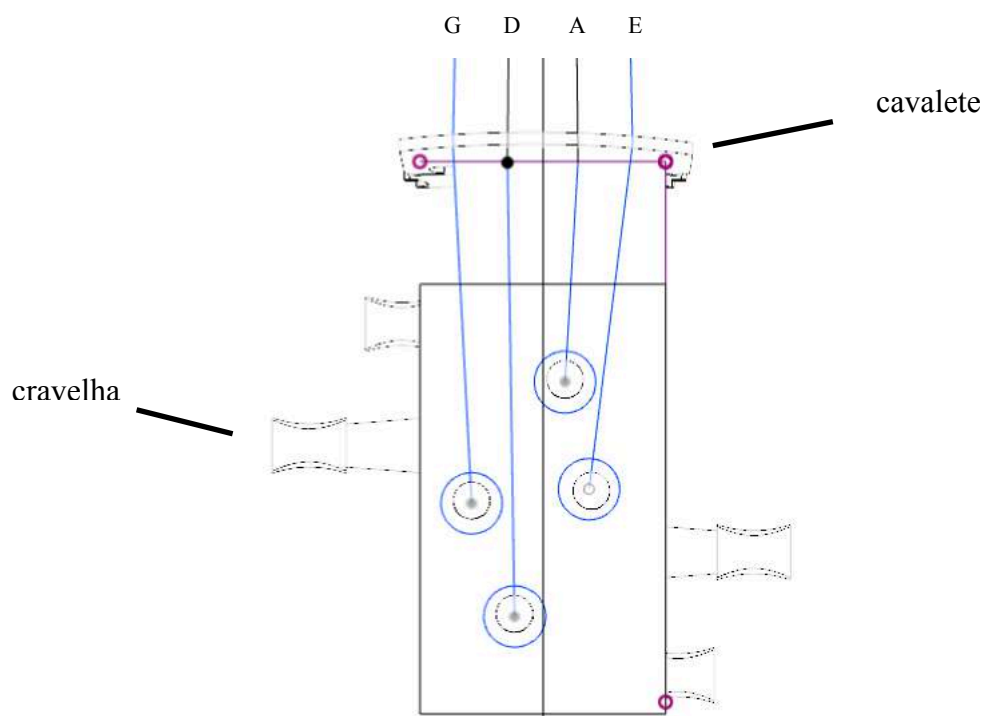


Fonte: amorimfineviolins.com

3.3.1 Posicionamento das cravelhas

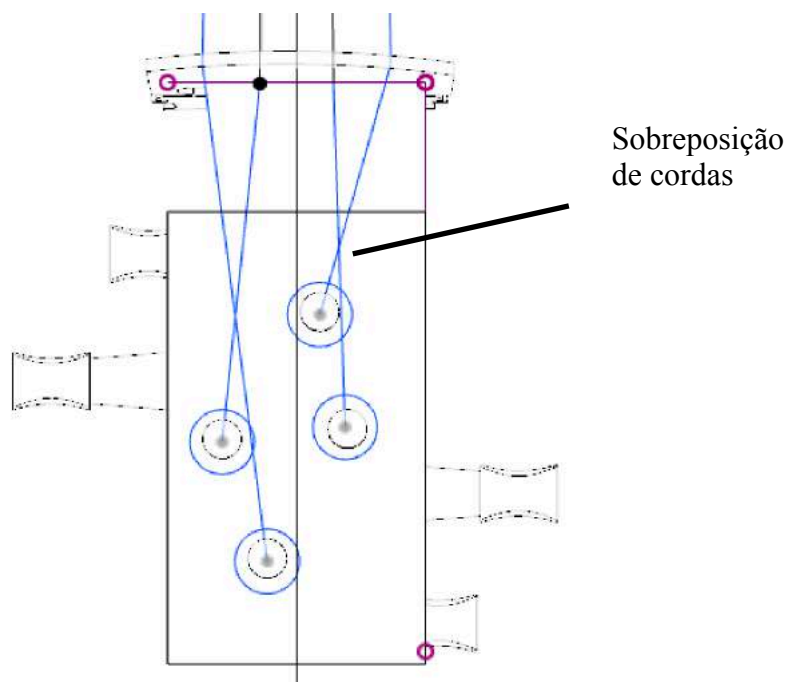
A 4 cordas são denominadas SOL, RÉ, LÁ e Mi, da esquerda para a direita (mais grave para o mais agudo). A disposição delas leva em consideração que o espaço ocupado pelas 4 cravelhas precisa o menor e mais compacto possível e nenhuma corda deve se sobrepor à outra (figura 29), caso contrário a variação de tensão em uma afetaria a da outra (figura 30), tornando quase impossível atingir equilíbrio de afinação das 4 cordas.

Figura 29 - solução final para disposição desejada



Fonte: elaborado pela autora

Figura 30 - situação idesejada



Fonte: elaborado pela autora

3.4 Física do violino

O instrumento reúne diversas forças atuando sobre suas partes, em especial em cima do cavalete. A tensão das 4 cordas juntas exerce uma força tão alta, que qualquer queda do violino no chão pode destruir a voluta ou o cavalete. Para entender melhor a propriedade que o violino elétrico precisa ter em sua resistência mecânica e do material, foi consultado um estudo do professor Jose Pedro Donoso, do Instituto de Física da USP.

3.4.1 Cálculo das forças

Duas forças são importantes de serem calculadas: a tensão (T) das cordas e a força (F) do cavalete sobre o corpo do violino, pressionado pelas cordas.

Levando em consideração a corda Lá como exemplo:

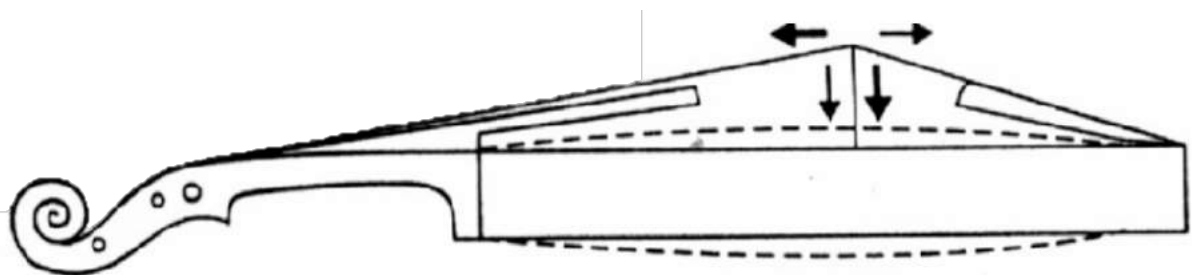
Frequência da nota Lá: $f = 440 \text{ Hz}$
Densidade linear da corda: $\mu \approx 10 \text{ mg/cm}$
Comprimento da corda: $L \approx 32.5 \text{ cm}$

$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow T \approx 82 \text{ N}$$

A tensão total das 4 cordas é, portanto, da ordem de 220 – 300 N

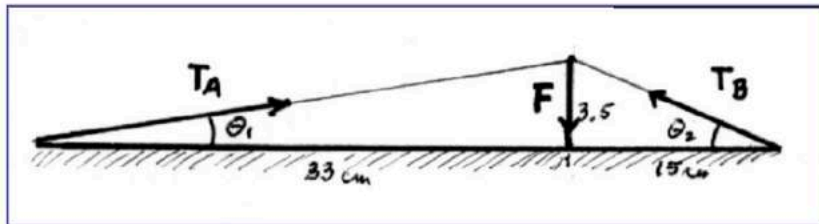
A força F exercida pelo cavalete no corpo do violino é explicada na figura a seguir:

Figura 31 – Forças atuando no cavalete



Fonte: ifsc.usp.br/~donoso/fisica_do_violino.pdf

Figura 32 – Esquema de vetores



$$\theta_1 \sim 6^\circ$$

$$\theta_2 \sim 13^\circ$$

$$T_A \cos \theta_1 - T_B \cos \theta_2 = 0$$

$$T_A \sin \theta_1 - T_B \sin \theta_2 + F = 0$$

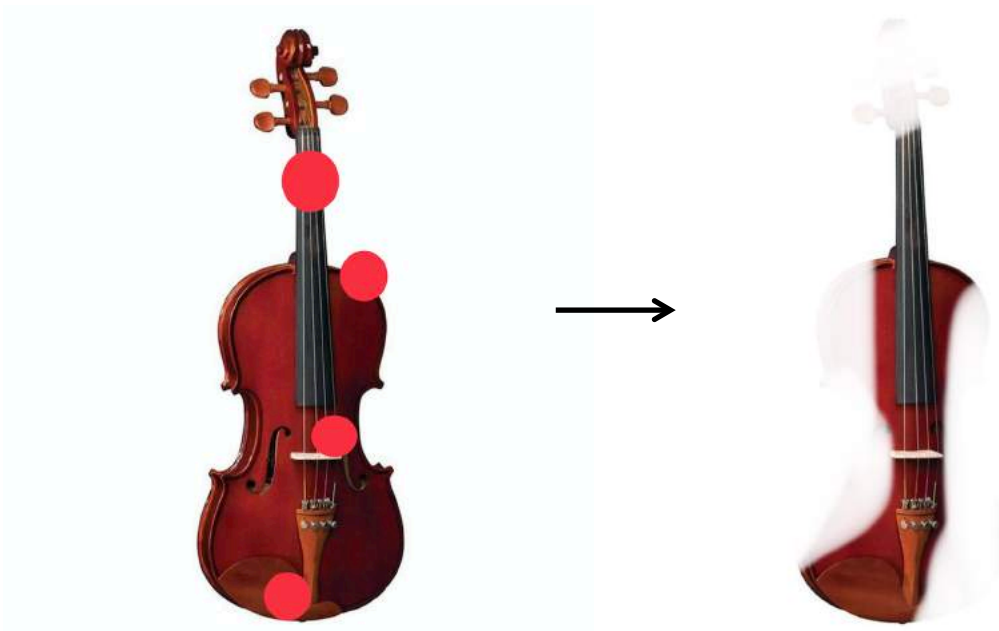
Fonte: ifsc.usp.br/~donoso/fisica_do_violino.pdf

Considerando a tensão total: $T_A = T_B \approx 260 \text{ N}$, obtemos: $F \approx 90 \text{ N}$

3.5 Desenvolvimento

Após estipular que o violino elétrico não precisaria ter caixa acústica, sua forma pode ser desenvolvida mantendo os pontos de contato necessários e eliminando algumas partes do corpo do violino (figura). Em seguida, foi necessário pensar algumas alternativas de forma do corpo e em qual altura seria a divisão do corpo do violino, totalizando duas peças: uma denominada corpo base (A) e a outra braço (B).

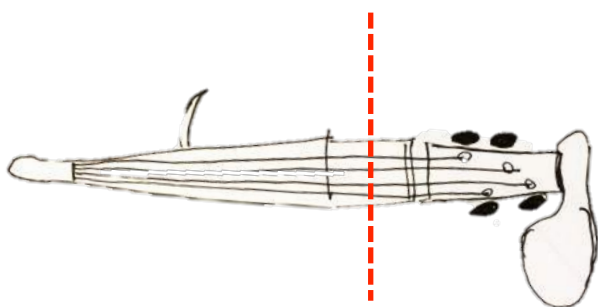
Figura 33 - pontos de contato e corpo simplificado



Fonte: elaborado pela autora

Foi determinado que esse corte fosse o mais próximo do cavalete (figura), no intuito de permitir que a peça B possa sofrer variações em seu tamanho sem que altere a peça A. Assim, o usuário adquire o corpo base já completo com todos os componentes necessários para o funcionamento do violino. Fazem parte dessa peça o cavalete, piezo, as 4 cravelhas afinadoras, captador de som, entrada para cabo p10 e queixeira. A peça B fica livre para ser trocada por uma maior, ou por outra de cor diferente, quando a criança crescer e precisar que seu violino cresça junto com ela.

Figura 34 - altura do corte

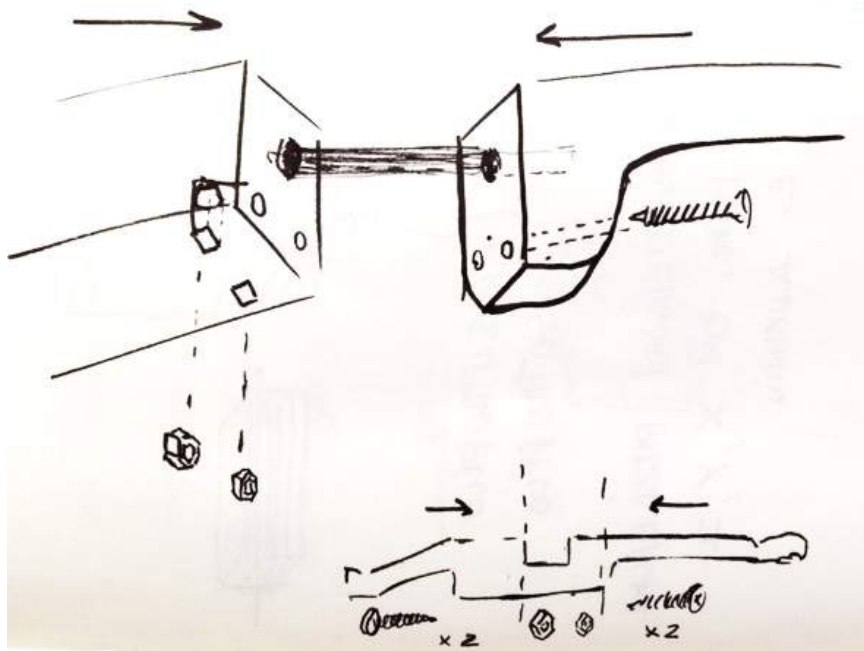


Fonte: elaborado pela autora

3.5.1 Elaboração do encaixe

A duas peças (A e B) se conectam por meio de uma haste de ferro de 10mm de espessura e 250 mm de comprimento, para que somado à união o corpo do violino receba um reforço mecânico, evitando que se quebre ao meio ou desencaixe por conta da força da tensão das cordas (figura).

Figura 35 - união entre as duas peças



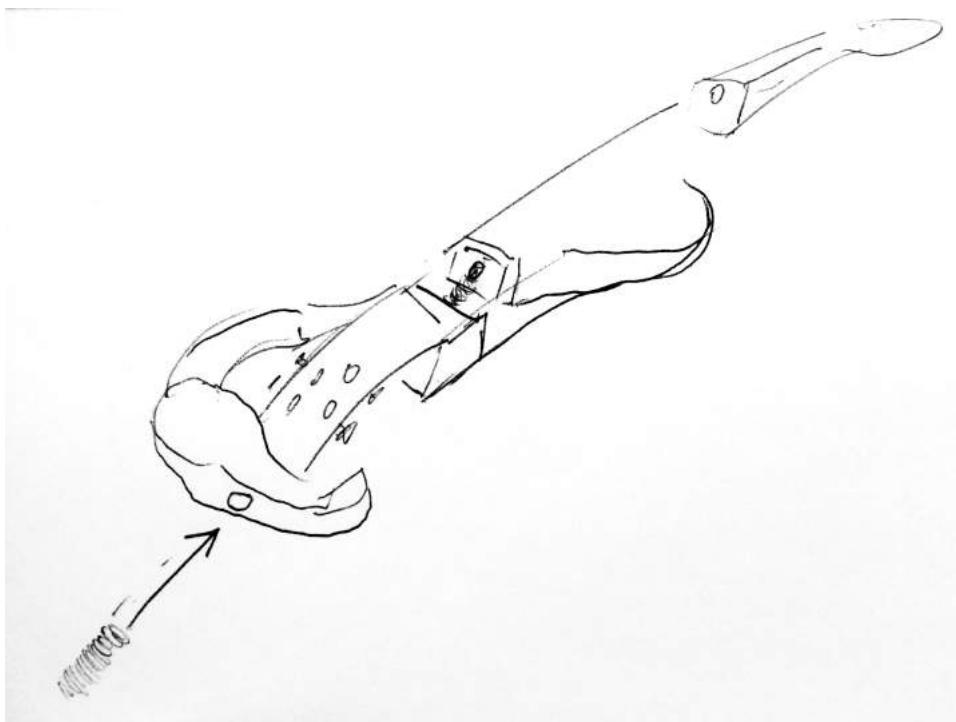
Fonte: elaborado pela autora

O sistema de rosca e parafuso não foi considerado depois de ser notada a ineficácia em sua função, visto que as roscas não se manteriam presas. Como substituto, foi pensado um encaixe.

A haste que transpassa o objeto foi transformada em um grande parafuso, que possui a função de atarrachar as partes do violino uma às outras.

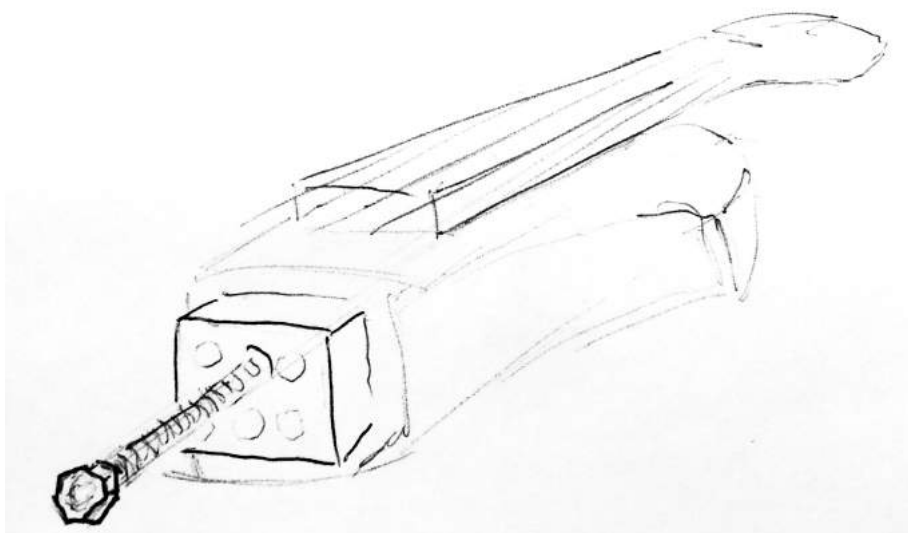
Na figura a seguir, a primeira alternativa desenvolvida e na figura alternativa inspirada no brinquedo de encaixe Lego.

Figura 36 - encaixe



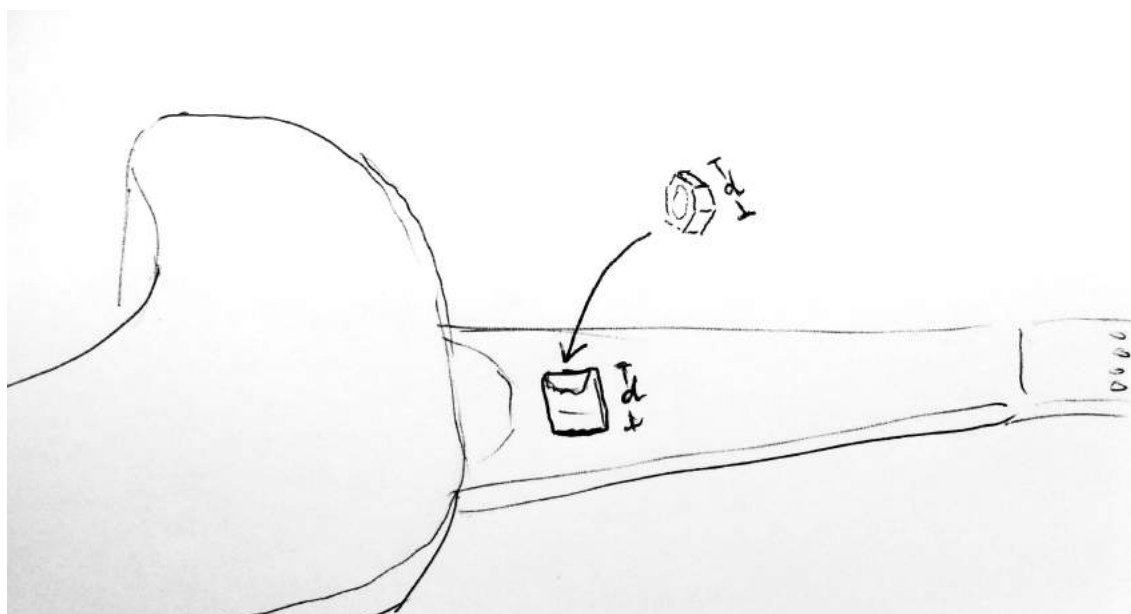
Fonte: elaborado pela autora

Figura 37 - mecanismo de tarraxa



Fonte: elaborado pela autora

Figura 38 – travamento da porca



Fonte: elaborado pela autora

A porca é colocada na cavidade onde cabe sem folga, para quando o parafuso for rodado, esta se mantenha travada e assim o atarraxamento aconteça e as peças se mantem presas.

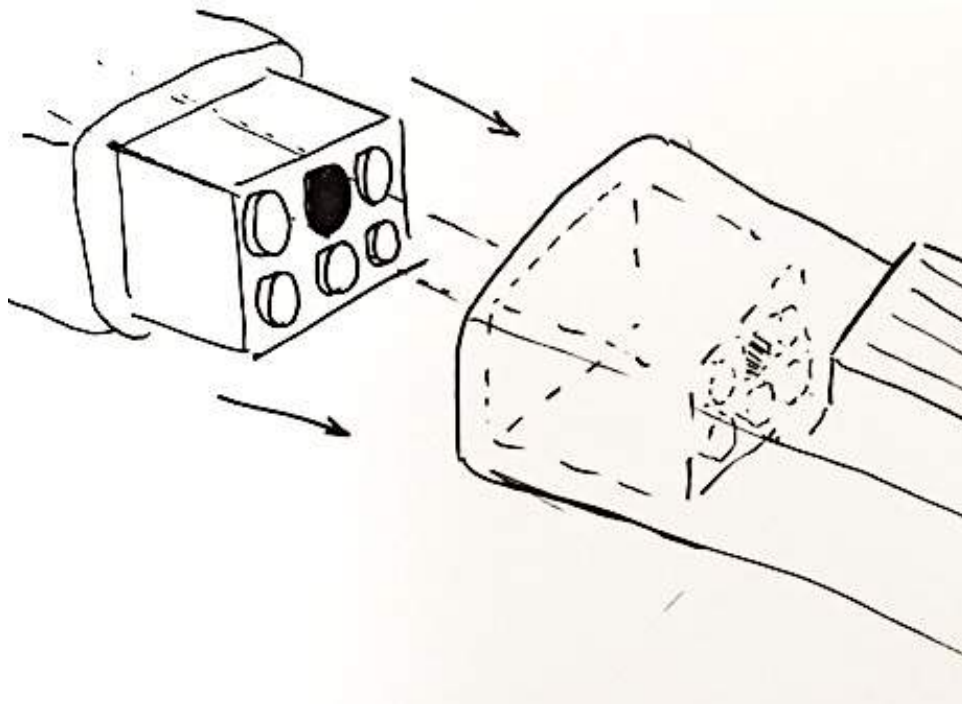
Como resultado, foi pensado em um parafuso comprido que contemplasse os dois tamanhos de violino, medindo 270mm de comprimento e 10mm de espessura.

Figura 39 – Parafuso + porca



Fonte: elaborado pela autora

Figura 40 - encaixe desenvolvido a partir de brinquedo

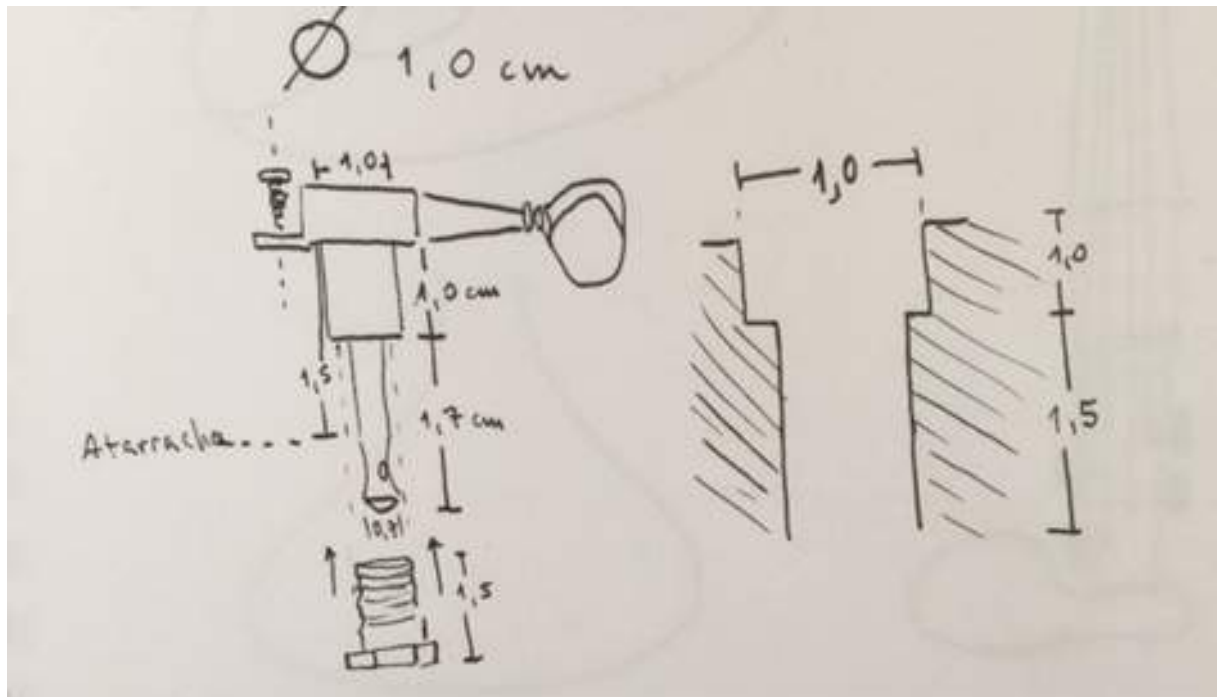


Fonte: elaborado pela autora

3.5.2 Cavidade das cravelhas

A quatro cravelhas de guitarra foram encomendadas e depois medidas. Conforme suas dimensões foi pensado em como seria a perfuração no corpo base do violino. Na figura a seguir, um esquema das proporções.

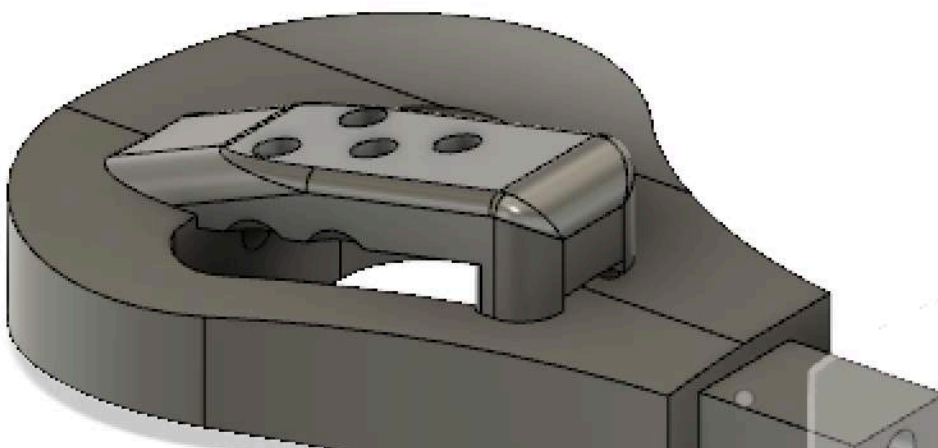
Figura 41 - dimensões da cravelha



Fonte: elaborado pela autora

Como resultado para acomodar essas peças, foi projetado um bloco de 20 mm de espessura localizado próximo ao local de posicionamento do queixo, conforme figura 42.

Figura 42 - Solução para o posicionamento das cravelhas

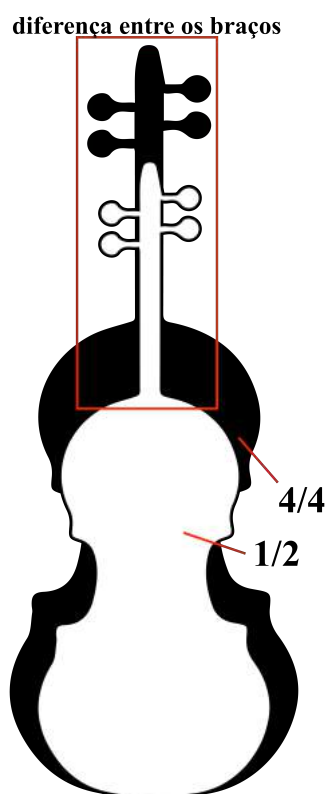


Fonte: elaborado pela autora

3.5.3 Desenvolvimento da peça Braço

A peça Braço é a parte que se desmonta do violino e a que define o tamanho do instrumento. Ela está disponível em tamanhos diferentes para atender o comprimento do braço da criança e, para que fosse determinado seu tamanho, foi utilizado um esquema com duas silhuetas, uma de um violino inteiro (4/4) e outra de um 1/2. Dessa forma, foi possível definir a proporção dos braços (figura) entre esses dois tamanhos de violino.

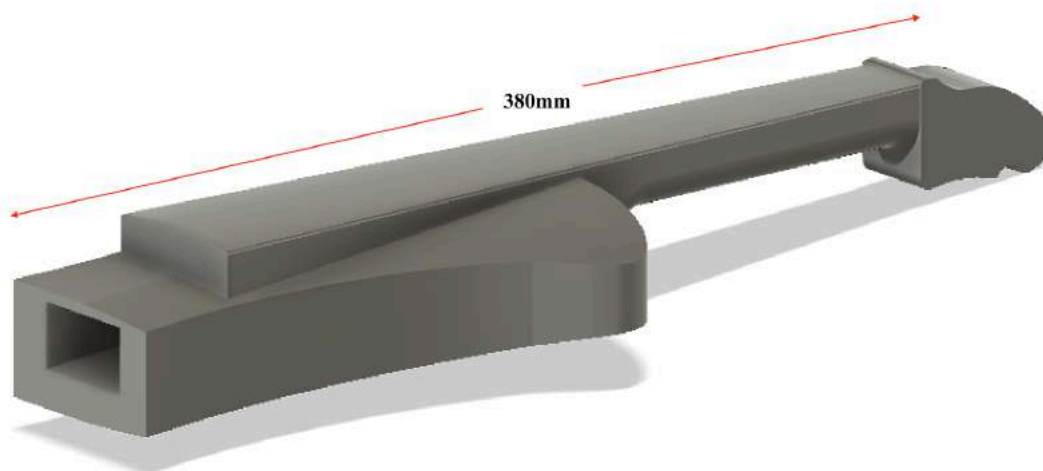
Figura 43 - Proporção dos braços



Fonte: elaborado pela autora

Essa medida de comprimento é de 46mm, então a partir disso foi elaborado primeiro o braço do violino inteiro (4/4) e em seguida o do violino 1/2, além de seguir a premissa do ponto de contato já apresentado anteriormente, chegando ao resultado da figura 43.

Figura 44 - Conceito do braço para violino 4/4



Fonte: elaborado pela autora

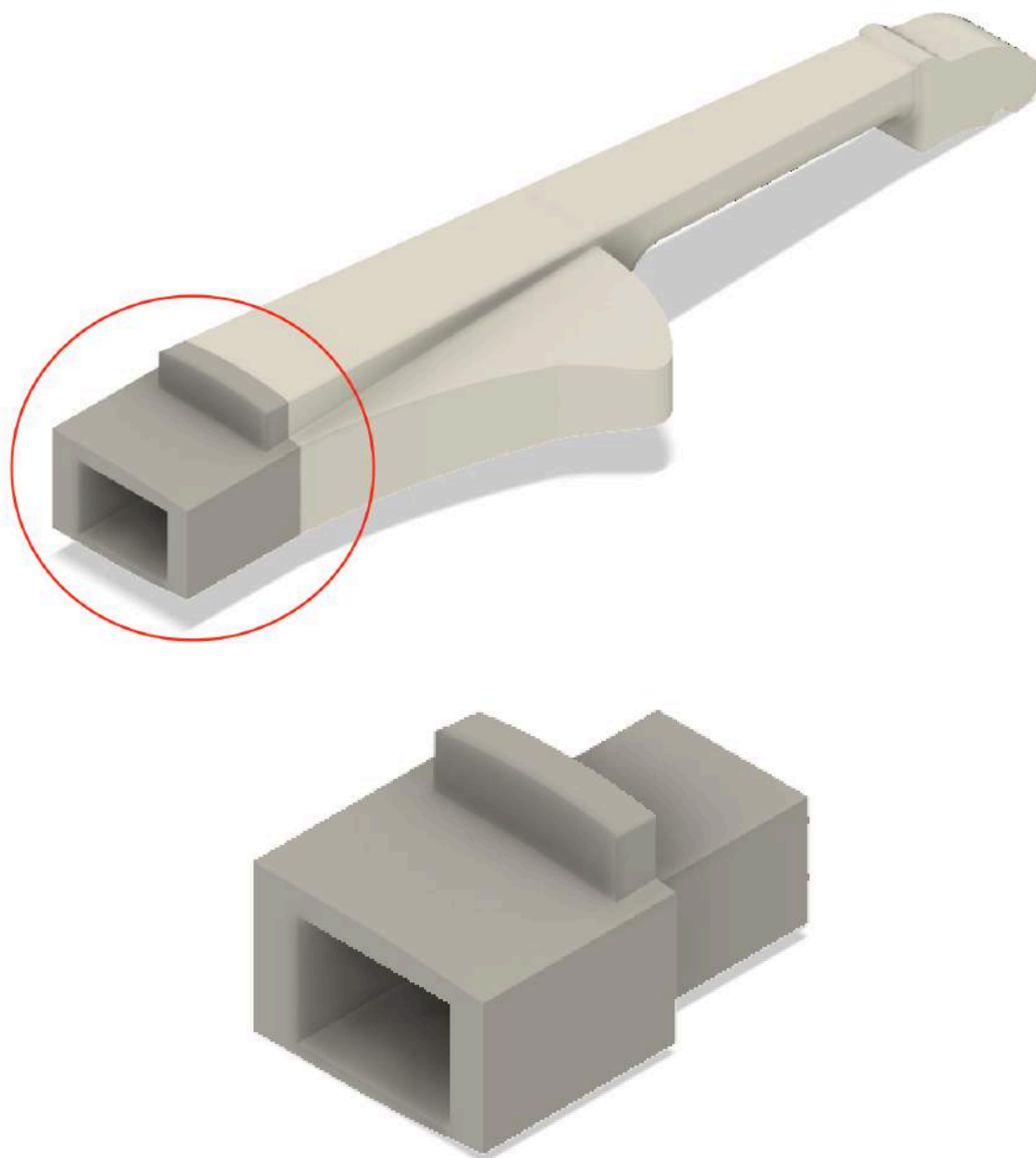
A peça Braço para violino $\frac{1}{2}$ só sofreu redução em seu comprimento, passando a medir 334mm mas sem diminuição na espessura, pois isso ajuda no costume da criança a posicionar a mão de maneira mais aberta no violino.

Essa redução gerou uma nova ideia de peça, que adota uma função extensora, nomeada 'bloco extensor'. Sua origem é uma parte de um dos extremos do braço para violino 4/4, apresentado na figura anterior.

Foi elaborado uma maneira de se aproveitar o mesmo braço para ambos os tamanhos do instrumento, ficando apenas o bloco extensor encarregado de aumentar o comprimento do braço. Assim, uma vez adquirido o violino $\frac{1}{2}$, a criança já tem acesso a todas as peças que serão utilizadas ao longo de seu crescimento, dispensando a necessidade de possuir duas peças Braço inteiras mas de tamanhos diferentes.

Como resultado, a peça ficou conforme na figura 44.

Figura 45 - Conceito do bloco extensor



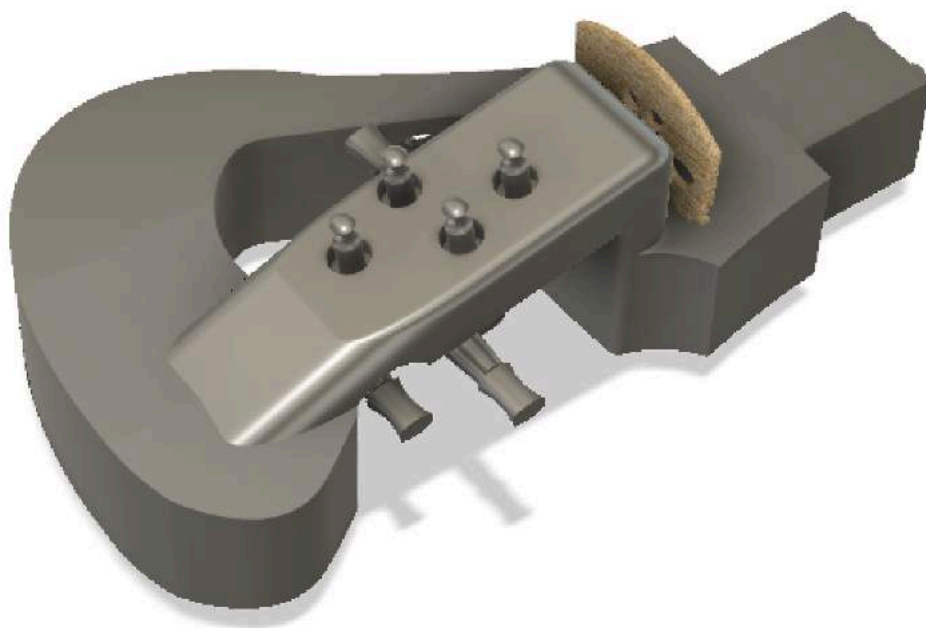
Fonte: elaborado pela autora

3.5.4 Desenvolvimento da peça Corpo Base

Foi desenvolvido alguns testes de forma a partir de curvas que se transformassem em retas para união entre as duas peças, por meio do bloco de encaixe, sempre pensando nos pontos de contato que precisaram ser mantidos. O desafio nessa peça foi pensar na disposição dos elementos que são acoplados a ela, no menor espaço possível para condizer com a forma

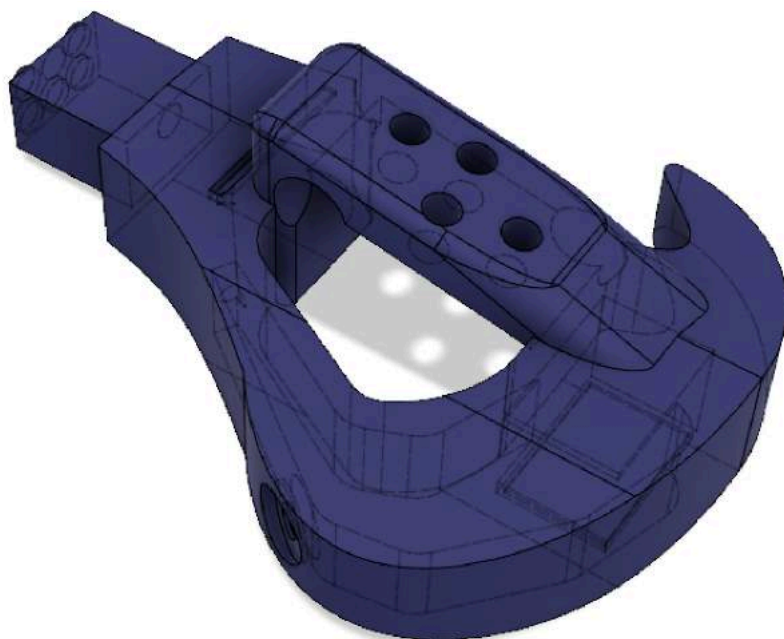
simplificada que foi escolhida ser desenvolvida. Como resultado a seguir na figura, o corpo base se estabeleceu com uma lateral vazada e o lado oposto a ela oca por dentro (figura 47), por onde passarão os fios do piezo e captador do sistema elétrico.

Figura 46 - Conceito do corpo base



Fonte: elaborado pela autora

Figura 47 - lateral oca por dentro detalhada

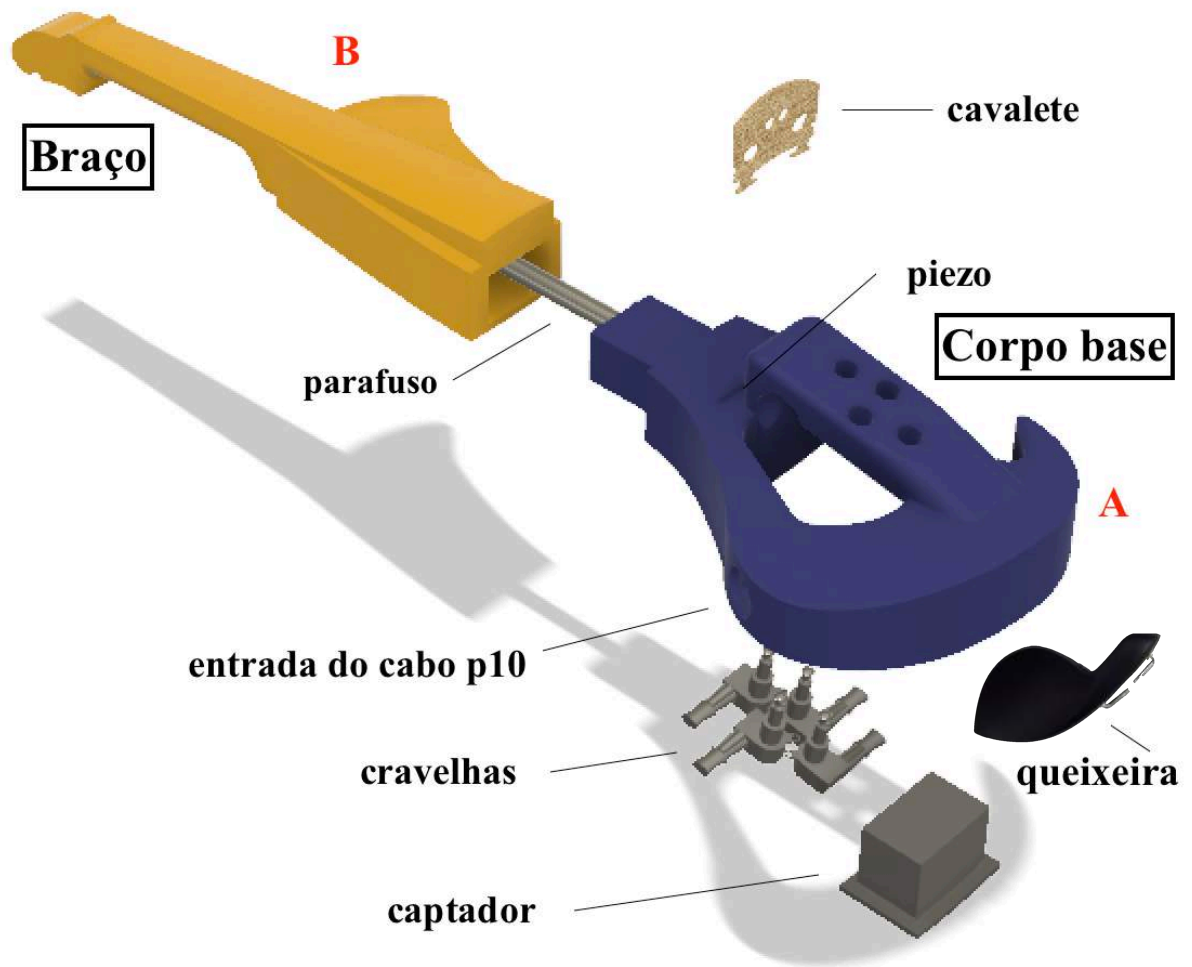


Fonte: Elaborado pela autora

3.5.5 Corpo

A peça principal (A) recebe a haste metálica e a peça secundária (B), sendo essa disponível em dois tamanhos. O corpo do violino se forma encaixando uma peça na outra e recebendo os elementos externos, conforme na figura.

Figura 48 – elementos do produto (violino ½)



Fonte: elaborado pela autora

CAPÍTULO 4 - DETALHAMENTO GRÁFICO E TÉCNICO

4.1 Materiais e métodos de fabricação

A impressão 3D está em crescente uso e com a tendência de popularização exponente. Apesar de atualmente ser mais voltada à prototipagem rápida, o benefício em questão é tornar a produção mais acessível ao usuário, partindo do conceito de “do it your self” (faça você mesmo). Entre os materiais mais acessíveis, estão os plásticos ABS, PLA e PET. Foi estudado a possibilidade de se imprimir em PET por ser o mais barato, mas por outro lado é mais difícil de ser encontrado nas lojas de impressão 3D e mecanicamente não é tão resistente. O PLA é uma solução interessante, porém quando submetido a temperatura alta, acima de 80 graus, passa a derreter. Essa característica fez com que fosse descartado, apesar de ser bom para detalhes e atender à qualidade que os encaixes das peças precisam. O mais aconselhado foi o ABS, pois é muito resistente, bom para peças que serão submetidas à tração, compressão e outras forças mecânicas. Para posterior necessidade de acabamento, esse plástico é mais fácil de ser lixado e ele está disponível em ampla variedade de cor.

4.2 Análise de custo

A impressão 3D teve seu preço calculado a partir da plataforma online “Cammada”, que presta serviço disponibilizando diversas lojas e empresas que imprimem modelos 3D. Os materiais apresentam preços diversos e, dependendo da empresa e do frete de entrega, o custo pode chegar à metade do preço em relação ao violino Yamaha YEV104NT, exemplo de modelo citado anteriormente no projeto.

Outros itens acoplados ao violino são as cordas, cravelhas (figura 50), queixeira (figura 51) e o cavalete (figura 52). A espaleira (figura 53) é um item opcional. Um set de cordas (Figura 49) varia muito o preço, de R\$ 15,00 a aproximadamente R\$ 830,00, mas as de nível de iniciante já atendem à necessidade da criança.

Figura 49 - Set de cordas



Fonte: buscape.com.br

O modelo de cravelha escolhido é um conjunto de seis peças para guitarra, compatível com o violino projetado. Dependendo do modelo e marca, o preço também varia bastante, de R\$ 60,00 a R\$ 120,00. Na figura, o conjunto escolhido para o instrumento projetado no valor de R\$ 77,00, sem custo no frete a partir de 2 unidades encomendadas.

Figura 50 - Tarracha/cravelha de guitarra



Fonte: produto.mercadolivre.com.br

A queixeira (figura) mais barata encontrada no mercado está custando por volta de R\$ 20,00:

Figura 51 - Queixeira



Fonte: produto.mercadolivre.com.br

e a espaleira está em torno de R\$ 35,00 e R\$ 250,00 (modelos importados):

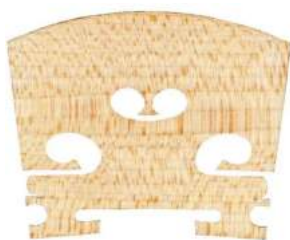
Figura 52 - Espaleira



Fonte: produto.mercadolivre.com.br

No mercado online, os cavaletes estão custando entre R\$ 12,00 e R\$ 200,00, podendo custar até mais caro se procurado em ateliê de luthier. Para o violino em questão, foi escolhido o mais barato do mercado (figura).

Figura 53 - cavalete mais barato no mercado



Fonte: produto.mercadolivre.com.br

O parafuso com diâmetro 10mm e comprimento 270mm precisa ser encomendado e, por unidade, está por volta de R\$3,00 (unidade), mas a compra em atacado pode baratear esse custo.

Figura 54 – parafuso



Fonte: acervo pessoal

Também faz parte do instrumento o arco (figura 55), que é o objeto que entra em contato com as cordas do violino e as faz vibrar conforme passado nelas. O mesmo arco utilizado para tocar violino acústico pode ser destinado ao uso do violino elétrico, então espera-se que quem tem um violino acústico já tenha também um arco, portanto é um item que pode ser vendido separadamente, descasado do violino elétrico. No mercado, o preço do arco para violino $\frac{1}{2}$ está por volta de R\$50,00.

Figura 55 - Arco para violino $\frac{1}{2}$



Fonte: americanas.com

Somando os itens extras e o corpo do violino, o custo total soma aproximadamente R\$790,00.

4.3. Fabricação

A impressão do violino é gerenciada por um software chamado Repetier, que permite configurar características e acabamentos da impressão. O posicionamento das peças pode ser alterado, assim como a velocidade e qualidade da operação, além do nível de preenchimento das camadas depositadas pelo bico da máquina. Quanto maior o preenchimento, mais rígida e pesada a peça.

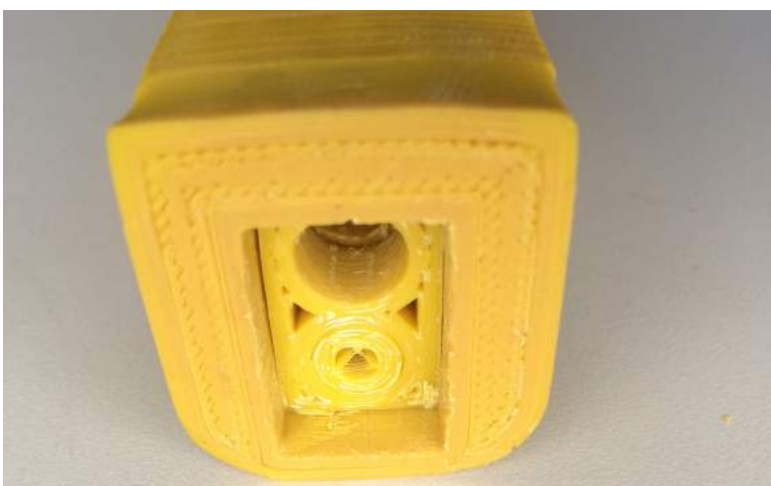
As quatro peças que compõem o violino precisam ser feitas em duas levadas: três delas são impressas juntas com o preenchimento a 20% e a quarta peça – a que mais exige resistência por ser a mais fina – com um preenchimento total de 100%, já que a primeira peça-teste impressa a 20% de preenchimento se rompeu ao ser submetida à força das cordas. Essa peça precisou ser impressa novamente com densidade maior para que isso não acontecesse de novo. Isso significa que a trama gerada pela impressora passa a ter outra geometria, com menos espaços vazados entre o material.

Figura 56 – peça quebrada: preenchimento 20%



fonte: elaborado pela autora

Figura 57 – nova peça com preenchimento 100%



fonte: elaborado pela autora

O produto impresso pela impressora 3D tem suas peças unidas pela pressão do parafuso localizado no eixo central, fortalecido por meio do encaixe macho-fêmea da peça Corpo Base na peça Braço.

Figura 58 – união das peças com o parafuso



fonte: acervo pessoal

Depois, as 4 cravelhas são colocadas nos furos, sendo presas pelas próprias atarrachas do modelo adquirido, seguido de fixação de cada uma por parafusos, também incluídos no kit.

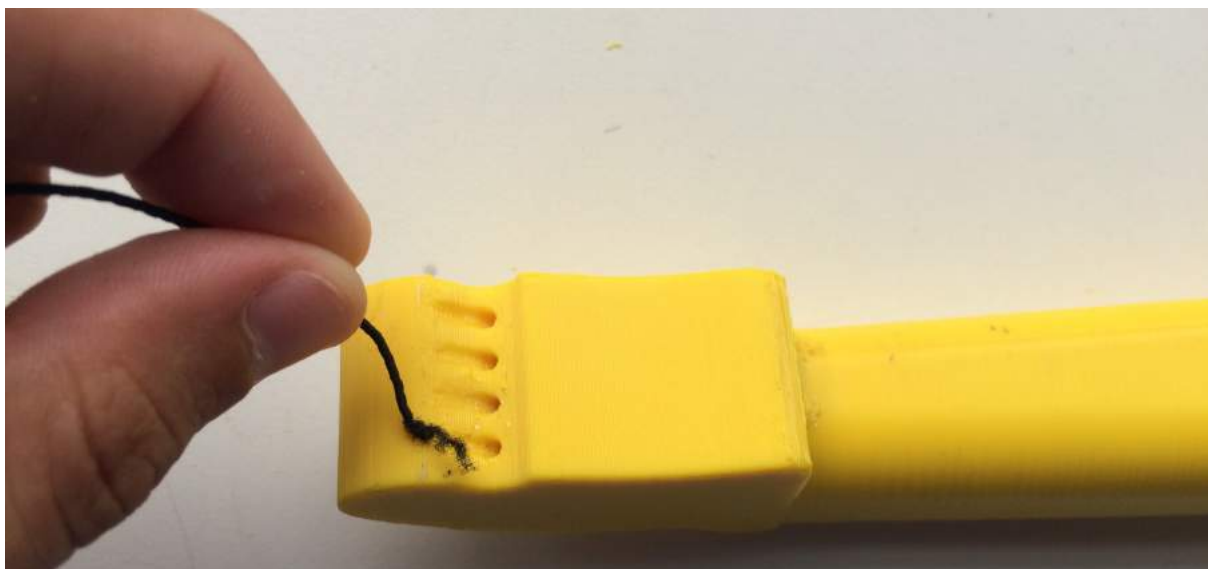
Figura 59 – colocação das cravelhas



fonte: acervo pessoal

Em seguida, as cordas podem ser colocadas uma de cada vez, seguindo a sequência das cordas Sol, Ré, Lá, Mi. Elas entram pelo micro furo localizado na parte inferior do extremo da peça Braço (figura 58) e saem pela parte superior (figura 59), sendo percorridas pelo corpo todo do violino até encontrarem um outro microfuro localizado em cada cravelha (figura 60). Uma vez enfiada nesse microfuro, basta rodar a cravelha até que a corda esteja razoavelmente presa, mas ainda não tensionada.

Figura 60 – entrada da corda pelo microfuro



fonte: acervo pessoal

Figura 61 – saída da acorda



fonte: acervo pessoal

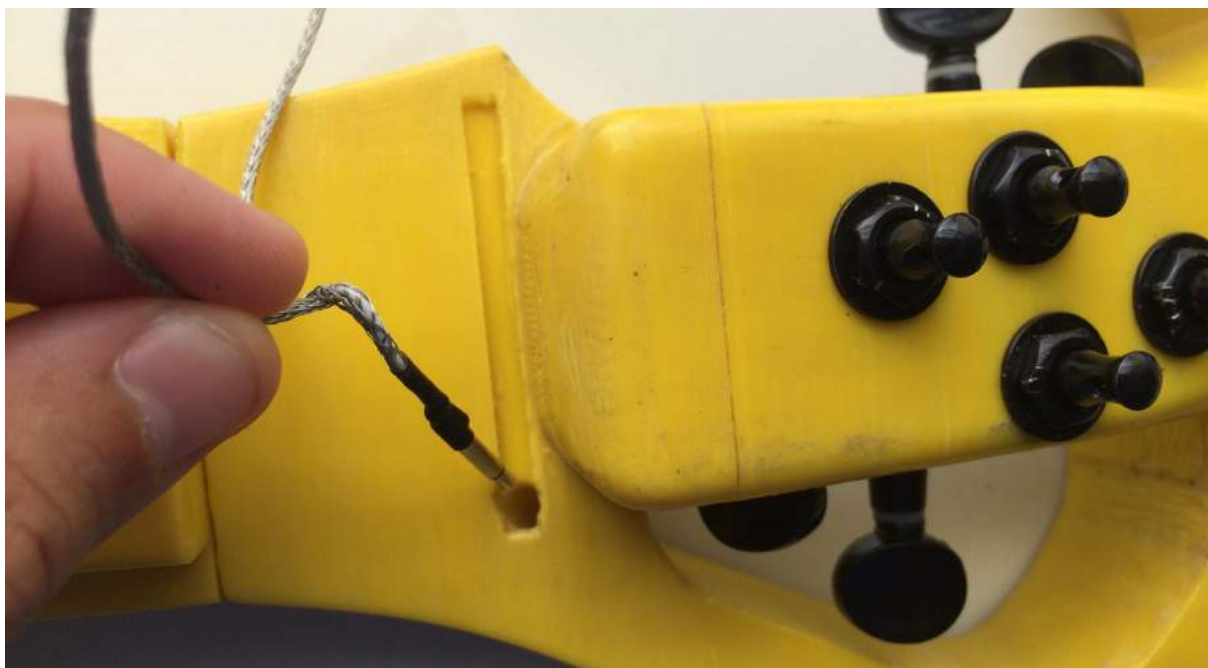
Figura 62 – prendimento da corda



fonte: acervo pessoal

O passo seguinte é instalar o piezo embaixo do cavalete, que vai dar suporte às cordas. O piezo tem um fio com uma ponta que precisa ser conectada ao captador, então esse fio precisa primeiro ser enfiado no furo sinalizado na figura 61 e passar até o lado oposto do violino, onde há uma cavidade para o captador. Quando encontra essa cavidade, pode ser conectada ao captador (figura 62).

Figura 63 – instalação do piezo



fonte: acervo pessoal

Figura 64 – conexão do piezo com o equalizador



fonte: acervo pessoal

Diante disso, outro fio que já está conectado ao captador tem em sua ponta a entrada de áudio para o cabo p10. Essa entrada é presa no furo lateral do violino, também sendo passada pela cavidade onde está o fio do piezo. Quando colocada no furo, é fixada por uma porca pelo lado de fora (figura 63). Para fechar essa etapa, finalmente o captador é encaixado na cavidade e aparafusado na borda.

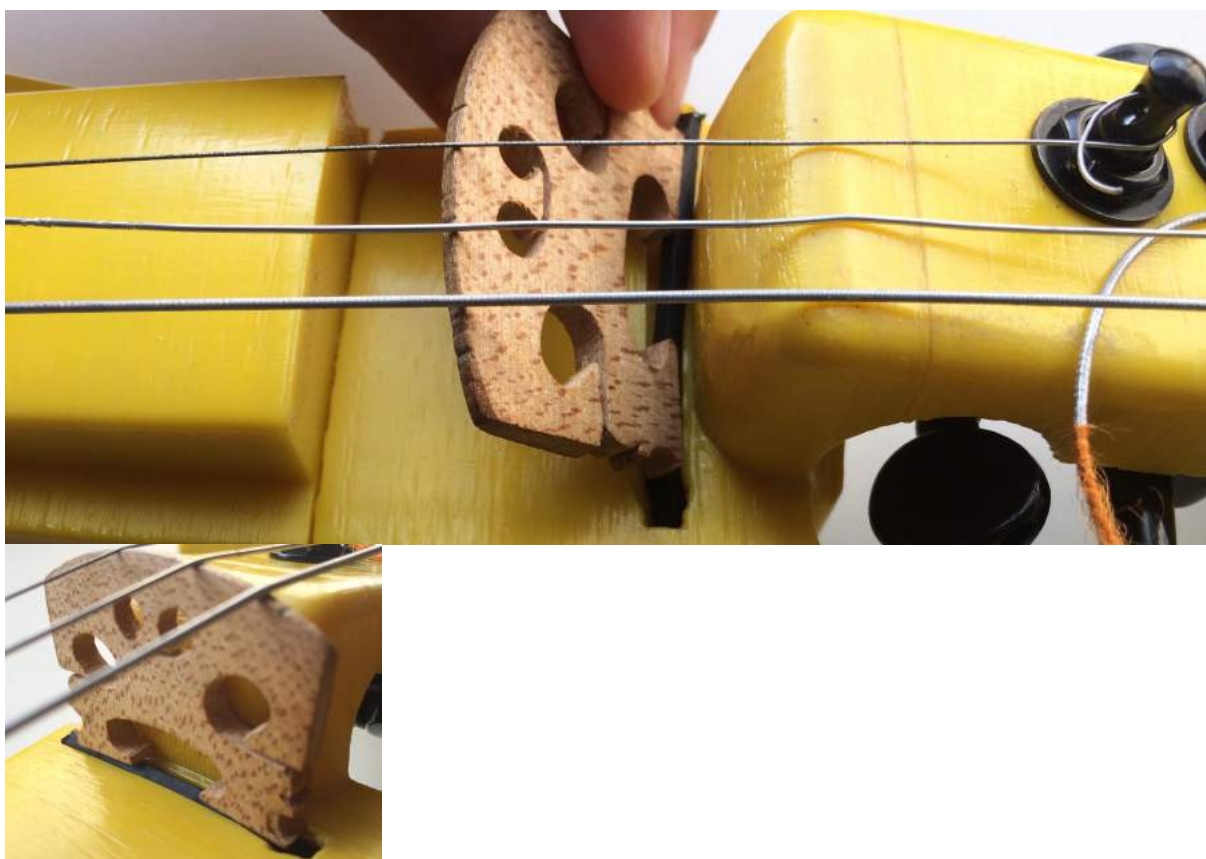
Figura 65 – entrada para cabo p10



fonte: acervo pessoal

O cavalete é posicionado em cima do piezo, e cada corda é colocada nas pequenas ranhuras do cavalete. Para que se firme, o cavalete recebe a pressão das cordas conforme elas vão sendo tensionadas até atingirem a afinação oficial.

Figura 66 – posicionamento do cavalete



fonte: acervo pessoal

A queixeira é posicionada ao lado esquerdo das cravelhas, onde será repousado o queixo da criança enquanto toca o instrumento. Esse acessório possui um mecanismo de parafusos autoatarrachantes, sendo assim sua instalação bem simples.

Figura 67 – colocação da queixeira



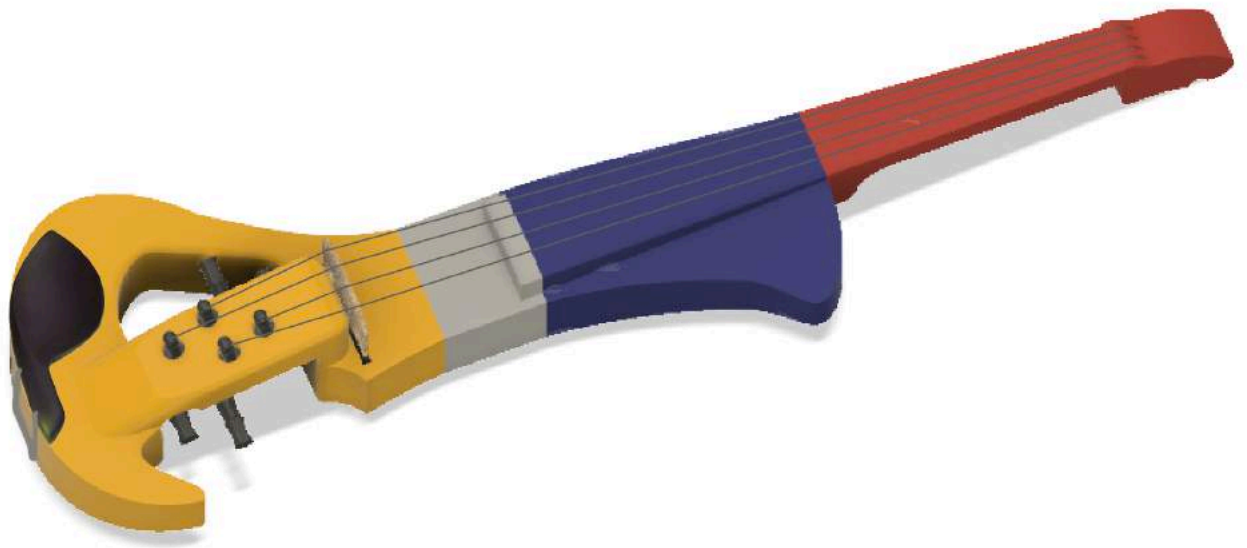
fonte: acervo pessoal

Por fim, o violino está pronto para ser tocado e, eventualmente, conectado a uma caixa de som via cabo p10 e assim ter seu som amplificado.

4.4. O produto

O resultado final do produto é um instrumento de rápida fabricação e de material leve e resistente, além de custo baixo para o consumidor se sentir incentivado a comprar. Sua forma simplificada dá mais liberdade à criança de desenvolver uma relação mais lúdica com o violino, como se ele fosse um brinquedo. A possibilidade de aumentar seu tamanho possibilita o aumento da vida útil do produto, sendo seu descarte reduzido e sua obsolescência desacelerada. Resultado nas figuras a seguir.

Figura 68 - Modelo final renderizado



fonte: acervo pessoal

4.4.1. Modelo final: impressão 3D

Figura 69 – violino prototipado na impressora 3D



fonte: acervo pessoal

O resultado final foi o modelo impresso pela empresa 3DRio e foi fundamental para facilitar o entendimento de como os ângulos que as cordas fazem ao encontrar o cavalete pode ainda ser melhorado, ou seja, diminuído e assim deixar as cordas mais próximas ao corpo do violino.

Foi observado também que as peças têm potencial para serem fabricadas por injeção em larga escala, o que a longo prazo poderia baratear o preço do produto. Para isso, algumas alterações nos encaixes seriam necessárias.

Em questões de proporção, a relação de tamanho obteve resultado muito positivo, conforme as figuras a seguir, onde se observa que o comprimento do Letrolino segue o esperado pelo projeto.

Figura 70 – comparação com violino acústico 4/4



fonte: elaborado pela autora

Figura 71 – comparação com violino acústico 1/2



fonte: elaborado pela autora

4.4.2. Nome e logotipo

A elaboração do nome partiu da junção de sílabas das palavras “violino” e “eletrônico”, resultando em Letrolino. Para o logotipo foi pensado em uma figura que remetesse ao instrumento e ao cabo eletrônico, com uma liguagem voltada para o público infantil.

Figura 72 - logotipo



fonte: elaborado pela autora

4.5. Usabilidade do modelo final

A aluna presente nas fotos para exemplificar a usabilidade se encaixa na faixa etária contemplada pelo projeto (9 anos), e o violino usado está montado sem o bloco extensor, ou seja, configurado como tamanho $\frac{1}{2}$.

Figura 73 – usabilidade: posição de transição para iniciantes



fonte: elaborado pela autora

Figura 74 – usabilidade: posição definitiva



fonte: elaborado pela autora

Figura 75 – usabilidade: costas



Fonte: elaborado pela autora

Conclusão

As etapas vencidas ao longo do projeto motivaram e motiva ainda mais a ideia de incentivar o estudo da música e, atrelado a isso, a busca por objetos inovadores que instiguem mais as crianças e despertem nelas o prazer de aprender. Como resultado, é muito positivo perceber que as dificuldades enfrentadas ao longo do desenvolvimento do violino foram transformadas em inspiração para novas ideias. Espera-se daqui pra frente que esse produto possa ser difundido e que esse instrumento se torne um pouco mais popular, e com isso ajude a fortalecer a linguagem musical que tanto se insiste em ser calada na formação escolar. Alguns ajustes serão necessários para otimização do produto, além de mais investimento e dedicação na parte elétrica e estrutural do modelo.

Os resultados do protótipo apontaram boa resistência mecânica do material, apesar de não ter sido feito testes de resistência. Infelizmente, para tal seria necessário imprimir ao menos mais outros 2 modelos, para que fossem submetidos aos testes, porém não houve suporte financeiro para isso. Pretende-se de agora em diante investir na exploração da resistência do violino perante a força das cordas, combinado com economia no uso de material para sua fabricação, chegando a um resultado mais econômico tanto financeiramente quanto de material. É cogitada a possibilidade de produzir as peças em larga escala, então para isso alguns detalhes seriam alterados, como por exemplo o local dos encaixes.

Bibliografia

_____. The Art Of Violin Playing. Book two: Artistic Realization & Instruction. Tradução de Frederick H. Martens. New York: Carl Fischer, 1930.

SUZUKI, Shinichi et al. The Suzuki Concept: An Introduction to a Successful Method for Early Music Education. Editado por Elisabeth Mills e Therese C. Murphy. Berkeley: Diablo Press, 1973.

BAXTER, M. Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos. Tradução Itiro Iida. 2. Ed. Rev. São Paulo: Blucher, 2000.

FERREIRA, D. A. A importância da música na educação infantil. Rio de Janeiro, 2002.

Fontes da internet:

Últimos acessos realizados até novembro de 2018.
ThingIverse

<<https://www.thingiverse.com/thing:219040>> Acessado em 20/05/2018

<<https://www.thingiverse.com/thing:2846076>> Acessado em 20/05/2018

NS Design

< <https://thinkns.com/instrument/ns-design-electric-violin/ns-design-electric-violin-cr/>>
Acessado em 21/05/2018

Yamaha

<https://usa.yamaha.com/products/musical_instruments/strings/silent_series/ysv104/index.html> Acessado em 25/05/2018

Física do violino

<http://www.ifsc.usp.br/~donoso/fisica_do_violino.pdf> Acessado em 05/10/2018
Violino em compósito de carbono

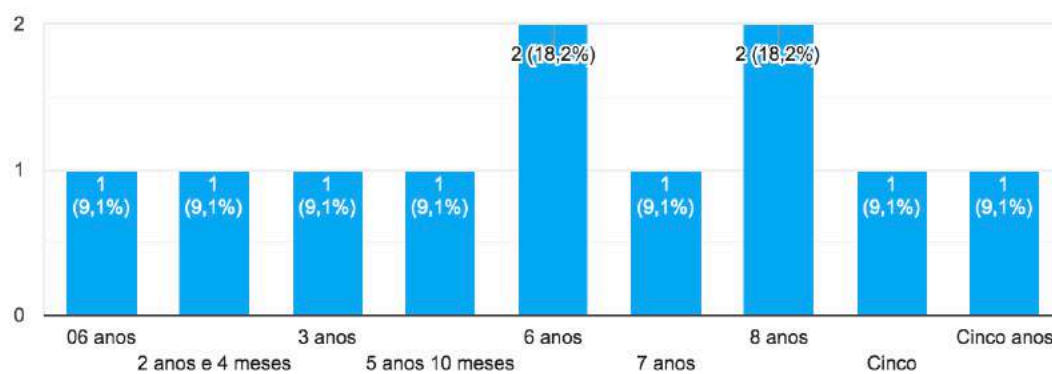
design_de_um_violino_em_composito_de_carbono.pdf

Anexo 1 – Pesquisa de público

Com quantos anos a criança iniciou o estudo de violino?



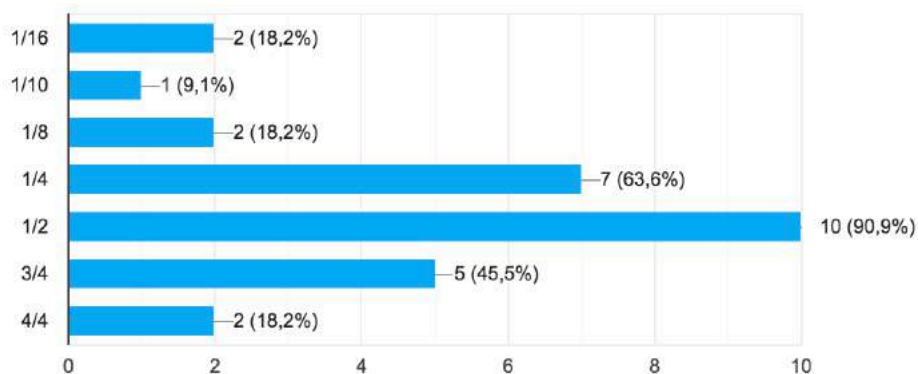
11 respostas



Quais tamanhos de violino já foram comprados para o uso do aluno?

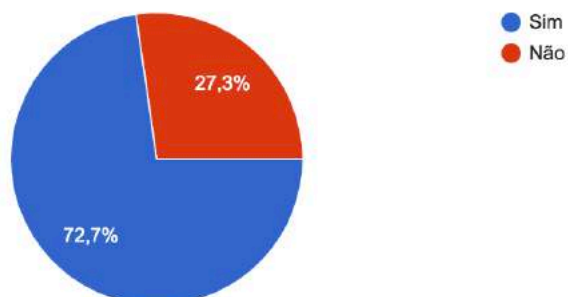


11 respostas



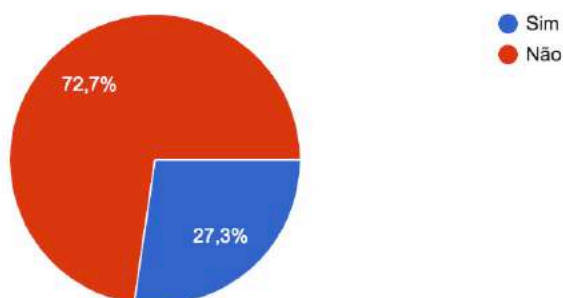
A criança tem interesse em adquirir um violino elétrico?

11 respostas



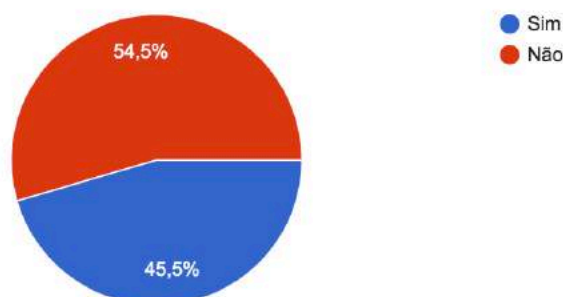
A criança sente dificuldades para entender o conceito de "afinação"?

11 respostas

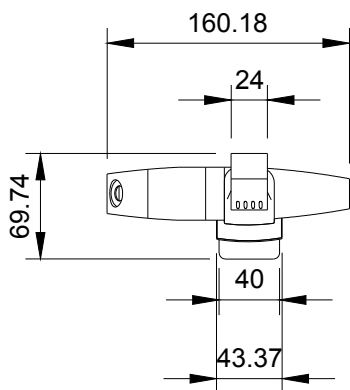
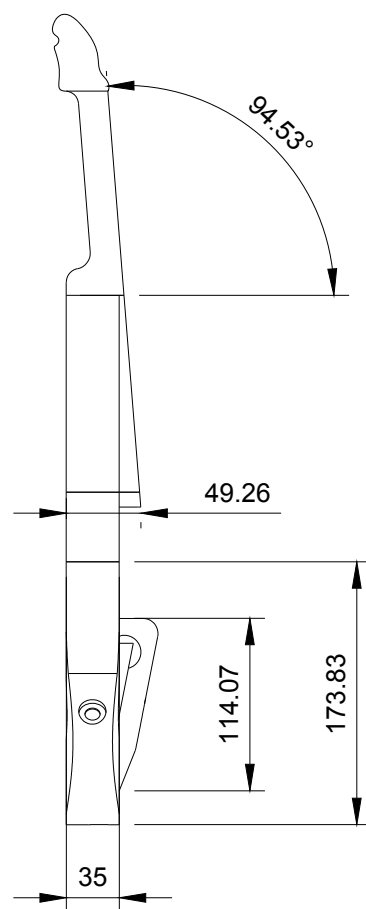
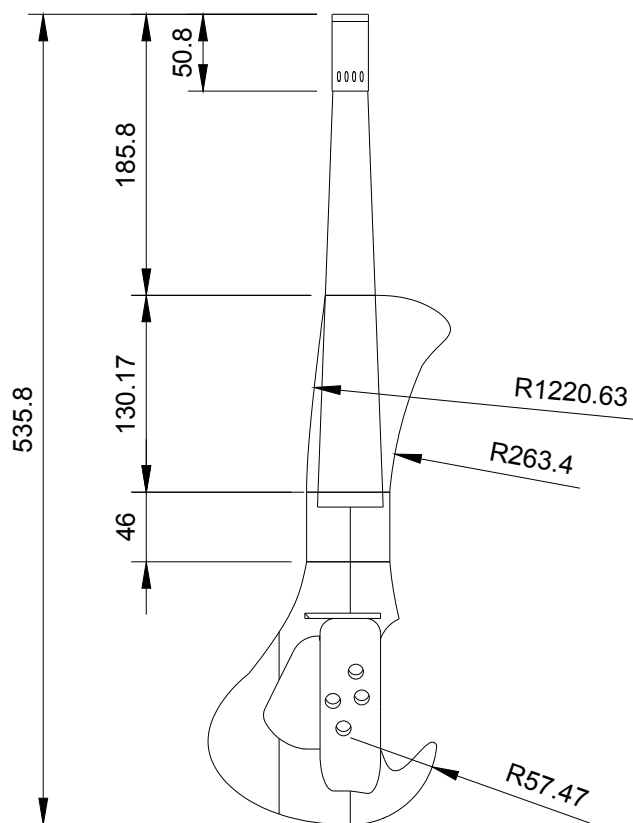


Sente dificuldade para estudar violino sem ajuda?

11 respostas



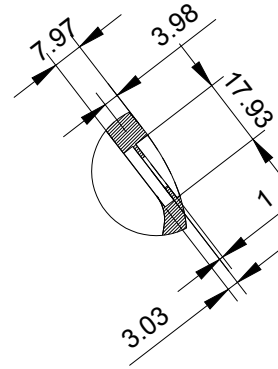
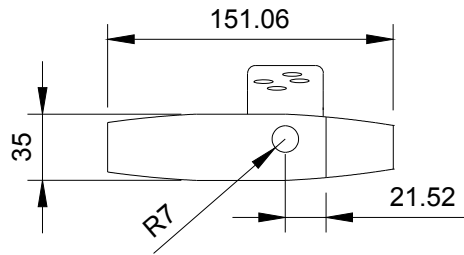
Anexo 2 – Desenho técnico



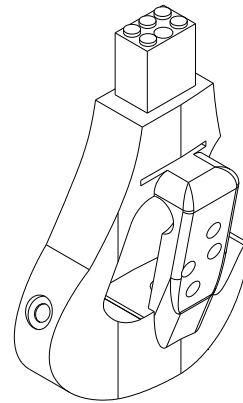
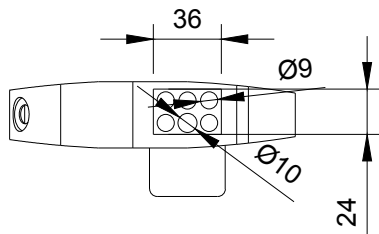
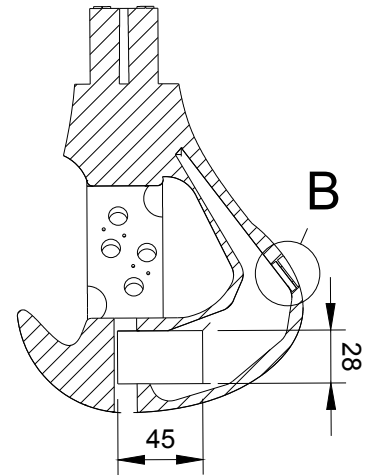
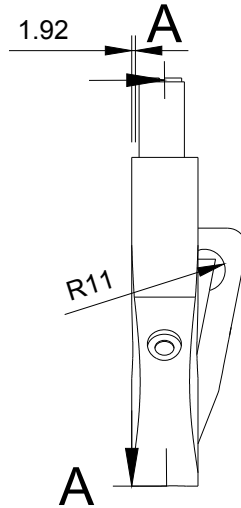
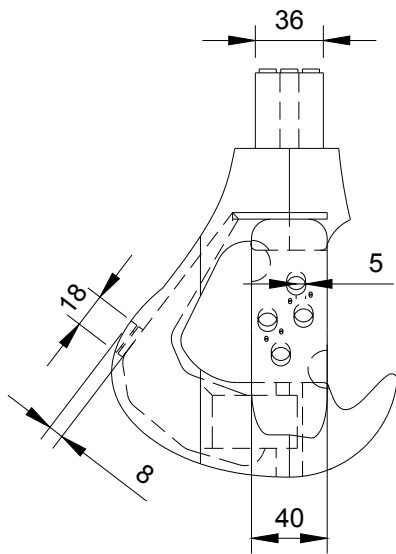
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto	
Título do Projeto: Letrolino	Sistema: corpo		
	Subsistema:		
	Conjunto:		
Autora: Stephanie Taylor Sosa Soren Doyle	Escala: 1:2	Diedro: 1	
Orientador: José Benito	Cotas: mm		
Data: 04/02/2019	Normas: ABNT	Código:	

B (1:2)



A-A (1:4)



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes

Depto. de Desenho Industrial

Curso de Desenho Industrial

Habilitação em Projeto de Produto

Título do Projeto:

Letrolino

Sistema:

corpo

Subsistema:

base

Conjunto:

Autora:

Stephanie Taylor Sosa Soren Doyle

Escala:

1:2

Diedro:

1

Orientador:

José Benito

Cotas:

mm

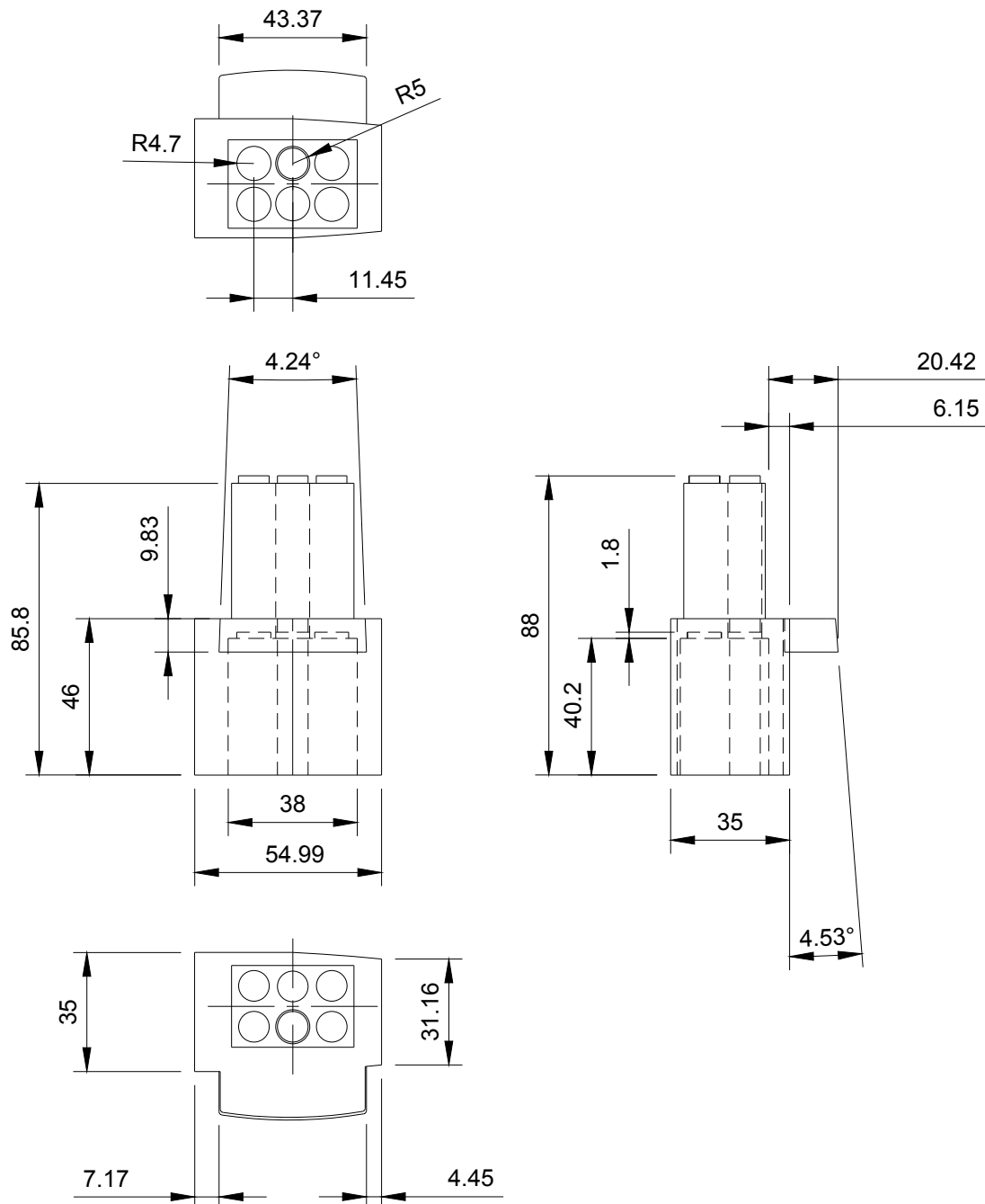
Data:

04/02/2019

Normas:

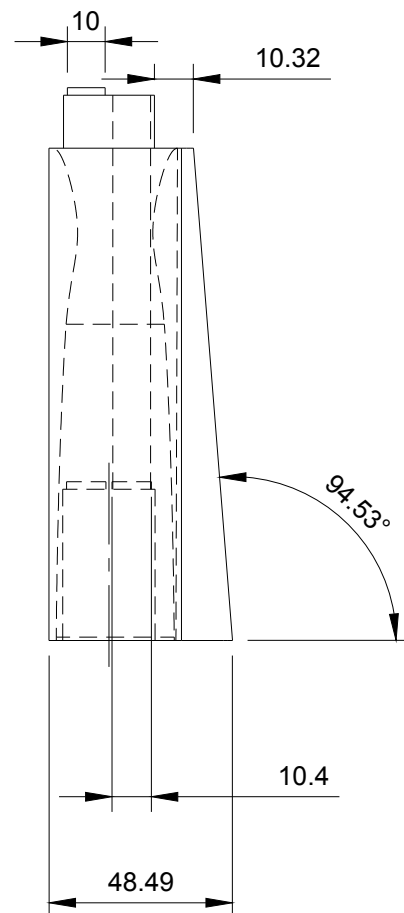
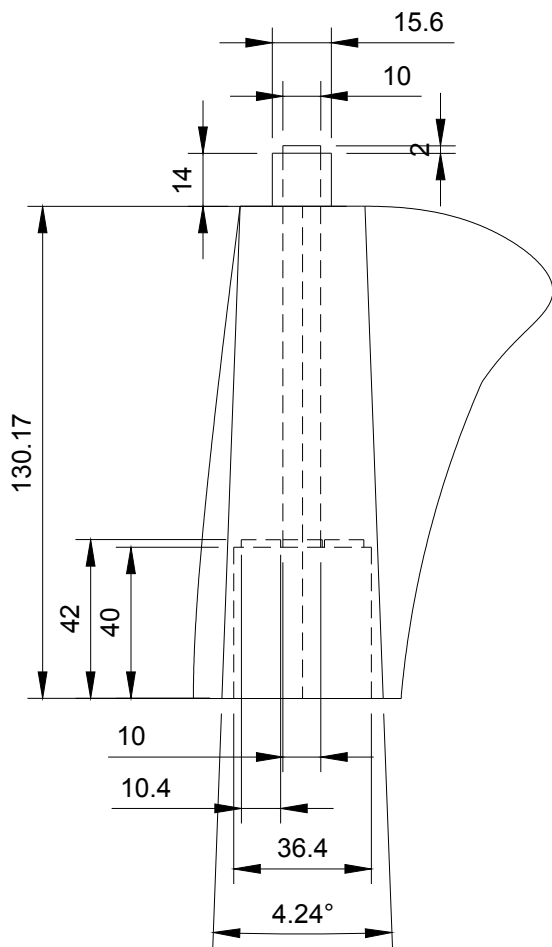
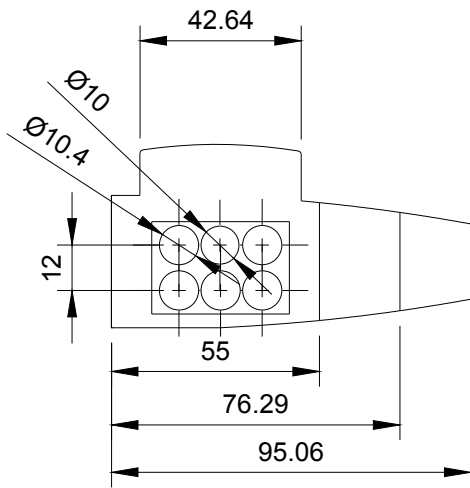
ABNT

Código:



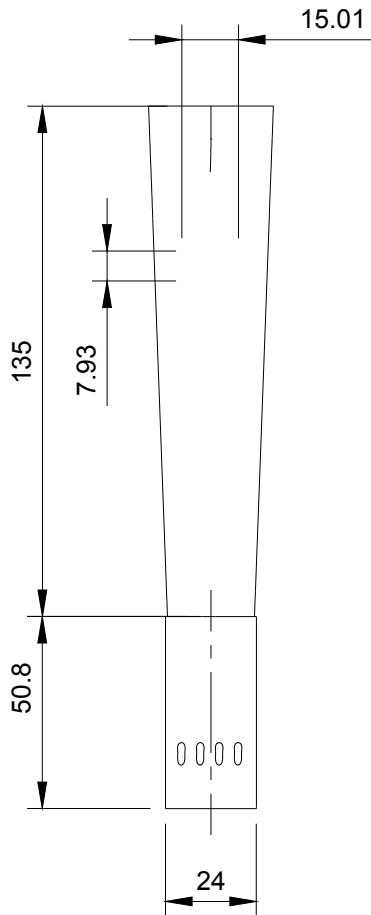
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto	
Título do Projeto: Letrolino	Sistema: corpo		
	Subsistema: bloco extensor		
	Conjunto:		
Autora:	Stephanie Taylor Sosa Soren Doyle	Escala:	1:2
Orientador:	José Benito	Cotas:	mm
Data:	04/02/2019	Normas:	ABNT
		Código:	
			Diedro: 1

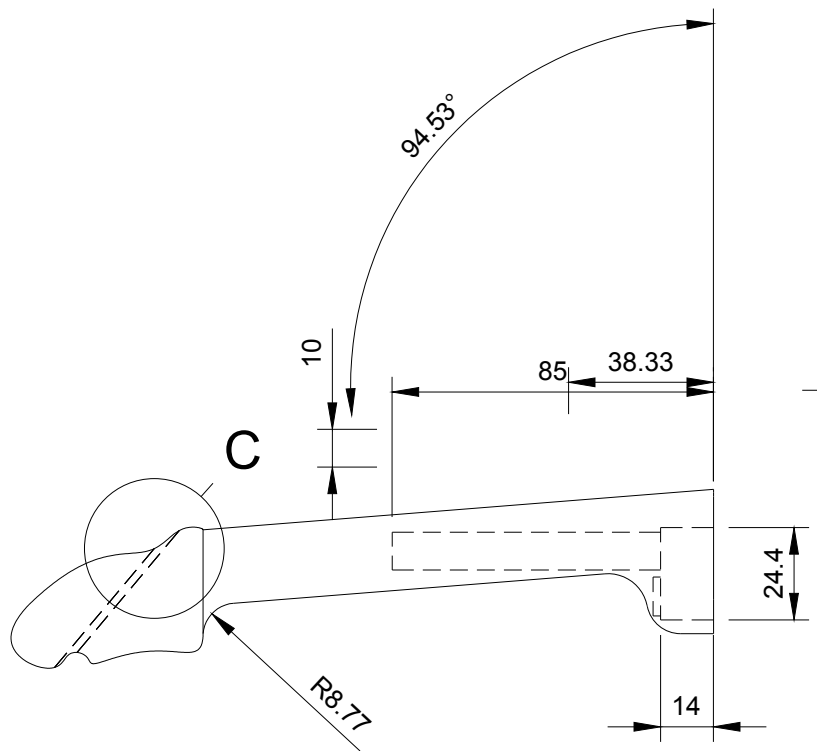
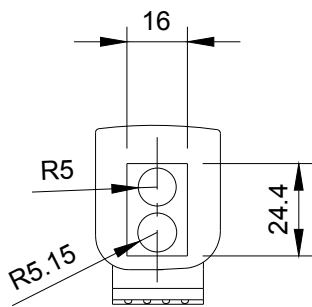
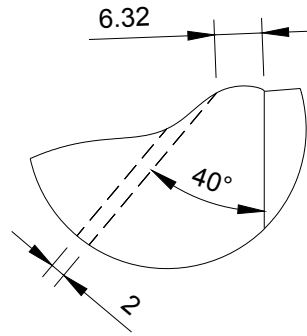


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes		Depto. de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto	
Título do Projeto: Letrolino		Sistema: corpo	
		Subsistema: ombro	
		Conjunto:	
Autora:	Stephanie Taylor Sosa Soren Doyle	Escala:	1:2
Orientador:	José Benito	Cotas:	mm
Data:	04/02/2019	Normas:	ABNT
		Código:	
		Diedro: 1	



C (1:1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes

Depto. de Desenho Industrial

Curso de Desenho Industrial

Habilitação em Projeto de Produto

Título do Projeto:

Letrolino

Sistema:

corpo

Subsistema:

braço

Conjunto:

Autora:

Stephanie Taylor Sosa Soren Doyle

Escala:

1:2

Diedro:

1

Orientador:

José Benito

Cotas:

mm

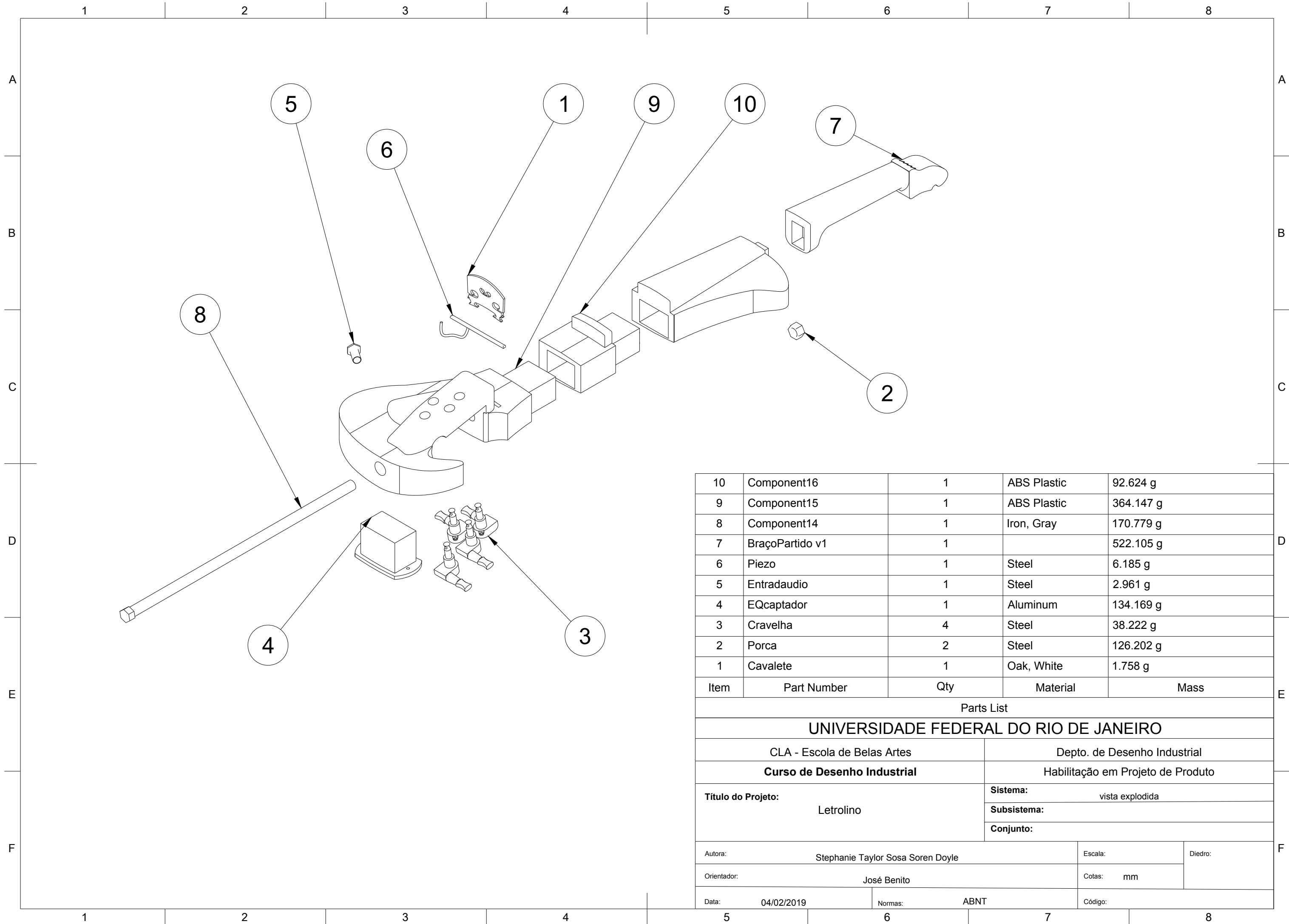
Data:

04/02/2019

Normas:

ABNT

Código:



10	Component16	1	ABS Plastic	92.624 g
9	Component15	1	ABS Plastic	364.147 g
8	Component14	1	Iron, Gray	170.779 g
7	BraçoPartido v1	1		522.105 g
6	Piezo	1	Steel	6.185 g
5	Entradaudio	1	Steel	2.961 g
4	EQcaptador	1	Aluminum	134.169 g
3	Cravelha	4	Steel	38.222 g
2	Porca	2	Steel	126.202 g
1	Cavalete	1	Oak, White	1.758 g
Item	Part Number	Qty	Material	Mass

Parts List

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CLA - Escola de Belas Artes

Depto. de Desenho Industrial

Curso de Desenho Industrial

Habilitação em Projeto de Produto

Título do Projeto:
Letrolino

Sistema:
vista explodida

Subsistema:

Conjunto:

Autora: Stephanie Taylor Sosa Soren Doyle

Escala: Diedro:

Orientador: José Benito

Cotas: mm

Data: 04/02/2019

Normas: ABNT

Código: