

*António José Rocha*

# *Design e desenvolvimento de um violino em compósito de carbono*

Relatório de estágio apresentado à Escola Superior de Artes e Design para a obtenção do grau de Mestre em Design de produto, desenvolvido sob a orientação científica do Prof. Doutor Almiro Coutinho Amorim e co-orientação do Prof. Doutor José António Simões e do Eng.º Júlio Martins.

2012 - 2013  
Mestrado em Design  
Área de especialização: Produto

*Dedico este trabalho à minha família, principalmente ao meus pais e ao meu irmão, que sempre me apoiaram nos momentos mais importantes, bem como nas minhas decisões, a nível pessoal e académico.*



# *resumo*

## *palavras chave*

O presente documento foi elaborado no âmbito da conclusão do mestrado em Design de produto da Escola Superior de Artes e Design - Matosinhos, e tem como base de trabalho o estágio curricular realizado na empresa IDEIA.M entre setembro de 2012 e outubro de 2013.

Desde a sua fundação, a IDEIA.M teve sempre um particular interesse no desenvolvimento de instrumentos musicais em materiais compósitos (um dos seus principais projetos foi o desenvolvimento de uma guitarra elétrica - AVA one). Outro projeto que a empresa pretendia desenvolver consistia na criação de um violino acústico produzido em compósitos de fibra de carbono. Deste modo, foi proposto que fosse desenvolvida uma proposta inovadora para um violino acústico.

Esta proposta criou diferentes tipos de desafios, principalmente a nível formal e acústico. A principal questão era se seria possível manter a perceção de um instrumento musical praticamente "cristalizado" durante mais de 300 anos, em confronto com as possibilidades formais que os polímeros reforçados a fibra de carbono (e consequentemente os métodos de produção) permitem.

A descrição de todo o trabalho desenvolvido durante o estágio curricular é feita sob a forma de relatório de estágio, e visa a demonstração e explicação do processo de desenvolvimento projetual, desde a pesquisa intensiva, passando pela criação do primeiro modelo formal, até à produção de um protótipo, processo esse que levou ao desenvolvimento de um violino acústico inovador, mas que incorpora necessariamente as características de um arquétipo formal e acústico com mais 300 anos de desenvolvimento e sedimentação.

*Design*  
*Inovação*  
*Violino*  
*Compósitos*  
*Arquétipo*

# *abstract*

## *key words*

This document was prepared for the conclusion of the master degree in product design at ESAD - Matosinhos, and is based on the curricular internship made at IDEIA.M, between September of 2012 and October of 2013.

Since its founding, IDEIA.M always had a particular interest in the development of musical instruments in composite materials (one of its main projects was the development of an electric guitar - AVA one - and its brand as well). Another project that the company planned to develop was a new design for an acoustic violin produced in carbon fibre composites. Thus, it was proposed the development of an innovative proposal for an acoustic violin.

This proposal has created different types of challenges, especially at the formal and acoustic domains. The main question was if it would be possible to keep the perception of a musical instrument almost "crystallized" for more than 300 years, in confrontation with the formal possibilities that carbon fiber composites (and its new production methods) allow.

The description of all the work done during the curricular internship is presented as an internship report, and aims to demonstrate and explain the design development process, since the intensive research, until the production of a prototype, process that led to the development of an innovative acoustic violin, that incorporates the characteristics of a formal and acoustic archetype developed and sedimented over more than 300 years.

*Design*

*Innovation*

*Violin*

*Composites*

*Arquetype*

# agradecimentos

Agradeço à minha família, de um modo especial aos meus pais e irmão por toda a compreensão e força que sempre me deram, não só neste projeto, como ao longo do meu percurso académico.

Ao meu orientador e professor, Prof. Doutor Almiro Coutinho Amorim, pelo apoio, incentivo e aconselhamento, tanto a nível do estágio curricular, como ao longo do meu percurso académico.

Ao Prof. Doutor José António Simões pela co-orientação deste projeto, e pelo apoio e interesse demonstrados ao longo de todo o Mestrado.

Aos meus co-orientadores, Eng.º Júlio Martins e Eng.º João Petiz, por me receberem e acolherem para a realização do estágio curricular e pela disponibilidade e interesse que demonstraram por este projeto. Desde já, agradeço também aos restantes colaboradores da IDEIA.M (Pedro Oliveira, Emanuel Dias, Gonçalo Lozano e Eduardo Gonçalves) pela ajuda e colaboração no desenvolvimento do projeto.

Aos meus amigos, principalmente à Juliana Carvalho, Eduardo Tavares e Inês Lapa, que sempre me apoiaram e revelaram um grande interesse em participar e contribuir para o meu projeto.

Aos professores Diogo Novo Carvalho, Vera Sousa, Ricardo Mota e João Costa pelos contributos, referências e opiniões fornecidas ao longo deste projeto.

Aos construtores de instrumentos musicais Eng.º Domingos Capela e António Vinhas pela colaboração e suporte para a construção dos protótipos.

À Wittner GmbH & Co. pelo interesse, suporte fornecido e pelas cravelhas gentilmente oferecidas para o protótipo funcional.

A todos, o meu sincero obrigado.

# índice

<b>14</b>	Glossário
<b>16</b>	Prefácio
<b>20</b>	Caracterização do estágio
<b>22</b>	IDEIA.M
<b>26</b>	Projeto de estágio
<b>27</b>	Brief
<b>30</b>	Caracterização e história do violino
<b>32</b>	Contextualização do violino
<b>39</b>	Experiências
<b>46</b>	O violino em Portugal
<b>49</b>	Breve observação do mercado
<b>50</b>	Luis & Clark, Mezzo-forte e Qarbonia
<b>52</b>	Oferta e preços da concorrência
<b>54</b>	Análise crítica
<b>56</b>	Desenvolvimento de um protótipo
<b>58</b>	Metodologia projetual
<b>62</b>	Materiais e propriedades
<b>64</b>	Desenvolvimento de um modelo de volume
<b>69</b>	Desenvolvimento CAD do violino
<b>81</b>	Peças de referências para os moldes
<b>84</b>	Produção de moldes
<b>87</b>	Criação de um protótipo formal
<b>96</b>	Criação do protótipo funcional
<b>98</b>	Produção dos componentes
<b>110</b>	Previsão de atividades futuras
<b>112</b>	Considerações finais
<b>116</b>	Referências e lista de figuras
<b>128</b>	Anexos

# glossário

*Breather*: É uma manta, utilizada no processamento de materiais compósitos. Esta manta é colocada depois da película desmoldante do laminado, e antes de a peça recém-laminada ir a vácuo. A sua principal função é criar um corredor permeável ao ar, para este ser sugado em vácuo, mas também para absorver os excessos de resina.

CAD: Iniciais de *Computer Aided Design*. Traduzindo para português significa desenho assistido por computador.

CAE: Iniciais de *Computer Aided Engineering*. Traduz-se na utilização de software especializado para o desenvolvimento de engenharia.

CAM: Iniciais de *Computer Aided Manufacturing*. Este é um processo utilizado para produzir peças, assistido por computador. Processos como o CNC, que utilizam controladores numéricos, podem ser considerados como CAM.

CEO: Iniciais de *Chief Executive Officer*. Em ambiente empresarial, este é o cargo diretor executivo da empresa.

CNC: Significa *computer numeric control*. Traduzindo para português significa controlo numérico por computador.

Cordofones: Instrumentos musicais em que o som é produzido por uma corda sobre tensão (Infopédia, 2013).

CTO: Iniciais de *Chief Technical Officer*. Em ambiente empresarial, o CTO é o responsável máximo nas funções de cariz tecnológico.

*Hand lay-up molding*: Consiste na aplicação manual da matriz do material compósito dentro do molde. Posteriormente, esta matriz é posteriormente saturada com uma resina (poliéster ou *epoxy*, principalmente).

HPL: Iniciais de um material chamado *High Pressure Laminate* (laminado de alta pressão). Este material é frequentemente encontrado em painéis fenólicos.

MDF: Iniciais de *Medium Density Fiberboard*. Este é um material derivado da madeira que consiste na junção de fibras de madeira com resinas sintéticas.

*Peel Ply*: É um material (ou película) utilizado no processamento de materiais compósitos. O *peel ply* é colocado depois de o laminado ter sido criado. É responsável por conferir um acabamento regular à superfície interior do laminado, e ajuda na compactação das fibras.

*Render*: Representação fotorealista de um objeto desenvolvido em CAD 3D.

Tessitura: Extensão total, desde a nota mais grave à mais aguda, abrangida pela voz humana ou por um instrumento musical (Infopédia, 2013).

*Twill weave*: É um dos tipos de orientação para as fibras dos materiais compósitos. Este tipo de matriz é caracterizado por um ou mais filamentos de fibra que se passam por baixo ou por cima de dois ou mais filamentos, sendo que este padrão é repetido ao longo de toda a tela de fibra.



*prefácio*

Enquanto objetivo pessoal académico e profissional, o mestrado foi encarado como uma oportunidade de consolidar e desenvolver competências necessárias a um designer. Assim sendo, o grau de mestre era algo desejável e imprescindível. Neste contexto, a possibilidade de desenvolvimento de um estágio curricular é encarada como uma experiência única de aprendizagem e contacto com o universo profissional. O estágio desenvolvido na IDEIA.M possibilitou, sem dúvida, a aplicação de conhecimentos e o desenvolvimento profissional como designer, revelando-se uma mais valia e um suporte fundamental à obtenção do grau de mestre em Design de produto. O estágio curricular foi desenvolvido entre setembro de 2012 e outubro de 2013, pelo que é necessário enfatizar a disponibilidade da empresa para enquadrar um projeto num período que excede as 450 horas obrigatórias num estágio de mestrado.

O presente relatório foi dividido em seis capítulos (prefácio, caracterização do estágio, caracterização e história do violino, desenvolvimento de um protótipo, criação do protótipo final e considerações finais) de modo a descrever de forma completa as fases de desenvolvimento e as atividades realizadas durante o projeto.

A escolha do propósito do estágio partiu de uma sugestão da instituição de acolhimento, visto que a vontade de desenvolver um violino acústico fazia parte dos planos da empresa. Assim sendo, o projeto foi atribuído ao estagiário como núcleo do seu estágio e relatório académico. Partiu também de uma sugestão da IDEIA.M a escolha da fibra de carbono como material de construção para o violino, visto que já tinham desenvolvido instrumentos musicais nesse material, aliado ao facto de possuírem o conhecimento e tecnologias necessárias à produção do violino.

Assim sendo, ficou definido que o propósito do estágio curricular seria o design e desenvolvimento de um violino acústico produzido em polímero reforçado com fibra de carbono (CFRP).

Depois de definido o tema e o propósito do estágio curricular, foi realizada investigação (a vários níveis) no sentido de contextualizar e analisar o objeto de estudo, para se encontrar uma abordagem possível, de carácter contemporâneo, para o presente projeto de design.

Ao desenvolver uma nova proposta para um violino acústico, é importante considerar e ponderar algumas condicionantes prévias à investigação e ao seu desenvolvimento. O violino é um instrumento musical que evoluiu ao longo dos séculos, graças a grandes construtores como Amati e Stradivari, tornando-se um arquétipo formal e materialmente estável. A sua popularidade é também evidente, visto que é utilizado em vários contextos, desde a música erudita, interpretada por grandes orquestras e por músicos (profissionais e amadores), até à música pop, o que também revela que existe uma grande diversidade de utilizadores (desde os mais experimentalistas até aos mais conservadores). Tendo isto em conta, o objetivo principal deste projeto foi desenvolver, ao nível do design, uma solução contemporânea para o violino, que incorpore em si o espírito do arquétipo formal profundamente enraizado, e que seja capaz de agradar a um público experimentalista, mas também ao utilizador mais conservador.

Visto que este é um projeto de estágio, existem também outros fatores que devem ser analisados, de modo a compreender melhor a estrutura da empresa de acolhimento. A descrição da empresa, bem como dos seus principais valores, a análise do modelo de negócios e a criação

de um cronograma, são alguns dos elementos caracterizadores a desenvolver.

No contexto deste projeto, é também importante referir o papel que a tecnologia tem na criação do design. Nos dias de hoje, as tecnologias de modelação CAD 3D, prototipagem rápida, maquinaria CNC, entre outras, permitem ao designer controlar e simular o que desenha no papel, ou seja, visualizar virtualmente os seus objetos, e produzi-los com um grande rigor dimensional. A utilização de tais tecnologias neste projeto, possibilita a criação rápida de protótipos intermédios, que permitem a constante comparação e avaliação dos mesmos, bem como a correção de eventuais falhas. Este foi um fator importante para a evolução do projeto.

A opinião do utilizador é também um fator importante para este projeto. Tal como foi referido anteriormente, existe uma grande diversidade de utilizadores (e utilizações) do violino, fazendo com que se torne quase impraticável estudar um universo tão vasto. Deste modo, foi adotada uma metodologia de investigação intensiva, através de um pequeno grupo de utilizadores. Este grupo é composto por interlocutores e/ou *players* válidos com diferentes contextos de utilização do violino, como alunos, professores, músicos profissionais e construtores de instrumentos musicais. Este método irá fazer com que o projeto seja alvo de opiniões e de um acompanhamento regular.

O presente relatório de estágio pretende ilustrar todo o processo de design e desenvolvimento do projeto (bem como todas as atividades desenvolvidas), de um modo completo e esclarecedor, abordando não só os fatores que foram referidos, mas também outros de particular interesse, enquanto experiência em ambiente empresarial e profissional.



*caracterização  
do estágio*

# ideia.m

A IDEIA.M é uma empresa de Design e Engenharia de produto, especializada em tecnologias e materiais avançados, promovendo assim a inovação em cada novo produto. Esta é uma empresa que integra o design e a engenharia na criação de projetos, desenvolvendo conceitos inovadores e criativos, mas também realizando estudos avançados para estruturas dinâmicas, permitindo assim um desenvolvimento mais aprofundado e integrado dos projetos, fazendo com que estes sejam corretamente desenvolvidos e coerentes com a evolução social e tecnológica.

Relativamente aos materiais e tecnologias utilizadas, pode perceber-se que há uma preocupação em utilizar materiais eficazes, sendo que os materiais compósitos (fibra de carbono, fibra de vidro, entre outros) são frequentemente encarados como uma boa solução, devido à sua relação peso/resistência (entre outras características). Apesar da especialização em materiais avançados, a IDEIA.M também possui um grande interesse na criação de peças em cortiça, material nacional por excelência e com grande potencial. Para a criação dos seus projetos, a IDEIA.M tem ao dispor diversas tecnologias, como software CAD 3D (para a modelação e visualização dos objetos), impressão 3D em ABS, digitalização 3D, fresadora CNC a 3 eixos, maquinaria a 5 eixos, sistemas de pintura e vácuo, permitindo assim o desenvolvimento e concretização dos projetos, desde os primeiros *sketches*, até ao produto final.

É também importante realçar que manter uma atividade contínua de investigação e desenvolvimento é essencial para a IDEIA.M, visando acompanhar as tendências e a evolução tecnológica, para além de proporcionar cada vez mais e melhores serviços aos seus clientes.

Em relação à sua história, a IDEIA.M foi criada em março de 2008, pelos seus sócios fundadores - Júlio Martins (CEO)

e João Petiz (CTO) - e está atualmente sediada na UPTEC - Parque de Ciência e Tecnologia da Universidade do Porto. Júlio Martins é licenciado em Engenharia Mecânica pela FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, e possui o curso avançado de construção e execução de instrumentos musicais (CISM, Itália, 2006), bem como o curso de estudos avançados em design e desenvolvimento de produto (FEUP, 2010/2011). João Petiz possui o grau de mestre em Engenharia Mecânica da FEUP, tendo também realizado ERASMUS na *Teschnische Universität Darmstadt* (Alemanha, 2004/2005). Para além dos seus sócios-fundadores, a IDEIA.M é constituída por Pedro Oliveira (responsável pelo laboratório de prototipagem e produção da empresa), Eduardo Gonçalves (designer de produto) e Emanuel Dias (designer de produto), sendo que estes dois últimos obtiveram o grau académico de mestre na ESAD - Matosinhos.

Em termos de experiência, a IDEIA.M possui um vasto *know-how* relativamente a diversas áreas do desenvolvimento do produto, sendo que este fator contribui para a versatilidade de trabalhos desenvolvidos pela empresa. A IDEIA.M tem vindo a desenvolver projetos na área dos instrumentos musicais (tendo desenvolvido uma guitarra elétrica em compósito de fibra de carbono, sendo que este produto permitiu a criação de uma marca - AVA - dedicada à produção de guitarras em fibra de carbono), e tem vindo a intervir também na aeronáutica (nesta área foi desenvolvida uma aeronave ultraligeira, movida a motor, com capacidade para 2 tripulantes, integralmente em materiais compósitos), equipamento urbano, construção civil (desenvolvimento de perfis em fibra de vidro para janelas), desenvolvimento de dispositivos laboratoriais, criação de equipamentos domésticos, robótica e design de mobiliário. Esta diversidade de projetos demonstra a versatilidade da empresa.

A IDEIA.M possui um processo de inovação criativa bem definido, que permite a gestão do processo de design e desenvolvimento do produto, garantindo a evolução do projeto de forma sistemática, integrando-se perfeitamente com as principais áreas de atividade da empresa. As fases do processo de inovação criativa são as seguintes:

- **Observação** (Investigação criativa, análises de mercado e estudos de viabilidade);
- **Conceito** (Definição do conceito do produto e criação de *briefing*, *brainstorming*, *mindmapping*, etc.);
- **Desenvolvimento** (Criação de *sketching* manual/digital, *rendering*, estudos de executabilidade, prototipagem);
- **Engenharia** (Conceção de CAD/CAE, verificação da legislação e restrições, verificação de homologações);
- **Prototipagem** (Criação de modelos funcionais, prototipagem rápida 3D e criação de testes e refinamento do projeto);
- **Validação** (Ensaio mecânicos, preparação para produção, *Benchmarking*, testes com utilizador);
- **Comunicação** (Criação de grafismos e embalagem, rotulagem e criação do manual de utilização);
- **Produção** (Gestão de produção, pós-produção (melhoria contínua do produto), avaliação de custos, definição de ferramentas e moldes, definição de linhas de produção, e definição do ciclo de vida do produto).

O desenvolvimento de projetos internos da IDEIA.M levou à criação de algumas marcas referentes a diferentes tipos de produtos. As marcas criadas dentro da própria IDEIA.M foram a **AVA** (marca relativa à guitarra elétrica produzida em compósito de fibra de carbono), a **OXIO LabTools** (correspondente ao desenvolvimento de tecnologias laboratoriais para química analítica), a **MEKK racing technologies** (projeta e produz componentes em fibra de carbono para competição automóvel) e mais recentemente, **Casal Vadio** e **Douro Creative Studio** (design de produto).

ÁREA	PROJETO	MARCA
<b>Instrumentos musicais</b>	Desenvolvimento e produção de uma guitarra elétrica em compósito de fibra de carbono - <b>AVA one.</b>	<b>AVA guitars</b> ( <a href="http://www.avaguitars.com">http://www.avaguitars.com</a> )
<b>Competição automóvel</b>	Criação de componentes para a competição automóvel.	<b>MEKK racing technologies</b> ( <a href="http://mekkracing.com">http://mekkracing.com</a> )
<b>Equipamento laboratorial</b>	Desenvolvimento de tecnologias laboratoriais para química analítica.	<b>OXIO Lab Tools</b> ( <a href="http://www.ideiam.com/labtools">http://www.ideiam.com/labtools</a> )
<b>Transportes</b>	Desenvolvimento de uma bicicleta elétrica e uma doca para um sistema de <i>bike sharing</i> - <b>E-bike Sharing.</b>	
	Design e desenvolvimento de uma <i>trike</i> .	
<b>Design de Produto</b>	Design de produtos inovadores e atraentes, produzidos com diversos materiais, desde a cortiça aos compósitos de fibra de carbono.	<b>DCS - Douro Creative Studio</b> ( <a href="http://www.dourocreativestudio.com">http://www.dourocreativestudio.com</a> )
	Design e desenvolvimento de objetos produzidos em cortiça.	<b>Casal Vadio</b> ( <a href="http://www.casalvadio.com">http://www.casalvadio.com</a> )

ÁREA	PROJETO
<b>Aeronáutica</b>	Design e desenvolvimento de aeronaves tripuladas, de categoria ultraligeira.
<b>Robótica</b>	Design e desenvolvimento de plataformas para veículos autónomos não tripulados.
<b>Energia eólica</b>	Desenvolvimento e produção de geradores de energia eólica.
<b>Equipamento laboratorial</b>	Desenvolvimento de equipamento e mobiliário para laboratórios de análises.
<b>Equipamento urbano</b>	Design e desenvolvimento de quiosques e mobiliário para exterior.
<b>Construção civil</b>	Design e desenvolvimento de perfis para caixilharia de janelas em materiais compósitos.

# projeto de estágio

O estágio desenvolvido na IDEIA.M foi desde o início encarado como uma forma de consolidar conhecimentos e desenvolver um projeto e competências na área de Design de produto, mas também como uma oportunidade de ter um contacto mais próximo com a realidade profissional. Este contacto mostrou-se ainda mais importante numa empresa em que o design de produto e a engenharia se complementam na criação de projetos, e onde é possível trabalhar com tecnologias e métodos de produção avançados. Isto traduz-se numa experiência pre-profissional muito enriquecedora e importante. Para além disso, o estágio foi desenvolvido num ambiente motivador, colaborativo e muito acolhedor, visto que todos os membros da empresa estiveram sempre disponíveis para participar e colaborar nas diversas etapas do projeto, fazendo regularmente críticas construtivas e, se necessário, sugerindo novas soluções. “Enquanto num coletivo o indivíduo pode “pegar” nas associações e ideias de outros, a pessoa isolada está sozinha com as suas reflexões (...) Quando várias pessoas se unem, aumenta automaticamente o potencial criativo” (Tschimmel, 2011, p.40). Este tipo de ambiente empresarial é muito importante no contexto de um estágio, não só para a integração do estagiário na empresa, mas também para o sucesso e dinâmica do projeto.

As primeiras conversas com os sócios fundadores da empresa, tiveram como objetivo uma breve apresentação da empresa (filosofia, tecnologia disponível, projetos), do candidato a estágio, e também a definição do tema do estágio curricular. Em conversas anteriores com outras pessoas acerca da guitarra elétrica AVA, foi surgindo a ideia e o interesse de desenvolver um violino em fibra de carbono. Para além disso, um dos interesses comuns entre sócios fundadores e estagiário era a música. Este último, além de frequentar aulas e integrar grupos musicais, tinha

um interesse particular por este instrumento dentro da expressão musical. Assim sendo, o desenvolvimento de um violino acústico foi considerado como uma oportunidade motivadora e interessante, tanto para o estagiário como para a IDEIA.M, e foi proposto pela empresa que este fosse o tema do estágio curricular. Definido o tema, foi necessário definir os principais objetivos a atingir. Os pressupostos deste projeto foram os seguintes:

- Desenhar uma solução para o violino acústico, com uma linguagem formal inovadora e apelativa, capaz de se diferenciar dos violinos produzidos atualmente;
- O principal material de produção seria o compósito de fibra de carbono;
- Se possível, desenhar uma queixeira para o violino;
- Como objetivo secundário (em caso de haver tempo), foi proposto que fosse desenhada uma proposta para a caixa do violino.

Depois de ser definido o propósito do estágio, bem como os seus objetivos, procedeu-se à recolha de opiniões de violinistas sobre o novo instrumento, bem como as suas expectativas em relação a possíveis alterações (com base num breve questionário, sem valor científico, distribuído a um número restrito de profissionais e alunos de violino com formação avançada). Pretendia-se obter a opinião de outros *players*, como construtores, compositores, etc., como o objetivo de enquadrar e definir uma abordagem formal e objetiva para o projeto, numa perspetiva de design centrado no utilizador.

(...) o design centrado no utilizador pode fornecer uma orientação que promove uma apreciação mais profunda das necessidades dos utilizadores e do que tem valor para os clientes. A sensibilidade para os aspetos subjacentes às reações do cliente/utilizador para os produtos pode ter um impacto significativo tanto na direção do desenvolvimento do produto, como no eventual sucesso do produto final (Mozota & Veryzer, 2005, p.132).

## brief

Dada a grande diversidade de contextos de utilização do violino clássico, e conseqüentemente, a dificuldade (ou mesmo impossibilidade) de traçar um perfil comum a todos os violinistas, foi desenvolvido um inquérito para uma definição mais objetiva da abordagem a adotar.

Este inquérito (ver anexos) foi distribuído a um número restrito de alunos (com uma boa formação) e profissionais de violino, de modo a que se pudesse perceber as opiniões de alguns violinistas sobre o instrumento e o seu aspeto formal, bem como as suas expectativas em relação a possíveis alterações no violino. A sua opinião era uma forma de definir uma possível abordagem para o projeto, baseada não apenas num ponto de vista pessoal. Tschimmel (2011) refere que a diferença entre uma pessoa e um grupo não é apenas o maior número de ideias, opiniões e perspetivas, mas também uma nova dinâmica, que se revela influenciadora no processo criativo e, conseqüentemente, no seu resultado.

Depois de terem sido recolhidos, os questionários foram analisados de modo a tentar encontrar padrões de opinião que encaminhassem o projeto numa dada

orientação, ou seja, um caminho de inovação. Esta análise permitiu que fossem retiradas algumas conclusões:

- Grande parte dos inquiridos gosta da forma e tamanho atuais do violino;
- Foi frequentemente referido que a queixeira do violino não é muito confortável, e que a forma ou o material da queixeira poderiam ser alterados de modo a proporcionar maior conforto ao instrumentista;
- Ao nível da personalização do violino não existe consenso. Alguns dos inquiridos preferiam o violino em cores mais escuras, enquanto outros preferiam o violino em tonalidades mais claras. No entanto, as tonalidades mais escuras (nomeadamente o preto) são as mais referidas;
- Grande parte dos inquiridos não conhece violinos feitos noutros materiais. Apesar disso, todos os inquiridos conhecem os violinos elétricos.

Dado a que existe um grande consenso em relação à forma e som do violino, **optar por uma linguagem formal muito distante do arquétipo que permanece praticamente inalterado desde o séc. XVIII, além de poder ser algo arriscado, poderia também traduzir-se num objeto que não fosse identificado como um violino.** De facto, "(...) o possível-pensável pode produzir o novo, pode afastar-se do existente e até negá-lo. Não pode, no entanto, prescindir do que existe: o existente é o núcleo no qual se forma o pensamento criativo e onde este vai buscar o estímulo." (Manzini, 1993, p.52)

O design centrado no utilizador desempenha outro papel no processo de design através de uma compreensão cognitiva e dos processos de comportamentais (...) Produtos como as motos Harley Davidson, os automóveis Ferrari, as cadeiras Eames e os computadores da Apple, parecem estar imbuídos de uma natureza ou qualidade que vai para além dos materiais em que cada um é construído (...) o que é importante para o consumidor não são os bens por si só mas o seu potencial de providenciar uma relação (...) A estética no nosso mundo pós-moderno é por vezes entendida como emoções partilhadas, e o produto como "objeto de culto" (...) A natureza abrangente do design centrado no utilizador é particularmente adequada para ajudar a criar novos produtos que vão conciliar o paradoxo da necessidade de excitação e prazer com a necessidade das pessoas de relacionar os produtos que encontram aos padrões cerebrais existentes para que possam estar confortáveis com uma inovação (...) O design de uma inovação é mais facilmente integrado na mente e na vida das pessoas quando desenvolvido para evocar um vocabulário vivencial partilhado e um entendimento pré-existente (Mozota & Veryzer, 2005, pp. 137-138).

Assim sendo, a linguagem formal do projeto foi orientada no sentido de introduzir algumas alterações a nível estético em relação ao violino "clássico", sem alterar demasiado a sua essência, de modo a que o novo produto seja facilmente reconhecido como um violino. Deste modo, seria possível agrandar a um público conservador, mas também aos violinistas mais experimentalistas e inovadores.

A black and white close-up photograph of a violin. The image focuses on the body, showing the f-hole on the left, the bridge in the center, and the tailpiece with strings on the right. The wood grain is clearly visible. A semi-transparent grey rectangle is overlaid on the lower right portion of the image, containing the title text.

*caracterização  
e história do violino*

# contextualização do violino

O violino é um instrumento musical, pertencente à família dos instrumentos de corda friccionada (também conhecida por cordofones friccionados), sendo o instrumento mais pequeno desta “família” (constituída também pela viola d’arco, violoncelo, e contrabaixo). O som é produzido pela ação de friccionar as cerdas do arco de madeira sobre as cordas, mas também pode ser obtido por outros métodos, como por exemplo, beliscando ou dedilhando as cordas (pizzicato), entre outros. O violino possui 4 cordas, de diferentes espessuras, sendo que a cada uma delas corresponde uma nota musical, Sol, Ré, Lá e Mi (desde a mais grave à mais aguda, respetivamente), que permitem uma grande tessitura, ou seja, um vasto leque de notas que podem ser tocadas (ver figuras 4 e 5). É provavelmente um dos instrumentos musicais mais famosos e tocados no mundo, não só devido ao facto de ser o instrumento principal da orquestra clássica, mas também por ser muito versátil musicalmente, sendo utilizado em diversos géneros musicais (música erudita, jazz, folk, pop, rock, etc.) e contextos (profissional, aprendizagem, *hobby*, etc.), e pela sua

forma muito característica, praticamente inalterada desde o séc.XVIII.

Não existe um consenso geral acerca do ano exato de origem do violino e quem foi o seu criador, mas sabe-se a que época em que foi criado, e alguns dos primeiros construtores. Segundo Henrique (1999), o violino terá surgido na primeira metade do séc.XVI, altura em que os instrumentos de corda friccionada mais importantes eram a rabeca, a *lira da braccio* e a viela renascentista (ver figuras 1, 2 e 3). Estes instrumentos, para além de serem os antecessores medievais e renascentistas do violino, apresentam algumas características do violino como a posição do instrumento (apoiado sobre o ombro), a afinação e o modo de pegar no arco.

Para além disso, o violino surge representado em algumas obras do pintor italiano Gaudenzio Ferrari (1480-1546), o que é considerado a primeira referência histórica ao novo instrumento. Brito e Brito (2009) referem que Gasparo de Saló (1540-1609) terá sido o primeiro construtor a ter êxito na construção do violino, sendo que o seu modelo foi me-



1 | Viela renascentista



2 | Rabeca renascentista

lhorado e chegou à forma clássica pelas mãos do construtor Nicolo Amati (1596-1684). As capacidades do violino fizeram com que este acabasse por se afirmar no contexto da música barroca, conduzindo o instrumento à fama.

Foi durante os séculos XVII e XVIII que a técnica e qualidade de construção do violino atingiram o ponto máximo, graças ao enorme contributo de construtores como Andrea Guarneri, Jacob Stainer, e António Stradivari. Este último nome é provavelmente o expoente máximo da história da construção do violino. Quando se fala deste instrumento, o nome “Stradivarius” é frequentemente associado, como um exemplo (se não o maior exemplo) de qualidade e beleza formal e sonora. No entanto, o segredo para a qualidade dos instrumentos musicais produzidos por Stradivari (violinos, violoncelos e violas d’arco) permanece um mistério, apesar dos testes e teorias que são desenvolvidas em relação a estes instrumentos. Apesar de este ter sido o momento máximo da construção do violino, continuaram a ser construídos violinos de grande qualidade, não só em Itália mas também em outros países, como Portugal, França, Austria e Inglaterra. Segundo Henrique (1999), durante os séc. XVIII e XIX destaca-se o trabalho dos construtores franceses Nicolas Lupot (1758-1824), Jean-Baptiste Vuillaume (1798-1875) e dos portugueses José Galvão e A. Sanhudo.



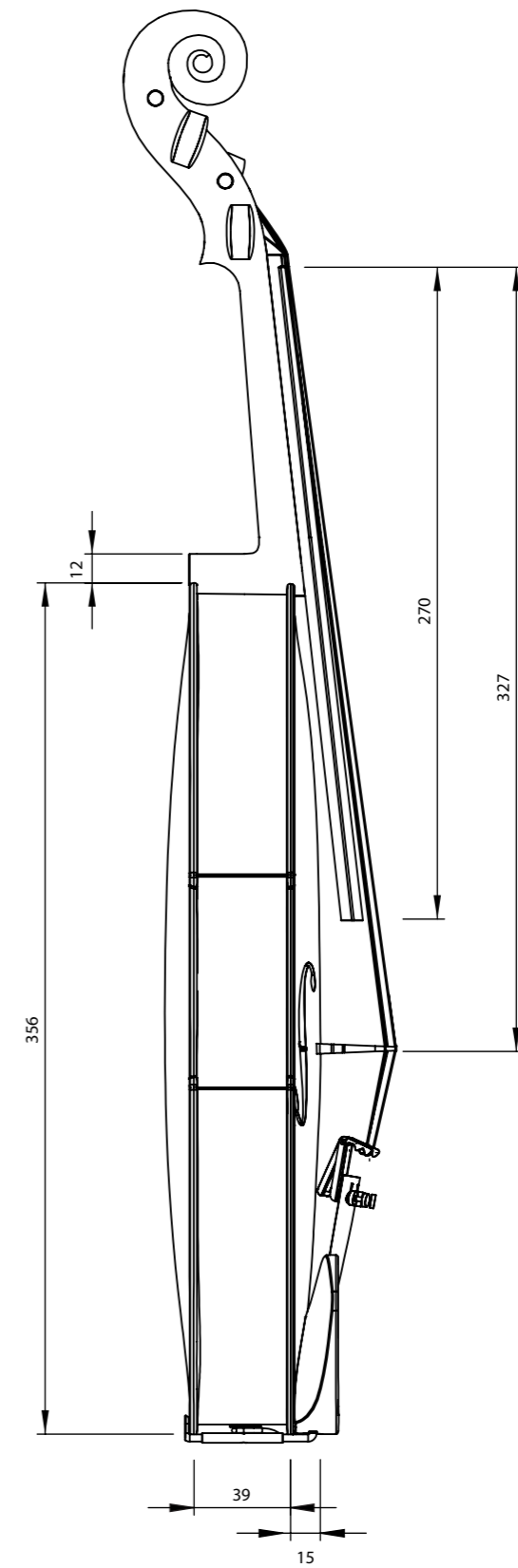
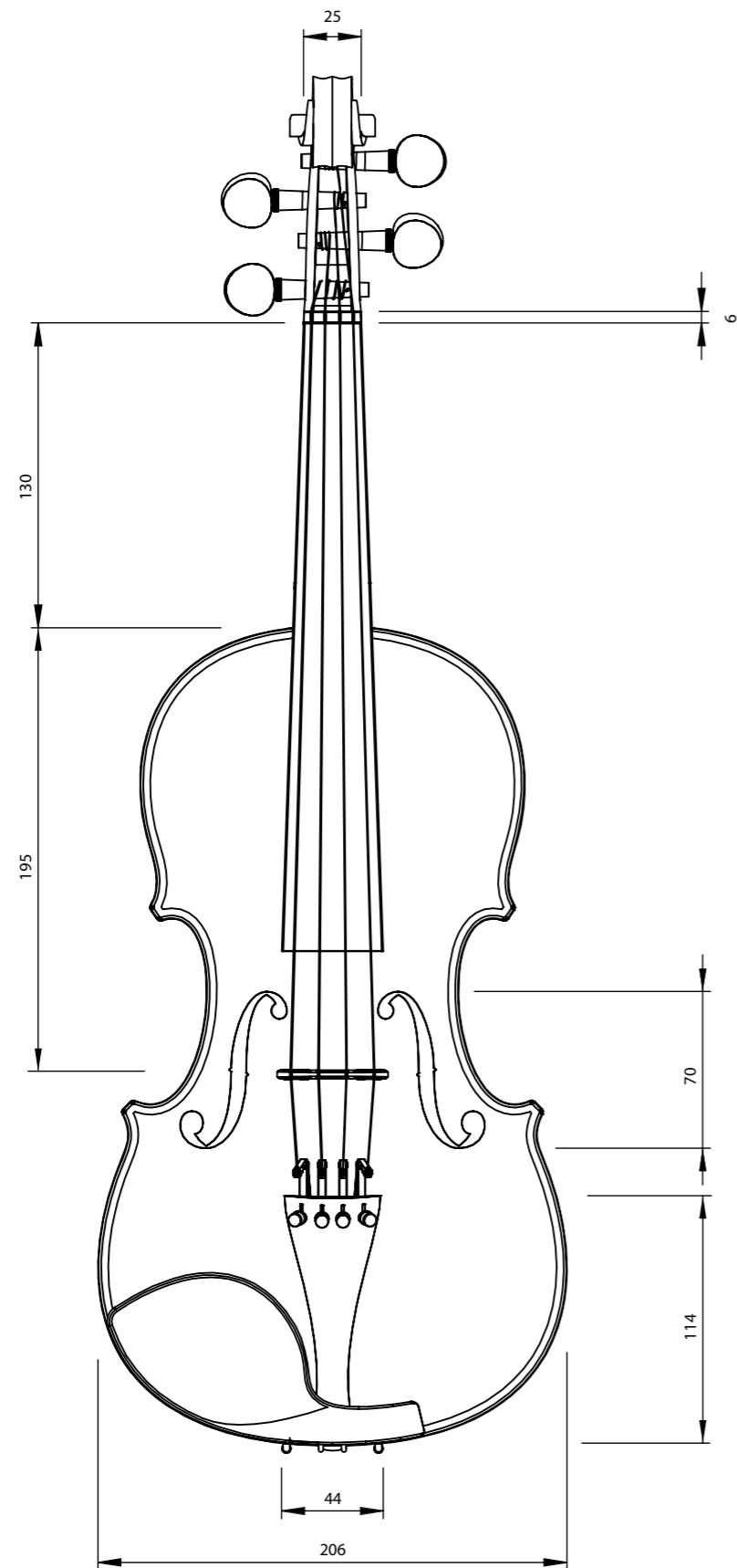
3 | Lira da braccio



4 | levantamento dos principais componentes do violino

#### LEVANTAMENTO DOS PRINCIPAIS COMPONENTES DO VIOLINO

Nº	Nome do componente	Descrição da função
1	Voluta	Componente com função estética.
2	Cravelhame	Peça onde as cravelhas ficam presas.
3	Pestana	Zona da escala onde as cordas apoiam
4	Braço (e escala)	Peça estrutural.
5	Tampo	Componente de vibração do violino
6	Costas	Componente de vibração do violino
7	"Éfes"	Zona do tampo por onde sai o som Componente com função estética
8	Barra Harmónica (no interior do tampo)	Transmite as frequências graves ao tampo Confere rigidez ao tampo
9	Cravelha	Aumenta e diminui a tensão das cordas
10	Esticador	Aumenta e diminui a tensão das cordas
11	Estandarte	Peça que prende as cordas.
12	Cordas	Responsáveis pela produção do som.
13	Fio	Peça que fixa o estandarte ao botão.
14	Ilhargas	Peça estrutural.
15	Alma (no interior do tampo)	Transmite as vibrações do tampo às costas; Confere rigidez ao tampo.
16	Botão	Prende o estandarte.
17	Queixeira	Serve de suporte para o queixo do violinista.
18	Cavalete	Transmite a vibração das cordas ao tampo.



Escala 1:3  
Medidas em mm

5 | levantamento das principais dimensões do violino tradicional (vista de topo e lateral)

Apesar de a forma do violino se ter mantido praticamente inalterada, no fim do séc. XVIII foram introduzidas pequenas alterações para adaptar o instrumento às necessidades técnicas dos violinistas. Segundo Baines (2002), foi François Tourte que desenvolveu a forma do arco atual. Este construtor alterou ligeiramente a forma do arco, tornando-o mais flexível, para que fosse possível ao instrumentista “atacar” as cordas com mais convicção e força. Consequentemente, foi necessário aumentar a altura do cavalete em cerca de 5 mm, para que este fosse mais resistente aos golpes mais violentos do arco sobre as cordas. Foram também realizadas ligeiras alterações ao nível da posição e comprimento do braço, aumentando ligeiramente o seu comprimento, e também das dimensões da barra harmónica. A partir desta época, o violino não foi alvo de modificações, mantendo-se assim um arquétipo formal, dimensional e acústico até aos dias de hoje. No panorama da construção de violinos, o único aspeto que pode diferir são alguns apontamentos estéticos, que variam de construtor para construtor, e que quando são introduzidos funcionam como uma assinatura, ou uma marca pessoal do criador.

O facto de a forma do violino se ter tornado um “*standard*”, aliado ao desenvolvimento e crescimento industrial característico do séc. XX, permitiu que o violino fosse produzido industrialmente e em grandes séries, tornando-o bem mais acessível. Apesar disso, a qualidade formal e acústica dos instrumentos criados pela indústria não é capaz de rivalizar com a dos violinos produzidos artesanalmente. Geralmente, quanto maior for o grau de trabalho, atenção com os detalhes e matérias-primas utilizadas, e acabamento do instrumento, maior será a sua qualidade e, obviamente, maior será o seu preço, mas são estes instrumentos com maior teor de trabalho artesanal que por norma são a preferência dos músicos. Este fator faz com que a construção artesanal de violinos não seja uma arte ultrapassada, mas bem pelo contrário, um ofício bem atual, procurado pelos músicos.



6 | “Lady Blunt” de Antonio Stradivari, 1721



7 | Yamaha AV5 SKU da Yamaha Corporation

## experiências

A partir do final do séc. XIX, começaram a ser realizadas experiências no sentido de procurar novas abordagens para o violino, ou seja, novos materiais, novas sonoridades adaptadas aos géneros musicais emergentes (como por exemplo, a música Jazz, no início do séc. XX), enfim, novas possibilidades. Provavelmente, a primeira experiência neste sentido, foi desenvolvida nos Estados Unidos da América em 1891. Pensa-se que nesta data Alfred Springer criou e patenteou o primeiro violino produzido em alumínio (ver figura 8). Para a época, esta deve ter sido uma criação algo chocante para uma sociedade habituada a ver, e ouvir, violinos de madeira. No entanto, depois desta experiência, procurou-se aplicar o alumínio noutros instrumentos, como o violoncelo, e melhorar a qualidade da construção com este material.

Já no séc. XX, foram desenvolvidas experiências no sentido de “eletrificar” o som. Isto não serviu apenas para

amplificar o som proveniente dos instrumentos musicais, mas também para haver a possibilidade de, como foi referido anteriormente, se desenvolver e explorar novas sonoridades. Este fenómeno teve grande impacto em instrumentos como a guitarra, visto que a guitarra elétrica foi aplicada em diversos géneros musicais emergentes (rock, jazz, blues) contribuindo para a sua afirmação, e dado a que este instrumento foi e continua a ser, muito provavelmente, o instrumento musical eletrificado mais famoso e com mais sucesso.

Não demorou muito tempo a que a possibilidade de “eletrificar” e amplificar o som fosse também aplicada no violino. Segundo Sadie (1984), um dos primeiros violinos elétricos a serem desenvolvidos, foi o *giant tone radio violin*, criado por R. F. Starzl, em 1927 nos Estados Unidos da América.



8 | violino produzido em alumínio, desenvolvido em 1891 por Alfred Springer

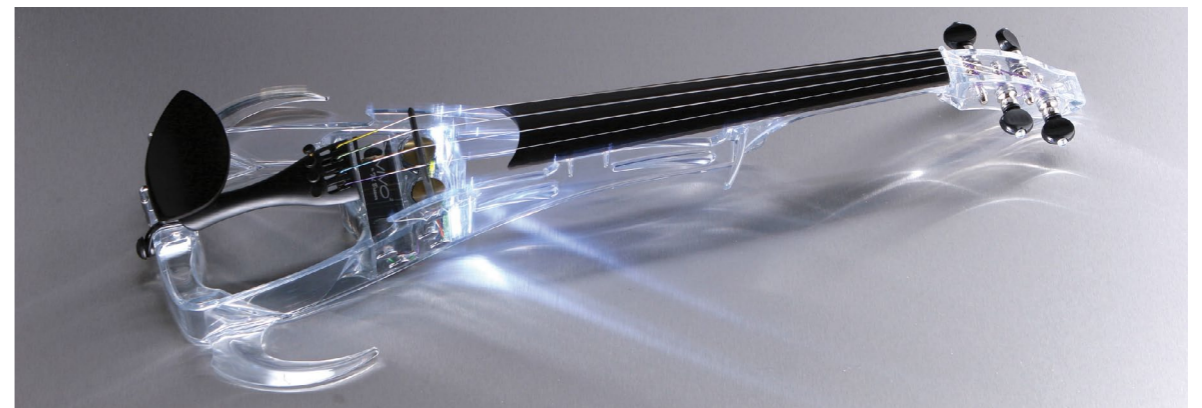
A amplificação do som deste violino tinha como base um pequeno componente muito inovador para a época, o *pickup*, que era colocado nos “éfes” do violino convencional. Apesar deste instrumento ser uma inovação tecnológica que permitiu novas possibilidades, procurou-se melhorar estes primeiros modelos e desenvolver novas propostas para o violino elétrico. De todos os instrumentos desenvolvidos, um dos mais famosos é o *VioLectric*, criado por John Dopyrea e pela National Dobro Corporation, no ano de 1936 em Los Angeles (ver figura 10). Este violino tem a particularidade de o pickup estar integrado no corpo do violino, mais precisamente no tampo, junto à zona do cavalete. Um dos músicos que esteve intimamente ligado a este violino, e que elogiava as suas capacidades a nível musical foi “Stuff” Smith, um famoso violinista americano de música Jazz da primeira metade do séc. XX.

Depois da 2ª Guerra Mundial, não houve grandes evoluções visto que a “qualidade dos sistemas de amplificação e dos *pickups* especiais veio revelar que os instrumentos acústicos já podiam ser eletrificados de um modo muito eficaz” (Sadie, 1984, pp. 659 - 660, tradução livre). No entanto, a afirmação e popularidade do violino elétrico cresceu bastante desde a segunda metade do séc. XX até à atualidade, não só por haver mais produtores e consequentemente maior oferta deste instrumento, mas também por ser cada vez mais utilizado em diversos géneros musicais, e por grandes músicos, como é o caso de Vanessa Mae e do francês Jean-Luc Ponty, violinista e compositor de música Jazz.

Com o aparecimento dos materiais compósitos (como os polímeros reforçados a fibra de carbono e fibra de vidro) na primeira década do séc. XX, foram realizadas experiências no sentido de perceber se era possível a sua utilização na construção de instrumentos musicais. Os resultados obtidos com projetos como a guitarra Ovation, criada nos anos 60 do século passado, permitiram perceber as potencialidades acústicas destes materiais e as suas vantagens em relação à madeira, e impulsionaram novas experiências com outros instrumentos, como o violino. Visto que a criação de peças em fibra de carbono pode ser realizada manualmente e de um modo relativamente simples (desde que haja os recursos necessários), é provável que muitos tenham tentado criar o seu violino, e por isso

não é possível definir em concreto quem criou o primeiro violino neste material e quando o criou, mas sabe-se que “durante os anos 80, Carleen Hutchins em colaboração com a Hercules Materials Company produziu um híbrido experimental, usando um tampo em fibra de carbono unidirecional.” (Dominy & Killingback, n.d., p.1 tradução livre). Apesar de o instrumento desenvolvido ser híbrido (tem apenas o tampo em compósito de carbono e os restantes componentes em madeira), permitiu analisar e experimentar as propriedades do “novo” material (ver figura 11). Atualmente, existem marcas que se dedicam à produção de violinos (bem como outros instrumentos da sua família) em compósito de carbono, tais como a Luis & Clark (E.U.A.) e a Mezzo-forte (Alemanha). Estas marcas foram criadas na primeira década do séc. XXI. Este é um mercado em expansão, e começam a surgir outras marcas concorrentes (ainda que em fase embrionária, com poucos anos de maturação do produto), como é o caso da Qarbonia (Espanha) criada no ano de 2013. Estas marcas apresentam os seus instrumentos como uma alternativa de grande qualidade aos que são construídos em madeira, associando-os a grandes instrumentistas, como fez a Luis & Clark associando os seus violoncelos com os testemunhos do famoso violoncelista Yoyo Ma (ver figuras 12 a 15).

Apesar da importância das inovações que foram mencionadas anteriormente, é necessário salientar que atualmente a esmagadora maioria dos violinos escolhidos pelos músicos são produzidos em madeira, segundo um método artesanal. Tal como foi referido anteriormente, quanto maior for o grau de trabalho manual, atenção com os detalhes, cuidado na escolha das matérias-primas utilizadas e acabamentos, maior será a qualidade formal e acústica do violino. Além disso, estas são características que, para além do aspeto visual, se revelam muito importantes e que fazem com que os músicos prefiram um violino artesanal a um violino produzido industrialmente.



9 | violino elétrico *Vivo2*, produzido atualmente pela Ted Brewer Violins



10 | violino elétrico *VioLectric* (1936)



11 | violino “híbrido” criado por Carleen Hutchins e a Hercules Materials



12 | violino produzido pela Luis & Clark



13 | violino produzido pela Mezzo-Forte



14 | violino produzido pela Qarbonia



15 | Yoyo Ma com o seu violoncelo Luis & Clark

**Séc. XV/XVI**

Os instrumentos de corda friccionada mais famosos são a *lira da braccio*, a *rabeca* e a *viola renascentista*



**Séc. XVII**

Nicolo Amati cria a forma do violino tal como é conhecida atualmente

**Final do séc. XVIII**

Alterações na espessura das cordas; criação do arco com forma convexa



Séc. XV

Séc. XVI

Séc. XVII

Séc. XVIII

Séc. XIX

Séc. XX

Séc. XXI

**1ª metade do Séc. XVI**

Aparecimento dos primeiros violinos. Começo do declínio de instrumentos como a *lira da braccio*



**Séc. XVII/XVIII**

Auge do desenvolvimento e construção do violino, com construtores como Guarnieri, Stainer e Stradivari



**Séc. XVIII/XIX**

Destaque para os construtores portugueses José Galvão e António Sanhudo

**1891**

Alfred Springer cria pela primeira vez um violino em alumínio



**1974**

Carleen Hutchins desenvolve um violino híbrido (tampo em fibra de carbono e corpo em madeira)



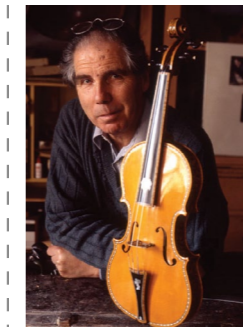
**Anos 20 do séc. XX**

Desenvolvimento e criação dos primeiros violinos elétricos



**1972**

Auge da construção de violinos em Portugal com o trabalho de Domingos Capela



**2013**

A marca espanhola Qarbonia lança o seu primeiro violino produzido em fibra de carbono



**Início do séc. XXI**

Criação e desenvolvimento de construtores de violinos em fibra de carbono (Luis & Clark e Mezzo-forte)



# o violino em portugal

A construção de instrumentos musicais em Portugal é um ofício com alguma tradição. Para além da construção de guitarras portuguesas, que é provavelmente um dos instrumentos musicais mais ligados à identidade portuguesa, existem muitos outros que também poderiam ser referidos. Existem instrumentos musicais que são característicos de uma dada região do país, e são trabalhados a nível regional. Este facto é visível novamente através da guitarra portuguesa, que conta com algumas variantes (Porto, Coimbra, Lisboa), cuja forma está intimamente ligada à respetiva região. A estes instrumentos, é reconhecida internacionalmente a qualidade, a excelência da sua construção, bem como a sua beleza. No entanto, esta fama não é exclusiva da guitarra portuguesa. A construção de violinos em Portugal é também famosa internacionalmente em termos de qualidade e excelência, sendo que este estatuto também não é novidade. É referido por Henrique (1999) que durante os séculos XVIII e XIX os construtores portugueses José Galvão (de Lisboa), A. Sanhudo (do Porto) e J.J. Fonseca se destacaram na construção de violinos (ver figuras 17 e 18).

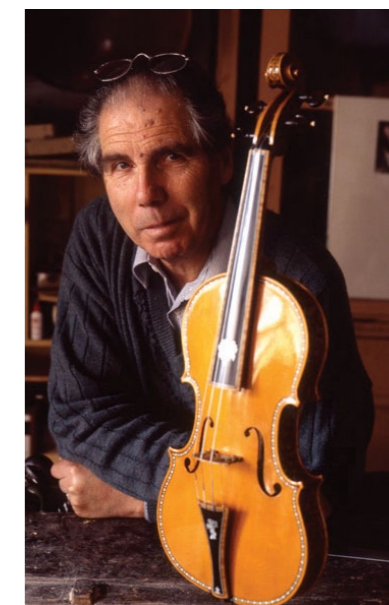


17 | violinos criados por José Galvão (em 1780 e 1794 respetivamente)



18 | violinos criados por António Sanhudo (em 1849 e 1869 respetivamente)

Durante o séc. XX, a fama da construção de instrumentos musicais em Portugal atingiu possivelmente o seu apogeu com a família Capela, nomeadamente com os seus violinos. Segundo Brito e Brito (2009), o sucesso desta família natural de Espinho, tem início com o trabalho de Domingos Ferreira Capela (1904-1976), que desde muito cedo tinha trabalhado com madeiras, adquirindo assim uma grande sensibilidade. Com apenas 20 anos, devido ao seu gosto pela música, decide construir o seu primeiro violino, começando a trabalhar como construtor de violinos. As reparações de instrumentos que ele fazia, bem como os instrumentos que desenvolveu inicialmente, já revelavam grande sensibilidade e qualidade, e isso serviu de impulso à sua fama e carreira como construtor de instrumentos musicais (ver figuras 19 e 20). O ponto mais alto da sua carreira foi atingido num concurso de construtores realizado em 1972, em Poznan (Polónia), onde juntamente com um dos seus filhos, António Capela, ganhou vários prémios cimeiros e medalhas. O trabalho e sucesso de Domingos Ferreira Capela eram (e são) reconhecidos internacionalmente, e foram continuados e divulgados pelo mundo com os seus filhos, Eng.º Domingos Capela e António Capela. Este último, é convidado com regularidade para ser membro do júri de diversos concursos de construção de violinos, é membro da Associação Internacional de Construtores de Violinos e Arcos e também foi o fundador e vice-presidente da



19 | António Capela com um dos seus violinos



20 | violino criado por António Capela no seu atelier em Anta, Espinho

Associação Europeia de Construtores de Violinos e Arcos. Atualmente, António Capela e o seu filho, Joaquim António Capela, continuam a ganhar prémios e a construir violinos conhecidos pela sua beleza e qualidade, contribuindo não só para o reconhecimento do valor do trabalho produzido por esta família durante 3 gerações, mas também para a valorização deste ofício em Portugal.

Para além do trabalho da família Capela, existem outros construtores de violinos que trabalham em Portugal e que são reconhecidos pela qualidade do seu trabalho. Muitos trabalham em pequenos ateliers, recebendo encomendas de construção e/ou reparações de instrumentos. No entanto, é possível destacar o trabalho do jovem construtor francês Thibaut Dumas, e do seu professor, Christian Bayon. Tal como é referido na sua página na web (<http://www.christianbayon.com>) este último, trabalhou no atelier do famoso construtor francês Etienne Vatelot, sendo que atualmente trabalha em Lisboa, no seu próprio atelier, onde constrói violinos, violas d'arco e violoncelos (ver figura 21). São vários os instrumentistas de renome internacional que reconhecem a qualidade do seu trabalho, como os violinistas Silvia Simionescu e Pavel Gomziakov.



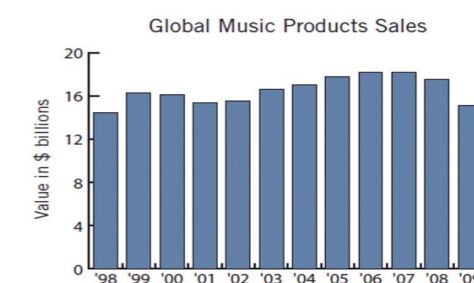
21 | Christian Bayon com um dos seus violinos

## breve observação do mercado

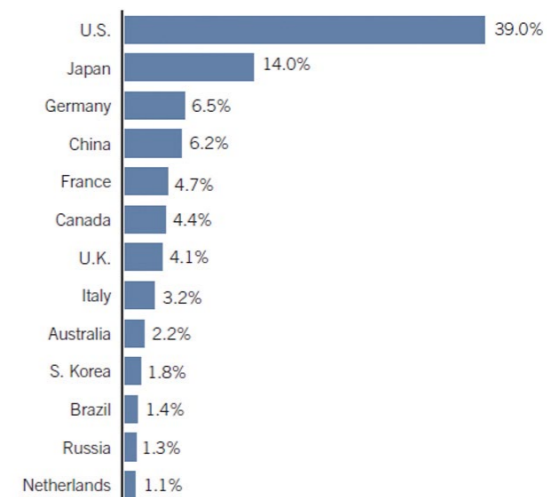
Antes de desenvolver um instrumento como um violino, é necessário fazer uma breve observação acerca do mercado global. No caso deste projeto, é importante focar o mercado dos violinos construídos em fibra de carbono, visto que é neste mercado que o presente projeto vai concorrer, mas também por ser muito recente.

Identificar quais são os países onde a venda de instrumentos musicais tem mais sucesso, foi uma das variáveis observadas. Segundo o relatório anual da NAMM (2011), é possível perceber que durante os primeiros anos do séc. XXI o volume global de vendas de instrumentos musicais cresceu ligeiramente, sendo que a partir de 2007 esta tendência de crescimento foi interrompida por uma quebra significativa no volume de vendas, provavelmente devido à crise financeira global (ver figura 22). É importante salientar que os países onde a venda de instrumentos musicais obteve maiores volumes de vendas foram os Estados Unidos da América, seguidos pelo Japão, Alemanha e China. Por outro lado, verifica-se que os mercados menos fortes entre os países analisados, são a Holanda, Rússia, Brasil e Coreia do Sul (ver figura 23). É importante perceber que os maiores volumes de vendas foram conseguidos em países altamente desenvolvidos, na sua maioria fora da Europa (E.U.A., Japão e China).

No “velho continente” a venda de instrumentos musicais não consegue ter grande volume, muito provavelmente devido à crise financeira que se instalou em muitos dos seus países. Este facto, aliado a um experimentalismo muito característico dos músicos japoneses e americanos, bem como o crescente aparecimento de grandes talentos neste países, revela que é fora da Europa que a probabilidade de sucesso ao introduzir um novo instrumento ganha mais expressão. Para além disso, é perceptível o investimento na aprendizagem da música especialmente no Japão e China.



22 | volume global de vendas de instrumentos musicais entre 1998 e 2009 - NAMM (2011)



23 | volume global de vendas de instrumentos musicais em diversos países - NAMM (2011)

Analisar o volume de vendas de um instrumento como o violino torna-se muito difícil, visto que atualmente existem inúmeros construtores de violinos espalhados pelo mundo e diversas marcas. Este é um mercado com um público-alvo muito divergente, o que torna esta tarefa impraticável de realizar.

No entanto, há fatores que podem ser analisados. É importante referir que existem dois tipos de construção de violinos, que são distintos em termos de métodos de construção, qualidade, e claro está, de valor comercial. A produção de violinos pode ser feita artesanalmente ou industrialmente. O primeiro é caracterizado por ser desenvolvido por um construtor muito especializado, também conhecido por *luthier*, que constrói os seus instrumentos com processos e ferramentas, maioritariamente manuais, e que dedica grande atenção aos pormenores, matérias pri-

mas, entre outros fatores, de modo a que o resultado final seja um instrumento de grande qualidade. Neste processo a cadência de produção é reduzida, visto que é essencialmente manual. O segundo processo é caracterizado, tal como o nome indica, pelo uso de máquinas e processos industriais. Neste caso, todo o processo de construção é muito mais rápido, permitindo elevadas cadências de produção. A atenção com detalhes, e consequentemente a qualidade do instrumento final, é menor.

Como já foi referido anteriormente, o cuidado e qualidade envolvidos neste tipo de processo influencia o custo do instrumento, mas estas são as características que, para além do aspeto visual, se revelam mais importantes e que atraem os músicos para um dado violino. Neste caso, o que é frequentemente procurado por quem compra um instrumento de qualidade é uma boa relação preço/qualidade.

## *luis & clark, mezzo-forte e qarbonia*

Tal como já foi referido anteriormente, a esmagadora maioria dos violinos adquiridos pelos músicos, são construídos em madeira através de um processo artesanal. No entanto, a fibra de carbono começa, aos poucos, a ser encarada como um material interessante e eficaz para a construção de violinos. Isto deve-se ao facto de haver cada vez mais oferta no que diz respeito a este tipo de violinos e consequentemente, um maior número de marcas no mercado. Atualmente, é possível encontrar vários exemplos de violinos construídos em fibra de carbono por construtores individuais, mas estes violinos não têm uma marca, ou seja, ainda são modelos em fase experimental. Mas existem três marcas no mercado, que são atualmente as principais referências no que diz respeito a violinos construídos em fibra de carbono.

Uma dessas marcas, a **Luis & Clark** ([www.luisandclark.com](http://www.luisandclark.com)), é a mais conhecida internacionalmente, e foi a primeira marca a introduzir os violinos produzidos em fibra de carbono no mercado. Segundo LeGault (2012) esta marca foi fundada por Luis Leguia, um antigo violoncelista na Orquestra Sinfónica de Boston, e por Steve Clark, constru-

tor de barcos e perito em trabalhar com fibra de carbono. A Luis&Clark teve a sua origem durante a primeira década do séc. XXI, e atualmente está sediada nos Estados Unidos da América. Para além dos violinos (ver figura 24), produz violas d'arco, violoncelos (o modelo com mais sucesso da marca) e contrabaixos.

Outra marca que produz violinos em fibra de carbono é a **Mezzo-Forte** ([www.mezzo-forte.de](http://www.mezzo-forte.de)). Tal como é referido na sua página eletrónica, esta marca foi desenvolvida durante a primeira década do séc. XXI, na Alemanha, sendo que em 2009 teve início o desenvolvimento de um violino construído em fibra de carbono, que para além da fase de design e construção do instrumento, envolveu também uma série de testes e experiências a nível sonoro.

Esta fase terminou em 2011, quando lançaram o seu primeiro violino. Em 2012 começaram a desenvolver outros instrumentos de corda friccionada, mais concretamente a viola d'arco e o violoncelo. Esta foi a resposta alemã aos instrumentos da Luis & Clark (ver figura 25).

24 | violino produzido pela Mezzo-Forte



25 | violino produzido pela Luis & Clark



A **Qarbonia** ([www.qarbonia.com](http://www.qarbonia.com)) é uma marca que produz violinos em fibra de carbono (ver figura 26). Visto que é uma marca muito recente no mercado, ainda não existe informação concreta sobre a mesma. No entanto, é possível perceber através da sua página eletrónica e das páginas nas redes sociais que é uma marca espanhola, sediada em Madrid, dedicada não só à venda de violinos de fibra de carbono, mas também de outros outros violinos e respetivos acessórios. Dado a que é uma marca "recém-nascida" ainda tem que percorrer um caminho de maturação e promoção dos seus violinos.



26 | violino produzido pela Qarbonia

## oferta e preços da concorrência

Um fator importante para o presente projeto é perceber o que cada marca oferece aos seus clientes, e qual é o custo dos seus produtos. No que diz respeito à oferta de modelos, a Luis & Clark tem apenas um modelo de violino. No entanto, existe a possibilidade de o cliente pintar o violino com alguma cor que deseje, ou então colocar uma quinta corda no violino. Isto é possível através de uma encomenda especial.

A oferta de modelos da Mezzo-Forte é maior. Esta marca produz atualmente 3 modelos de violino. Existe um modelo base, que é o mais simples no que diz respeito a acabamentos, e que é consequentemente o mais barato. Seguidamente, a marca oferece um modelo de violino com 5 cordas, de custo ligeiramente superior ao do modelo base. Mais recentemente, a marca criou um violino, o *orchestra line*, cuja forma é idêntica à do modelo base, diferenciando-se apenas pelo acabamento especial que pretende reproduzir o aspeto da madeira, e também pela forma dos “éfes”, que têm a forma clássica. Este é o modelo de violino mais caro da marca. Para além destes modelos, a marca também permite aos seus clientes a personalização dos seus violinos, principalmente ao nível da cor, bem como a aplicação de trastes na escala dos seus instrumentos.

Já a Qarbonia, marca criada em 2013, conta com 2 modelos com características muito idênticas.

O modelo base apenas difere do modelo mais caro (Baritone) devido a um encordoamento especial que faz com que o violino seja afinado com um intervalo de oitava abaixo, originando uma tonalidade mais grave para o violino.

Em relação ao custo dos instrumentos de ambas as marcas, as diferenças são evidentes, tal como se pode perceber pela seguinte tabela.

Outro dado importante sobre a Luis & Clark e a Mezzo-forte são os meios que estas marcas utilizam para divulgar e promover os seus instrumentos, e como é que os tornam “apetecíveis” para potenciais consumidores. Através de uma breve pesquisa, consegue-se perceber que ambas as marcas optam por divulgar os seus instrumentos nas redes sociais e sites como o youtube, não só para captar possíveis clientes, mas também para perceber que aspetos podem ser melhorados nos violinos. Para além disso, ambas as marcas procuram validar e creditar os seus instrumentos associando-os a instrumentistas profissionais, e utilizando as suas opiniões como uma espécie de “selo de qualidade” dos instrumentos. Por exemplo, a Luis & Clark dedica uma secção do seu site a testemunhos de maestros, músicos profissionais (como o violoncelista Yo-yo Ma) e até terapeutas, que validam as qualidades e potencialidades dos instrumentos da marca.

Outra forma que estas marcas encontraram para dar a conhecer os seus instrumentos consiste na publicação e aparição em revistas e feiras da especialidade. Revistas famosas sobre instrumentos de corda friccionada como *The Strad* e *Strings* já fizeram artigos acerca de instrumentos construídos em compósitos de fibra de carbono, nomeadamente sobre os Luis & Clark. As feiras e exposições de instrumentos musicais também são muito importantes visto que permitem apresentar as principais novidades, analisar o que as marcas concorrentes fazem, e atrair potenciais clientes. Estas feiras permitem também que os músicos experimentem os instrumentos, o que pode ser decisivo na hora de comprar um violino.



28 | exposição da Mezzo-forte na feira internacional de instrumentos musicais em Frankfurt

### ANÁLISE DOS PREÇOS DA CONCORRÊNCIA

Mezzo-forte violino base	1890 €	Qarbonia <i>acoustic</i>	1525 €
Mezzo-forte violino de 5 cordas	1990 €	Qarbonia <i>acoustic baritone</i>	1550 €
Mezzo-forte violino <i>orchestra line</i>	2490 €		
Luis & Clark violino	4264 €		

27 | preços dos violinos das marcas concorrentes (Luis & Clark, Mezzo-forte e Qarbonia)



29 | violino Mezzo-forte com trastes aplicados na escala

## *análise crítica*

Ao desenvolver um projeto para um novo violino, é necessário ter uma visão crítica em relação à concorrência, de modo a encontrar pontos negativos nos seus produtos, e converter esses “defeitos” em argumentos positivos presentes no violino a desenvolver. Esta análise crítica foi desenvolvida com a equipa de colaboradores da IDEIA.M, de modo a obter opiniões importantes sobre os produtos concorrentes, tanto ao nível do Design e Engenharia do produto, mas também em relação à produção e acabamentos.

Depois de uma breve análise aos violinos desenvolvidos pela Luis & Clark, Mezzo-forte e Qarbonia, observou-se que os modelos destas marcas têm qualidade formal e de acabamentos. A não ser a Qarbonia, que renuncia aos “efes” tradicionais para se diferenciar dos seus concorrentes, os violinos Luis & Clark e Mezzo-forte não contam com muitos elementos que os permitam distinguir. Neste sentido, a Mezzo-forte opta por aplicar uns “éfes” um pouco estilizados, diferenciando-se um pouco dos violinos da Luis & Clark, mas salvo este pequeno detalhe, não existem muitas diferenças formais.

Para além disso, a forma dos violinos Luis & Clark, Mezzo-forte e Qarbonia é pouco arrojada, e podia explorar um pouco mais as possibilidades formais que a produção em fibra de carbono permite. É certo que alterar excessivamente a forma em relação ao arquétipo formal do violino pode ser arriscado, não só porque o produto final pode deixar de ser reconhecido como um violino acústico, mas também porque pode fazer com que o produto não seja aceite pelo público-alvo. No entanto, poderiam ter sido desenvolvidos alguns detalhes que conferissem um carácter mais contemporâneo aos violinos destas marcas.

Dado a que em Portugal há uma forte tradição na construção de instrumentos musicais, cuja qualidade e excelência é reconhecida internacionalmente, é quase imperativo que Portugal seja representado no mercado dos violinos construídos em compósitos de fibra de carbono.

Na sequência do prestígio dos violinos construídos por construtores como António Capela, é necessário criar uma alternativa capaz de se afirmar e superar os seus concorrentes diretos (Luis & Clark, Mezzo-forte e Qarbonia) em termos de qualidade, apresentando-se como um instrumento que está “um passo à frente”. Assim sendo, o presente projeto foi encarado como uma oportunidade de responder a esta necessidade de criar um produto português para este mercado, com excelência, elegância e atenção ao detalhe, de modo a posicionar-se na vanguarda dos seus concorrentes diretos.



*desenvolvimento  
de um protótipo*

# metodologia projetual

Definir uma metodologia projetual é um processo muito importante em diversas áreas, mas de um modo particular, no design de produto. Principalmente em atividades criativas, é fundamental utilizar ferramentas e meios que sejam uma mais valia no desenvolvimento de conceitos e ideias. No entanto, é importante perceber que cada projeto tem diferentes necessidades e que cada caso deve ter uma metodologia projetual adaptada às suas circunstâncias. De facto, "projetar um produto seguindo sempre a mesma rotina e fórmula em breve torna-se monótono, aborrecido e nada inspirador (...) Uma abordagem variada (...) vai aliviar quaisquer frustrações e trazer perspetivas alternativas a jogo que podem não ter sido consideradas anteriormente" (Bramston, 2009, p. 82, tradução livre).

Antes de qualquer desenvolvimento de carácter criativo, foi necessário compreender e analisar o violino, não só como um instrumento musical, mas também como um produto que é composto por vários componentes. Assim sendo, foi necessário realizar um levantamento das principais dimensões do violino *standard* (conhecido por violino inteiro ou 4/4), e dos seus componentes. Foram também desenvolvidos contactos com um construtor local (António Vinhas) para compreender alguns aspetos sobre a construção de um violino (materiais, fornecedores, etc.). A investigação sobre a forma e construção do violino culminou com a modelação CAD 3D de um violino tradicional. A entrevista ao construtor António Vinhas e a descrição da modelação CAD 3D do violino tradicional estão disponíveis para consulta em anexo.

Existem diversas ferramentas utilizadas no processo criativo, que permitem explorar diferentes fatores impor-

tações para o projeto (forma, utilizador, universo lexical, ideias, esboços, entre outros). Neste projeto em concreto, as ferramentas utilizadas foram um painel de referências projetuais (*imageboard*), um mapa mental, um painel de inspirações formais (*moodboard*), um quadro com a seleção dos desenhos mais relevantes (*sketchboard*), e mais tarde, um número reduzido de entrevistas com base num método de pesquisa qualitativa. Se por um lado, o painel de referências projetuais é importante para focar quais são os instrumentos musicais de referência e quais os detalhes ou componentes mais interessantes, o quadro de inspirações formais permite uma recolha de formas e texturas que vão influenciar o desenho do novo produto. Dado que este é um projeto de design, o desenho é uma ferramenta visual de extrema importância no que diz respeito a converter conceitos e ideias em algo material, e por isso foi desenvolvido um quadro com as soluções mais interessantes ao nível do *sketching*.

Mais tarde, quando foram desenvolvidos os protótipos formal e funcional, foram realizadas algumas entrevistas, com base num método de pesquisa qualitativa intensiva, no sentido de obter algumas críticas e opiniões acerca do projeto, de modo a identificar aspetos menos positivos no produto e também para validar o projeto junto de um conjunto válido de "players".

Estas foram apenas algumas das atividades previstas para este projeto. Na página seguinte encontra-se o planeamento de atividades definido depois da pesquisa inicial. Esta foi a metodologia projetual adotada, de modo a permitir um melhor desenvolvimento do projeto, e para responder eficazmente às exigências e objetivos iniciais.

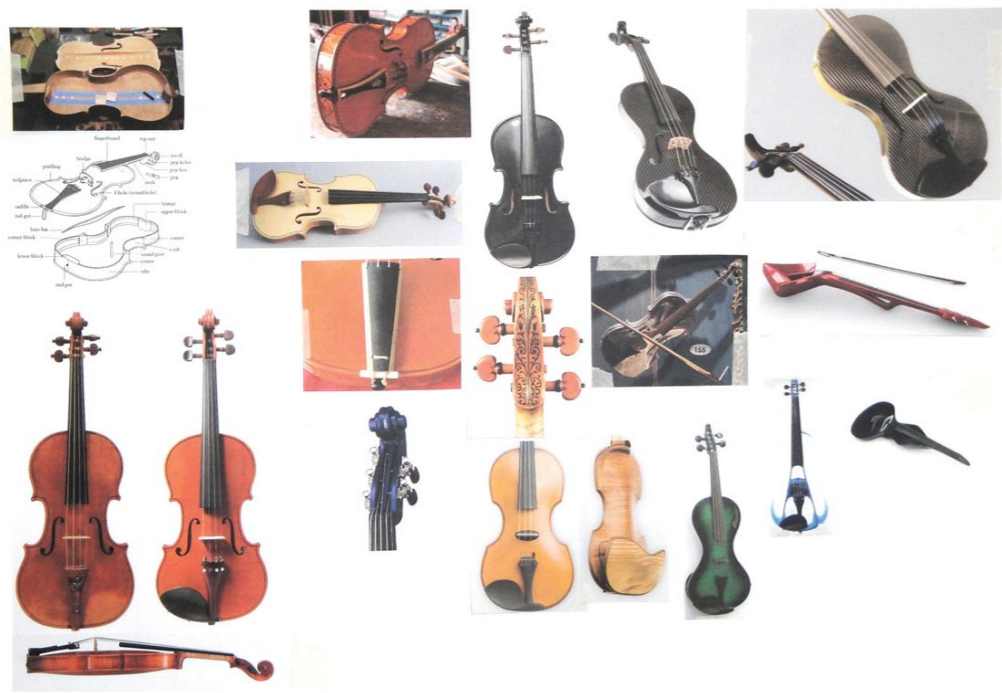
## PLANEAMENTO DE ATIVIDADES

- VISITAR UM CONSTRUTOR DE INSTRUMENTOS MUSICAIS (ANTÓNIO VINHAS);
- MODELAÇÃO CAD 3D DE UM VIOLINO TRADICIONAL (3D + RENDERS);
- DESENVOLVER MAPA MENTAL, IMAGEBOARD E PAINEL DE REFERÊNCIAS VISUAIS (INSPIRAÇÕES)
  - ↳ FERRAMENTAS PARA O PROCESSO CRIATIVO ⚠
- SKETCHING MANUAL (DESENVOLVIMENTO DE IDEIAS);
- MODELAÇÃO CAD 3D DA PROPOSTA ESCOLHIDA;
- CRIAÇÃO DE UM MODELO DE VOLUME (POLIURETANO);
  - VALIDAR
- DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO FORMAL (FIBRA DE VIDRO);
  - PRODUIR MOLDES
  - PRODUIR AS PEÇAS
- VISITAR UM CONSTRUTOR DE VIOLINOS (ENGR.º DOMÍNGOS CAPELA);
  - VALIDAÇÃO DA CONSTRUÇÃO DO MODELO FORMAL (DIMENSÕES, FORMA, ETC...)
  - COLOCAR ALMA E CAVALETE
- VALIDAR O MODELO FORMAL JUNTO DE VIOLINISTAS PROFISSIONAIS, COMPOSITORES, ALUNOS DE FORMAÇÃO SUPERIOR, CONSTRUTORES... (PAINEL DE UTILIZADORES); ⚠
- DEFINIR A CONFIGURAÇÃO DOS LAMINADOS DE FIBRA DE CARBONO (Nº DE CAMADAS, ETC...);
- ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO TAMPO DO VIOLINO - FIBRA DE CARBONO (TESTE DE CHLADNI + SIMULAÇÕES);
- DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO FUNCIONAL DO VIOLINO; (PRODUZIDO EM COMPOSITO DE FIBRA DE CARBONO)
- VALIDAR O MODELO FUNCIONAL
  - VISITA A UM CONSTRUTOR (ENGR.º DOMÍNGOS CAPELA);
  - TESTES (PAINEL DE UTILIZADORES);
- DESENVOLVER UMA CAIXA PARA O VIOLINO (SE POSSÍVEL...).

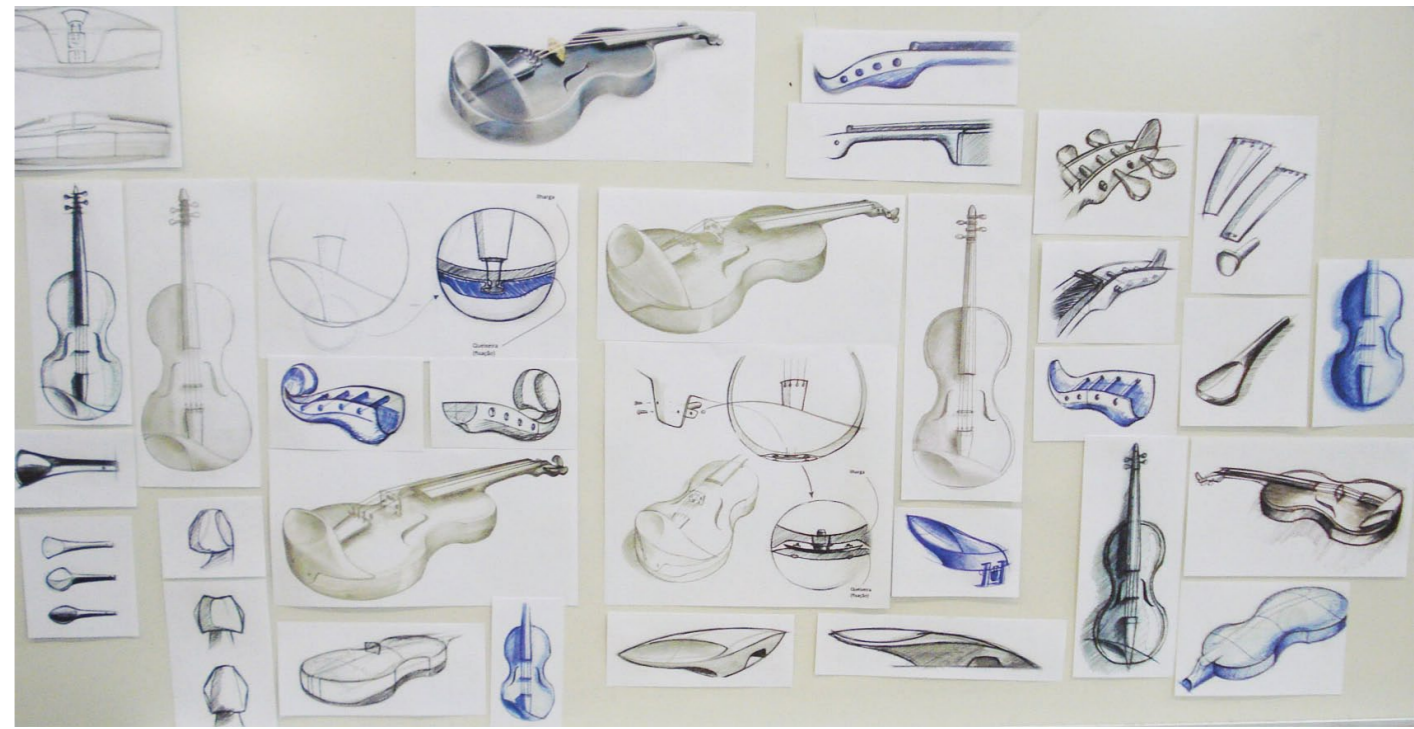
PESQUISA

DESIGN E  
DESENVOLVIMENTO

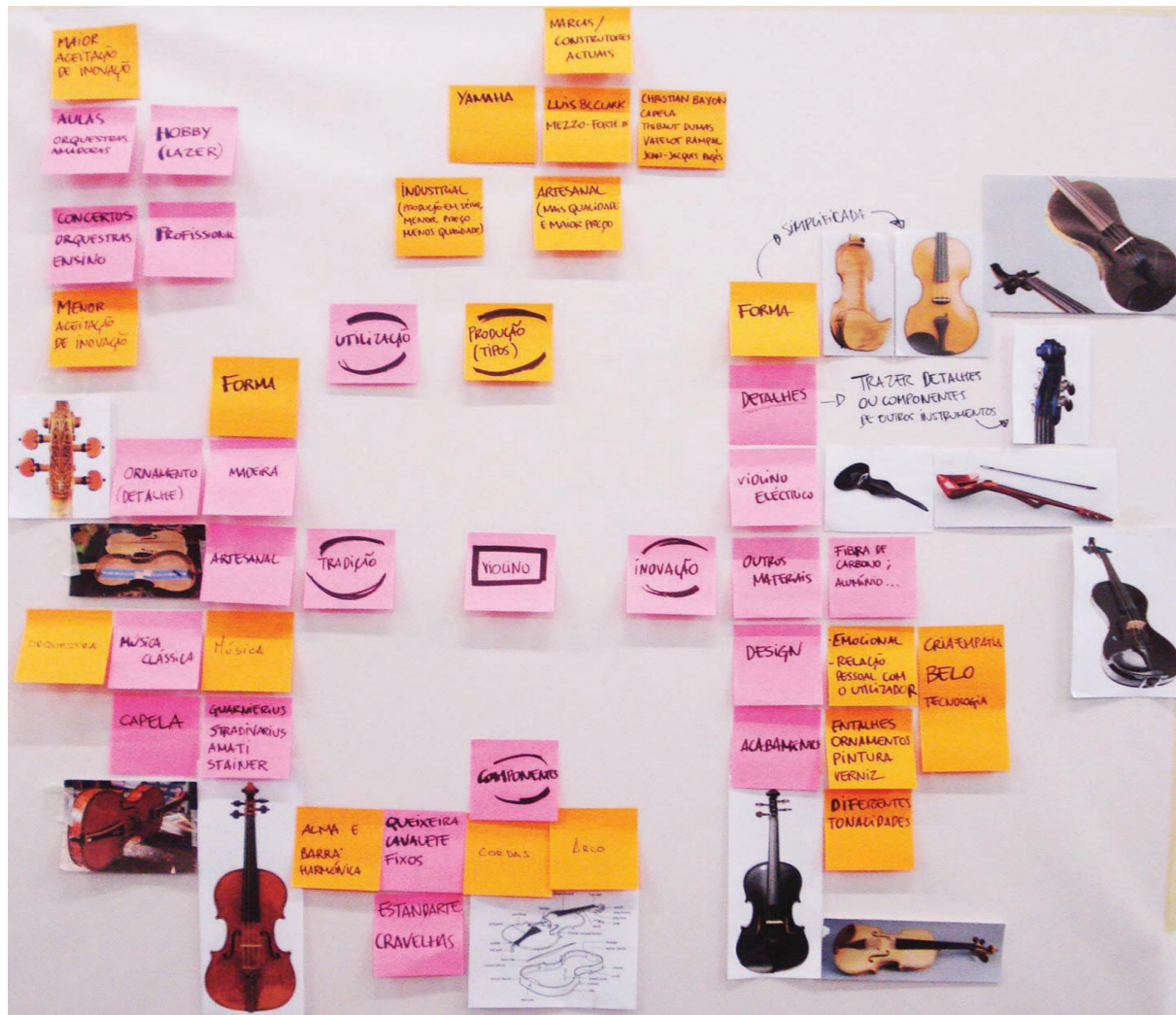
VALIDAÇÃO



31 | imageboard



33 | painel de sketches



32 | mapa mental



34 | painel de referências visuais

# materiais e propriedades

No processo de desenvolvimento de um novo produto, é necessário selecionar os materiais a utilizar, de acordo com o tipo de utilização que o objeto vai ter, e de modo a que possam responder do melhor modo às necessidades do utilizador. Assim sendo, ter conhecimento acerca das propriedades dos materiais é também um fator de grande importância.

Como já foi referido anteriormente, faz parte do “código genético” da IDEIA.M a procura da eficácia pela inovação, bem como uma preocupação constante do domínio das matérias mais eficientes e inovadoras. Muitas vezes isto é conseguido pela aplicação inteligente e criteriosa de materiais avançados, como os compósitos.

Os materiais compósitos iniciaram a sua “caminhada” de sucesso em meados do século XX e daí em diante a sua expressão industrial não mais parou de crescer. Desde artigos simples, utilizados quotidianamente por todos nós, até aplicações em estruturas e componentes para a indústria aeronáutica e aeroespacial, os materiais compósitos ocupam atualmente um lugar destacado entre os materiais de engenharia. Isto deve-se naturalmente às vantagens que possuem relativamente aos materiais tradicionais, entre as quais sobressaem a facilidade de processamento, a elevada rigidez e resistência mecânica e o baixo peso específico dos compósitos de matriz polimérica.(...) Um material diz-se compósito quando resulta da combinação de dois ou mais materiais distintos. O exemplo clássico mais vulgar é os compósitos fibrosos, isto é, que resultam da dispersão de fibras num material aglomerante, que se designa por matriz. A incorporação de fibras para melhorar as propriedades dos materiais tradicionais começou nos primórdios da história da Humanidade. Um dos primeiros exemplos, referido no Antigo Testamento, é os tijolos de argila reforçados com fibras de palha. Hoje em dia, o conjunto de materiais que se adjetivam de compósitos é muito vasto, e vão desde o vulgar betão armado até aos compósitos de elevado desempenho, à base de resinas de epóxico reforçadas com fibras contínuas de carbono (Moura, Morais & Magalhães, pág. 1, 2005).

Para este projeto em concreto, foi necessário compreender algumas propriedades de um material compósito em particular, os compósitos de fibra de carbono. Este foi um material desenvolvido durante a primeira metade do século XX, que apesar do seu elevado custo de produção e processamento, rapidamente se tornou uma referência em aplicações de elevado desempenho, sendo hoje em dia um material muito popular em indústrias como a aeronáutica e da competição automóvel.

A fibra de carbono é um longo e fino fio de matéria com cerca de 0.0002-0.0004 polegadas (0.005-0.010 milímetros) de diâmetro e é composto maioritariamente de átomos de carbono. Os átomos de carbono são ligados em cristais microscópicos que estão mais ou menos alinhados paralelamente ao longo do eixo da fibra. O alinhamento dos cristais faz com que a fibra seja incrivelmente forte para o seu tamanho. Vários milhares de fibras de carbono são torcidas juntas para criar um novelo, que pode ser usado por si só ou em tecido de modo a criar um têxtil. Este novelo têxtil é combinado com resina epóxico e curado ou moldado para criar diversos materiais compósitos. Os materiais compósitos reforçados a fibra de carbono são usados para fabricar peças para aviões e naves espaciais, carroçarias para carros de corrida, tacos de golfe, quadros de bicicleta, canas de pesca, molas de automóveis, mastros para veleiros, e muitos outros componentes onde é necessário pouco peso e elevada resistência (The Gale Group, 2002, tradução livre).

A utilização dos materiais compósitos, nomeadamente os de fibra de vidro e de carbono, na construção de instrumentos musicais não é uma novidade. Desde o aparecimento e consequente desenvolvimento destes materiais, foram feitas experiências acerca das suas aplicações e vantagens em relação aos materiais “tradicionais” como a madeira. Um exemplo deste facto é a guitarra elétrica-acústica Ovation, criada nos anos 60 do século passado, cujo corpo é construído de um material compósito desenvolvido e patenteado pela marca (Lyrachord), que conferiu à guitarra uma projeção sonora muito característica e sem precedentes (que também é influenciada pela forma e tamanho da caixa harmónica da guitarra). Este instrumento veio demonstrar e comprovar a eficácia e propriedades acústicas dos materiais compósitos aplicados à construção de instrumentos musicais, e abriu caminho a mais experiências nesta área.

Depois de uma análise feita juntamente com os colaboradores da IDEIA.M, percebeu-se que apesar de serem materiais distintos, a madeira e a fibra de carbono apresentam

algumas semelhanças no que diz respeito às suas características. Por exemplo, ambos os materiais são fibrosos e ortotrópicos, ou seja, as suas propriedades mecânicas variam consoante a orientação das fibras, fazendo com que a fibra de carbono seja um material alternativo, mas adequado à construção de instrumentos musicais. Dado que a madeira é um material natural, pode sofrer alterações nas suas propriedades, o que faz com que seja um material instável para a construção de instrumentos musicais, dependente de fatores externos e consequentemente, mais frágil. Por exemplo, se o instrumento estiver sujeito a variações de temperatura ou humidade, tal pode provocar deformações e alterações na afinação. Assim sendo, é possível perceber que os compósitos de fibra de carbono apresentam vantagens a vários níveis em relação à madeira, que aplicadas num instrumento musical como o violino, permitem um melhor desempenho, durabilidade e grande qualidade do produto final.

## VANTAGENS DOS COMPÓSITOS DE FIBRA DE CARBONO

Estabilidade dimensional	Diversidade de possíveis orientações das fibras
Uniformidade da fibra de carbono	Estabilidade da afinação
Resistência mecânica e rigidez	Propriedades acústicas
Relação peso/resistência	Aspeto inovador

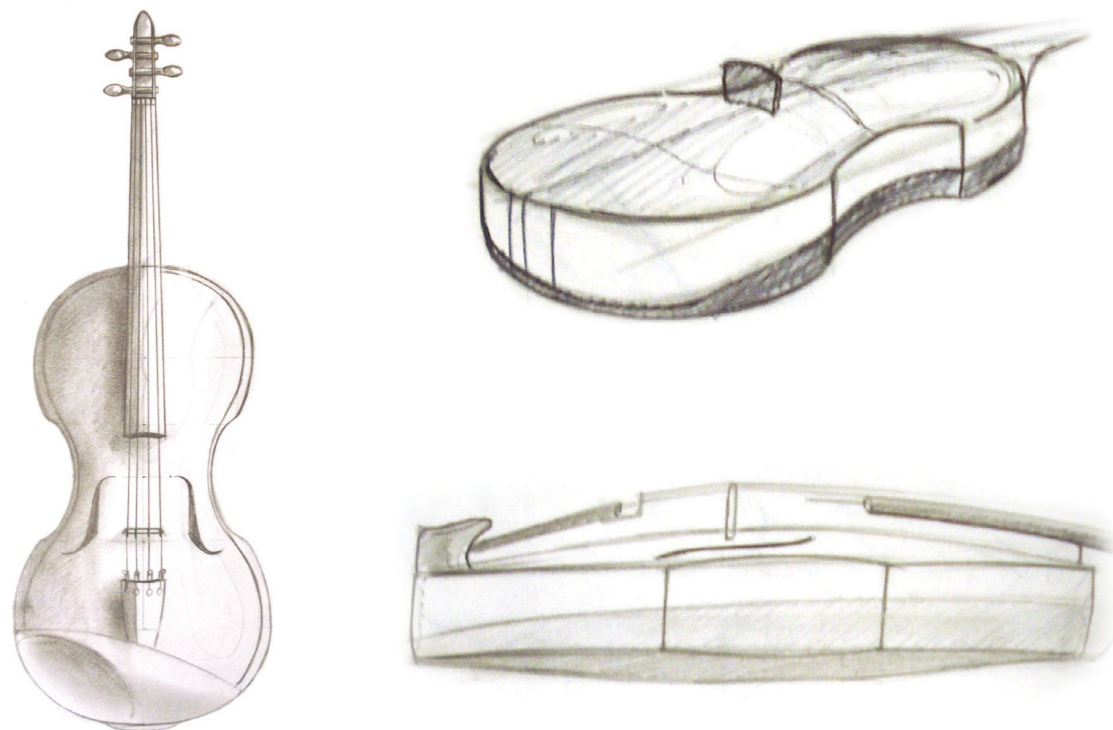
35 | algumas vantagens da utilização de compósitos de fibra de carbono na construção de instrumentos musicais (com base na análise desenvolvida juntamente com os colaboradores da IDEIA.M)

# desenvolvimento do modelo de volume

A criação do primeiro modelo de volume foi um passo de grande importância para o presente projeto, visto que é uma materialização da possível forma do violino acústico, e que permite avaliar se a forma é a que se tinha concebido, e se há pormenores que devem ser melhorados e trabalhados.

Para isso, foi necessário escolher a proposta mais interessante desenvolvida na fase de *sketching* (ver figura 36). Esta escolha foi realizada em ambiente empresarial, com base numa opinião pessoal e dos colaboradores da IDEIA.M. O que levou à escolha da solução final, foi a relação entre a estética tradicional do violino e uma forma inovadora. Com base na proposta mais interessante que

foi desenhada e escolhida anteriormente, foi realizada uma modelação CAD 3D dos principais componentes (tampo, corpo, braço, escala, cravelhas e estandarte) no software SolidWorks, para que pudessem ser criados os modelos de volume. A primeira etapa foi a criação do corpo principal, ou seja, costas e ilharga. Começou-se por desenhar os contornos do “novo” violino, com as medidas muito aproximadas às do violino tradicional. Com o decorrer da modelação deste componente, surgiu a ideia de criar um vinco lateral muito subtil que imprimisse mais dinâmica e que realçasse o perfil da ilharga (ver figura 37).



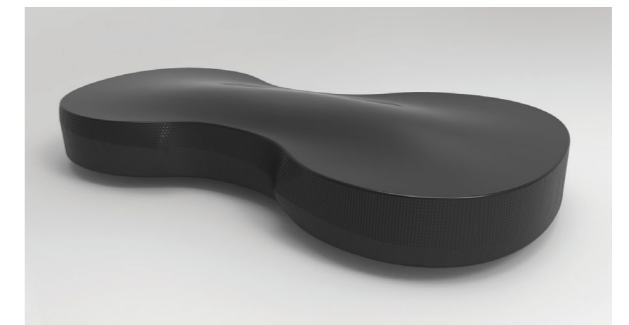
36 | alguns dos esboços mais interessantes para a definição da forma do violino

O efeito criado revelou ser o desejado, e avançou-se com a modelação dos restantes componentes. Depois deste passo, seguiu-se a modelação da escala e do braço. Novamente, houve um cuidado em utilizar as medidas do violino tradicional de tamanho 4/4, de modo a que o resultado não fosse estranho ao utilizador, havendo também uma preocupação em criar harmonia entre os componentes desenvolvidos. O remate do início do braço e o cravelhame foram os elementos do braço que precisaram de mais trabalho ao nível do desenho da superfície, de modo a que fosse possível alguma diferenciação ao nível do detalhe relativamente ao violino tradicional.

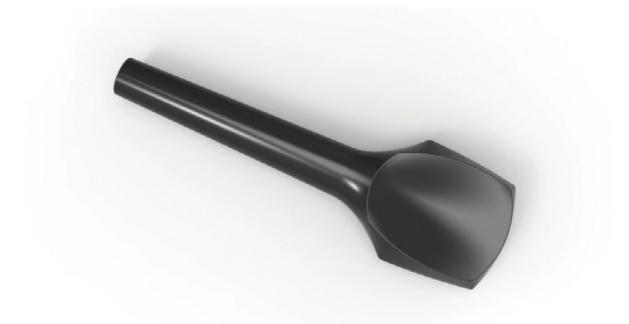
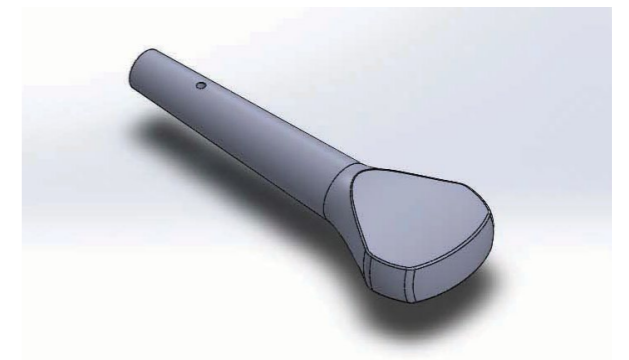
A fase seguinte consistiu em criar propostas para as cravelhas. Ao todo, foram criadas 4 propostas, que foram prototipadas através de um método de prototipagem rápida em ABS. Pretendia-se criar uma linguagem ligeiramente alternativa às cravelhas existentes, mas também funcional, atrativa e sensual. Depois de terem sido criadas as propostas para as mesmas, a escolha recaiu sobre a última cravelha desenhada, visto que apresentava as características do corpo do violino, ou seja, as bases de contacto apresentavam um perfil curvilíneo, em contraste com o contorno mais vincado da lateral da cravelha (ver figura 38). Esta pareceu ser a solução mais coerente.

Em relação ao estandarte, optou-se por criar uma linguagem ligeiramente diferente da que é utilizada nos estandartes existentes, mas as dimensões deste componente mantêm-se inalteradas. Assim sendo, o estandarte desenvolvido apresenta vincos laterais que criam uma linguagem dinâmica e atraente, baseada nos contornos do corpo do violino, de modo a que também este fosse um componente em harmonia com as partes anteriormente desenvolvidas (ver figuras 39 e 40).

O estandarte e as cravelhas foram prototipadas depois de serem desenvolvidas, por um método de impressão 3D em ABS.



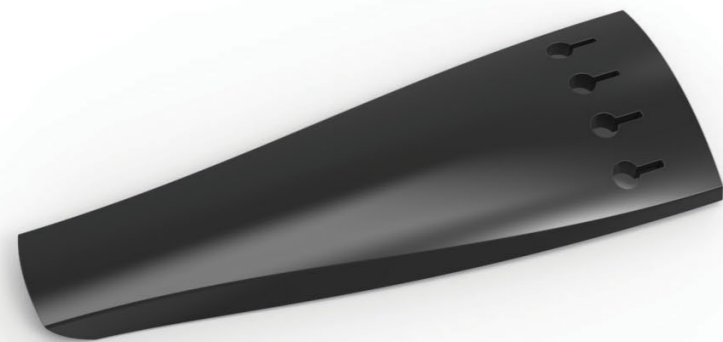
37 | criação dos contornos do tampo e ilharga



38 | proposta de uma das cravelhas desenvolvidas e render da cravelha escolhida

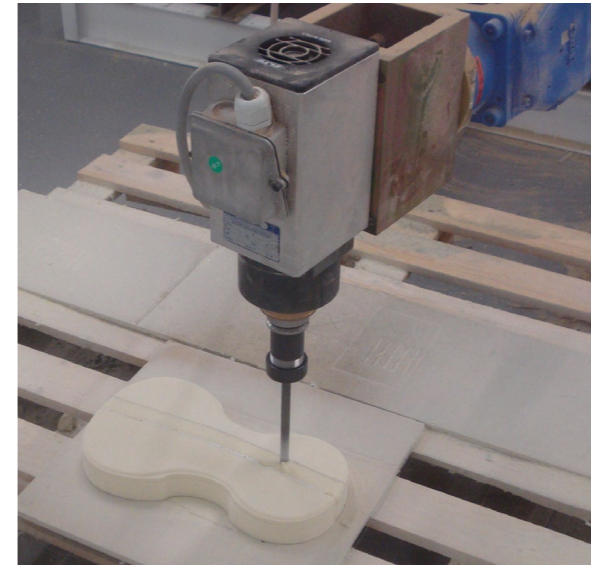


39 | estandarte *standard*



40 | *render* da proposta escolhida para o estandarte

A prototipagem do modelo de volume do corpo, braço e escala revelou-se também um processo muito interessante e enriquecedor, visto que foi nesta fase que houve o primeiro contacto com a prototipagem por CNC. Para o efeito, tinha que se obter um bloco de material com o volume aproximado do componente a prototipar. No caso do corpo, optou-se por utilizar placas de poliuretano expandido. Dado que a geometria do corpo apresentava alguns ângulos de difícil acesso para o robot, decidiu-se obter unicamente a forma das costas e de metade da ilharga (limitada pelo vinco). A restante metade seria construída manualmente (ver figura 41).



41 | maquinagem CNC do volume do violino e construção manual da ilharga



Depois desta fase, foi necessário conferir alguma rigidez ao volume de poliuretano, através da aplicação de um “véu” de fibra de vidro impregnado com resina de poliéster. Nesta fase foi possível também perceber o processo de aplicação de fibra de vidro na construção de peças, visto que houve paralelamente a experiência de construção uma pá eólica, processo que incluiu o corte dos tecidos de fibra de vidro, a impregnação manual das mesmas com resina, e o processo de cura em vácuo para garantir a forma e qualidade da peça. Neste processo de aprendizagem, foi muito importante a disponibilidade, ajuda e conselhos do responsável pelo laboratório de prototipagem e produção da empresa.

Seguidamente, procedeu-se à aplicação de um tampo de violino em compósito de carbono que tinha sido criado anteriormente (a título experimental). Dado que tinha as formas exatas do violino tradicional, poderia ser aproveitado para este modelo de volume. Assim sendo, este tampo foi colado ao corpo desenvolvido anteriormente. Ainda que este seja um modelo de volume, o bloco foi lixado para que a qualidade das superfícies fosse suficiente para perceber a geometria do modelo.

A escala e o braço foram construídos a partir de blocos de MDF, que posteriormente foram maquinados por CNC. O passo seguinte consistiu em juntar os diferentes com-

ponentes de modo a criar o modelo de volume. Para o efeito, utilizou-se massa de poliéster para unir o braço ao corpo. Depois de se ter realizado a união destes volumes, procedeu-se à lixagem da sua transição, para que houvesse continuidade e fluidez entre eles. De seguida, foi aplicada uma primeira camada de betume pistolado, para corrigir algumas imperfeições, e para se perceber se o efeito global do modelo era o desejado. Foi possível perceber que a forma estava muito próxima da que tinha sido concebida, mas era necessário salientar um pouco mais o vinco lateral. Depois de se trabalhar sobre o vinco lateral, a forma correspondia às expectativas. Havia algum contraste formal entre o tampo e a ilharga, o vinco lateral dava um ligeiro dinamismo à forma e o cravelhame tinha resultado numa solução muito elegante. Ficou apenas a sensação de que a transição entre o braço e o corpo precisava de ser um pouco mais trabalhada na modelação final, mas globalmente, os resultados foram satisfatórios (ver figura 42). A fase seguinte consistiu no desenvolvimento da modelação em CAD 3D.

# desenvolvimento do CAD do violino

Criar o modelo CAD 3D para o violino foi encarado desde o início como um processo em que a atenção ao detalhe e à qualidade das superfícies era um fator muito importante, que no contexto de criação de um produto como o violino, com uma relação muito próxima com o utilizador, deve ser trabalhado com cuidado. As principais medidas utilizadas no desenvolvimento deste modelo tiveram como base as que são referidas por Askenfelt (2006) e Jansson (2002) para o violino tradicional. O modelo virtual foi criado no software CAD 3D Solidworks.

A primeira etapa de desenvolvimento incidiu sobre a criação da ilharga. Inicialmente, foram desenhadas algumas soluções para a mesma, de modo a procurar uma forma interessante e sedutora (ver figuras 43 e 44). Optou-se por escolher a opção desenvolvida no modelo de volume, que contava com um ligeiro vinco na lateral. Este era um elemento que criava alguma dinâmica na ilharga, contribuindo para a linguagem mais contemporânea que era pretendida para o violino. Escolhida a opção a seguir, foram feitas várias

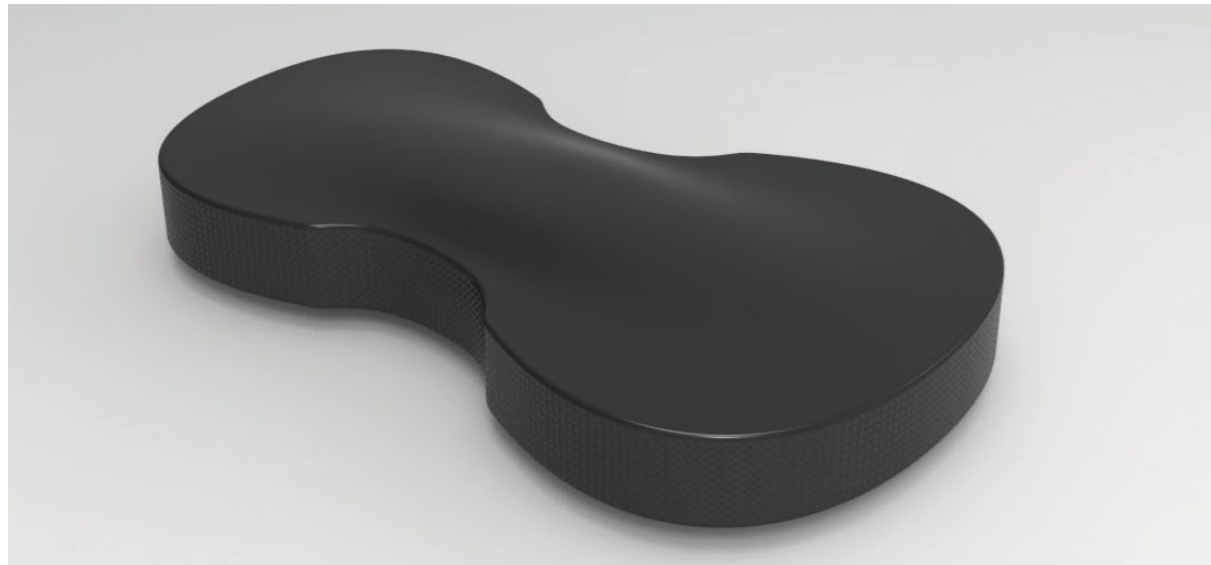
experiências com diferentes ferramentas do Solidworks e diferentes tipos de construção, de modo a conseguir uma superfície com qualidade. Foram desenhadas as curvas principais (tampo, vinco lateral e costas do violino) e auxiliares (curvas laterais) que eram importantes para uma boa definição da superfície, e posteriormente utilizaram-se algumas ferramentas para unir todas as linhas. No entanto, apesar das várias tentativas, a superfície criada não era a que se esperava, visto que apresentava quebras na continuidade e não apresentava o resultado desejado. Quanto mais curvas auxiliares fossem utilizadas, pior era o resultado. Deste modo, tentou-se criar a superfície de outro modo, ou seja, dividindo a superfície pela linha do vinco e utilizando menos curvas auxiliares. Esta experiência resultou, e foram obtidos os resultados esperados. A superfície era fluida, não apresentava quebras de continuidade e o efeito criado pelo vinco lateral era o desejado (ver figuras 45 e 46).



43 | render de uma opção desenvolvida para a forma da ilharga



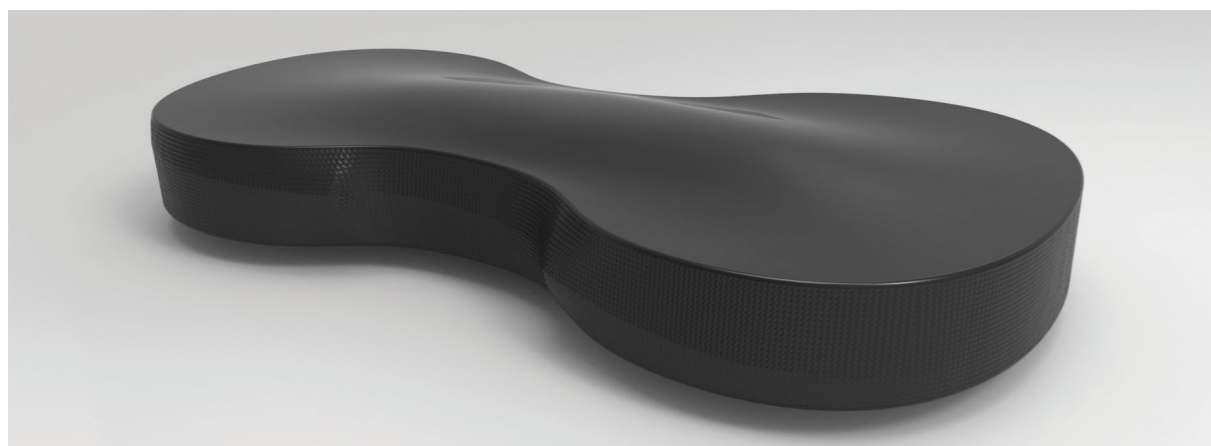
42 | modelo de volume e detalhe do vinco da ilharga



44 | render de uma opção desenvolvida para a forma da ilharga



45 | pré-visualização e análise da solução formal escolhida para a ilharga



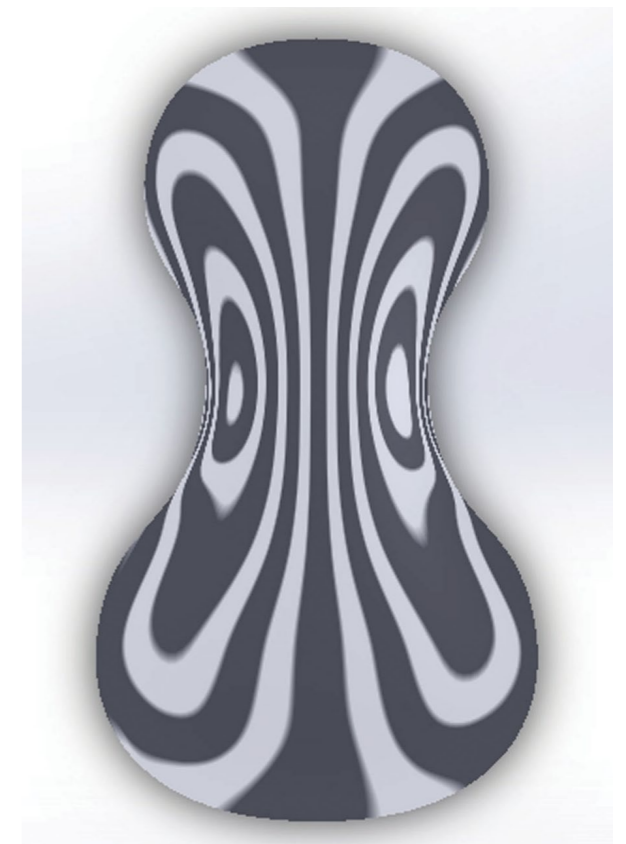
46 | render da solução escolhida para a ilharga

Em relação ao tambo, também foram necessárias experiências para que a qualidade da superfície fosse a desejada. Inicialmente, foram desenhadas todas as curvas auxiliares necessárias à construção da forma, tendo em conta os cortes topográficos do violino tradicional referidos por Muratov (n.d.). As curvas foram unidas, e a superfície revelava qualidade, mas tinha algumas deformações nas extremidades. Assim sendo, procurou-se criar a mesma forma com outra ferramenta disponível, mas novamente os resultados não correspondiam às expectativas, visto que superfície não era fluida (ver figura 47). Para resolver este problema, tentou-se criar novamente a forma com mais duas curvas auxiliares nas extremidades do contorno do tambo. Esta experiência resultou, e foram obtidos os resultados esperados. A superfície era fluida, não apresentava quebras de continuidade (ver figura 48). Depois de se conhecer a "fórmula" para se obter os resultados desejados para o tambo, foi aplicado o mesmo processo para a construção das costas do violino, e como se esperava, a forma apresentava a qualidade e fluidez desejada.

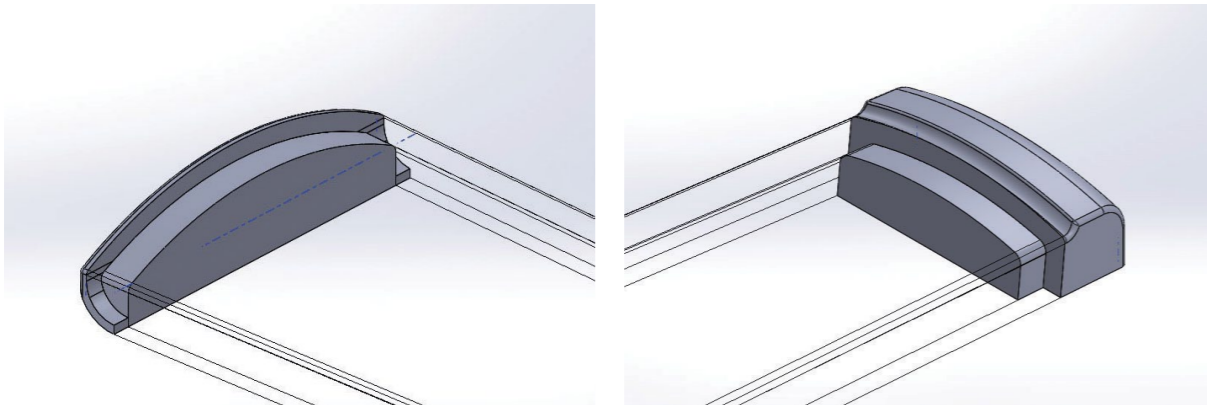
O passo seguinte foi criar a escala para o violino. As suas dimensões são as mesmas que as do violino tradicional. Ao nível da sua forma, apresenta apenas diferenças na extremidade mais larga, onde se procurou criar um remate mais arredondado, que seria produzido noutro material. A pensar numa maior eficácia e facilidade de produção, a escala foi dividida em três componentes: pestana, escala e remate da escala. Deste modo, a escala poderia ser produzida mais facilmente, e na extremidade inferior contaria com um componente, a pestana (peça onde assentam as cordas), e na outra extremidade teria um remate (ver figuras 49 e 50). Estes foram componentes relativamente simples de desenvolver, tanto ao nível das ferramentas utilizadas, como do tempo necessário para a sua modelação.



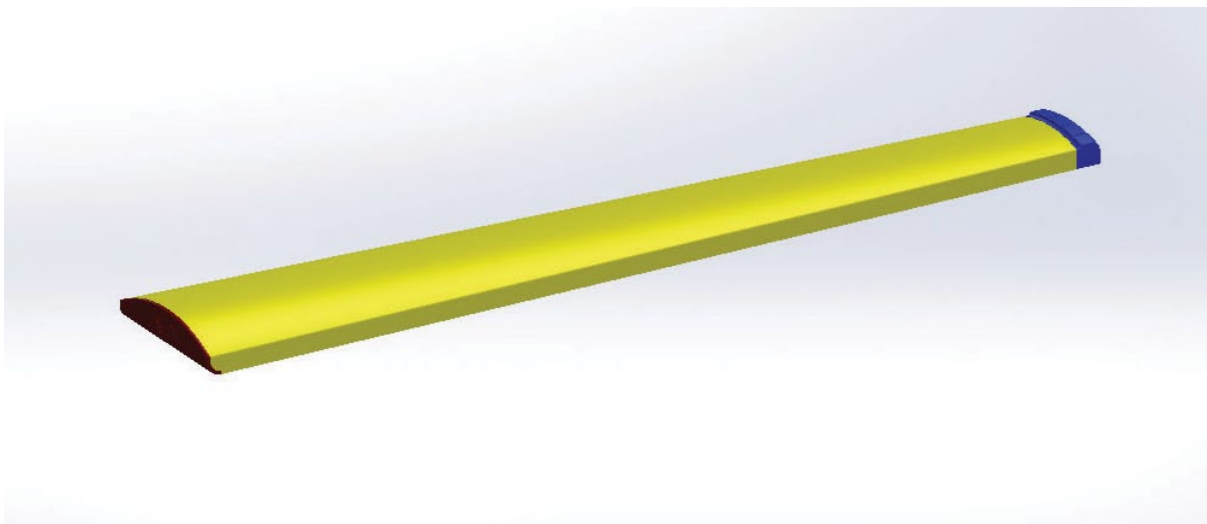
47 | análise da primeira experiência realizada para o tambo



48 | análise da superfície da solução final para o tambo



49 | pré-visualização dos encaixes da pestana e remate da escala



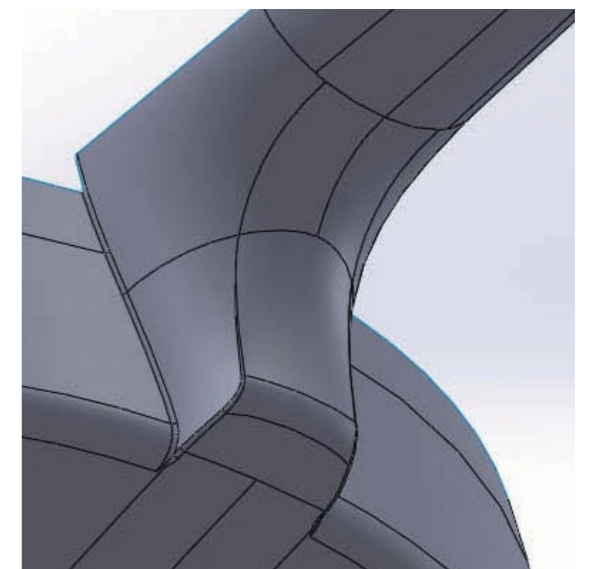
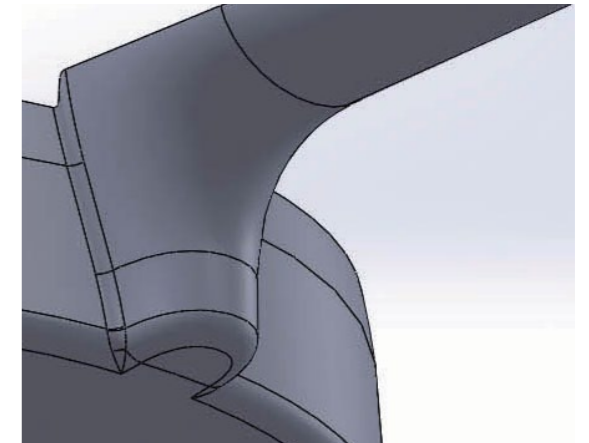
50 | pré-visualização da escala e dos seus componentes

De seguida, procedeu-se à conceção do braço do violino. De modo a que o utilizador não sentisse estranheza ao pegar no “novo” violino, optou-se novamente por utilizar as medidas normalizadas, sendo que apenas o remate do braço com o corpo e o cravelhame foram trabalhados ao nível do detalhe, de modo a encontrar uma solução inovadora, atraente e coerente com o corpo do violino, mas que incorporasse a linguagem do arquétipo formal do violino. Dada a complexidade desta parte da modelação, a construção das superfícies foi dividida em fases. A primeira fase de modelação do braço consistiu na definição da superfície de remate com o corpo, sendo que esta foi uma etapa que envolveu alguma experimentação ao nível das

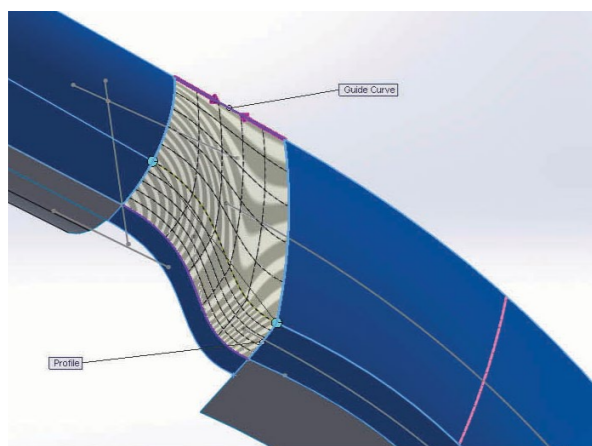
soluções possíveis, visto que a qualidade das primeiras soluções encontradas não eram minimamente satisfatórias (ver figura 51). Depois de algumas experiências menos conseguidas, desenvolveu-se uma opção que se relacionava com a restante linguagem formal do corpo. Esta solução consistia na criação de um ligeiro vinco junto da zona de remate com as costas do violino, que desaparecia suavemente com o prolongamento do início do braço (ver figura 51), e que resultou numa opção atraente, compatível com as exigências de qualidade e forma para este projeto.

O passo seguinte consistiu na criação da superfície do comprimento do braço. Esta foi uma tarefa simples de executar, em que o desenho e a qualidade da superfície foram fáceis de obter. Apenas se teve que considerar novamente as dimensões normalizadas do comprimento, espessura e largura do braço. De seguida, foi criada a parte final do braço: o cravelhame. Aqui, a criação das superfícies também exigiu algumas experiências visto que os resultados esperados não foram obtidos na primeira tentativa. Numa primeira abordagem, procurou-se criar a forma de um modo muito similar à que foi utilizada no modelo de volume. No entanto, pensou-se em criar alguns vincos na superfície do cravelhame, sem influenciar o conforto para o utilizador (se os vincos estivessem presentes na zona de contacto com a mão do violinista, poderia tornar-se menos confortável ou estranho), criando uma relação próxima com a linguagem encontrada em outras zonas do violino. Depois de criada a nova superfície, os resultados corresponderam às expectativas, e foi encontrada a solução para o cravelhame (ver figura 52). Deste modo, a forma do braço foi concluída, e nesta altura do desenvolvimento da modelação 3D, os principais componentes do violino que seriam prototipados já estavam modelados (corpo, braço, escala e respetivos componentes, cravelhas e estandarte). Assim sendo, as peças que já tinham sido modeladas anteriormente (cravelhas e estandarte) foram também colocadas na modelação.

Depois desta fase, procedeu-se à modelação dos componentes *standard*, ou seja, as cordas, o cavalete, e os esticadores, e os componentes internos do violino (barra harmónica e alma). Estes componentes foram criados para efeitos de visualização, e para completar a modelação. Apesar de serem componentes que não vão ser produzidos, mas sim encomendados (apenas a barra harmónica vai ser produzida), são peças que interessava modelar, não apenas por uma questão de visualização, mas também para se perceber como funcionam e que função desempenham no violino.

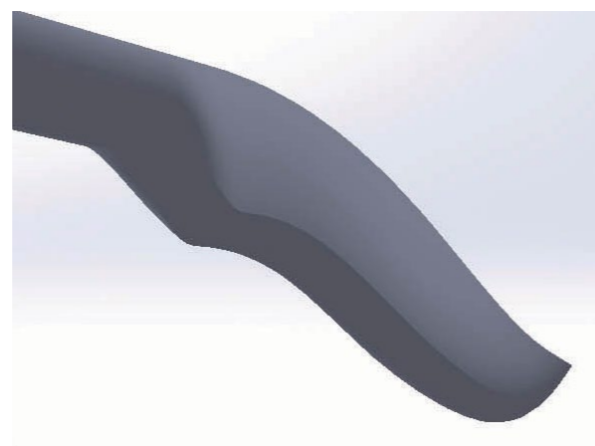


51 | opções desenvolvidas (por ordem cronológica) para o remate do braço até à solução final

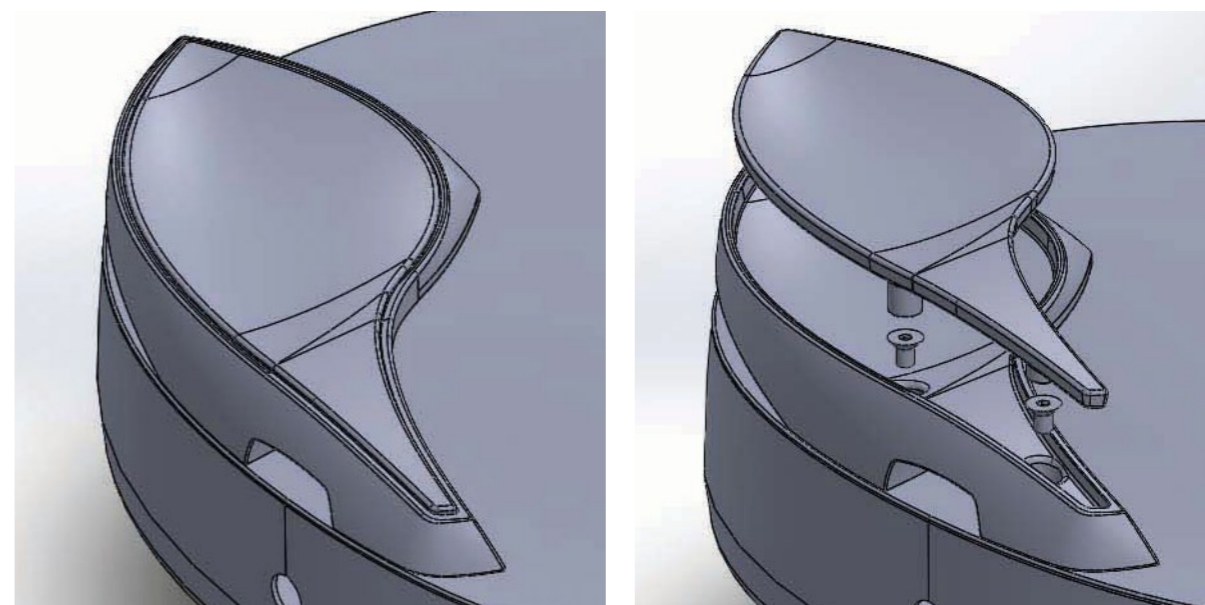


52 | construção da superfície do cravelhame e pré-visualização da solução final

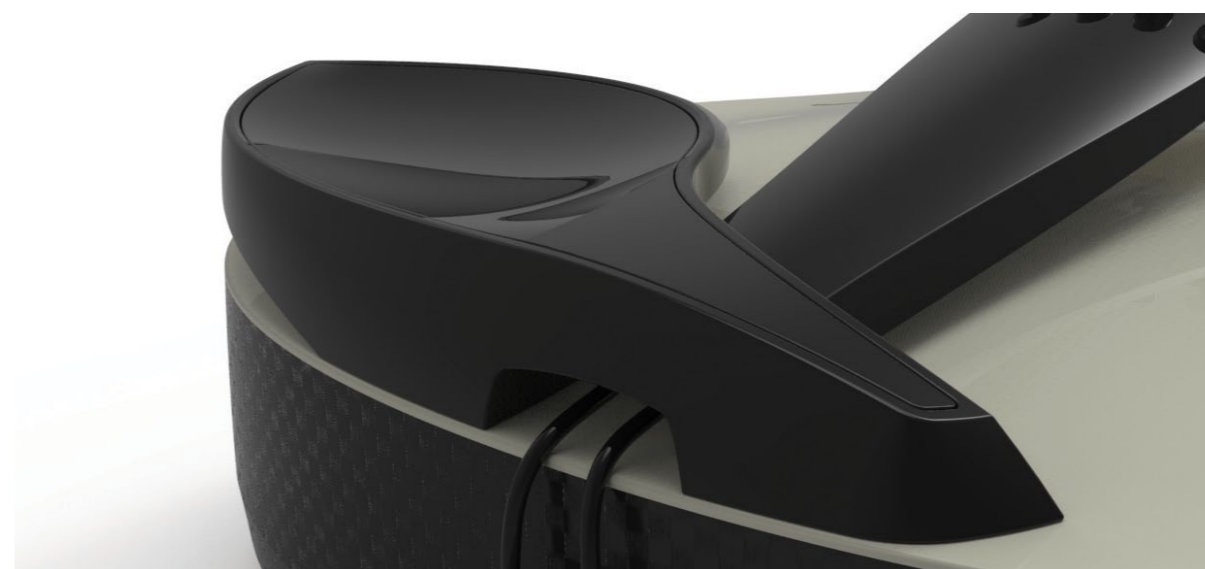
Seguidamente, procurou-se desenhar uma solução para a queixeira que, para além de não causar estranheza ao utilizador, tivesse um design apelativo e inovador, seguindo a linguagem formal presente no violino. Para além disso, pensou-se em desenvolver uma queixeira em que não se utilizassem ferragens de fixação. Esta tarefa exigiu que fossem pensadas, desenhadas e desenvolvidas algumas propostas, para se chegar à solução final. Durante a fase de criação de esboços, a forma e encaixe da queixeira foram questionadas, e foram encontradas algumas soluções, que pareciam ser possíveis de desenvolver. No entanto, só na fase de modelação é que foram tomadas as decisões sobre a opção final. Na primeira tentativa, ficaram definidos os contornos gerais da queixeira, ou seja, foi encontrada uma linguagem formal que se fundia com os restantes componentes do violino. No que diz respeito ao modo de fixação, pensou-se em aproveitar a disposição do cabo que prende o estandarte (bem como a tensão que nele é exercida), fazendo com que este passasse pela queixeira de modo a fixá-la. Esta solução não foi convincente, visto que não garantia que a queixeira ficava imóvel e estável. Assim sendo, foi necessário experimentar uma outra opção, que passava por encaixar a queixeira no botão, mas rapidamente se verificou através da modelação 3D que esta solução iria resultar num volume demasiado grande, cuja área de contacto poderia incomodar o violinista. Para além disso, o resultado estético estava longe de ser o desejado e foi necessário pensar noutra alternativa.



Entretanto, foram procurados outros sistemas de fixação e ligação de peças que pudessem ser utilizados neste caso em concreto, e pensou-se em utilizar um método de ligação mecânica, ou seja, utilizando parafusos e rebites roscados. Nesta opção, o tampo teria dois rebites roscados M3, na zona de contacto com a queixeira, sendo que esta seria furada e posteriormente ligada ao tampo, com dois parafusos M3 de cabeça de embeber de oco hexagonal. De modo a que a queixeira fosse um elemento versátil e característico deste violino, e também para não deixar os parafusos visíveis (visto que poderia não resultar do ponto de vista estético), a superfície de contacto com o queixo foi desenhada como um objeto independente da queixeira, que encaixa na furação da queixeira, e que poderia ser removido pelo utilizador (ver figura 53). Este detalhe traduz-se numa possibilidade de personalização da queixeira, visto que a parte que é amovível, poderia ter diversas opções ao nível do material (por exemplo, pode ser um material rígido, como um policarbonato, ou mais flexível, como um elastómero sintético) e das cores disponíveis.

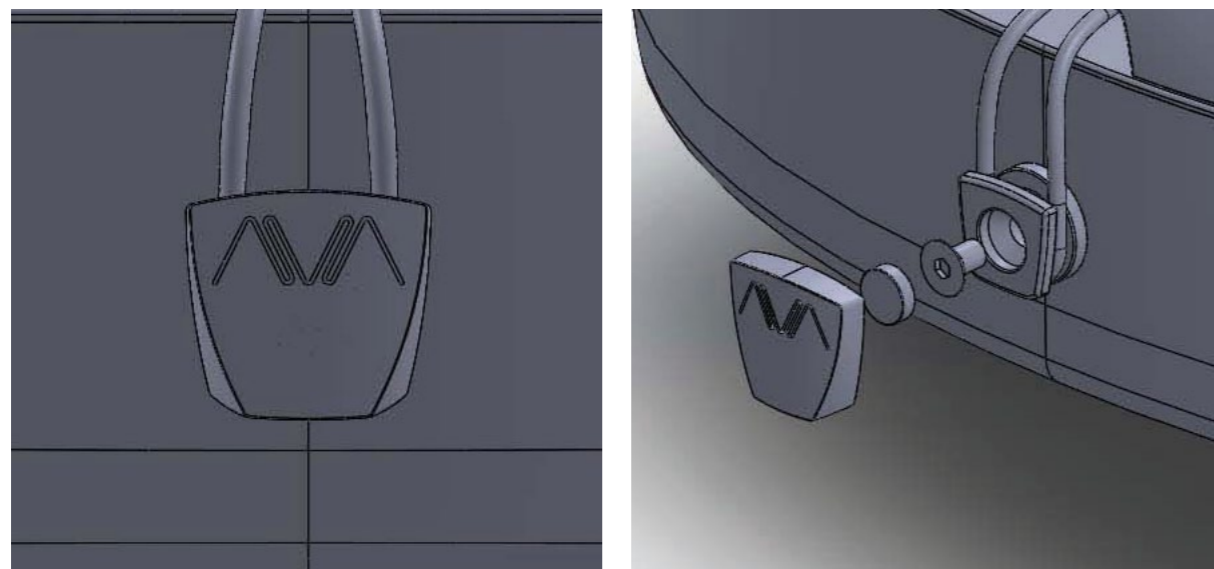


53 | solução escolhida para a queixeira e pré-visualização do sistema de encaixe da opção escolhida



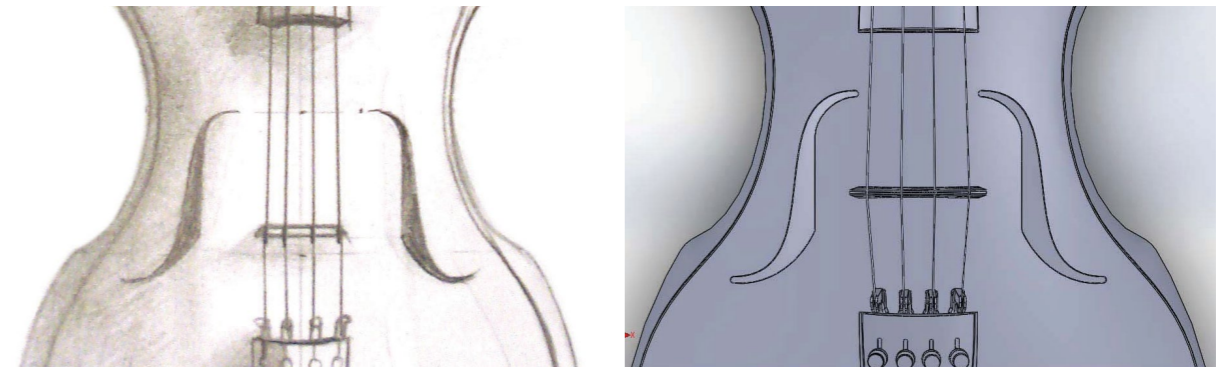
Depois da definição desta nova proposta, o passo seguinte consistiu em modelar virtualmente esta opção para a queixeira, sendo que esta foi uma fase algo trabalhosa no que diz respeito à qualidade e fluidez das superfícies, que só foi obtida ao fim de algumas tentativas. Este trabalho passou por várias fases, desde a definição dos contornos gerais (com forma e medidas aproximadas às de uma queixeira *standard*, de fixação central) e criação das principais superfícies da queixeira, passando pela criação da parte amovível e dos respetivos encaixes, até à modelação de alguns detalhes (ver figura 53). Depois de várias alternativas exploradas, esta pareceu ser a solução mais equilibrada, que correspondia às expectativas a nível estético, porque era uma opção coerente com a linguagem dos restantes componentes do violino, e do método de fixação, visto que além de ser uma solução invisível, permite ao violinista remover a queixeira (no caso de ser necessário), e não recorre às ferragens que normalmente eram usadas, resultando num conjunto formalmente agradável.

De seguida, foi modelado o botão, a peça pequena responsável pela fixação do estandarte. Apesar das suas dimensões, esta foi uma peça trabalhada ao nível do desenho e da modelação para ser um detalhe interessante e elegante no violino, perfeitamente integrado na sua linguagem formal. A solução encontrada para esta peça foi obtida rapidamente, visto que já tinha sido desenvolvida durante a fase de *sketching* manual. Foram feitas apenas algumas alterações ao nível do desenho (uma linguagem mais vincada) e do sistema de encaixe para tornar o objeto mais interessante. Este último, foi um dos fatores que foram mais trabalhados no botão. Dado que esta peça está sujeita a uma grande tensão exercida pelo cabo do estandarte, pensou-se em utilizar o sistema de fixação adotado na queixeira, ou seja, a ilharga teria um rebite roscado no local onde o botão é colocado, onde este último seria aparafusado e fixado, resultando numa solução possível e estável. Seguidamente, foi desenvolvida uma outra peça que iria cobrir o botão, e que seria responsável por conferir uma forma interessante e elegante ao mesmo (ver figura 54). Esta peça seria unida ao botão por encaixe, e teria um pequeno íman que iria criar atração magnética com o parafuso do botão, contribuindo para a fixação desta peça (ver figura 54).



54 | solução desenvolvida para o botão e pré-visualização das peças e sistema de encaixe da opção escolhida

A última fase da modelação passou pela criação dos "f" do violino. Este é um elemento visual muito importante, visto que faz parte da identidade do violino, bem como dos restantes instrumentos da sua família, desde a sua criação até aos dias de hoje. Visto que desde o início deste projeto houve uma preocupação em desenhar o "novo" violino incorporando a linguagem do arquétipo formal, pareceu evidente que os "f" poderiam ser redesenhados e adotar uma linguagem contemporânea, mas de modo a também neles ser reconhecida a forma dos "f" tradicionais. Tendo em conta que em várias zonas do violino é possível encontrar contraste entre formas vincadas e curvilíneas, pensou-se também em transportar estas características para os "f", de modo a que mais uma vez houvesse uma relação de harmonia e consenso formal entre os vários elementos, para que o resultado final fosse um objeto muito coerente (ver figura 55). Assim sendo, foi realizada a modelação deste detalhe tão importante para a identidade do violino, tendo em conta as dimensões, posição no tampo e forma dos "f" tradicionais, resultando num elemento elegante e sensual, coerente com a linguagem do objeto a que pertence (ver figura 55).



55 | desenho da solução criada para os "f" e pré-visualização da modelação dos "f"

Depois de todas as fases de desenvolvimento dos vários componentes, a modelação 3D foi concluída, e procurou-se identificar aspetos menos positivos (por exemplo, detalhes menos conseguidos) para alterar antes de avançar com os *renders* e protótipos do violino. Apesar de terem sido corrigidos e refinados alguns detalhes, a modelação tinha uma boa qualidade, e o resultado final desta apresentava-se como um conjunto coerente, equilibrado, elegante, com uma linguagem idêntica à do arquétipo formal do violino, mas que conta um toque mais contemporâneo (ver figura 56). Esta era uma solução que satisfazia as exigências e expectativas criadas inicialmente e durante o desenvolvimento do projeto, e deste modo foi possível progredir com o trabalho, para a criação de *renders* e posteriormente para a criação dos moldes e prototipagem dos componentes.



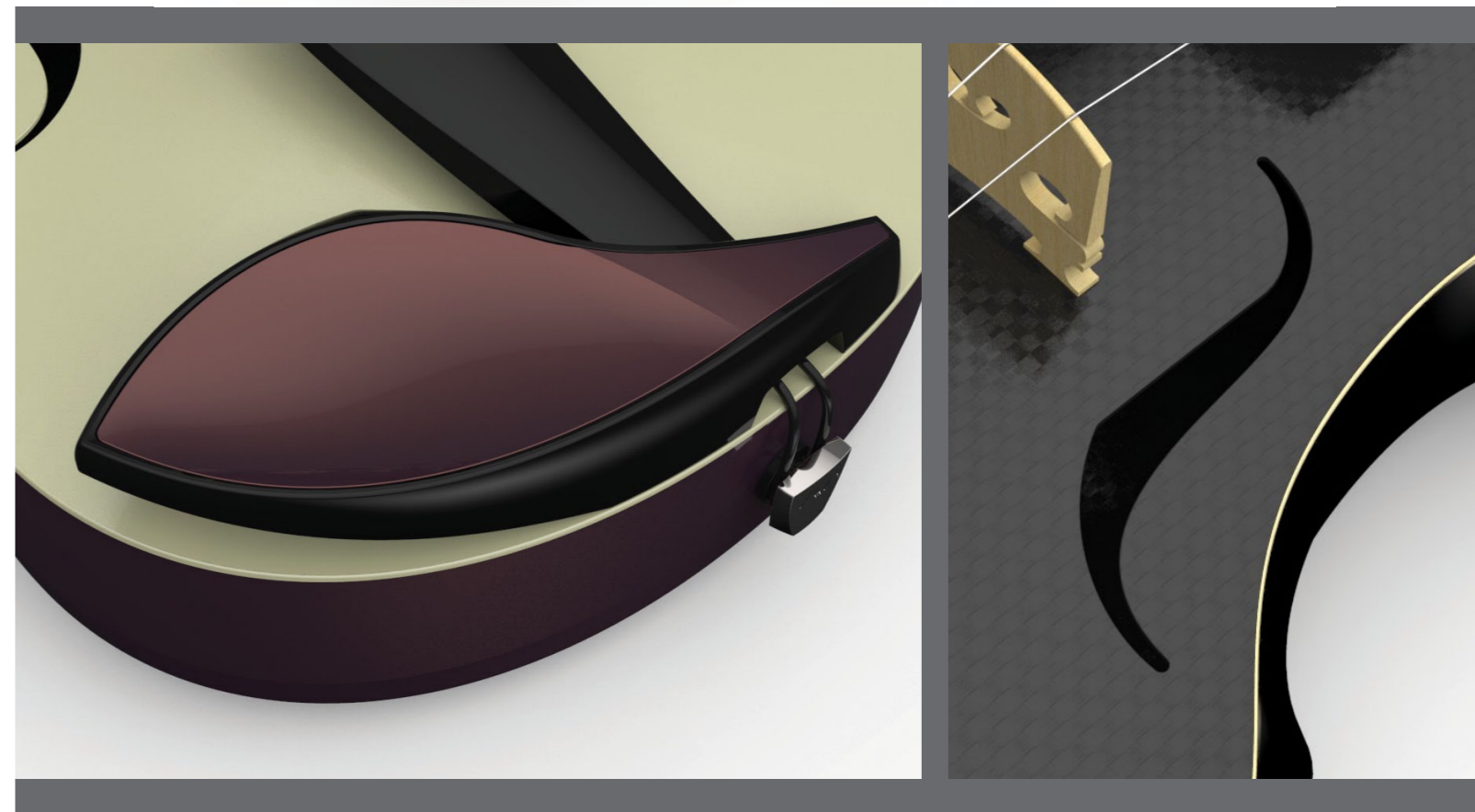
56 | pré-visualização da solução final para o violino

Depois do desenvolvimento da modelação, foram experimentadas algumas soluções ao nível dos acabamentos possíveis com o auxílio de um software de *rendering* virtual, o Keyshot. Este programa da marca Luxion, permite explorar e simular virtualmente acabamentos, cores, luzes e materiais (com facilidade, de um modo relativamente rápido e com qualidade) e aplicá-los aos objetos modelados em software CAD 3D, possibilitando uma visualização bastante aproximada da realidade. Visto que o violino iria ser produzido em fibra de carbono, tentou-se, em algumas propostas, deixar este material visível. No entanto, foi referido pelos sócios-fundadores da IDEIA.M que em superfícies de geometria complexa (como acontece no violino) é complicado obter uma qualidade visual uniforme da fibra de carbono. Assim sendo, foram criadas várias opções, explorando diferentes combinações de cores, diferentes materiais e acabamentos, de modo que fosse possível encontrar soluções viáveis, apelativas e coerentes com a filosofia do projeto (ver figuras 57 a 66).

Estas são algumas das diversas opções exploradas durante a fase de *rendering* 3D.



57 a 66 | renders 3D de possíveis soluções cromáticas para o violino





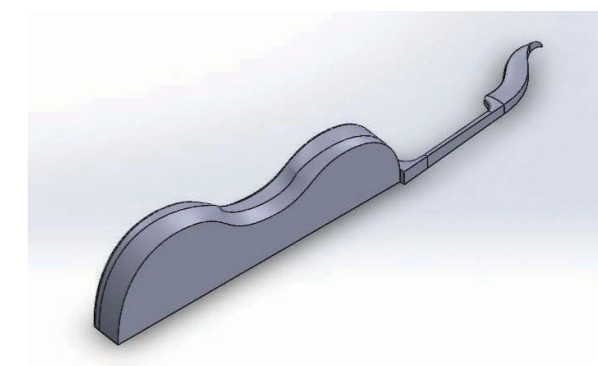
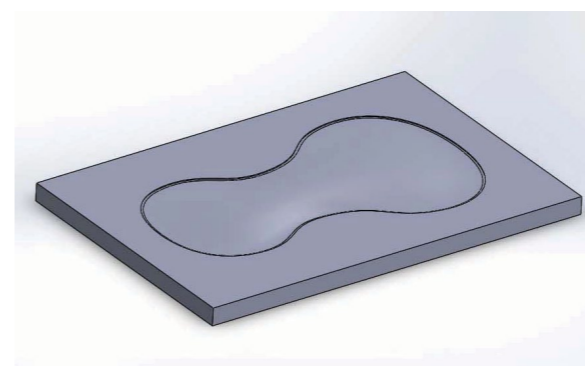
## peças de referência para os moldes



A experiência de desenvolvimento de moldes e criação de componentes foi uma das mais motivadoras e enriquecedoras durante o estágio curricular, visto que permitiu trabalhar diretamente com ferramentas e processos de prototipagem avançados, resultando na criação de conhecimento e experiência sobre o processo de desenvolvimento e produção de produtos.

Visto que a criação de moldes é um processo em que são possíveis diversas abordagens relativamente à sua produção, foi necessário pensar qual seria o modo mais apropriado para o presente projeto. Na IDEIA.M, o método que é utilizado passa pela criação de um modelo, com base no objeto a produzir, que por sua vez será a referência de desenvolvimento dos moldes em compósito de fibra carbono. Apesar de necessitar de mais tempo e trabalho sobre as peças, este processo permite que haja alguma margem de erro, e a possibilidade de correção dos mesmos até à criação dos moldes, aliado a um custo inferior das matérias primas. Assim sendo, este foi o método adotado para a produção dos moldes do violino.

Tal como foi referido anteriormente, a primeira etapa consistiu na criação das peças de referência para os moldes dos principais componentes do violino (escala, tampo e corpo) para estes poderem ser maquinados por CNC. Para isso, as peças foram modeladas no software SolidWorks, a partir das superfícies exteriores dos componentes a prototipar. Durante este processo, e com base na experiência e conselhos fornecidos pelos fundadores e trabalhadores da IDEIA.M, houve sempre uma preocupação em pensar as soluções mais viáveis e simples, que poderiam facilitar a construção das peças. Por exemplo, dado a que o corpo do violino é um componente com uma geometria algo complexa, optou-se por dividi-lo a meio, obtendo-se assim dois moldes simétricos, para facilitar a criação das peças (ver figura 67).



67 | pré-visualização do molde do tampo e de metade do molde do violino

A partir da modelação CAD, foi criado o ficheiro CAM no *software* PowerMill, para permitir que a peça fosse maquinada por CNC. Neste processo foi necessário definir a orientação e posição do objeto na área de maquinagem, bem como o volume de material a trabalhar e antever os movimentos que o braço mecânico iria realizar durante a prototipagem da peça.

Para cada peça foi criado um bloco de material para maquinar com o volume definido no *software* CAM. Para as duas metades do corpo do violino e para o tampo foram utilizados blocos de MDF, e para a escala, foi utilizada uma placa de painel fenólico (HPL). Este blocos foram fixados à área de maquinagem com cola termoendurecível, e posteriormente procedeu-se à sua maquinagem (ver figuras 68 e 69). Durante este processo, foram retiradas algumas conclusões sobre a forma como se devem criar os blocos de material para prototipar em CNC. Devido a alguns problemas que foram ocorrendo durante o processo de maquinagem dos blocos de MDF, é possível concluir que as colagens das placas deste material devem ser realizadas na horizontal e não na vertical, visto que a pressão e velocidade exercidas pela fresa podem fazer com que as placas de material se separem, como aconteceu durante a prototipagem de um dos blocos. Para além disso, deve haver um cuidado especial ao colar estas placas. Deve-se garantir que estas estão bem limpas antes da colagem, a cola (de poliuretano, por exemplo) deve ser bem aplicada e se possível, deve-se submeter as placas coladas a uma prensa, para garantir que estas ficam bem unidas. Este passos permitem minimizar falhas e possíveis “surpresas” durante a prototipagem.

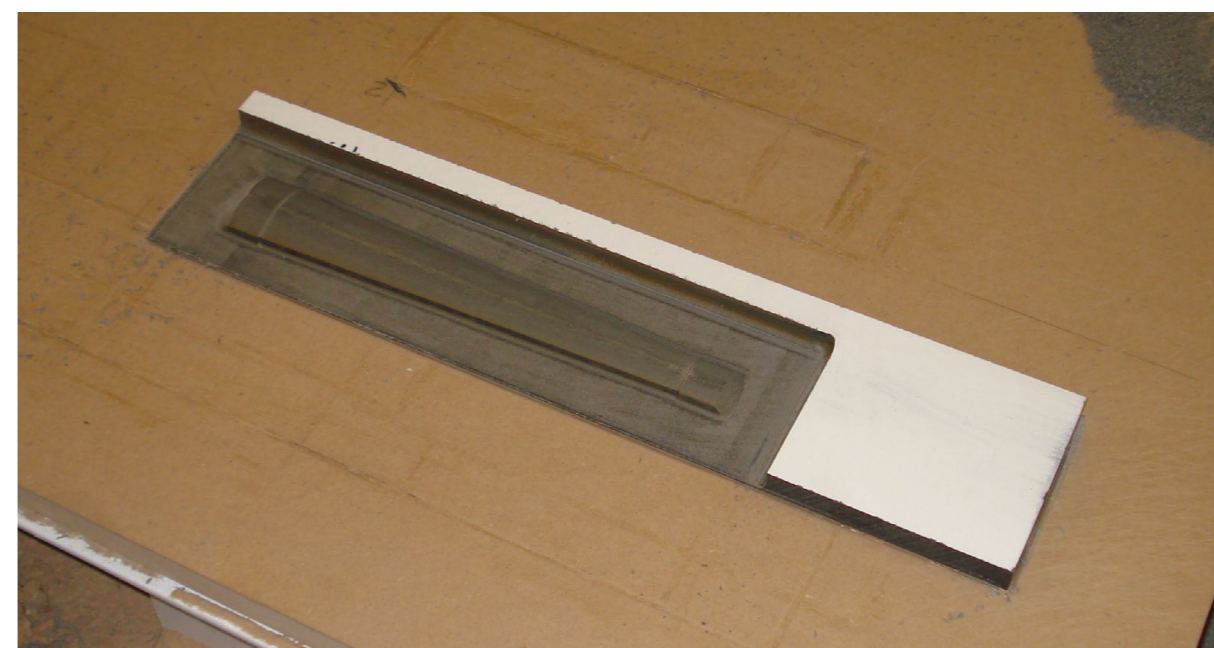
Depois de se produzirem as peças de referência para os moldes, estas foram isoladas para tapar todas as porosidades do MDF e alisar a superfície da peça. Para isso, foram aplicadas manualmente várias camadas de tapa-poros nas peças de MDF, até se obter uma superfície contínua. Seguidamente, foi aplicada uma camada de betume pistolável, seguida de uma camada de tinta preta, para uniformizar a superfície da peça. Na peça de referência do molde da escala, não foi necessário ter este trabalho, visto que a su-

perfície do material não apresentava porosidades. O único trabalho necessário era lixar, polir e aplicar desmoldante (Frekote) sobre a peça.

É importante referir que para garantir a simetria entre as metades do corpo do violino, apenas uma destas metades foi trabalhada inicialmente, e só mais tarde é que se uniram as duas. Este processo foi utilizado para que uma das partes do corpo do violino pudesse servir de referência dimensional e formal à outra, e também para garantir a simetria dos moldes, e consequentemente, do protótipo final.



68 | prototipagem CNC de uma das metades do corpo do violino



69 | peça de referência para o molde da escala do violino produzida por CNC

# produção dos moldes

A fase seguinte do processo de desenvolvimento do presente projeto foi a criação dos moldes, a partir das peças de referência desenvolvidas e mencionadas anteriormente. Esta etapa permitiu um contacto direto com os materiais compósitos (nomeadamente com a fibra de vidro reforçada com resina de poliéster) e com os respetivos métodos de produção dos moldes, traduzindo-se numa experiência muito enriquecedora.

Numa primeira fase, foram criados os moldes para o tampo e para a escala do violino. Para os moldes destes componentes, o processo começou com a aplicação uma camada uniforme de *gelcoat* (de cor preta) na peça de referência, para copiar com precisão a sua geometria e levá-la para o molde (ver figura 70). Depois do tempo de cura do *gelcoat* (cerca de uma hora), foi possível começar a aplicar camadas de fibra de vidro (ver figura 71).

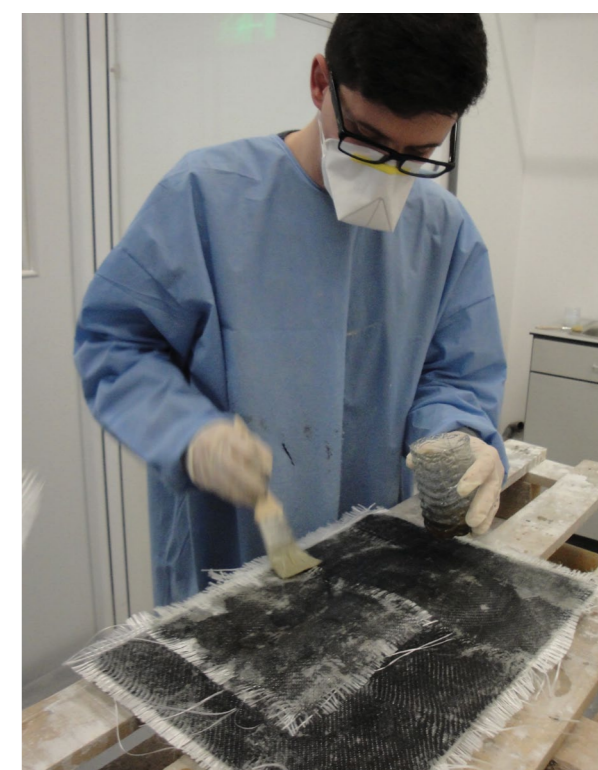
É importante referir que foram aplicados diferentes tipos de fibra, não só para dar resistência ao molde, mas também para gradualmente criar a resistência necessária entre as camadas que iam sendo aplicadas. Cada uma destas camadas é constituída por pedaços de fibra cortados previamente. Estes são simultaneamente impregnados com resina de poliéster e pressionados contra o molde com o auxílio de um pincel de modo a garantir que as fibras ficam embebidas com a resina e para acomodá-las devidamente. Assim sendo, numa primeira fase colocou-se uma camada de véu de fibra de vidro por toda a peça, e posteriormente foram aplicadas duas camadas de tela fina (*twill weave*) de fibra de vidro. O passo seguinte foi aplicar três camadas de fibra unidirecional sobre toda a peça e por último colocar duas camadas de manta de fibra de vidro. Depois de esta última ter sido aplicada, foi necessário deixar o molde a curar durante 24h.

A criação dos moldes das duas metades do corpo foi um processo muito similar. Neste caso, foi necessário criar previamente uma estrutura para os moldes (apartações), para definir uma base consistente para a criação dos mesmos. De seguida, foi aplicada cera desmoldante sobre a estrutura referida anteriormente, bem como nas juntas entre esta e a peça de referência. No que diz respeito ao processo de aplicação de fibra de vidro, foi adotado o mesmo método referido anteriormente.

Depois de os moldes estarem curados, procedeu-se à desmoldagem dos mesmos, com o auxílio de uma espátula, de modo a separar a peça de referência dos moldes. Este é um processo que exige um cuidado especial para que não haja o risco de danificar os moldes. Posteriormente, foi necessário polir os moldes até estes ficarem com o acabamento desejado (ver figura 73).



70 | aplicação de *gelcoat* para a criação do molde da escala



71 | aplicação da fibra de vidro e resina de poliéster para a criação do molde do tampo

# criação de um protótipo formal

Antes de se produzir o primeiro protótipo em compósito de fibra de carbono, foi necessário criar um modelo em compósito de fibra de vidro e resina de poliéster, para verificar se os moldes dariam origem a peças formal e dimensionalmente corretas, mas também para que houvesse uma noção prévia do volume e forma final.

Este processo de criação do modelo de validação começa com a aplicação de duas camadas de selante e duas a três camadas de desmoldante nos moldes dos componentes, de modo a que seja possível retirar as peças dos moldes. De seguida, procedeu-se à aplicação manual (*hand lay-up molding*) da fibra de vidro e da resina de poliéster em cada um dos moldes. Visto que cada peça ia estar sujeita a diferentes tipos de esforços e tensões, foram aplicados diferentes tipos de fibra de vidro em cada peça, consoante as suas necessidades. No caso da escala, foram aplicadas três camadas de fibra de vidro unidirecional e no tampo foram aplicadas quatro camadas de fibra de vidro

em forma de tela fina (*twill weave*). Em relação ao corpo do violino foi necessário aplicar várias camadas de fibra de vidro, com diferentes orientações (unidirecional e *twill weave*, para garantir que este componente era suficientemente resistente e estável para aguentar com a tensão exercida pelas cordas (no braço) e pelo estandarte (na ilharga).

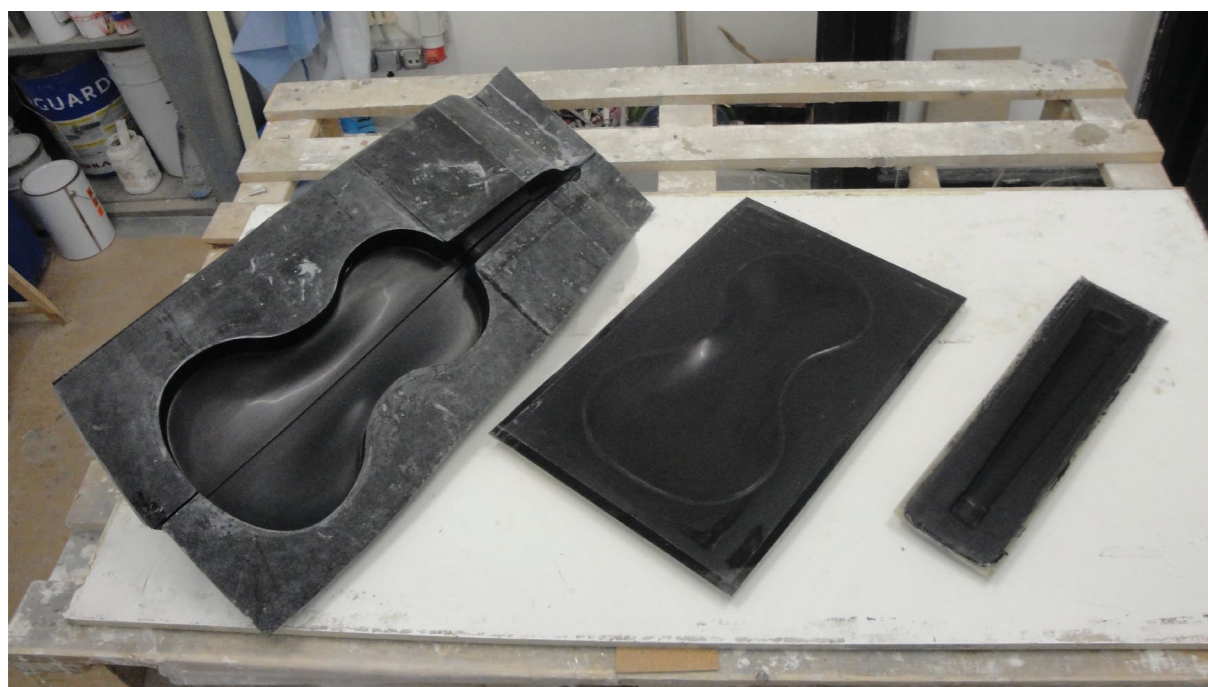
Depois de laminadas e curadas, as peças foram sujeitas ao corte manual (ver figuras 75 e 76). Este processo exige rigor e atenção na sua execução para que não haja deformações das peças e para que o resultado final fosse coerente com o modelo CAD 3D.



74 | processo de laminação do tampo



72 | aplicação da fibra de vidro e resina de poliéster para a criação de um dos moldes do corpo



73 | moldes do corpo, tampo e escala do violino



75 | corpo do violino (após período de cura)



77 | Corte dos "efes"



76 | corte do excesso de fibra do tampo

Antes de as peças serem coladas, foi necessário marcar e cortar os "efes", e também desenhar uma barra harmônica para o violino. Para o corte dos "efes", foi necessário desenhar um template a partir da modelação CAD 3D do tampo. Esse template foi impresso, e posteriormente os "efes" foram marcados no tampo com tinta de spray. De seguida, estes foram cortados cuidadosamente com uma Dremel, até se obter um resultado satisfatório (ver figura 77).

Em relação à barra harmônica, houve necessidade de procurar informação sobre as suas dimensões e posicionamento no violino, que são referidas por Lewis (2012) e Moody (n.d.), e que acabariam por ser confirmadas pelo Engº Domingos Capela. Depois de ser projetada, a barra harmônica foi desenhada numa placa de fibra de vidro e cortada de modo a ter as dimensões e forma desejadas, e posteriormente foi colada no interior do tampo. Para o efeito, foi utilizada uma mistura de resina de poliéster com carbonato de cálcio e endurecedor, que foi aplicada com o auxílio de uma seringa. Este método permite um doseamen-

to e aplicação eficazes da mistura desenvolvida para a colagem. Depois de aplicada a mistura, foi necessário aguardar cerca de 24h, tempo que corresponde ao período de cura.

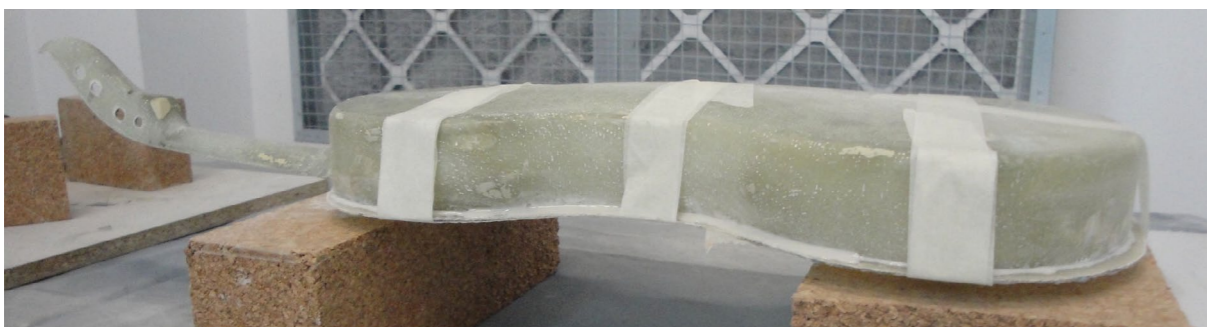
O passo seguinte consistiu em colar as peças (escala, tampo e corpo) de modo a obter-se o corpo total do violino. Os processos e materiais utilizados foram os mesmos que foram necessários para a colagem da barra harmônica. Para garantir que as peças ficavam bem unidas, foi utilizada fita cola. Esta técnica permite que seja criada a pressão necessária entre as peças, para que estas fiquem bem ligadas. Realizada a colagem, foi necessário um período de cura de aproximadamente 24h, para que as peças pudessem ser lixadas e preparadas para a pintura.



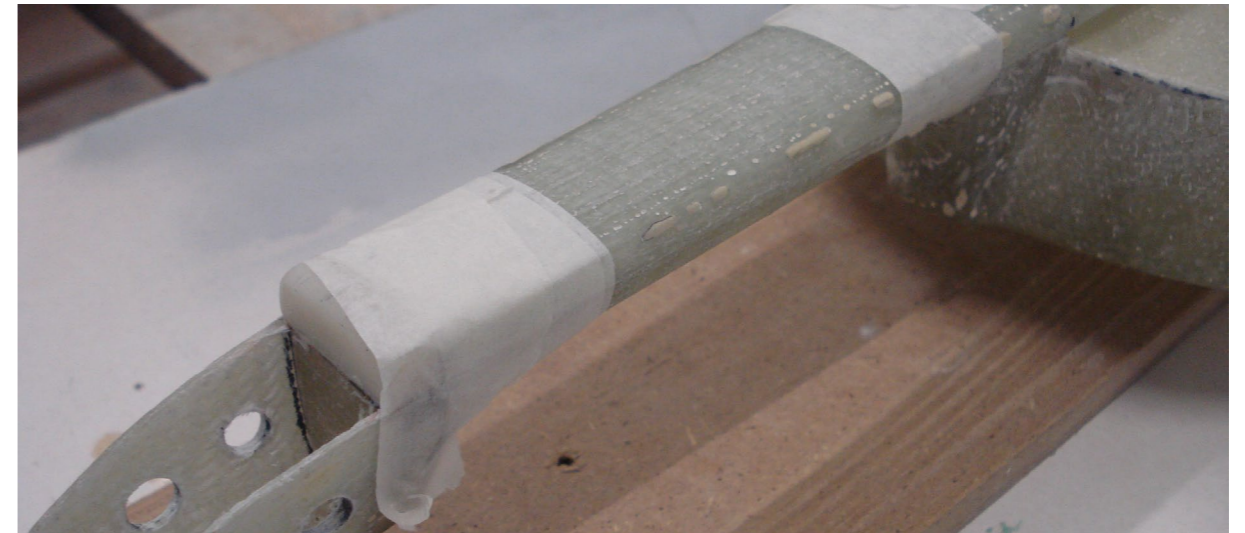
78 | colagem da barra harmónica



79 | tampo do violino preparado para a colagem final



80 | colagem do corpo ao tampo

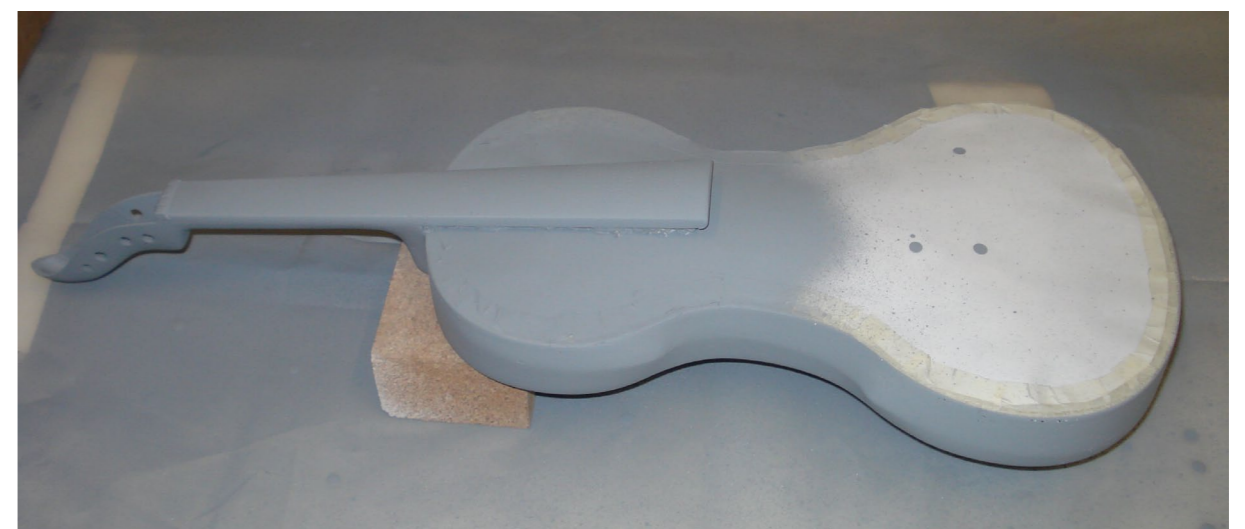


81 | colagem da escala ao braço

Antes de o modelo ser pintado, foi necessário aplicar primário para tapar algumas porosidades e para verificar se o modelo estaria uniforme. Neste modelo, optou-se por pintar o corpo e a escala, de modo a que no fim houvesse um contraste cromático entre corpo e tampo. Para o efeito, foi necessário isolar este último componente com fita cola e papel (ver figura 82).

Feito isto, foi utilizada uma pistola com pressão de ar para aplicar o primário. Depois de este ser aplicado, foi necessário lixar com cuidado a superfície de todo o modelo, e em algumas irregularidades, aplicar massa de poliéster, de modo a garantir a uniformidade das superfícies. Feito isto, procedeu-se à aplicação de uma última camada de primário, e depois da secagem necessária, o modelo foi novamente lixado (ver figura 83).

Para garantir a qualidade da superfície do modelo, este foi borrifado com tinta de spray preta. Depois de uma lixagem suave, necessária apenas para retirar a tinta, verificou-se que o modelo tinha qualidade, e que já era possível aplicar a pintura.



82 | primeira camada de primário aplicada no modelo



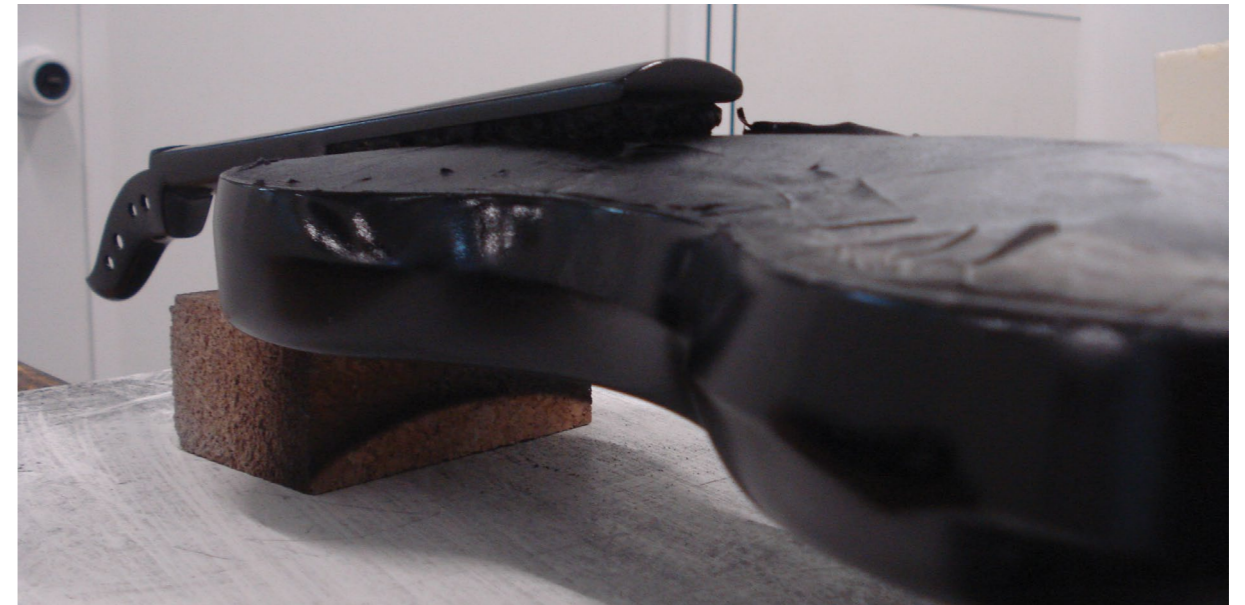
83 | modelo após a primeira aplicação de primário, seguido da aplicação da 2ª camada

A fase seguinte consistiu na pintura do corpo, escala, e peças periféricas do modelo em preto. Dado a que este é um processo delicado, e visto que se trata de peças pequenas foi utilizado um aerógrafo para pintar as mesmas. Esta técnica exige que sejam aplicadas algumas camadas de tinta, visto que o aerógrafo não aplica muita tinta. No entanto, esta técnica permite um maior controlo de todo o processo de pintura, e evita que seja aplicada tinta em excesso, traduzindo-se numa maior qualidade e regularidade entre camadas e, conseqüentemente, do resultado final. A tinta foi aplicada em duas fases, de modo a que fosse possível pintar todo o modelo. Entre estas fases, foi necessário um período de secagem de aproximadamente 20 minutos (ver figura 84).



84 | pintura aplicada no modelo

Depois da pintura do modelo e das peças periféricas, procedeu-se à aplicação de verniz sobre as mesmas. Para o efeito, foi utilizado verniz brilhante (misturado com endurecedor e uma pequena percentagem de diluente). Dado a que este é um processo delicado, o verniz foi aplicado com um aerógrafo. Ao longo deste processo, foi necessário lixar a superfície das peças depois de cada camada de verniz aplicada (ver figuras 85 e 86).

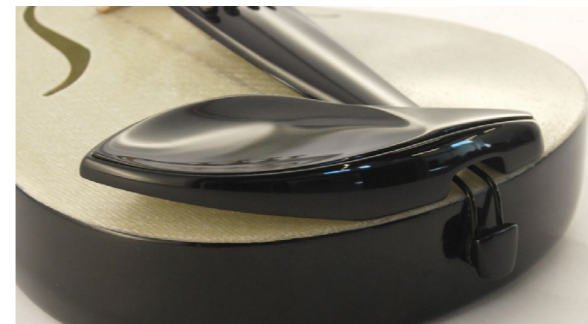


85 | modelo após a primeira aplicação de verniz



86 | peças após aplicação de verniz

Aplicado o verniz, o passo seguinte foi lixar e polir o modelo e as peças, para que estas ficassem com um acabamento uniforme e agradável. Inicialmente, utilizou-se uma lixa de verniz para quebrar o grão do verniz aplicado e para alisar a superfície das peças. De seguida, estas foram polidas com lixas de água pouco abrasivas, de modo a que a superfície das peças estivesse apta a receber o polimento final. Este último processo permite que a superfície das peças seja regular, fluída, suave e agradável ao toque (ver figuras 87, 88 e 89). Por último, procedeu-se à montagem de todos os componentes, para validação do protótipo. Nesta fase, destaca-se a disponibilidade e suporte do Eng.º Domingos Capela para a montagem do cavalete e da alma do violino (consultar a entrevista ao Eng.º Domingos Capela, em anexo).




87 | peças polidas com lixa de água



88 | protótipo de fibra de vidro

89 | detalhes do protótipo de fibra de vidro



*criação do  
protótipo final*

# produção dos componentes

O desenvolvimento do protótipo final exigiu, antes do desenvolvimento de qualquer peça, alguns cálculos, ensaios e simulações para compreender algumas propriedades mecânicas da madeira e da fibra de carbono, e consequentemente para ser possível simular e criar peças em compósito de fibra de carbono com propriedades idênticas às das madeiras em que o violino é construído.

Neste sentido, o primeiro passo foi identificar essas mesmas madeiras. Segundo Brito e Brito (2009), as principais madeiras utilizadas na construção do violino são o **pinho** (também conhecido como epícea ou *spruce*) utilizado na construção do tampo, alma e barra harmónica, o **ácer** (também conhecido como *maple*) utilizado na construção das costas e braço, e o **ébano** para a construção da escala. Foi também referido pelos colaboradores da IDEIA.M que o **rosewood** é uma madeira com propriedades adequadas para a construção da escala (tendo em conta os estudos que fizeram para o desenvolvimento da sua guitarra).

Assim sendo, foi necessário consultar algumas propriedades mecânicas (como o módulo de elasticidade) referidas por Kretschmann (2010) relativamente às madeiras anteriormente referidas. Para além disso, foi necessário consultar o projeto académico de McDade (2006) para desenvolver alguns cálculos, de modo a que a configuração dos laminados das peças em compósito de fibra de carbono atribua às peças propriedades mecânicas aproximadas às da madeira. Estes cálculos foram realizados pelos colaboradores da IDEIA.M, principalmente por João Petiz, CTO e responsável pela área cálculo estrutural estático e dinâmico. Por motivos de confidencialidade de dados e de propriedade intelectual exigida pela IDEIA.M, não é possível apresentar os cálculos desenvolvidos.

Depois da criação do tampo, ainda foram realizados testes de vibração (teste de Chladni) com o mesmo, de modo a ser possível comparar os modos de vibração do tampo de fibra de carbono, ao de madeira. Estes testes, bem como algumas conclusões, estão disponíveis em anexo. Depois de terem sido desenvolvidos os cálculos e simulações necessárias, procedeu-se ao desenvolvimento dos componentes em fibra de carbono, tampo, corpo (ilhargas, tampo de trás, braço, e cravelhame) barra harmónica e escala (ver figura 90).

Para o efeito, foi necessário preparar os moldes antes de fibrar. Tal como aconteceu no modelo de fibra de vidro, foram aplicadas duas camadas de selante (para tapar as pequenas porosidades do *gelcoat*), seguidas de duas camadas de desmoldante (*frekote*), para ser possível retirar as peças dos moldes. Em seguida, foi cortada fibra de carbono (consoante as configurações definidas para os laminados) e procedeu-se à aplicação da mesma com resina de epóxico, num processo manual. Dada a experiência dos colaboradores da IDEIA.M com materiais compósitos, foi recomendada a utilização resina de epóxico. Segundo os mesmos, esta resina é mais resistente que a resina de poliéster e garante uma reprodução mais fiel da geometria dos moldes.

Depois da aplicação da fibra de carbono, foram aplicados materiais que ajudam a garantir a qualidade do laminado: uma película de *peel ply*, para que a superfície interior do laminado tenha um acabamento uniforme, uma película de desmoldante permeável à resina, que impede que os excessos de resina fiquem depositados na peça e uma camada de *breather*, de modo a absorver a resina em excesso, e para permitir a sucção do ar, garantindo assim uma pressão homogênea na peça. O processo de cura dos laminados é realizado em vácuo, para garantir a qualidade

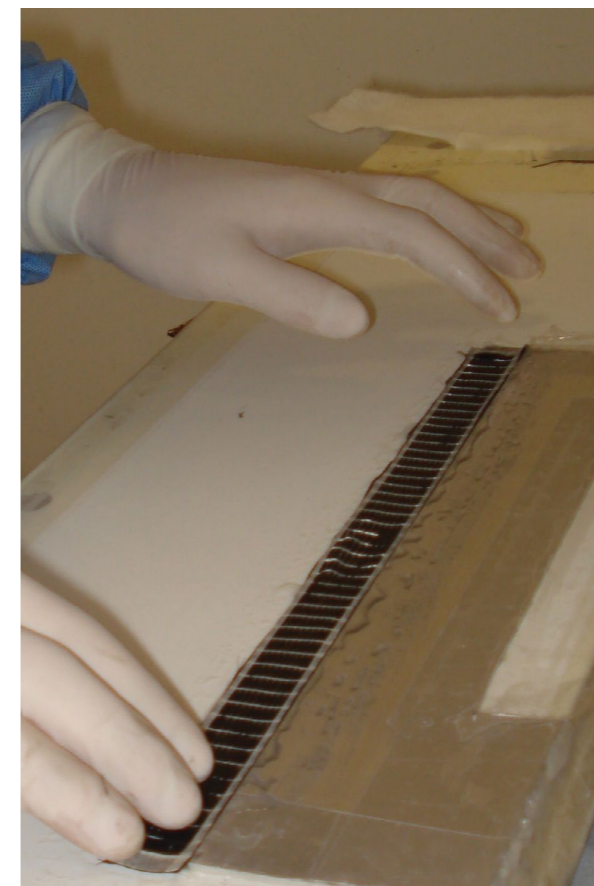
da superfície das peças. Depois do período de cura das peças (cerca de 24h), estas estão aptas a ser cuidadosamente retiradas dos respetivos moldes.

Relativamente às peças periféricas (queixeira, estandarte, botão e remates da escala), optou-se por recorrer à tecnologia de impressão 3D em ABS, disponível na IDEIA.M, para a produção das mesmas.

Depois as peças serem laminadas, foi necessário cortar os excessos de fibra de carbono exteriores às peças, para que estas tenham a geometria pretendida. Para o efeito, foram utilizadas ferramentas de corte (Dremel) e lixagem (lixas abrasivas). Nesta fase, foram também cortados os "éfes" do tampo.

Depois de estarem devidamente cortadas, foi necessário colar as peças. A primeira etapa deste processo foi

colar a barra harmónica. Para o efeito, foram consultadas as referências utilizadas anteriormente no protótipo de fibra de vidro sobre as dimensões e posicionamento da barra harmónica, sendo que estas foram confirmadas pelo Eng.º Domingos Capela. Depois de colada a barra harmónica, procedeu-se à colagem das peças de remate do braço e do tampo. Este foi um processo delicado e minucioso, de modo a aplicar apenas a cola necessária à união das peças, e para que a colagem fosse uniforme. Esta atenção foi também necessária na colagem da escala ao braço, que para um melhor acabamento do instrumento, só foi realizada depois de o tampo estar concluído.



90 | criação da barra harmónica e do corpo do violino



91 | renders da solução cromática escolhida para o violino



92 | render da solução cromática escolhida para o violino

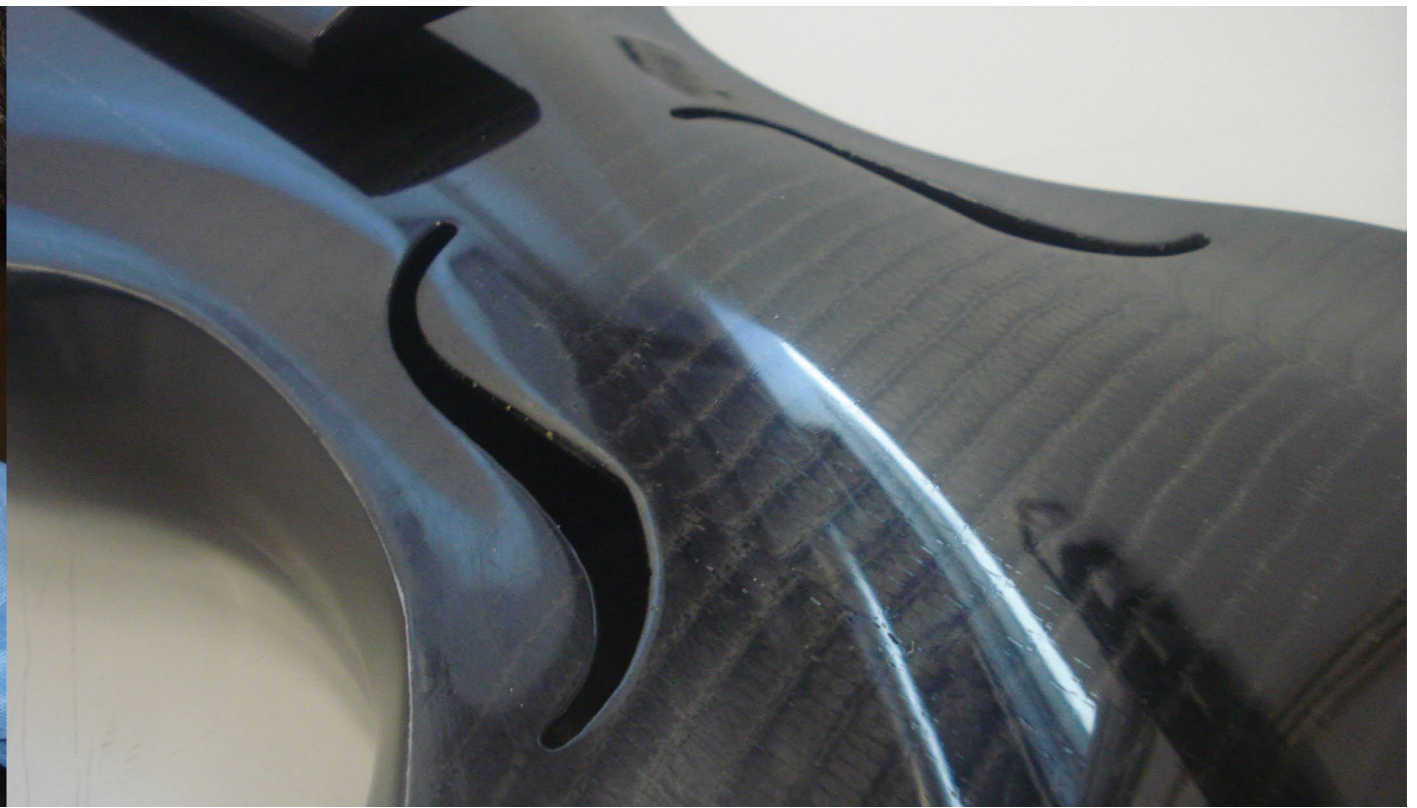
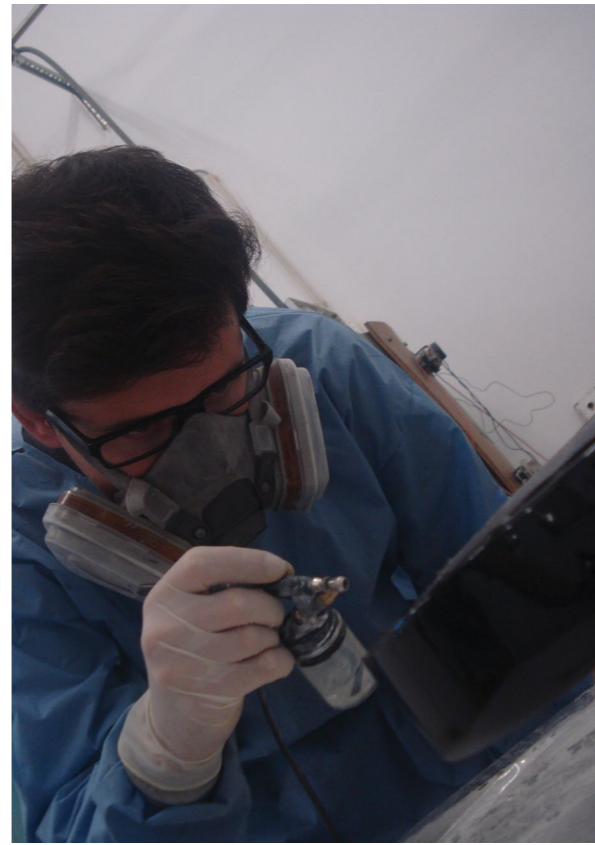
Depois do corte e colagem dos principais componentes, o passo seguinte foi a pintura e envernizamento do violino.

Antes de qualquer desenvolvimento, foi necessário definir os acabamentos do protótipo, tendo em conta as soluções desenvolvidas na fase de modelação 3D. Optou-se por escolher uma solução simples e neutra a nível cromático, em que são os pequenos detalhes e acabamentos (estecedores, remates e decalques em dourado) que enriquecem e realçam a beleza do violino e que o diferenciam dos seus concorrentes. Esta era a solução mais interessante e coerente com a filosofia do projeto (ver figuras 91 e 92).

Para um melhor acabamento do produto final, optou-se por trabalhar em primeiro lugar o aspeto final do tampo. Assim sendo, foram aplicadas algumas camadas de verniz com o auxílio de um aerógrafo. Por motivos de sigilo profissional exigido pela IDEIA.M, não foram reveladas as camadas de verniz aplicadas. Por último, foi realizado o polimento final do tampo, com o auxílio de um torno de polimento desenvolvido na IDEIA.M para esse efeito (ver figura 94).

Feito isto, procedeu-se ao acabamento do corpo do violino e dos componentes periféricos (queixeira, estandarte e botão). Inicialmente, foi necessário aplicar primário (betume pistolável), e depois de a superfície estar uniforme, o corpo do violino e os seus componentes periféricos foram pintados com tinta preta, e posteriormente envernizados.

Para esse efeito, foram utilizadas as mesmas ferramentas e processos descritos anteriormente em relação ao envernizamento do tampo. A fase final deste processo foi o polimento final de todo o violino e das suas peças, com o auxílio de um torno para polimento.



93 | corte e colagem de alguns componentes

94 | processo de pintura e polimento do violino

Para concluir a construção do violino, foi necessário montar os componentes necessários para que o violino seja verdadeiramente um instrumento musical (alma, cravelhas, cavalete e cordas).

Durante a avaliação do protótipo formal (disponível em anexo), foi frequentemente referido que afinar o violino exigia demasiado esforço, sendo este um dos principais defeitos referidos. Para solucionar este problema, optou-se por utilizar umas cravelhas mecânicas desenvolvidas e fornecidas pela **Wittner**. O sistema inovador destas cravelhas (*finetuning pegs*) permite ao violinista uma afinação confortável e precisa, que representa uma mais valia deste violino.

Apesar de grande parte dos componentes do violino ser produzido em fibra de carbono, optou-se por colocar uma alma e um cavalete em madeira. Esta opção deve-se ao facto de a madeira ser um material menos rígido que o carbono, podendo assim amortecer a pressão exercida pelas cordas (no caso do cavalete) e pelo cavalete no tampo (no caso da alma). Também foi referido pelos colaboradores da IDEIA.M que na construção de guitarras em fibra de carbono, são frequentemente utilizados travejamentos em madeira, de modo a conferir à guitarra de fibra de carbono um timbre mais aproximado ao dos instrumentos de madeira. De maneira análoga, optou-se por colocar a alma e o cavalete em madeira para tentar que o som do violino de fibra de carbono se aproximasse ao dos violinos de madeira. Para além disso, o cavalete tradicional é um ele-

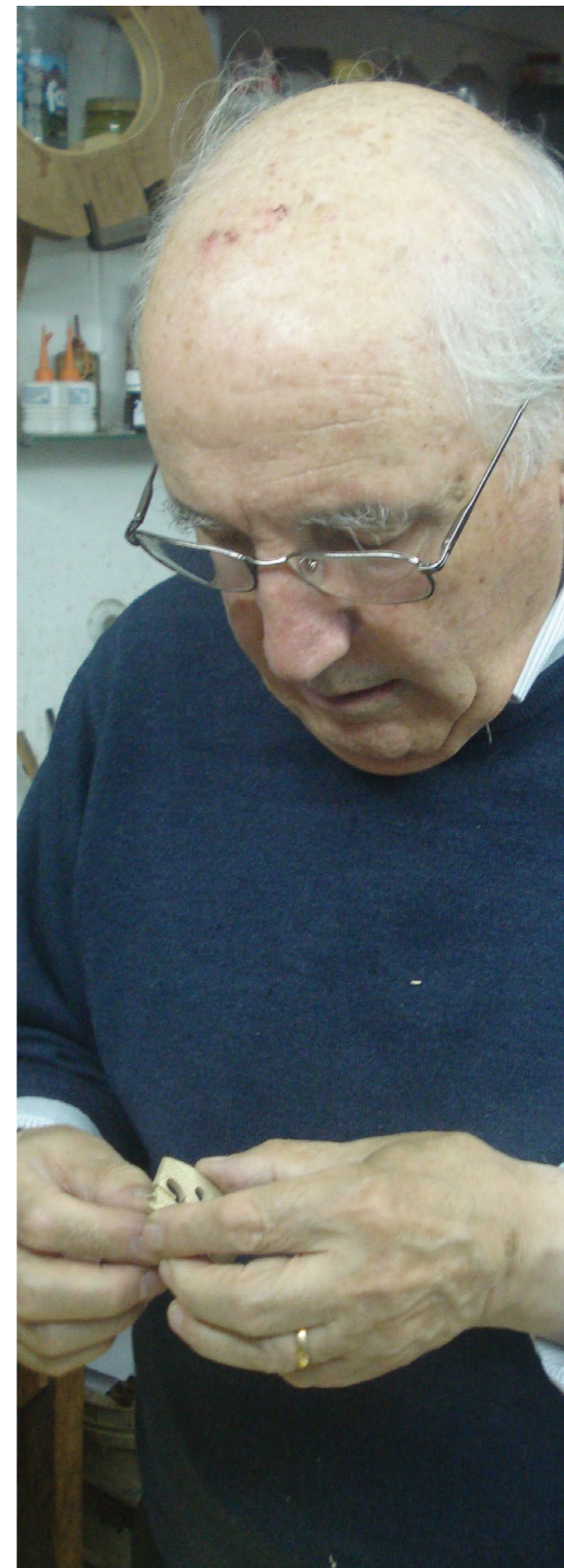
mento com uma linguagem muito própria, sendo um dos elementos caracterizadores da imagem clássica do violino. Assim sendo, optou-se utilizar um cavalete tradicional de madeira como um elemento formal intimamente ligado ao arquétipo formal do violino.

Dado que a alma e o cavalete exigem grande precisão na sua montagem, optou-se por pedir ao Eng.º Domingos Capela para conformar e colocar esses componentes, sendo que ele concordou em colaborar. Já no seu atelier, o Eng.º Capela fez uma breve análise à construção e dimensões do violino, que por sua vez estavam corretas. Depois disto, o Eng.º Capela mostrou o seu método para dar forma ao cavalete, e explicou como colocá-lo no sítio correto, bem como os "segredos" para posicionar a alma (ver figura 95 e 96).

Depois de concluída a montagem de todos os componentes, o protótipo funcional estava concluído e pronto para os primeiros testes e críticas (ver figura 97). Para esse efeito, foram consultados os indivíduos pertencentes ao painel de utilizadores (consultar anexos). De um modo geral, a opinião dos utilizadores acerca do protótipo funcional é positiva e motivadora, no que diz respeito ao resultado formal e acústico. As opiniões e críticas realizadas pelos indivíduos do painel de referências estão disponíveis em anexo.



95 | Eng.º Capela a esculpir a forma do cavalete



96 | Eng.º Capela a esculpir a forma do cavalete



97 | alguns dos testes realizados ao protótipo funcional



98 a 106 | fotografias e pormenores do protótipo funcional





# previsão de atividades futuras

Apesar de o protótipo funcional ter sido concluído, e os resultados e opiniões obtidas sejam muito animadoras, o processo de desenvolvimento do violino não chegou ao fim. No futuro será necessário desenvolver ainda mais este violino, para melhorar a sua qualidade, tanto a nível de construção e de acabamentos, como a nível acústico. Uma das principais atividades será o desenvolvimento de configurações alternativas para as peças produzidas em compósito de fibra de carbono, de modo a explorar e encontrar um timbre equilibrado para o violino. Outra atividade que está prevista é o desenvolvimento de alternativas para a queixeira amovível, de modo a encontrar soluções confortáveis e esteticamente agradáveis.

Foi referido por alguns instrumentistas que experimentaram o violino que a almofada (um componente ergonómico do violino) não fica devidamente fixada ao corpo do violino. De modo a resolver este problema, será necessário

desenvolver um encaixe específico para este violino, para que a fixação da almofada seja mais eficaz.

Pensou-se também em desenvolver um arco e uma caixa para o violino, não só para que este seja um produto completo e ofereça todos os produtos necessários ao músico, mas também para que haja uma linguagem formal coerente entre os produtos utilizados pelo violinista, como se cada um fosse um prolongamento do violino. Já foi desenvolvida uma proposta (em modelação CAD 3D) para a caixa, que reflete a essência, elegância e dinâmica do violino (ver figura 108). No entanto, será necessário desenvolver um pouco mais esta proposta para até se produzir um primeiro protótipo.

Estas são apenas algumas das tarefas apontadas para um futuro próximo, de modo a amadurecer e enriquecer o violino desenvolvido.



107 | render de uma opção desenvolvida para a caixa do violino



108 | renders da opção escolhida para a caixa do violino

A black and white close-up photograph of the tailpiece and fine tuners of a violin. The tailpiece is made of light-colored wood and is attached to the bottom of the violin body. Several strings are visible, passing through the tailpiece and over the fine tuners. The fine tuners are metal and have small knobs for adjusting the string tension. The violin body is dark and has a textured surface. The background is a plain, light color.

*considerações  
finais*

Ao fim de um ano estágio curricular existem algumas considerações e conclusões a realizar. Apesar de o foco do estágio ter sido o desenvolvimento de um violino produzido num compósito de fibra de carbono, o resultado final é muito mais do que um produto. O resultado deste estágio traduziu-se também em experiências interdisciplinares de qualidade, que resultaram no desenvolvimento e consolidação de capacidades não só profissionais, mas também humanas e sociais. Neste aspeto, o contributo da equipa de colaboradores da IDEIA.M, bem como o ambiente vivido em empresa, foi decisivo. O facto de nunca se trabalhar sozinho, mas sempre em equipa, num ambiente estimulante a nível projetual, aliado à busca pelas soluções mais válidas, competitivas e inovadoras, permitiu que os objetivos fossem atingidos com sucesso.


Este estágio curricular foi particularmente interessante devido à consciência que foi criada acerca dos métodos e tecnologias de produção, das qualidades e acabamentos dos materiais, que não estava tão presente antes do estágio. Deste modo, é possível afirmar que este estágio curricular foi o culminar de um processo de formação, sendo que o desenvolvimento do violino foi o desafio mais exigente deste percurso académico. Desenvolver uma forma contemporânea para um instrumento musical que permanece inalterado desde o período clássico, de modo a que continue a ser reconhecido como um violino, e torná-lo apetecível para um grupo tão vasto de utilizadores (com contextos de utilização do violino muito diferentes) foi um grande desafio. Os contactos estabelecidos com construtores, músicos profissionais e alunos de formação superior, bem como o suporte fornecido pela IDEIA.M no que diz respeito à engenharia do produto, foram muito esclarecedores e permitiram definir uma orientação válida para o projeto.

O desenvolvimento de um violino com base numa perspetiva de design e engenharia do produto foi muito estimulante e enriquecedor. Mas como foi referido anteriormente, o desenvolvimento deste projeto não se traduziu apenas num produto concretizado. Também foram criadas competências e valores humanos e profissionais essenciais a um designer de produto. Ao desenvolver um novo produto, o designer deve ter uma consciência global acerca dos materiais e do processo de prototipagem, fabrico e acabamento das peças. Isto permite-lhe prever constrangimentos na produção e otimizar o produto final. Para além disso, o designer não deve trabalhar sozinho, mas sim procurar outras opiniões diferentes da sua, de modo a ter várias perspetivas em relação a um dado assunto, que se podem traduzir em conceitos interessantes. É fundamental para o designer que procure contactos outras áreas de atividade, que estejam relacionadas com um dado projeto. No caso do desenvolvimento do violino, este aspeto foi crucial para o seu sucesso, visto que permitiu criar conhecimento exterior ao domínio do design, que foi fundamental para o projeto. Esta é uma visão resultante da experiência que foi o estágio.

Relativamente ao projeto em si, o resultado final corresponde às exigências e expectativas criadas no início do estágio. Com base na opinião dos colaboradores da IDEIA.M e dos indivíduos do painel de utilizadores, o violino é elegante, dinâmico, atraente e confortável. Para além disso é referido que o protótipo funcional tem um som com um ataque forte, bastante projeção e qualidade, principalmente nas tonalidades mais graves. Como se esperava, o protótipo funcional é claramente superior ao protótipo formal, quer a nível estético e de construção, quer a nível acústico. No entanto, os resultados obtidos com os dois protótipos desenvolvidos foram muito animadores.

Este projeto de estágio traduziu-se numa transição muito produtiva e enriquecedora entre ambiente académico e profissional. Tendo em conta todo o processo desenvolvido ao longo de um ano de estágio, torna-se difícil idealizar uma melhor preparação para a vida profissional.

O presente documento comprova o quão completa e enriquecedora foi essa preparação, e revela a importância do estágio curricular na formação académica. Este estágio concretiza um grande número de experiências e vivências de grande valor não só para a conclusão do mestrado, mas também para a futura atividade profissional.



*referências e  
lista de figuras*

# referências utilizadas

Askenfelt, A. (2006, Julho). Structure violins. Advanced course on Mechanics of Playing and Making musical instruments - CISM. Udine, Itália

Baines, A. (2002). V. In Baines, A. (coord.). *Musical instruments*. (pp. 357 -376). New York: Oxford University Press

Bayon C. (n.d.). *Christian Bayon*. Retirado em Março 18, 2013 de <http://www.christianbayon.com/index.php?p=profil&l=pt>

Bramston, D. (2009). Explore and have fun. In Bramston, D. (coord.) *Idea searching* (pp. 78 - 129). Lausanne: AVA Publishing SA

Brito, Armando A. S. & Brito, Andrea S. S. (2009). Os Materiais & os Instrumentos Musicais. I - O Violino: A sublimação da madeira. In *Ciência & Tecnologia dos Materiais*. Vol. 21, 3-4, 48-57

Dominy, J. & Killingback, P. (n.d.) *The development of a carbon fibre violin*. Retirado em Janeiro 07, 2013 de <http://www.iccm-central.org/Proceedings/ICCM17proceedings/Themes/Industry/OTHER%20APPLICATIONS/A6.2%20Dominy.pdf>

Goldblatt, A. (n.d.). *Violin*. Retirado em outubro 18, 2012 de <http://www.alangoldblatt.com/specs/Violin.pdf>

Henrique, L.(1999). Cordofones friccionados I: violino. In Henrique, L. (coord.). *Instrumentos musicais* (pp. 73-102). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian

Jansson, E. (2002). *Acoustics for violin and guitar makers .Chapter V: Vibration Properties of the Wood and Tuning of Violin Plates*. Retirado em Novembro 29, 2012 de <http://www.speech.kth.se/music/acvigit4/part5.pdf>

Jansson, E. (2002). *Acoustics for violin and guitar makers .Chapter VII: The function of the Violin*. Retirado em Novembro 29, 2012 de <http://www.speech.kth.se/music/acvigit4/part7.pdf>

Kretschmann, David E. (2010). *Wood Handbook, Chapter 05: Mechanical Properties of Wood*. Retirado em julho 5, 2013 de [http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr190/chapter\\_05.pdf](http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr190/chapter_05.pdf)

Lewis, L. (2012). *Bass bar profile*. Retirado em maio 20, 2013 de <http://www.maestronet.com/forum/index.php?/topic/326270-bass-bar-profile/>

Manzini, E. (1993). Os percursos do design. In Manzini, E. (coord.) *A matéria da invenção* (pp. 51 - 68). Lisboa: Centro Português de Design

McDade, A. (2006). *Aplicação de materiais compósitos em instrumentos musicais*. Projecto de fim de curso do 5º Ano da licenciatura em Engenharia Mecânica. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

LeGault, M. (2012). *Acoustical architecture: Making beautiful music*. Retirado em Abril 25, 2013 de <http://www.compositesworld.com/articles/acoustical-architecture-making-beautiful-music>

Moura, Marcelo F. S. F. de, Morais, Alfredo B. de & Magalhães, António G. de (2005). *Materiais compósitos: materiais, fabrico e comportamento mecânico*. Porto: Publindústria, edições técnicas.

Moody, S. (n.d.). *Making the bass bar*. Retirado em maio 20, 2013 de [http://www.moodivarius.com/bass\\_bar.htm](http://www.moodivarius.com/bass_bar.htm)

Mozota, Brigitte Borja de & Veryzer, Robert W. (2005). *The Impact of User-Oriented Design on New Product Development: An Examination of Fundamental Relationships*. Retirado em junho 30, 2013 de <http://design2innovate.dk/admin/wp-content/uploads/The-Impact-of-User-Oriented-Design.pdf>

Muratov, S. (n.d.). *Belly Arching*. Retirado em outubro 17, 2012 de [http://www.platetuning.org/Violin\\_belly\\_arching\\_2\\_-\\_Sergei\\_Mugatov.jpg](http://www.platetuning.org/Violin_belly_arching_2_-_Sergei_Mugatov.jpg)

Muratov, S. (n.d.) *Back Arching*. Retirado em outubro 17, 2012 de [http://www.platetuning.org/Violin\\_back\\_arching\\_1\\_-\\_Sergei\\_Mugatov.jpg](http://www.platetuning.org/Violin_back_arching_1_-_Sergei_Mugatov.jpg)

NAMM, the international Music Products Association (2011) *2011 The NAMM Global Report*. Retirado em janeiro 9, 2013 de [http://pages.nxtbook.com/nxtbooks/namm/2011globalreport/offline/namm\\_2011globalreport.pdf](http://pages.nxtbook.com/nxtbooks/namm/2011globalreport/offline/namm_2011globalreport.pdf)

Ragin, C. (1994). Glossary. In Ragin, C. (coord.) *Constructing Social Research: The Unity and Diversity of Method* (pp. 183 -194). California: Pine Forge Press

Rodgers, P & Milton, A. (2011). *Product design*. Londres: Laurence King Publishing, Ltd

Mezzo-forte - about us. (n.d.). Retirado em Abril 18, 2013 de <http://www.mezzo-forte.de/index.php?call=content&id=93>

Sadie, S. (ed.) (1984). *The new grove dictionary of musical instruments*. 1ªed., vols. 1-3. Londres: Macmillan.

The Gale Group, Inc (2002). *Carbon fiber. How Products are Made*. Retirado em Março 20, 2013 de <http://www.answers.com/topic/carbon-fiber>

Tschimmel, K. (2011). *Processos criativos. A emergência de ideias na perspectiva sistémica da criatividade*. Porto: Edições ESAD

# lista de figuras

## 1 | **Viola renascentista**

Retirado de <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b3/Viella2.jpg> em 09/10/2012.

## 2 | **Rabeca**

Retirado de <http://www.gaita.co.uk/rebec.jpg> em 09/10/2012.

## 3 | **Lira da braccio**

Retirado de <http://www.violin-shop.be/voordracht3.jpg> em 09/10/2012.

## 4 | **levantamento dos principais componentes do violino**

Criado pelo autor deste projeto em 19/10/2012.

## 5 | **levantamento das principais dimensões do violino tradicional (vista de topo e lateral)**

Criado pelo autor deste projeto em 14/04/2013.

## 6 | **“Lady Blunt” de Antonio Stradivari, 1721**

Retirado de [http://www.instablogsimages.com/images/2011/05/04/lady-blunt-stradivarius-violin8\\_52.jpg](http://www.instablogsimages.com/images/2011/05/04/lady-blunt-stradivarius-violin8_52.jpg) em 19/09/2012.

## 7 | **Yamaha AV5 SKU, da Yamaha Corporation**

Retirado de [http://www.rwdixon.com/Acoustic\\_Violins/Pics/AV5-44KSKU\\_Violin.jpg](http://www.rwdixon.com/Acoustic_Violins/Pics/AV5-44KSKU_Violin.jpg) em 19/09/2012.

## 8 | **violino produzido em alumínio, desenvolvido em 1891 por Alfred Springer**

Retirado de <http://kaybassrepair.com/wp-content/uploads/2011/11/springer-violin.jpg> em 20/09/2012.

## 9 | **violino elétrico Vioelectric (1936)**

Retirado de <http://bernunzio.com/media/images/productimages/productimage-picture-national-vioelectric-16291-54030.jpg> em 20/09/2012.

## 10 | **violino elétrico Vivo2, produzido atualmente pela Ted Brewer Violins**

Retirado de [http://weimproviser.net/news\\_imgs\\_v2/ted\\_brewer/Vivo2\\_clear.jpg](http://weimproviser.net/news_imgs_v2/ted_brewer/Vivo2_clear.jpg) em 22/10/2012.

## 11 | **violino “híbrido” criado por Carleen Hutchins e a Hercules Materials**

Retirado de [http://farm3.staticflickr.com/2112/2267266101\\_0995b46f88\\_o.jpg](http://farm3.staticflickr.com/2112/2267266101_0995b46f88_o.jpg) em 22/10/2012.

## 12 | **violino produzido pela Luis & Clark**

Retirado de [http://www.studiotwo.com/gallery3/var/albums/luisandclark/instruments/LandCviolin605\\_27.jpg?m=1340393860](http://www.studiotwo.com/gallery3/var/albums/luisandclark/instruments/LandCviolin605_27.jpg?m=1340393860) em 19/09/2012.

## 13 | **violino produzido pela Mezzo-Forte**

Retirado de <http://www.wamusic.com.au/shop/images/2507/violin1.jpg> em 28/04/2013.

## 14 | **violino produzido pela Qarbonia**

Retirado de [https://fbcdn-sphotos-a-a.akamaihd.net/hphotos-ak-ash3/1040164\\_192607817570972\\_433182348\\_o.jpg](https://fbcdn-sphotos-a-a.akamaihd.net/hphotos-ak-ash3/1040164_192607817570972_433182348_o.jpg) em 09/09/2013.

## 15 | **Yoyo Ma com o seu violoncelo Luis & Clark**

Retirado de [http://www.studiotwo.com/gallery3/var/albums/luisandclark/instruments/YoYo\\_Ma\\_81106\\_101.jpg?m=1340393857](http://www.studiotwo.com/gallery3/var/albums/luisandclark/instruments/YoYo_Ma_81106_101.jpg?m=1340393857) em 08/08/2013.

## 16 | **cronograma do violino**

Criado pelo autor deste projeto em 25/04/2013.

## 17 | **violinos criados por José Galvão (em 1780 e 1794 respetivamente)**

Retirado de <http://www.matriznet.imc-ip.pt/MatrizNet/CommonServices/ThumbnailDownloader.axd?Lang=PT&fileId=446185&IdReg=39818&TipoReg=1&ThumbnailType=2&NoImageSize=250X180> em 23/04/2013.

Retirado de <http://www.matriznet.imc-ip.pt/MatrizNet/CommonServices/ThumbnailDownloader.axd?Lang=PT&fileId=48671&IdReg=39817&TipoReg=1&ThumbnailType=2&NoImageSize=250X180> em 23/04/2013.

## 18 | **violinos criados por António Sanhudo (em 1849 e 1869 respetivamente)**

Retirado de <http://www.matriznet.imc-ip.pt/MatrizNet/CommonServices/ThumbnailDownloader.axd?Lang=PT&fileId=446320&IdReg=40538&TipoReg=1&ThumbnailType=2&NoImageSize=250X180> em 23/04/2013.

Retirado de <http://www.matriznet.imc-ip.pt/MatrizNet/CommonServices/ThumbnailDownloader.axd?Lang=PT&fileId=446188&IdReg=39820&TipoReg=1&ThumbnailType=2&NoImageSize=250X180> em 23/04/2013.

## 19 | **António Capela com um dos seus violinos**

Retirado de [http://farm5.static.flickr.com/4025/4459741482\\_22cd1a576f\\_o.jpg](http://farm5.static.flickr.com/4025/4459741482_22cd1a576f_o.jpg) em 23/04/2013.

## 20 | **violino criado por António Capela no seu atelier em Anta, Espinho**

Retirado de [http://c4.quickcachr.fotos.sapo.pt/i/o3d022878/4575286\\_ngsh3.jpeg](http://c4.quickcachr.fotos.sapo.pt/i/o3d022878/4575286_ngsh3.jpeg) em 23/04/2013.

## 21 | **Christian Bayon com um dos seus violinos**

Retirado de [http://www.christianbayon.com/img/christian\\_bayon2.jpg](http://www.christianbayon.com/img/christian_bayon2.jpg) em 25/04/2013.

Retirado de <http://www.christianbayon.com/img/construction/vernis3.jpg> em 25/04/2013.

## 22 | **volume global de vendas de instrumentos musicais entre 1998 e 2009 - NAMM (2011)**

Retirado de [http://pages.nxtbook.com/nxtbooks/namm/2011globalreport/offline/namm\\_2011globalreport.pdf](http://pages.nxtbook.com/nxtbooks/namm/2011globalreport/offline/namm_2011globalreport.pdf) em 02/05/2013.

**23 | volume global de vendas de instrumentos musicais em diversos países - NAMM (2011)**

Retirado de [http://pages.nxtbook.com/nxtbooks/namm/2011globalreport/offline/namm\\_2011globalreport.pdf](http://pages.nxtbook.com/nxtbooks/namm/2011globalreport/offline/namm_2011globalreport.pdf) em 02/05/2013.

**24 | violino produzido pela Mezzo-Forte**

Retirado de <http://www.wamusic.com.au/shop/images/2507/violin1.jpg> em 28/04/2013.

**25 | violino produzido pela Luis & Clark**

Retirado de [http://www.studiotwo.com/gallery3/var/albums/luisandclark/instruments/LandCviolin605\\_27.jpg?m=1340393860](http://www.studiotwo.com/gallery3/var/albums/luisandclark/instruments/LandCviolin605_27.jpg?m=1340393860) em 19/09/2012.

**26 | violino produzido pela Qarbonia**

Retirado de [https://fbcdn-sphotos-e-a.akamaihd.net/hphotos-ak-ash3/934987\\_192608854237535\\_29535207\\_n.jpg](https://fbcdn-sphotos-e-a.akamaihd.net/hphotos-ak-ash3/934987_192608854237535_29535207_n.jpg) em 09/09/2013.

**27 | Preços dos violinos das marcas concorrentes (Luis & Clark e Mezzo-forte)**

Criado pelo autor deste projeto em 02/05/2013.

**28 | exposição da Mezzo-forte na feira internacional de instrumentos musicais em Frankfurt**

Retirado de <https://pbs.twimg.com/media/BHeil9CCMAAoNEF.jpg:large> em 14/05/2013.

**29 | violino Mezzo-forte com trastes aplicados na escala**

Retirado de <https://pbs.twimg.com/media/AyEflLLBCEAE1tdl.jpg:large> em 14/05/2013.

**30 | planejamento de atividades**

Criado pelo autor deste projeto em 9/10/2012.

**31 | imageboard**

Criado pelo autor deste projeto em 11/10/2012.

**32 | mapamental**

Criado pelo autor deste projeto em 07/11/2012.

**33 | painel de sketches**

Criado pelo autor deste projeto em 27/11/2012.

**34 | painel de referências visuais**

Criado pelo autor deste projeto em 09/11/2012.

**35 | algumas vantagens da utilização de compósitos de fibra de carbono na construção de instrumentos musicais (com base na análise desenvolvida juntamente com os colaboradores da IDEIA.M)**

Criado pelo autor deste projeto em 14/03/2013.

**36 | alguns dos esboços mais interessantes para a definição da forma do violino**

Criado pelo autor deste projeto em 15/03/2013.

**37 | criação dos contornos do tampo eilharga**

Criado pelo autor deste projeto em 30/11/2012.

**38 | proposta de uma das cravelhas desenvolvidas e render da cravelha escolhida**

Criado pelo autor deste projeto em 14/03/2013.

**39 | estandarte *standard***

Criado pelo autor deste projeto em 09/07/2013.

**40 | render da proposta escolhida para o estandarte**

Criado pelo autor deste projeto em 14/03/2013.

**41 | maquinagem CNC do volume do violino e construção manual da ilharga**

Criado pelo autor deste projeto em 04/01/2013.

**42 | modelo de volume e detalhe do vinco da ilharga**

Criado pelo autor deste projeto em 24/01/2013.

**43 | render de uma opção desenvolvida para a forma da ilharga**

Criado pelo autor deste projeto em 30/11/2012.

**44 | render de uma opção desenvolvida para a forma da ilharga**

Criado pelo autor deste projeto em 30/11/2012.

**45 | pré-visualização e análise da solução formal escolhida para a ilharga**

Criado pelo autor deste projeto em 23/01/2013.

**46 | render da solução escolhida para a ilharga**

Criado pelo autor deste projeto em 30/11/2012.

**47 | análise da primeira experiência realizada para o tampo**

Criado pelo autor deste projeto em 25/01/2013.

**48 | análise da superfície da solução final para o tampo**

Criado pelo autor deste projeto em 25/01/2013.

**49 | pré-visualização dos encaixes da pestana e remate da escala**

Criado pelo autor deste projeto em 09/07/2013.

**50 | pré-visualização da escala e dos seus componentes**

Criado pelo autor deste projeto em 09/07/2013.

**51 | opções desenvolvidas (por ordem cronológica) para o remate do braço até à solução final**

Criado pelo autor deste projeto em 05/02/2013.

**52 | construção da superfície do cravelhame e pré-visualização da solução final**

Criado pelo autor deste projeto em 05/02/2013.

**53 | solução escolhida para a queixeira e pré-visualização do sistema de encaixe da opção escolhida**

Criado pelo autor deste projeto em 21/03/2013.

**54 | solução desenvolvida para o botão e pré-visualização das peças e sistema de encaixe da opção escolhida**

Criado pelo autor deste projeto em 21/03/2013.

**55 | desenho da solução criada para os “f” e pré-visualização da modelação dos “f”**

Criado pelo autor deste projeto em 21/03/2013.

**56 | pré-visualização da solução final para o violino**

Criado pelo autor deste projeto em 22/03/2013.

**57 a 66 | renders 3D de possíveis soluções cromáticas para o violino**

Criado pelo autor deste projeto em 07/03/2013.

**67 | pré-visualização do molde do tampo e de metade do molde do violino**

Criado pelo autor deste projeto em 23/03/2013.

**68 | prototipagem CNC de uma das metades do corpo do violino**

Criado pelo autor deste projeto em 21/03/2013.

**69 | peça de referência para o molde da escala do violino produzida por CNC**

Criado pelo autor deste projeto em 27/03/2013.

**70 | aplicação de *gelcoat* para a criação do molde da escala**

Criado pelo autor deste projeto em 01/04/2013.

**71 | aplicação da fibra de vidro e resina de poliéster para a criação do molde do tampo**

Criado pelo autor deste projeto em 02/04/2013.

**72 | aplicação da fibra de vidro e resina de poliéster para a criação de um dos moldes do corpo**

Criado pelo autor deste projeto em 05/04/2013.

**73 | moldes do corpo, tampo e escala do violino**

Criado pelo autor deste projeto em 26/04/2013.

**74 | processo de laminação do tampo**

Criado pelo autor deste projeto em 30/04/2013.

**75 | corpo do violino (após período de cura)**

Criado pelo autor deste projeto em 02/05/2013.

**76 | corte do excesso de fibra do tampo**

Criado pelo autor deste projeto em 17/05/2013.

**77 | Corte dos “efes”**

Criado pelo autor deste projeto em 17/05/2013.

**78 | colagem da barra harmónica**

Criado pelo autor deste projeto em 20/05/2013.

**79 | tampo do violino preparado para a colagem final**

Criado pelo autor deste projeto em 21/05/2013.

**80 | colagem do corpo ao tampo**

Criado pelo autor deste projeto em 21/05/2013.

**81 | colagem da escala ao braço**

Criado pelo autor deste projeto em 22/05/2013.

**82 | primeira camada de primário aplicada no modelo**

Criado pelo autor deste projeto em 04/06/2013.

**83 | modelo após a primeira aplicação de primário, seguido da aplicação da 2ª camada**

Criado pelo autor deste projeto em 06/06/2013.

**84 | pintura aplicada no modelo**

Criado pelo autor deste projeto em 11/06/2013.

**85 | modelo após a primeira aplicação de verniz**

Criado pelo autor deste projeto em 14/06/2013.

**86 | peças após aplicação de verniz**

Criado pelo autor deste projeto em 14/06/2013.

**87 | peças polidas com lixa de água**

Criado pelo autor deste projeto em 16/06/2013.

**88 | protótipo de fibra de vidro**

Criado pelo autor deste projeto em 25/06/2013.

**89 | detalhes do protótipo de fibra de vidro**

Criado pelo autor deste projeto em 25/06/2013.

**90 | criação da barra harmónica e do corpo do violino**

Criado pelo autor deste projeto em 17/07/2013.

**91 | renders da solução cromática escolhida para o violino**

Criado pelo autor deste projeto em 25/09/2013.

**92 | render da solução cromática escolhida para o violino**

Criado pelo autor deste projeto em 25/09/2013.

**93 | corte e colagem de alguns componentes**

Criado pelo autor deste projeto em 11/09/2013.

**94 | processo de pintura e polimento do violino**

Criado pelo autor deste projeto em 11/09/2013.

**95| Eng.º Capela a esculpir a forma do cavalete**

Criado pelo autor deste projeto em 27/09/2013.

**96 | Eng.º Capela a esculpir a forma do cavalete**

Criado pelo autor deste projeto em 27/09/2013.

**97 | alguns dos testes realizados ao protótipo funcional**

Criado pelo autor deste projeto em 28/09/2013.

**98 a 106 | fotografias e pormenores do protótipo funcional**

Criado pelo autor deste projeto em 04/10/2013.

**107 | render de um opção desenvolvida para a caixa do violino**

Criado pelo autor deste projeto em 12/07/2013.

**108 | renders da opção escolhida para a caixa do violino**

Criado pelo autor deste projeto em 11/10/2013.



*anexos*

# questionários

## Inquérito

No âmbito de um projecto de estágio a ser desenvolvido na IDEIA.M, venho por este meio pedir a tua colaboração neste inquérito. Este inquérito destina-se a alunos de violino, com idades superiores a 15 anos, bem como a violinistas profissionais. As perguntas que se seguem têm como objectivo o levantamento de aspectos importantes para o desenvolvimento de um novo violino, por isso peço apenas um pouco do teu tempo para responder às próximas questões. A tua opinião é muito importante, bem como as tuas experiências, por isso peço que respondas com o máximo de sinceridade a este inquérito.

Idade: 32 anos

Profissão: Professora

Grau de formação (de violino): Licenciatura e Profissionalização em Serviço

1. Com que idade começaste a estudar violino?

Aos 6 anos

2. O que mais gostas no violino (forma, ergonomia, etc.)?

É que mais gosto neste instrumento é a sonoridade. Identifico-me com sons agudos e por ser o instrumento de corda fraccionada mais pequeno.

3. Se pudesses, que alterações farias no violino (forma, ergonomia, etc.)?

Como executante, gostaria que em Portugal os construtores investissem em tamanhos ligeiramente mais pequenos que o 4/4 (tamanho definitivo) ou seja, o 7/8 que é um instrumento bem mais confortável para instrumentistas com braços ou dedos mais pequenos. Só tenho encontrado no estrangeiro este tipo de modelo, aqui em Portugal só investem nos modelos "standard". Como professora, gostaria que todas as queixas fossem bem mais →

confortáveis para os alunos. Todas elas são em madeira, haveria algum material mais confortável para se poder usar de baixo do pescoço? Deixo aqui a pergunta! Porque os alunos de tenra idade queixam-se sempre que é duro, desconfortável, etc.

4. Conheces alguma marca/construtor de violino que gostes? Quais?

Conheço o Stradivarius e o Guarnerius. Pessoalmente nunca tive o privilégio de experimentá-los, mas já ouvi grandes intérpretes com estas marcas e a sonoridade/beleza dos instrumentos é espantosa.

Existem agora violinos construídos pelo luthier Baien (Lisboa) que já tem notoriedade aqui em Portugal e estrangeiros, o feedback que tenho é que são muito bons e tb muito caros.

5. Se pudesses personalizar o teu violino (cores, acabamentos, etc.), o que farias?

Pessoalmente, não faria nada. Adoptava o estilo dos violinos Stradivarius/Guarnerius que são lindíssimos! O verniz é espantoso, a madeira também! Sou muito conservadora neste aspecto por isso mantinhe-os assim, fiéis ao seu estilo.

6. Graças a algumas inovações tecnológicas, há violinos que são produzidos em outros materiais (fibra de carbono, entre outros) com propriedades sonoras muito semelhantes às dos violinos em madeira. Já alguma vez ouviste falar em violinos produzidos noutros materiais? Se sim, refere alguns exemplos.

Já ouvi falar em violinos de carbono, mas não tenho nem nunca comprei nenhum! Ouço falar que são resistentes, pelo menos mais do que os de madeira mas não tenho grande experiência neste campo. Já ouvi de facto em materiais diferentes, no entanto ainda não tive oportunidade de ver e experimentar para ter uma opinião acerca deste assunto.

7. Refere outros aspectos que aches interessantes/relevantes em relação ao violino.

Vou referir relativamente à construção 3 aspectos que são fundamentais para que o instrumento possa ser mesmo m<sup>to</sup> bom, ou então m<sup>to</sup> mau: a barra harmónica, a alma e a qualidade/quantidade de verniz. Estes aspectos influenciam de facto na qualidade do instrumento. Quanto instrumentos não novos que são bonitos, mas a sua sonoridade não acompanha

Obrigado pela tua disponibilidade e colaboração a beleza!

## Inquérito

No âmbito de um projecto de estágio a ser desenvolvido na IDEIA.M, venho por este meio pedir a tua colaboração neste inquérito. Este inquérito destina-se a alunos de violino, com idades superiores a 15 anos, bem como a violinistas profissionais. As perguntas que se seguem têm como objectivo o levantamento de aspectos importantes para o desenvolvimento de um novo violino, por isso peço apenas um pouco do teu tempo para responder às próximas questões. A tua opinião é muito importante, bem como as tuas experiências, por isso peço que respondas com o máximo de sinceridade a este inquérito.

Idade: 19 anos

Profissão: Estudante

Grau de formação (de violino): 8º grau

1. Com que idade começaste a estudar violino?

6 anos

2. O que mais gostas no violino (forma, ergonomia, etc.)?

O som, as formas curvas e elegantes, as aberturas em "F" e a voluta, por ser a "assinatura" de cada construtor.

3. Se pudesses, que alterações farias no violino (forma, ergonomia, etc.)?

A acrescentava mais uma corda grave, para aumentar a amplitude e aumentava um pouco o tamanho da caixa para conseguir tirar mais som. No fundo, era fazer uma espécie de fusão entre o violino e a viola d'arco.

4. Conheces alguma marca/construtor de violino que gostes? Quais?

Conheço alguns mas não gosto particularmente do trabalho de nenhum.

5. Se pudesses personalizar o teu violino (cores, acabamentos, etc.), o que farias?

Escreveria na parte de trás frases que me inspirassem quando toco. Talvez alguns desenhos muito simples.

6. Graças a algumas inovações tecnológicas, há violinos que são produzidos em outros materiais (fibra de carbono, entre outros) com propriedades sonoras muito semelhantes às dos violinos em madeira. Já alguma vez ouviste falar em violinos produzidos noutros materiais? Se sim, refere alguns exemplos.

Sim, já ouvi falar de alguns violinos eléctricos que são produzidos noutros materiais, que não sei ao certo quais são.

7. Refere outros aspectos que aches interessantes/relevantes em relação ao violino.

A versabilidade, a variedade de sons que se consegue produzir a partir dele, a evolução que o violino teve ao longo da história e a influência que isso teve no tipo de composições; as diferenças na maneira de tocar e no tipo de repertório, de cultura para cultura.

Obrigado pela tua disponibilidade e colaboração

## Inquérito

No âmbito de um projecto de estágio a ser desenvolvido na IDEIA.M, venho por este meio pedir a tua colaboração neste inquérito. Este inquérito destina-se a alunos de violino, com idades superiores a 15 anos, bem como a violinistas profissionais. As perguntas que se seguem têm como objectivo o levantamento de aspectos importantes para o desenvolvimento de um novo violino, por isso peço apenas um pouco do teu tempo para responder às próximas questões. A tua opinião é muito importante, bem como as tuas experiências, por isso peço que respondas com o máximo de sinceridade a este inquérito.

Idade: 17

Profissão: Estudante

Grau de formação (de violino): 5º Grau

1. Com que idade começaste a estudar violino?

Com 6 anos

2. O que mais gostas no violino (forma, ergonomia, etc.)?

O facto de ser um instrumento pequeno e fácil de transportar, que se pode tocar em pé ou sentado.

3. Se pudesses, que alterações farias no violino (forma, ergonomia, etc.)?

Alterar a maneira de almeçada.

4. Conheces alguma marca/construtor de violino que gostes? Quais?

Conheço <sup>violinista</sup> o Stradivarius

5. Se pudesses personalizar o teu violino (cores, acabamentos, etc.), o que farias?

~~Adicionar um novo acabamento~~  
Adicionar trastes no violino, e uma suporte fixo para a parte (almofada) e criar um tipo de apoio para determinadas posições.

6. Graças a algumas inovações tecnológicas, há violinos que são produzidos em outros materiais (fibra de carbono, entre outros) com propriedades sonoras muito semelhantes às dos violinos em madeira. Já alguma vez ouviste falar em violinos produzidos noutros materiais? Se sim, refere alguns exemplos.

Não, não conheço

7. Refere outros aspectos que aches interessantes/relevantes em relação ao violino.

A alma do violino que apesar de estar esculpida e não ser de grande dimensão, dá o som bonito que o violino tem.

## Inquérito

No âmbito de um projecto de estágio a ser desenvolvido na IDEIA.M, venho por este meio pedir a tua colaboração neste inquérito. Este inquérito destina-se a alunos de violino, com idades superiores a 15 anos, bem como a violinistas profissionais. As perguntas que se seguem têm como objectivo o levantamento de aspectos importantes para o desenvolvimento de um novo violino, por isso peço apenas um pouco do teu tempo para responder às próximas questões. A tua opinião é muito importante, bem como as tuas experiências, por isso peço que respondas com o máximo de sinceridade a este inquérito.

Idade: 17

Profissão: Estudante

Grau de formação (de violino): 7º Grau

1. Com que idade começaste a estudar violino?

7 anos

2. O que mais gostas no violino (forma, ergonomia, etc.)?

Do som, da cabeça (cravelhas).

3. Se pudesses, que alterações farias no violino (forma, ergonomia, etc.)?

A queixeira, porque deve adequar-se à fisionomia. Como a fisionomia está constantemente a mudar, é necessário um grande dispêndio monetário para a ajustar e mesmo a trocar.

4. Conheces alguma marca/construtor de violino que gostes? Quais?

Capella. Stradivarius.

5. Se pudesses personalizar o teu violino (cores, acabamentos, etc.), o que farias?

Retirar os f's da sua posição original e pô-los nas costas ou ilhargas. Almofada embuda no violino. Mudaria a cor, para um preto com acabamento mate.

6. Graças a algumas inovações tecnológicas, há violinos que são produzidos em outros materiais (fibra de carbono, entre outros) com propriedades sonoras muito semelhantes às dos violinos em madeira. Já alguma vez ouviste falar em violinos produzidos noutros materiais? Se sim, refere alguns exemplos.

Já conhecia em fibra de carbono, mas não noutros materiais.

7. Refere outros aspectos que aches interessantes/relevantes em relação ao violino.

Com o uso alargado do violino a verniz da parte inferior do braço tem tendência a sair tornando difícil o deslize da mão em passagens mais rápidas. A forma do violino ajuda à realização de exercícios técnicos.

Obrigado pela tua disponibilidade e colaboração

## Inquérito

No âmbito de um projecto de estágio a ser desenvolvido na IDEIA.M, venho por este meio pedir a tua colaboração neste inquérito. Este inquérito destina-se a alunos de violino, com idades superiores a 15 anos, bem como a violinistas profissionais. As perguntas que se seguem têm como objectivo o levantamento de aspectos importantes para o desenvolvimento de um novo violino, por isso peço apenas um pouco do teu tempo para responder às próximas questões. A tua opinião é muito importante, bem como as tuas experiências, por isso peço que respondas com o máximo de sinceridade a este inquérito.

Idade: 20

Profissão: Estudando

Grau de formação (de violino): 8.º ~~ano~~ grau

1. Com que idade começaste a estudar violino?

Com 12 anos.

2. O que mais gostas no violino (forma, ergonomia, etc.)?

O facto de ser pequeno e leve, torna fácil o transporte

3. Se pudesses, que alterações farias no violino (forma, ergonomia, etc.)?

Alterava a minha queixada, ou arranjava um sistema diferente para o segurar. Muita gente fica com marcas no pescoço por causa das queixadas.

4. Conheces alguma marca/construtor de violino que gostes? Quais?

Gosto dos violinos Capela, e o Jean-Yves Motter, que construiu o meu, também tem bons violinos.

5. Se pudesses personalizar o teu violino (cores, acabamentos, etc.), o que farias?

Gostava que fosse de uma cor mais clara. Tive uma professora que tinha um violino castanho-vel, do qual gostava muito.

6. Graças a algumas inovações tecnológicas, há violinos que são produzidos em outros materiais (fibra de carbono, entre outros) com propriedades sonoras muito semelhantes às dos violinos em madeira. Já alguma vez ouviste falar em violinos produzidos noutros materiais? Se sim, refere alguns exemplos.

Já ouvi falar em violinos de carbono, não conheço outros materiais.

7. Refere outros aspectos que aches interessantes/relevantes em relação ao violino.

Obrigado pela tua disponibilidade e colaboração

## Inquérito

No âmbito de um projecto de estágio a ser desenvolvido na IDEIA.M, venho por este meio pedir a tua colaboração neste inquérito. Este inquérito destina-se a alunos de violino, com idades superiores a 15 anos, bem como a violinistas profissionais. As perguntas que se seguem têm como objectivo o levantamento de aspectos importantes para o desenvolvimento de um novo violino, por isso peço apenas um pouco do teu tempo para responder às próximas questões. A tua opinião é muito importante, bem como as tuas experiências, por isso peço que respondas com o máximo de sinceridade a este inquérito.

Idade: 17

Profissão: estudante

Grau de formação (de violino): 8º grau (Viola d'Arco)

1. Com que idade começaste a estudar violino?

Com 7 anos.

2. O que mais gostas no violino (forma, ergonomia, etc.)?

Da forma, da curva que a caixa de ressonância faz (isto é, apenas uma caixa quadrada ou oval, e trabalhada), da zona das cravilhas e da forma do cavalete.

3. Se pudesses, que alterações farias no violino (forma, ergonomia, etc.)?

Tornar a caixa mais confortável e tentar arranjar um sistema de cravilhas em que fosse mais fácil mexer.

4. Conheces alguma marca/construtor de violino que gostes? Quais?

Copella

5. Se pudesses personalizar o teu violino (cores, acabamentos, etc.), o que farias?

Tornar a periferia de tempo, o centro, numa tonalidade mais clara ou mais escura de que a cor da madeira usada em toda a vida. Nas cravilhas gravar algumas coisas com significado por exemplo o logotipo do escola de música, uma inicial do meu nome... Assim até se poderiam conjugar e brincar com as cravilhas e poder tornar o violino diferente e único inúmeras vezes.

6. Graças a algumas inovações tecnológicas, há violinos que são produzidos em outros materiais (fibra de carbono, entre outros) com propriedades sonoras muito semelhantes às dos violinos em madeira. Já alguma vez ouviste falar em violinos produzidos noutros materiais? Se sim, refere alguns exemplos.

Sim, os violinos eléctricos.

7. Refere outros aspectos que aches interessantes/relevantes em relação ao violino.

Poder-se-iam fazer violinos/violas em que a afinação das cordas deixasse de ser manual e fosse automaticamente mais simples.

## Inquérito

No âmbito de um projecto de estágio a ser desenvolvido na IDEIA.M, venho por este meio pedir a tua colaboração neste inquérito. Este inquérito destina-se a alunos de violino, com idades superiores a 15 anos, bem como a violinistas profissionais. As perguntas que se seguem têm como objectivo o levantamento de aspectos importantes para o desenvolvimento de um novo violino, por isso peço apenas um pouco do teu tempo para responder às próximas questões. A tua opinião é muito importante, bem como as tuas experiências, por isso peço que respondas com o máximo de sinceridade a este inquérito.

Idade: ~~16~~ 17

Profissão: Estudante

Grau de formação (de violino): 5º Grau

1. Com que idade começaste a estudar violino?

Com 11 anos

2. O que mais gostas no violino (forma, ergonomia, etc.)?

O que mais gosto é do som e também da forma, acho que é um instrumento bonito.

3. Se pudesses, que alterações farias no violino (forma, ergonomia, etc.)?

~~Se~~ Se pudesse: alterar algo mudava a grossura do braço, acho que é demasiado grande e, para quem tem mãos pequenas, torna-se difícil de tocar e também alterava a quicença, não a acho nada confortável

4. Conheces alguma marca/construtor de violino que gostes? Quais?

Sim, Capela e Staudiumius

5. Se pudesses personalizar o teu violino (cores, acabamentos, etc.), o que farias?

Mudava a cor, talvez para preto por todo o corpo ou talvez também escuro, o braço seria mais fino, a quicença mais confortável e a forma das cravelhas mais bonita

6. Graças a algumas inovações tecnológicas, há violinos que são produzidos em outros materiais (fibra de carbono, entre outros) com propriedades sonoras muito semelhantes às dos violinos em madeira. Já alguma vez ouviste falar em violinos produzidos noutros materiais? Se sim, refere alguns exemplos.

Não.

7. Refere outros aspectos que aches interessantes/relevantes em relação ao violino.

# perfil dos utilizadores

Para validar o violino desenvolvido em termos formais, acústicos, de construção e acabamentos, foi necessário seleccionar um conjunto de indivíduos relacionados com o universo do violino (músicos profissionais, alunos, compositores, construtores) com um perfil adequado para criticar e avaliar o projeto. Assim sendo, foi realizado um levantamento das principais características que levaram à seleção de cada indivíduo do painel de utilizadores.

## **Inês - 20 anos: bom ouvido e grande destreza musical**

- Bom ouvido (ouvido absoluto);
- Aluna de violino (concluiu o 8º grau);
- Frequenta diversas orquestras;
- Grande destreza técnica e sensibilidade musical;
- Frequenta o curso de musica Jazz;
- Personalidade crítica;
- Capacidade de distinguir sonoridades boas e más para o violino;
- Disponibilidade para colaborar com o presente projeto.

## **Eduardo - 18 anos: utilização do violino em outros géneros musicais**

- Aluno do curso de violino
- Boa destreza técnica
- Utiliza com frequência o violino elétrico
- Faz uso do violino em musica pop, rock, entre outros géneros musicais;
- Pretende seguir um curso superior na área de produção musical;
- Disponibilidade para colaborar com o presente projeto.

## **Pedro - 19 anos: aluno de curso superior de violino (Universidade de Aveiro)**

- Boa destreza técnica;
- Atualmente frequenta o 1º ano do curso superior de violino na Universidade de Aveiro;
- Disponibilidade para colaborar com o presente projeto.

## **Diogo - 26 anos: aluno de mestrado do curso de composição (ESMAE)**

- Professor de composição e piano na Escola de Música de Perosinho;
- Aluno do 2º ano de mestrado do curso de composição da ESMAE;
- Frequentou o curso de música Jazz;
- Ganhou um concurso de composição;
- Personalidade muito experimentalista e boa capacidade de crítica;
- Disponibilidade para colaborar com o presente projeto.

## **Vera - 32 anos: professora e profissional de violino**

- Professora de violino na Escola de Música de Perosinho;
- Violinista profissional em orquestras;
- Elevada destreza e sensibilidade musical;
- “Adepta” da forma tradicional do violino;
- Grande capacidade de reconhecer boas sonoridades para o violino, com base na sua experiência profissional;
- Disponibilidade para colaborar com o presente projeto.

## **Eng.º Domingos Capela: Construtor de violinos**

- Um dos principais nomes da construção de instrumentos musicais de cordas em Portugal;
- Formação em engenharia;
- Filho do famoso construtor Domingos Capela (já falecido);
- Vasto conhecimento e experiência ao nível da construção de violinos;
- Já participou em projetos de investigação no domínio dos violinos (FEUP, UA);

## **António Vinhas: Construtor de guitarras**

- Construtor de guitarras, que também faz reparações de instrumentos musicais (guitarras, violinos, etc.);
- Faz com regularidade trabalhos de afinação de guitarras para vários nomes conhecidos da música portuguesa (Jorge Palma, Xutos e Pontapés, etc.);
- Teve a sua formação na construção de violinos;
- Tem um grande conhecimento acerca da construção de violinos, bem como ao nível das madeiras para a sua construção;
- Bons conhecimentos ao nível de fornecedores de peças (alma, barra harmónica, cavalete, etc.);
- Alguma disponibilidade para o experimentalismo, apesar de considerar a madeira como material ímpar na construção;
- Disponibilidade para colaborar com o presente projeto.

# entrevista a António Vinhas

Um aspeto necessário ao processo de investigação para o presente projeto é a realização de visitas a construtores. Este é um passo da investigação que permite obter informações que não se conseguem arranjar só com a pesquisa. A visita a um construtor fornece informações mais exatas sobre a construção de um violino, e permite um apoio e um suporte mais profissional ao projeto. Para o efeito, estabeleceu-se contacto com alguns construtores que pudessem contribuir com opiniões e informações preciosas para o presente projeto. Neste sentido, o primeiro contacto estabelecido foi com António Vinhas, construtor de guitarras elétricas, que também faz reparações e manutenções de outros instrumentos de corda. Dado a que se formou na construção de violinos, este construtor poderia também fornecer informações e dados relevantes para o desenvolvimento deste projeto. Esta entrevista foi realizada a 17 de outubro de 2012, no atelier do construtor António Vinhas. De seguida vai ser apresentada a entrevista realizada, bem como todas as questões colocadas e informações recolhidas.

## Quais são os melhores materiais para a construção de um violino?

“Geralmente, as madeiras mais nobres para a construção dos tampos, ilhargas, braço e costas do violino são a casquinha (pinho), nogueira e ácer (parte da raiz). Estas duas últimas são utilizadas para obter uma sonoridade e um toque mais agudo. Os componentes de vibração do violino (alma, barra harmónica e cavalete) são produzidos em pinho por ser uma madeira que permite uma rápida propagação do som. Finalmente, a escala, botão, cravelhas e estandarte são produzidas geralmente em Ébano ou Pau Preto, por serem madeiras mais duras, e que não influenciam a qualidade do som.”

## Como é que se coloca a barra harmónica e a alma?

“Numa primeira fase, tem que se calcular a posição onde vai ficar o cavalete, visto que é o cavalete que vai definir a posição da alma e da barra harmónica. O cavalete fica alinhado com o centro dos “ff”, ou seja, na zona onde tem dois pequenos cortes. Convém marcar o local onde vai ficar o cavalete para se poder colocar a alma e a barra harmónica. A barra harmónica é colada ao tampo, alinhada na vertical com o pé esquerdo do cavalete. Já a alma deve ser colocada na vertical, e nunca deve estar sobre pressão no tampo quando é colocada. A pressão sobre a alma só acontece na sequência da pressão que as cordas fazem no cavalete. Tanto a alma como o cavalete podem ser ajustados posteriormente, para afinar o instrumento e também para obter uma sonoridade específica (som doce ou mais agressivo).”

## Ao nível dos acabamentos, qual é o melhor acabamento (verniz) e o mais utilizado?

“O padrão geral para os acabamentos é a utilização de um polimento celuloso (nitroceluloso). Este tipo de verniz, é o acabamento com mais qualidade e que garante a flutuação da vibração no tampo e nas costas do violino, fenómeno essencial para a qualidade sonora. São utilizados também outros acabamentos (pintura, etc.), mas o nitroceluloso é de longe o acabamento mais utilizado e o que garante melhores resultados a nível sonoro.”



a1 | António Vinhas no seu atelier

## Já ouviu falar acerca da construção de violinos noutros materiais (fibra de carbono, etc.)? O que acha?

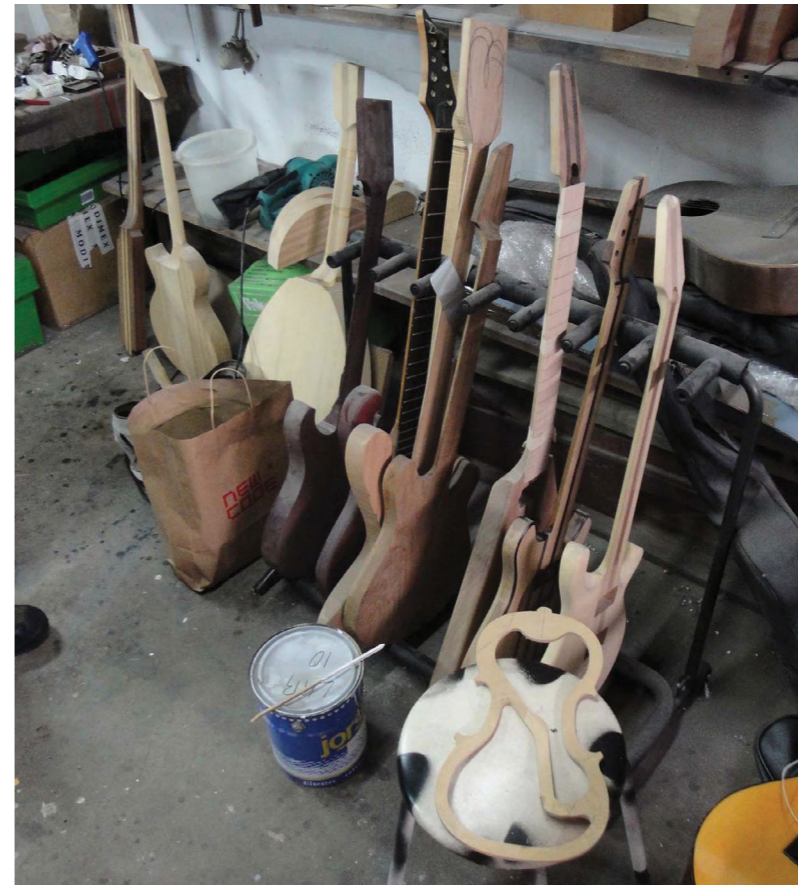
“Na verdade, já ouvi falar em instrumentos (violinos, violas d’arco, violoncelos e contrabaixos) em fibra de carbono. Não sei ao certo qual era a marca, mas sei que já são produzidos. Mas acho que os violinos em fibra de carbono ainda precisam de desenvolvimento e investigação. Os violinos em madeira têm séculos de desenvolvimento, maturação e apuração do som, processo que os violinos em carbono ainda estão a desenvolver. No entanto, acredito nas potencialidades da fibra de carbono na construção de instrumentos musicais. A minha sugestão é a criação de um violino híbrido, ou seja, um violino com um tampo em casquinha (pinho), e o resto do corpo em fibra de carbono, de modo a assegurar a vibração e qualidade sonora do violino. Outro aspeto que acho que não devia ser alterado é a escala do violino. Cada escala tem uma determinada textura, que é reconhecida pelo instrumentista que está habituado ao seu instrumento, até de olhos fechados. Acho que alterar o material, e consequentemente a textura da escala iria causar estranheza ao instrumentista.”

## Conhece fornecedores ou lojas onde adquirir componentes para o violino (alma, barra harmónica, cavalete, fixos, etc.)?

“Sim, conheço. A meu ver, o melhor fornecedor nacional de peças é a Lamiré, no Porto. Dificilmente se encontra um fornecedor com rapidez de resposta ao teu pedido como a Lamiré. Mesmo a nível de guitarras, eu costumo encomendar lá os componentes. Se precisares de componentes para o violino, acho que é lá que deves ir. Conheço outros fornecedores, mas apenas fora de Portugal, por isso acho que a Lamiré é uma boa opção.”



a2 | exemplar de um tampo de trás desenvolvido por António Vinhas



a4 | alguns instrumentos em fase de desenvolvimento



a3 | algumas das ferramentas utilizadas por António Vinhas



a5 | reparação de um bandolim

# modelação 3D de um violino

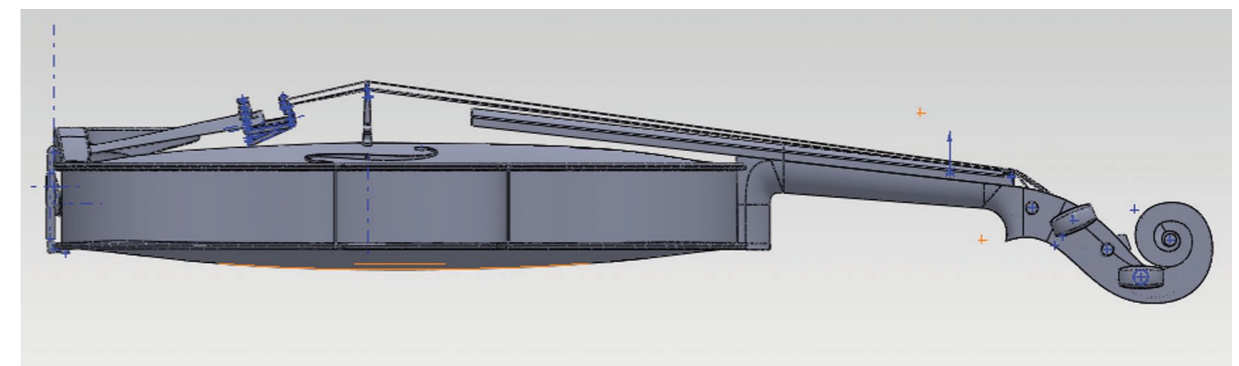
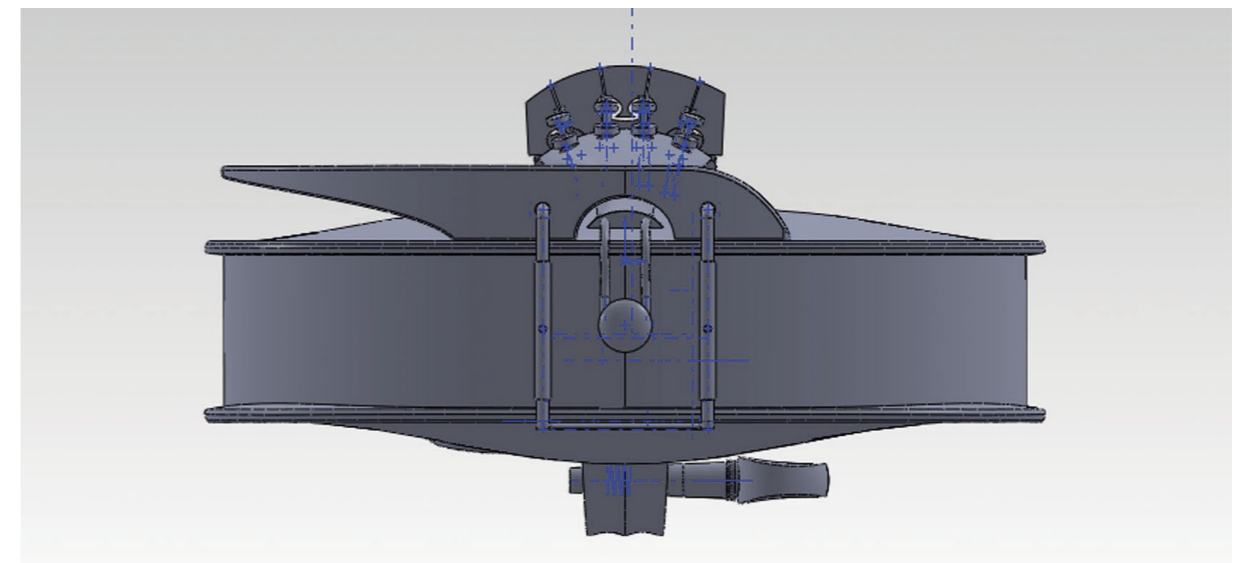
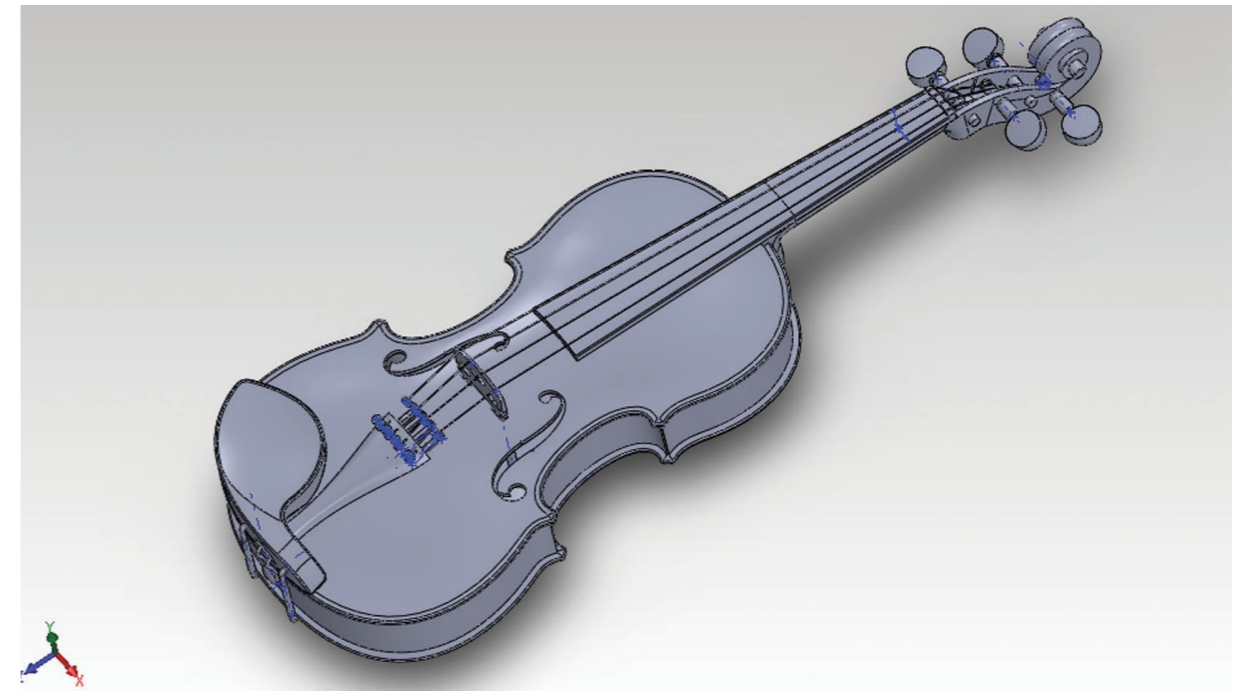
Depois do levantamento dos componentes do violino, foi necessário desenvolver um modelo CAD 3D de um violino tradicional. Esta etapa tem grande importância para este projeto, visto que permitiu a adaptação à linguagem e interface do *software* CAD 3D utilizado, mas também permitiu que fossem exploradas as funções do *software* que poderiam ser necessárias na modelação CAD 3D do projeto final. Para além do que foi referido, esta etapa foi fundamental para ter uma noção básica acerca da forma como se constrói um violino, bem como das suas dimensões e das relações existentes entre os diversos componentes, isto é, como estes se complementam.

O *software* CAD 3D utilizado pela IDEIA.M no desenvolvimento dos seus projetos é o SolidWorks. Assim sendo, optou-se por utilizar este *software* para a modelação CAD 3D visto que no caso de surgir alguma dúvida durante esta etapa, seria possível obter algumas informações, suporte e colaboração para resolver possíveis problemas. Para além disso, este é um dos *softwares* mais eficazes (e por isso mais utilizados) na Engenharia e Design de produto, e esta seria uma oportunidade para consolidar conhecimentos acerca deste *software*.

Assim sendo, procedeu-se à modelação CAD 3D de todos os componentes do violino, tendo em conta as medidas *standard* que são referidas por Askenfelt (2006), Jansson (2002) e Goldblatt (n.d.) (ver figura a6).

Depois de a modelação CAD 3D ter sido concluída, procedeu-se ao desenvolvimento de alguns *renders* da modelação. Para este efeito, foi utilizado um *software* de *render*, o Keyshot. O objetivo destes *renders* foi simular o aspeto do violino e dos seus materiais, o mais próximo possível da realidade (ver figuras a7, a8 e a9).

De seguida vão ser apresentadas imagens da modelação CAD 3D e alguns *renders* do violino tradicional.



a6 | pré-visualização da modelação CAD 3D do violino tradicional



a7 | renders do violino tradicional



a8 | detalhe do cravelhame e tampo do violino tradicional



a9 | pré-visualização da modelação CAD 3D do violino tradicional

# entrevista ao Eng.º Capela

Na sequência do desenvolvimento do modelo em compósito de fibra de vidro, foi necessário consultar um construtor de violinos, não só para confirmar se as dimensões gerais do modelo estavam de acordo com os padrões de construção, mas também para verificar e aprender como posicionar o cavalete e a alma do violino.

Para o efeito, foi possível contactar com o Eng.º Domingos Capela, filho do famoso construtor de violinos Domingos Capela. Este disponibilizou-se para uma visita ao seu atelier, no dia 21 de junho de 2013, para esclarecer todas as dúvidas acerca do violino, e para dar a sua opinião sobre o projeto.

Após uma breve apresentação do propósito e objetivos do presente projeto, o Eng.º Domingos Capela apresentou alguns dos instrumentos musicais que construiu, e de seguida comentou o presente projeto.

Como seria de esperar, foi feita uma referência ao facto de a forma ser muito idêntica à do violino tradicional, o que foi encarado como um aspeto positivo. Quando questionado acerca das dimensões do violino, o Eng.º Domingos Capela fez umas breves medições ao modelo, em relação às principais dimensões como o comprimento de corda, comprimento e largura da escala e o tamanho do corpo e do braço. Tal como era esperado, as dimensões estavam corretas, havendo apenas algumas variações ligeiras, com cerca de 2 milímetros (no comprimento de escala, por exemplo), mas que segundo o Eng.º Capela não eram graves. O único aspeto criticado foi o facto de a pestana da escala ter pouco relevo, mas este é um detalhe que é possível corrigir num futuro protótipo.

Em relação à forma, o Eng.º Domingos Capela reconheceu que o protótipo apresentado incorpora a linguagem do

violino tradicional. No entanto, referiu que prefere a forma tradicional dos “éfes” e da voluta, visto que são elementos muito belos, com detalhes muito característicos do violino.

Quando questionado acerca de como se colocava o cavalete e a alma no violino, o Eng.º Domingos Capela disponibilizou-se para ensinar e colocar as peças no sitio certo. No entanto, inesperadamente teve que se ausentar e não conseguiu posicionar as peças. Mas forneceu a madeira para a alma e ensinou quais os passos para cortar e colocar devidamente o cavalete e para colocar a alma no violino (ver figura a10).

A sua opinião, bem como os seus esclarecimentos e suporte foram muito importantes não só para finalizar e validar o protótipo formal, mas também para as fases seguintes do presente projeto.

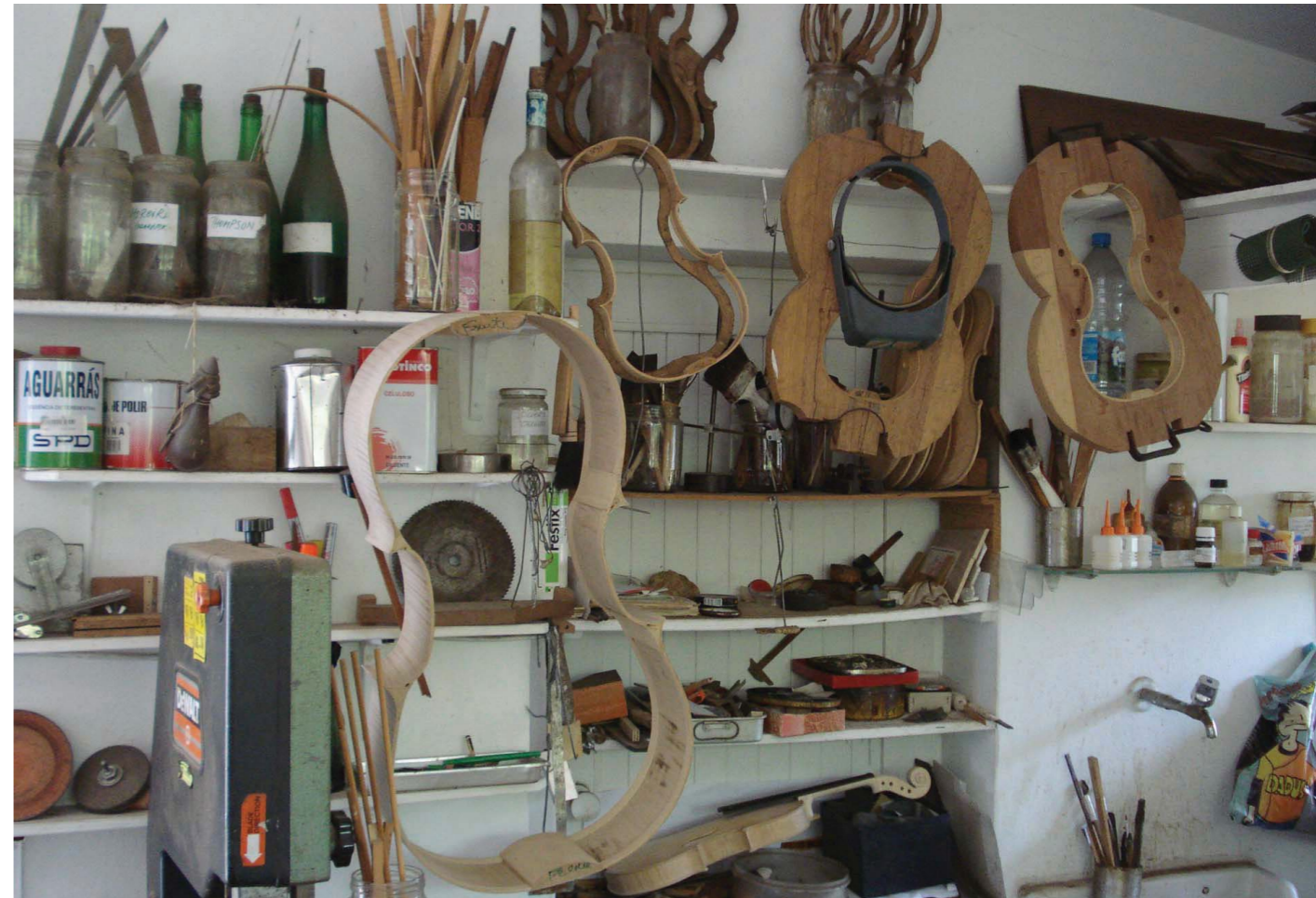




a11 | posicionamento do cavalete



a12 | correção do cavalete



a13 | algumas ferramentas utilizadas pelo Engº Domingos Capela



a14 | posicionamento e colocação da alma

# validação do protótipo formal

Tal como já foi referido anteriormente, a opinião do utilizador é muito relevante neste projeto para encontrar possíveis falhas (ou aspetos menos positivos) e também para validar as decisões tomadas. O universo de utilizadores do violino (bem como os seus contextos de utilização) é muito vasto. Assim sendo, recolher e analisar uma amostra quantitativa de opiniões significativas é impraticável. Deste modo, optou-se por utilizar uma metodologia de pesquisa qualitativa, em que foi definido um conjunto reduzido de indivíduos considerados relevantes para o projeto (professores, alunos de nível avançado, construtores, entre outros) para analisar e criticar o projeto, visto que a sua opinião poderia contribuir significativamente para validar o modelo formal.

A pesquisa qualitativa é uma estratégia básica de investigação social, que geralmente envolve a análise aprofundada de um número relativamente pequeno de casos. Os casos são analisados de forma intensiva com técnicas destinadas a facilitar a clarificação de conceitos teóricos e as categorias empíricas (Ragin, 1994, p. 190, tradução livre).

De modo a que seja possível perceber as competências de cada um dos utilizadores a entrevistar, foi realizada uma breve apresentação do perfil e principais qualidades de cada um dos indivíduos selecionados para a validação do modelo desenvolvido (e mais tarde do protótipo final). Esta descrição do perfil dos indivíduos selecionados é referida no presente capítulo de anexos.

Para obter opiniões e críticas sobre o trabalho desenvolvido, foram realizadas entrevistas de carácter informal, ou seja, sem um local definido, um guião ou uma orientação muito definida, mas com objetivos muito claros: avaliar a forma e dimensões do violino. A primeira entrevista foi realizada no atelier do Eng.º Domingos Capela, cuja entrevista foi anteriormente referida. Segundo o Eng.º Capela, as proporções do violino estão corretas, e muito aproximadas às do violino tradicional. Em relação ao aspeto formal do violino, comentou que a forma está bastante relacionada com a do arquétipo formal (o que se traduz num aspeto positivo a salientar). De um modo geral, agradam-lhe as

intervenções e opções tomadas no que diz respeito à forma do violino. No entanto, a título de sugestão, referiu que os "éfes" poderiam ter uma forma mais tradicional, e que no remate do cravelhame poderia existir uma espécie de voluta.

De seguida, foi possível falar com alguns alunos (Inês, Eduardo e Pedro), sendo que os seus depoimentos foram muito similares. Como era esperado, para estes alunos a forma é muito atraente, apesar de ser ligeiramente diferente da do violino tradicional, sendo que os elementos referidos como mais interessantes foram o cravelhame, os "f", o vinco lateral e a queixeira. Em relação a este último elemento, foi referido que era mais confortável que a queixeira vulgar, e que a ausência de ferragens de fixação ajuda a que a queixeira não seja desconfortável. No entanto, foram feitas críticas às cravelhas devido ao facto de ser necessário um grande esforço para afinar o violino, o que se traduz num retrocesso em relação ao violino tradicional. Este foi considerado um aspeto a corrigir.

O passo seguinte consistiu em apresentar o modelo formal aos professores e profissionais selecionados para as entrevistas (Diogo e Vera). Quando confrontados com a "nova" forma do violino, ficaram surpreendidos positivamente com os resultados obtidos. No caso do professor de composição, já era de esperar que a forma fosse aceite com entusiasmo, devido ao facto de este violino representar uma inovação, uma abordagem mais contemporânea do violino acústico, e por isso o desenho e detalhes de todos os componentes foram avaliados muito positivamente. A única crítica realizada foi à dificuldade em afinar o violino, devido à falta de atrito criado entre as cravelhas e o cravelhame.

No caso da professora de violino, a forma e detalhes também foram aceites positivamente, desde o desenho inovador do corpo do violino, até aos componentes como a queixeira. Neste último, foi referido que este componente é mais confortável que a queixeira *standard*. As críticas realizadas foram relativamente ao facto de os sulcos da pestana (na escala) serem demasiado profundos, o que pode influenciar o som do violino, e novamente em relação à dificuldade em afinar o violino, o que realça a necessidade de resolver este problema. Para além disso, foi referido que o modelo é um pouco mais pesado que o violino de madeira, e que havia a sensação de o braço ser ligeiramente mais grosso, mas nada de preocupante ou muito relevante. Foi referida também a necessidade de o cavalete ser um pouco mais alto, para elevar as cordas um pouco mais.

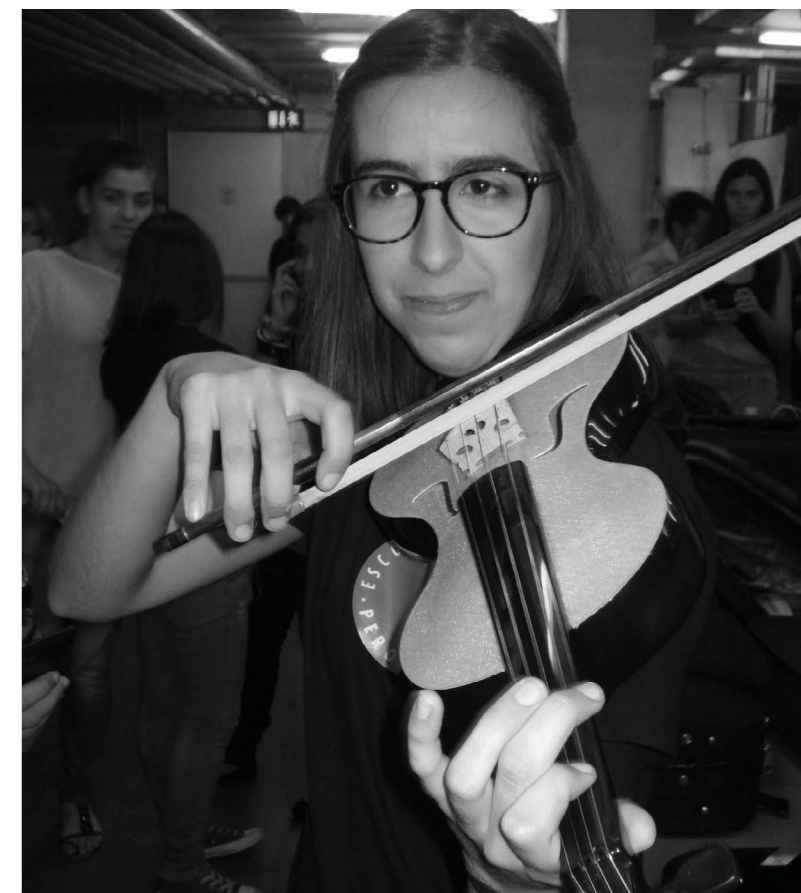
Apesar de a qualidade sonora não ser um fator a testar neste protótipo, os entrevistados demonstraram uma grande vontade de experimentar a sonoridade do modelo formal. Uma grande generalidade dos alunos e profissionais entrevistados (e mesmo outros professores e alunos aos quais o modelo foi apresentado) referiram que as frequências mais graves têm uma boa projeção sonora, superior à do violino tradicional. Alguns dos entrevistados referiram mesmo que os graves se assemelhavam aos de uma viola d'arco. Já as frequências mais agudas são referidas um pouco amorfas e com pouca projeção. No entanto, para um primeiro ensaio (inesperadamente) acústico, as opiniões foram motivadoras.

Outra parte importante neste ciclo de entrevistas sobre o modelo desenvolvido, é a apresentação do violino a engenheiros e a designers de produto, cujas opiniões e críticas podem ser decisivas em termos de formais e de produção. No entanto, a apresentação do modelo formal aos engenheiros e designers que orientaram este projeto não foi uma novidade, visto que todo o processo de desenvolvimento do projeto foi acompanhado intensivamente por eles. Os engenheiros Júlio Martins e João Petiz (respectivamente CEO e CTO da IDEIA.M) e o Prof. Almiro Amorim (designer e orientador deste projeto) avaliaram e criticaram o projeto constantemente, na procura das melhores soluções não só a nível formal e estético, mas também no que diz respeito aos materiais e tecnologias de produção.

É consensual entre engenheiros e designer que a forma do violino e dos seus componentes (bem como dos seus detalhes) é atraente e interessante. No entanto, é importante referir que também salientaram alguns defeitos a corrigir, que já foram referidos anteriormente em outras entrevistas. Foi referido que a pestana não pode ter sulcos tão profundos, e que seria necessário arranjar uma solução para o cravelhame ou para as cravelhas, visto que afinar o violino se torna bastante complexo e exige demasiado esforço do utilizador. Para além disso, foi referido pelos engenheiros da IDEIA.M que em algumas peças, como a queixeira, seria necessário aumentar um pouco mais a tolerância entre as peças que encaixam, de modo a que seja fácil e eficaz retirar as peças amovíveis.



a 15 | registo fotografico de algumas das entrevistas realizadas



# ensaios de vibração

Como complemento do trabalho desenvolvido, era interessante desenvolver alguns ensaios de vibração para observar e comparar o comportamento do tampo de carbono ao de madeira. Neste sentido, foi sugerido pelos colaboradores da IDEIA.M a realização de um teste de vibração, conhecido como teste de Chladni. Este teste permite encontrar modos (ou padrões) de vibração de um corpo pela emissão de uma onda sonora com uma determinada frequência. Para o efeito, foi criado um suporte específico para o posicionamento do sistema emissor (um altifalante) e do tampo. Segundo os colaboradores da IDEIA.M, tanto o altifalante como o tampo deveriam estar suspensos, para garantir uma transmissão eficaz da vibração ao tampo, e para este poder vibrar livremente. Depois de ter sido criado o suporte para o teste, foi necessário utilizar um amplificador, e um software de emissão de ondas sonoras (Little SineGen).

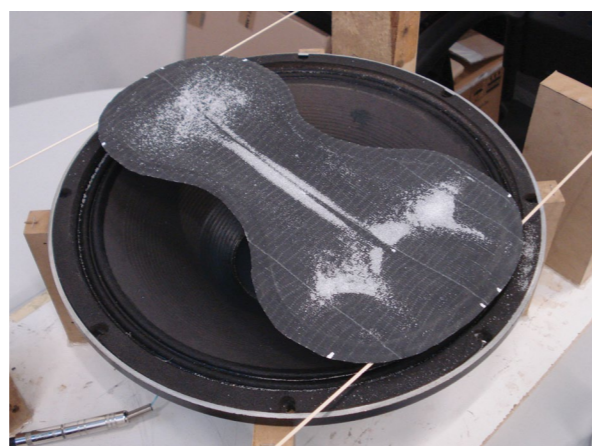
Com o sistema montado e operacional, procedeu-se à realização dos testes. Inicialmente, o tampo foi testado sem a barra harmónica e sem o corte dos "éfes". No entanto, estes testes foram realizados sem um objeto de comparação. Os padrões de vibração foram obtidos com o auxílio de um grão fino (sal fino neste caso), e estes testes foram realizados com frequências entre os 70 e 880 Hz. As frequências onde se registaram melhores resultados foram **entre 97 e 101 Hz, 212 Hz, 440 Hz, 543 Hz e 880 Hz.**



a16 | teste realizado a 97 Hz



a17 | teste realizado a 212 Hz



a18 | teste realizado a 543 Hz



a19 | teste realizado a 97 Hz



a20 | teste realizado a 172 Hz



a21 | teste realizado a 415 Hz

Visto que a necessidade de referências para comparação era bastante pertinente, foram realizados novos testes (desta vez com a barra harmónica colocada e com os "éfes" cortados), tendo como base as referências de Jansson (2002) relativamente a alguns modos (ou padrões) de vibração do tampo de madeira. Assim sendo, o tampo foi testado em 3 fases, consoante 3 grupos de frequências: **entre 89 e 99 Hz, entre 165 e 189 Hz e entre 350 e 384 Hz.**

Os resultados obtidos evidenciam que o tampo de carbono comporta-se de um modo muito semelhante ao tampo de madeira, no que diz respeito aos modos ou padrões de vibração. Foram obtidos resultados muito idênticos nas frequências de **97 e 172 Hz**. Apenas no último teste foi observado que a frequência de vibração (entre **415 e 420 Hz**) ficava um pouco mais distante dos valores de referência. No entanto, os resultados obtidos foram positivos.

# validação do protótipo funcional

Tal como aconteceu com o protótipo formal, foram realizadas algumas entrevistas de caráter informal aos indivíduos do painel de utilizadores, para sondar a sua opinião acerca do protótipo funcional e identificar possíveis falhas, ou aspetos menos conseguidos. Visto que foram instalados componentes de qualidade superior (cavelete, alma, cravelhas e cordas), se fossem referidas falhas, estas estariam relacionadas com a construção do violino. Assim sendo, este foi o principal foco de atenção durante as entrevistas realizadas.

Durante as entrevistas, foi pedido aos alunos e professores do painel de utilizadores tocassem alguns trechos musicais no protótipo funcional e também nos seus violinos.

Só assim era possível ter bases para uma possível comparação. É importante salientar que de um modo global, as opiniões e críticas obtidas durante as entrevistas são bastante animadoras e positivas, tal como é possível perceber nas páginas seguintes. Acima de tudo, estas entrevistas validam grande parte do trabalho desenvolvido.

Convém referir que não foi possível entrevistar alguns indivíduos pertencentes ao painel de referências, dada a ausência por motivos profissionais e pessoais dessas pessoas.

De seguida vão ser apresentadas as entrevistas realizadas aos indivíduos escolhidos para o painel de utilizadores.



a22 | Pedro com o protótipo funcional do violino

## Eduardo

A nível formal, o violino está bem conseguido e tem linhas muito interessantes e sedutoras, principalmente ao nível do vinco lateral, dos "éfes" e do cravelhame. Acha também que a cor negra com o acabamento polido favorece muito o instrumento. Dá-lhe um aspeto agressivo, mas ao mesmo tempo simples e esteticamente agradável.

Refere que o braço e a escala são muito confortáveis. O facto de terem uma superfície polida permite uma maior agilidade de movimentos, e facilita algumas técnicas, como o *glissando*. Refere também que a solução desenvolvida para a queixeira é confortável e muito elegante. Em relação às cravelhas Wittner, refere que facilitam imenso o trabalho de afinação do violino, de uma forma muito precisa e confortável para o utilizador.

Em relação ao som do violino, refere que o ataque das notas é forte e apoiado, sendo que isso nota-se principalmente nas cordas extremas, a mais grave (sol) e a mais aguda (mi). No entanto, é nos graves que se percebe uma maior projeção e qualidade sonora, o que para ele é um fator muito bom. Já as cordas intermédias (ré e lá) têm um som mais contido e abafado. No entanto, refere que o som tem boa qualidade. Em comparação com o violino dele, menciona que o som do violino de madeira é um pouco mais "quente", mas que mesmo assim gosta bastante do som do protótipo funcional. Refere também que as cordas são muito boas, e foram uma boa opção para este violino.

De um modo global, acha que este protótipo está muito bem desenvolvido, e já apresenta muitos pontos fortes (som dos graves, forma, cravelhas, cor e acabamentos). Apenas refere que a almofada do violino (componente ergonómico opcional) não é fácil de colocar no violino, e que se for possível, se deve tentar melhorar o som das cordas intermédias.



a23 | testes realizados pelo Eduardo

## Prof. Vera

Em relação à forma do violino, refere que está muito bem conseguida, principalmente ao nível dos detalhes. Refere que o vinco lateral dá uma expressão dinâmica ao violino, mas por outro lado os "éfes", a queixeira e o cravelhame têm uma linguagem muito elegante e simples, o que de certa forma está relacionado com a essência formal do violino tradicional. Apenas refere o estandarte do violino parece um pouco largo, e que preferia um estandarte mais fino.

No que diz respeito ao conforto do instrumento, refere que as cravelhas são muito eficazes e permitem uma afinação muito precisa, facilitando bastante a afinação do violino. Também refere que o instrumento é muito confortável, principalmente ao nível da queixeira, e que é muito fácil habituar-se ao instrumento e tocá-lo. Estes foram aspetos referidos várias vezes ao longo da entrevista.

Em relação ao som do violino, refere que ficou surpreendida devido ao ataque forte e projeção sonora do instrumento. Refere que os tons mais graves são muito bons e conseguem ter um pouco mais de projeção que as outras notas, mas gosta do som global do violino, e acha que tem qualidade. O som parece-lhe um pouco "anasalado" e artificial quando comparado com o som de um violino de madeira. Mas refere que a diferença de qualidade (a todos os níveis) entre este protótipo e o de fibra de vidro é abismal. Refere também que nunca tinha experimentado um violino produzido em compósito de carbono, mas que gostou deste violino.

Como sugestão, refere que gostaria que o braço fosse um pouco mais estreito, porque acha mais confortável para a sua mão. Também refere que a almofada não fica totalmente fixa à ilharga, e que mais tarde se poderia pensar numa solução para este problema.



a24 | testes realizados pela Prof. Vera

## Prof. Diogo



a25 | testes realizados pelo Prof. Diogo



Em relação à forma do protótipo funcional, reconhece nele os contornos gerais do violino tradicional, e refere que lhe agrada bastante o design mais contemporâneo que foi adotado. Refere também que o perfil da ilharga, bem como a queixeira, os "éfes" e o cravelhame são elementos muito bem desenhados e que reforçam a linguagem contemporânea deste violino. Por último, refere que as tonalidades escolhidas se adequam perfeitamente ao violino, e realçam a sobriedade e a elegância do design deste violino.

Ao ouvir alguns alunos a experimentarem este violino, referiu que o som é um pouco "abafado" em relação ao de um violino de madeira. Mas mesmo assim, admira a boa projeção do som (principalmente das notas mais graves) e o seu "ataque forte e convicto". Refere também que este protótipo representa um grande avanço, em todos os aspetos, em relação ao protótipo formal, e que apresenta bons resultados para um primeiro modelo acústico.

## António Vinhas



a26 | António Vinhas a afinar o violino depois de colocar a alma

Quando confrontado com a forma do violino, referiu que os contornos do violino são bastante suaves e elegantes, e de um modo geral, o resultado do protótipo funcional agrada-lhe bastante. Apenas referiu que prefere a forma dos "éfes" tradicionais. Em relação à construção do violino, apenas refere que a altura entre a pestana e a escala é razoável, mas acha que a pestana poderia estar um pouco mais alta. De um modo geral, refere que este protótipo funcional já evidencia alguma qualidade na sua construção.

Quando ouviu o som do violino, referiu que falta alguma ressonância e projeção à corda mi (corda mais aguda),

e que isto se deve à posição da alma em relação ao cavalete. Dito isto, o construtor António Vinhas colocou a alma um pouco mais afastada do cavalete, visto que esta alteração iria favorecer as tonalidades agudas do violino. De facto, esta pequena modificação deu mais projeção sonora à corda mi. Este facto foi comprovado por um dos alunos do painel de utilizadores (Eduardo), que esteve presente na entrevista ao construtor António Vinhas. Depois desta pequena correção, foi referido que o som do protótipo funcional parecia um pouco mais equilibrado. No entanto, as tonalidades graves conseguem ter mais projeção que as restantes. Na opinião do construtor António Vinhas, só falta ao violino um timbre um pouco mais quente.

## Pedro

No que diz respeito à forma do violino, o Pedro refere que o protótipo funcional lhe parece muito bem desenvolvido, equilibrado e atraente, principalmente ao nível dos detalhes (contornos, vinco lateral, "éfes", queixeira e cravelhame) e das cores escolhidas.

Refere que este violino tem um braço confortável. No entanto, este poderia ser um pouco mais estreito, visto que isso permite um acesso mais rápido às diferentes cordas. Refere também que a altura das cordas está bastante confortável. As cravelhas Wittner e a queixeira (bem como a solução desenvolvida em cortiça para a peça amovível da queixeira) foram descritas como componentes bastante cómodos e confortáveis para o violinista, o que não acontece em grande parte dos violinos.

Em relação ao som do protótipo funcional, foi referido que este tem uma projeção sonora e um ataque forte,

principalmente no que diz respeito aos tons mais graves. Quando comparado com o seu violino de madeira (violino alemão do séc. XVIII), o protótipo funcional tem um som com bastante projeção, mas um pouco mais anasalado, metálico (principalmente na corda mi) e menos quente. No entanto, foi possível perceber que o timbre deste violino se funde bastante bem com o timbre dos violinos de madeira, o que é muito importante em ambiente de orquestra ou de um grupo musical. Isto foi perceptível quando o Pedro e o Eduardo tocaram um trecho musical (com o violino de madeira e com o protótipo funcional respetivamente).

Esta foi uma das entrevistas mais importantes visto que para além de ter sido possível validar o protótipo funcional, foi também possível compará-lo a um bom violino de madeira, o que permitiu estabelecer algumas metas a atingir em futuros protótipos.



a27 | Pedro com o protótipo funcional do violino



a28 | Pedro com o seu violino do séc. XVIII



a29 | peso de um violino alemão do séc. XVIII

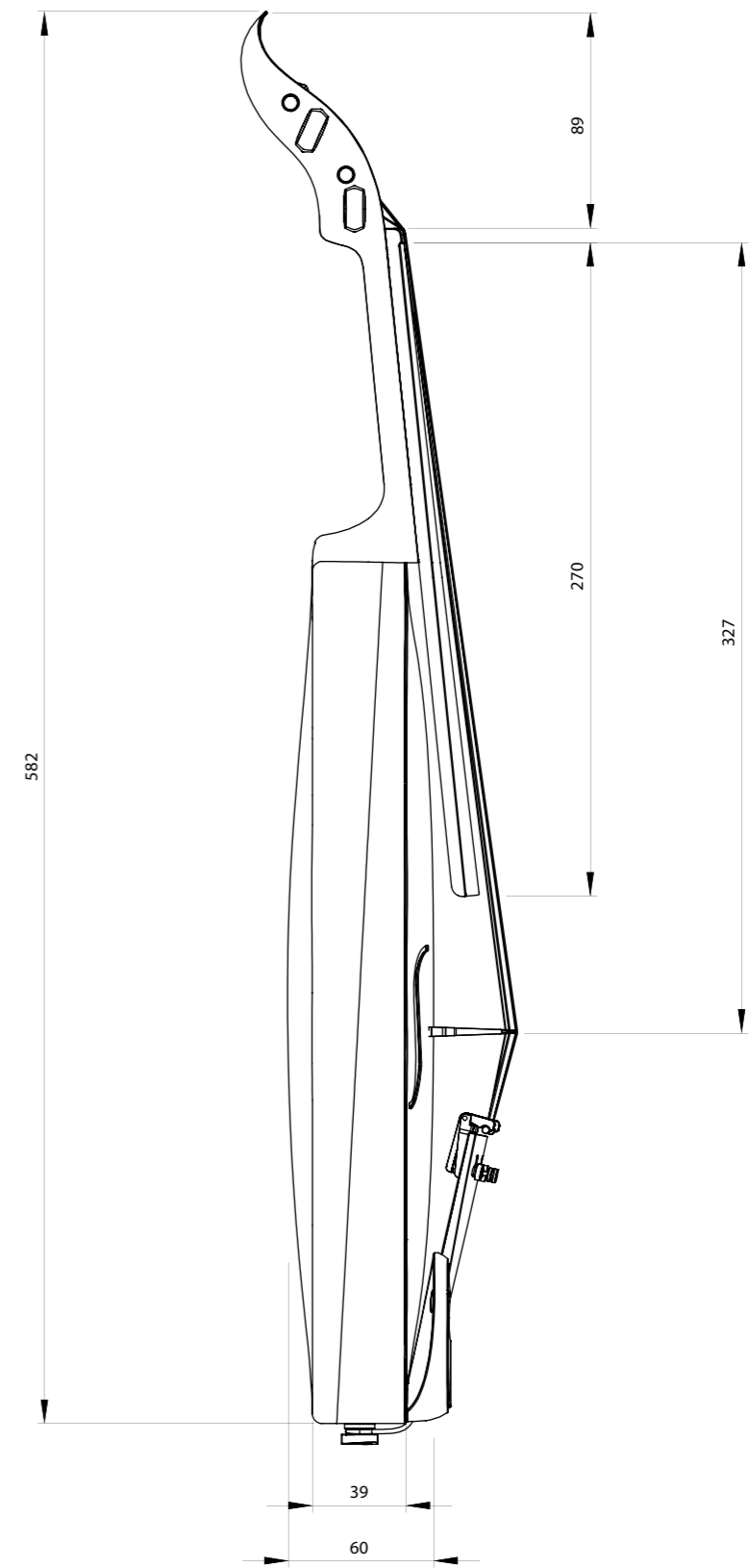
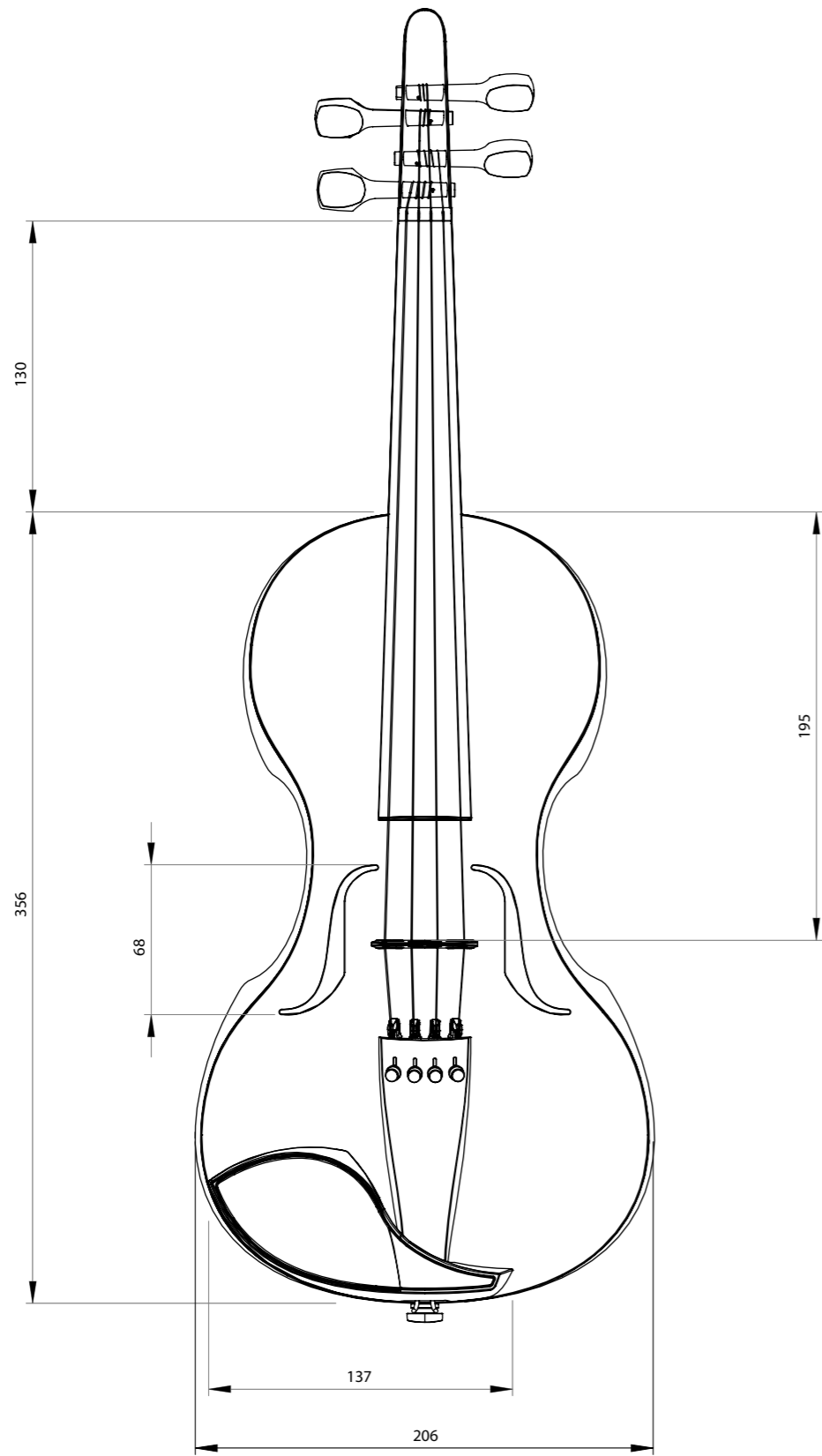


a30 | peso do protótipo funcional do violino

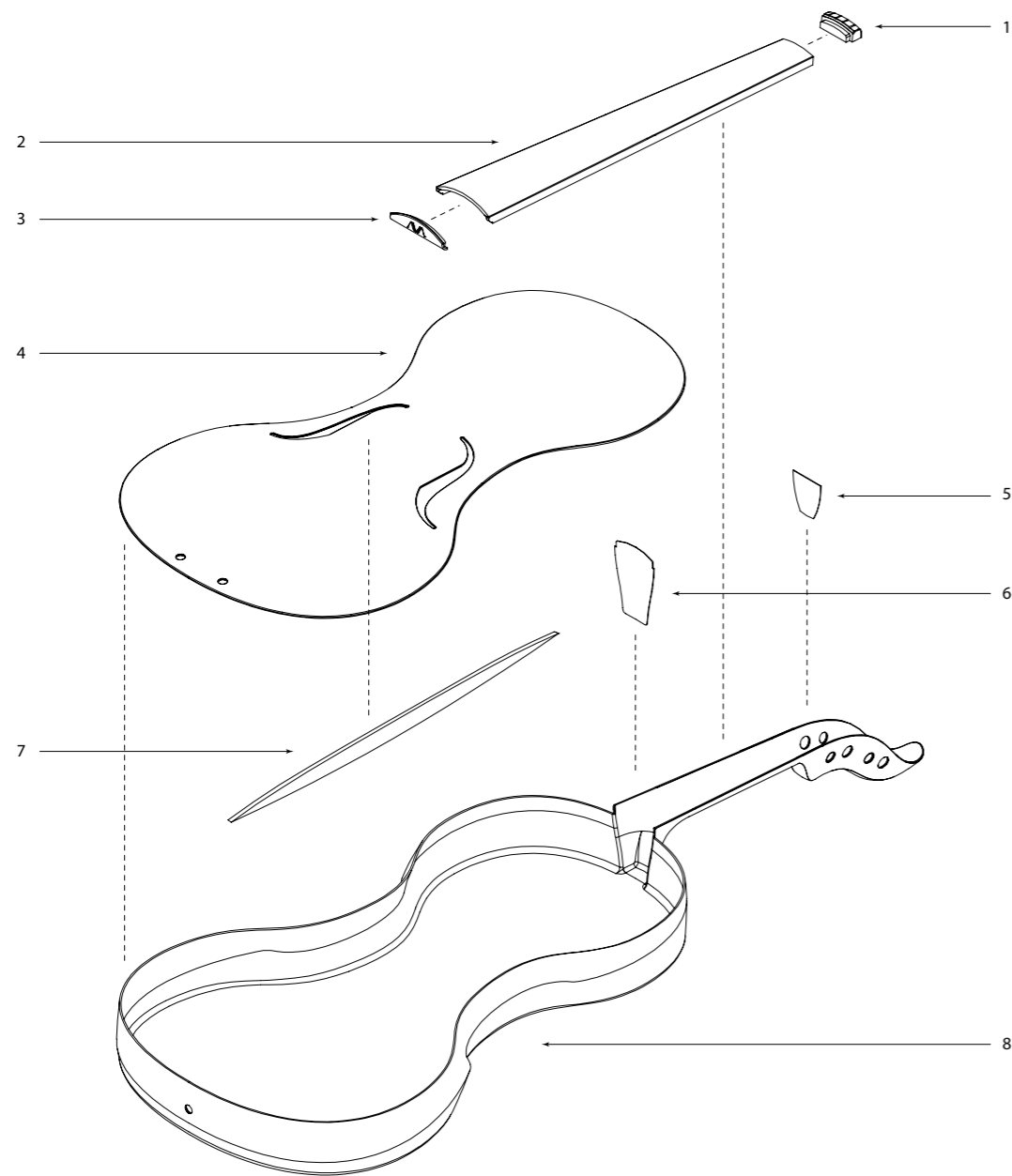


a31 | confronto entre um violino alemão do séc. XVIII e o protótipo funcional do violino

a32 | exemplos de outras entrevistas realizadas



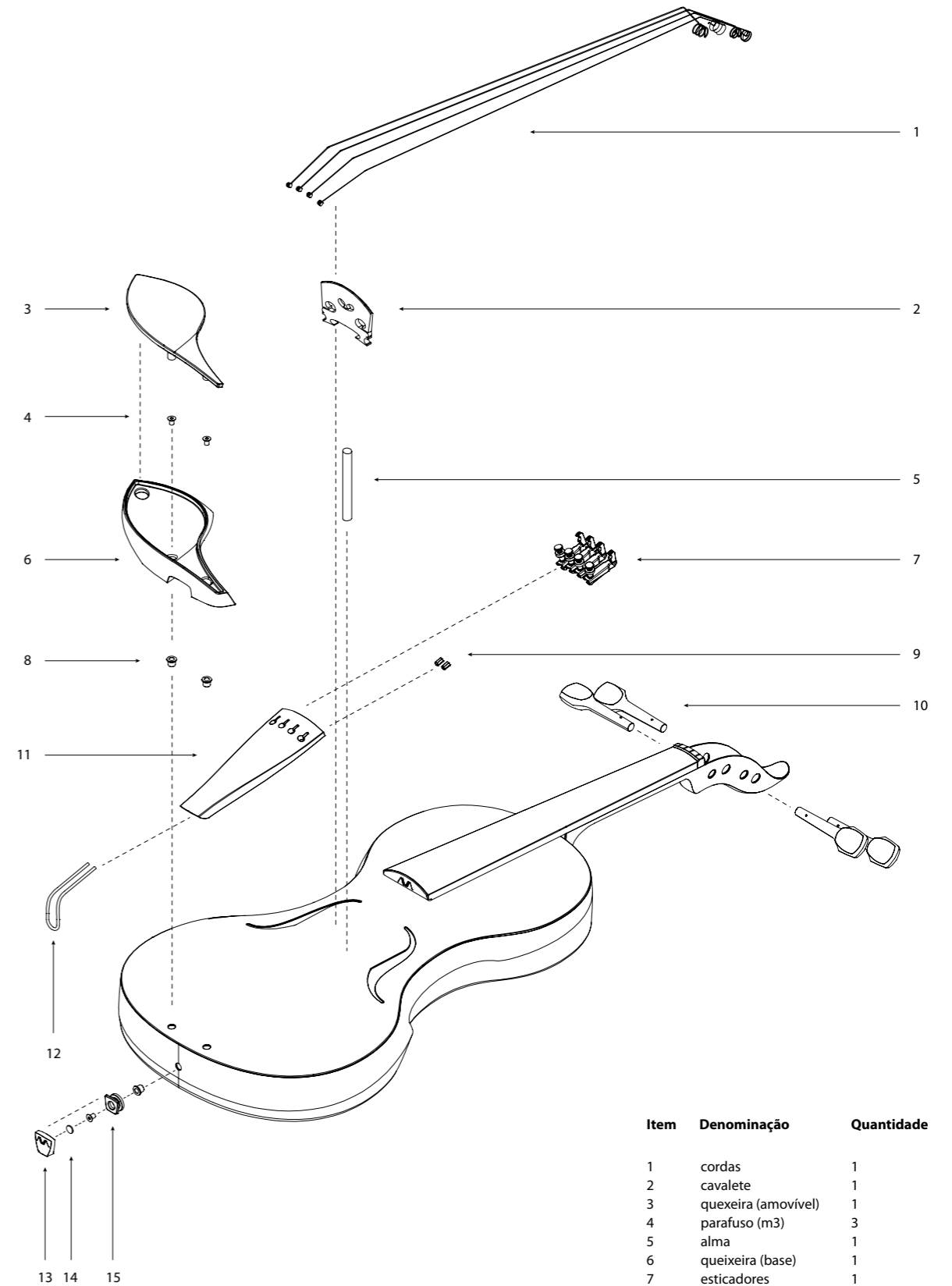
Violino (principais dimensões)  
 Medidas em mm  
 Escala 1:3



Item	Denominação	Quantidade
1	pestanda	1
2	escala	1
3	remate da escala	1
4	tampo	1
5	remate do cravelhame	1
6	remate do braço	1
7	barra harmónica	1
8	corpo	1

Violino (principais componentes)

Escala 1:4



Item	Denominação	Quantidade
1	cordas	1
2	cavalete	1
3	queixeira (amovível)	1
4	parafuso (m3)	3
5	alma	1
6	queixeira (base)	1
7	esticadores	1
8	rebite roscado (m3)	3
9	anilhas de aperto	1
10	cravelhas	4
11	estandarte	1
12	cabo do estandarte	1
13	tampa do botão	1
14	ímã 5x3mm	1
15	botão	1

Violino (componentes periféricos)

Escala 1:4

# *custos de desenvolvimento*

ITEMS	CUSTO TOTAL
componentes (queixeira, cordas, cavalete, etc.)	300€
matérias primas (fibras, massas, resinas, tintas, etc.)	350€
consumíveis (lixas, pincéis, fita cola, etc.)	30€
maquinagem das peças para os moldes	420€
pesquisa (história, mercado, inquéritos, entrevistas, modelação do violino tradicional, etc.)	224 horas
desenvolvimento do modelo de volume	170 horas
modelação CAD 3D do violino	232 horas
desenvolvimento e produção de moldes	232 horas
desenvolvimento do modelo de compósito de fibra de vidro validação do protótipo formal	232 horas
ensaios e simulações	46 horas
desenvolvimento do modelo de compósito de fibra de carbono validação do protótipo funcional	340 horas
modelação CAD 3D da caixa para o violino	24 horas
tempo estimado de trabalho útil	1500 horas

