

Da Matéria ao Som

UPCYCLING COMO UMA FERRAMENTA
PARA O DESIGN DE PEÇAS DE GUITARRA

Mestrado em Design de Produto
2024

ANDRÉ MANUEL BARROSO CALÇADA

ESAD.CR
Escola Superior de Artes e Design
do Instituto Politécnico de Leiria

Rua Isidoro Inácio Alves de Carvalho
2500-321 Caldas da Rainha

www.esad.ipleiria.pt

“O design só triunfará se guiado por uma perspetiva ética.”

John Vassos

“A psicose epidémica da nossa época é o erro de acreditarmos
que não temos qualquer obrigação ética para com o planeta que
habitamos.”

Theodore Roszak

Relatório de Projeto Final
Mestrado em Design do Produto
2024

Autor
André Manuel Barroso Calçada
andre.calçada1@outlook.com

Orientadores
Prof. Dr. Fernando Poeiras
Prof. Dr. José Frade

AGRADECIMENTOS

A todos os que me apoiaram e contribuíram para o desenvolvimento do presente documento e trabalho.

À família e amigos por fazerem parte desta etapa.

Aos meus orientadores, Fernando Poeiras e José Frade por todo o apoio demonstrado, pelas discussões de ideias e conselhos ao longo do projeto.

À designer Jessica Silva pelo apoio, motivação e discussão de ideias e processos técnicos.

Ao músico e guitarrista Gonçalo Ferreira pela ajuda e conselhos para o processo de gravação e comparação sonora.

Aos técnicos da ESAD.CR. pela ajuda e partilha de conhecimentos.

RESUMO

O projeto Da Matéria ao Som tem como objetivo a exploração de matérias provenientes de desperdícios industriais e materiais abandonados como madeiras, aço e vidro, de modo a perceber quais as suas qualidades sonoras (subjctivas) quando aplicados na produção de braços das guitarras elétricas. Neste sentido, pretende-se desenvolver braços de guitarra elétrica com materiais revalorizados, que permitam a personalização do instrumento e proporcionem diferentes sonoridades (subjctivas) e gestualidades associadas ao ato de tocar o instrumento.

Pretende-se também perceber como podemos reaproveitar pequenos pedaços de materiais para desenvolver moldes e modelos que permitem auxiliar o processo de conceção e produção dos protótipos apresentados.

Este projeto de investigação teórico-prático tem por base os princípios estratégicos de Upcycling e Economia Circular.

PALAVRAS-CHAVE:

Design;
Reaproveitamento;
Upcycling;
Música;
Som;
Criatividade;
Experimentação.

ABSTRACT

The Da Matéria ao Som project aims to explore materials from industrial waste and abandoned materials such as wood, steel and glass in order to understand their sound (subjective) qualities when applied to the production of electric guitar necks. The aim is to develop electric guitar necks with upcycled materials that allow the instrument to be customised and provide different (subjective) sounds and gestures associated with playing the instrument.

The aim is also to understand how we can reuse small pieces of material to develop tools and models that can help in the process of designing and producing the prototypes presented.

This theoretical-practical research project is based on the strategic principles of Upcycling and Circular Economy.

KEYWORDS:

Design;
Reuse;
Upcycling;
Music;
Sound;
Creativity;
Experimentation.

ÍNDICE

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE	x
INTRODUÇÃO	1
DESAFIO	3
OBJETIVOS	3

01 ENQUADRAMENTO DO PROJETO DE INVESTIGAÇÃO

- Enquadramento Ambiental e Económico;	6
- Upcycling e Economia Circular;	8
- Aproveitar cada pedaço;	10
- Design como solução;	12
- O Instrumento Musical - A Guitarra;	14
- Exploração Musical, Criatividade e Improviso;	19
- Características do Som - Timbre;	25
- Projetos de referência;	29

02 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

2.1. PRÉ-PROJETO	
- Indústrias locais, recolha e análise de materiais;	38
- Construção de um arquivo de materiais recolhidos;	46
- Exploração dos materiais recolhidos - Ensaios sonoros;	47

2.2. PROJETO	
- Esboços de conceção de projeto;	56
- Desenhos técnicos e Modelação 3D;	58
- Maquetização;	68
- Processos de conceção e produção de protótipos;	83
- Ensaio sonoro com protótipos;	124
- Fotografias finais dos protótipos;	150

03 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Conclusão e considerações finais;	164
- Desenvolvimentos futuros;	168

04 ÍNDICE DE FIGURAS

- Índice de figuras;	172
----------------------	-----

05 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Referências bibliográficas.	188
-------------------------------	-----

INTRODUÇÃO

“Da matéria ao Som” é um projeto de investigação teórico-prático iniciado e desenvolvido durante o período de confinamento de 2020 devido á pandemia de Covid-19. Este período de isolamento social permitiu a retoma do meu interesse e curiosidade na exploração musical e sonora, nomeadamente a exploração das sonoridades da guitarra elétrica, instrumento que comecei a aprender a tocar com cerca de 12 anos de idade. A música sempre foi das formas de expressão que mais me cativou ao longo da minha vida, pois esta tem a capacidade de despertar os nossos sentidos e é capaz de mexer com as nossas sensações, e transportar-nos em diversas experiências.

Oliver Sacks (2008) em *Musicophilia - Tales of music and the brain* refere:

“Listening to music is not just auditory and emotional, it is motoric as well: “We listen to music with our muscles,” as Nietzsche wrote. We keep time to music, involuntarily, even if we are not consciously attending to it, and our faces and postures mirror the “narrative” of the melody, and the thoughts and feelings it provokes.” (Sacks, 2008, p.211)

Este projeto de investigação é baseado em princípios e estratégias de Design Sustentável, tais como o reaproveitamento de materiais, o Upcycling e a Economia circular. Esta investigação procura interligar estas estratégias com a exploração das qualidades sonoras (subjetivas e não totalmente mensuráveis) dos diferentes materiais, proporcionando diferentes timbres, para o instrumento musical guitarra elétrica.

Segundo Oliver Sacks (2008) em *Alucinações musicais - Relatos sobre a música e o cérebro*:

“Timbre é a qualidade específica de riqueza acústica de um som produzido por um instrumento ou voz, independentemente de seu tom ou altura; é o que distingue um dó médio tocado num piano dessa mesma nota tocada em um saxofone. O timbre de um som é influenciado pelos mais diversos fatores, entre eles as frequências dos sons harmônicos ou concomitantes e o início, subida e descida das formas de ondas acústicas. A capacidade de manter a noção de constância do timbre é um processo de múltiplos níveis e extremamente complexo no cérebro auditivo, um processo que pode ter algumas analogias com o da constância das cores - de fato, a linguagem das cores é frequentemente aplicada ao timbre, que às vezes é descrito como “cor do som” ou “cor do tom.” (Sacks, 2008, p.79)

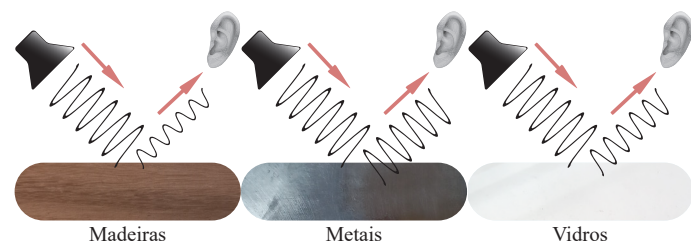


Fig. 1 - Ilustração “Diferentes materiais, diferentes timbres”.

Nesta investigação, a exploração sonora centra-se nas qualidades subjetivas do som como os timbres, qualidades estas não totalmente mensuráveis, nem manipuláveis como outras. As qualidades objetivas do som (intensidades e frequências) podem ser produzidas e manipuladas através de dispositivos tecnológicos existentes tais como amplificadores, *pickups*, captadores, microfones, mesas de mistura e pedais de efeitos sonoros. Por este motivo definimos as qualidades subjetivas do som como foco principal para esta exploração sonora.

Na presente investigação, as qualidades subjetivas do som foram avaliadas por um grupo de músicos, em que me incluo.

Desafio

Definiu-se como desafio para este projeto de investigação de mestrado em Design de Produto, a exploração do potencial sonoro de materiais provenientes de restos e desperdícios para a sua aplicação na produção de braços para guitarras elétricas.

Segundo estratégias de reaproveitamento de materiais e de economia circular, procura-se investigar qual o potencial de diferentes materiais para a produção de protótipos de braços de guitarra elétrica que despertem diferentes sonoridades e gestualidades, incentivando músicos e entusiastas a explorar novas formas de contacto com a guitarra.

Pretende-se também explorar o potencial destes materiais de modo a desenvolver alguns moldes e modelos úteis para o trabalho de luthieria, procurando perceber como o design pode influenciar as estratégias e os processos de desenvolvimento destes produtos, de maneira a desenvolver peças viáveis e inovadoras que satisfaçam os interesses dos músicos.

Objetivos

Sabendo que cada material pode potenciar um som característico ao instrumento (timbre), esta investigação propõe como objetivos práticos a produção de protótipos de braços de guitarra elétrica utilizando materiais provenientes de desperdícios das indústrias locais (madeiras, metais e vidros), de modo a perceber quais as qualidades sonoras de cada material quando aplicados neste instrumento musical.

Define-se também como objetivo, perceber qual a viabilidade da aplicação de materiais como o vidro e o aço na escala do braço da guitarra, assim como perceber quais os sons e gestos despertados por estes materiais.

Propõe-se ainda descobrir soluções para o reaproveitamento de pequenos pedaços de materiais, procurando criar modelos e moldes necessários para a produção de peças de guitarra.

A solid red vertical bar runs along the left edge of the page.

01 ENQUADRAMENTO DO PROJETO DE INVESTIGAÇÃO

01 ENQUADRAMENTO DO PROJETO DE INVESTIGAÇÃO

ENQUADRAMENTO AMBIENTAL E ECONÓMICO

Na atualidade é muito importante procurar novas soluções de aplicação para os desperdícios e sobras industriais, valorizando-os e consequentemente minimizar o seu impacto ambiental. Vivemos uma fase crítica para o planeta, onde este é explorado evasiva e massivamente, dando origem a vários problemas associados à indústria. Esta exploração resulta numa destruição e poluição dos ecossistemas.

Partindo da perspetiva que o futuro do exercício de Design passará pelas vertentes de Eco-Design e do Design Sustentável, é necessário trabalhar o pensamento em volta da problemática ambiental, tentando desenhar soluções locais mais eficazes. Segundo Victor Papanek em *Arquitectura e Design. Ecologia e Ética* podemos constatar que:

“À medida que avançamos para o século XXI, verificar-se-á uma necessidade crescente de designers especializados em design ecológico. Todavia, na minha opinião, toda a educação em design deveria ser baseada em métodos e ideias ecológicos. Deveria incluir tanto estudos sobre o método científico como sobre biologia, antropologia, geografia cultural e campos afins. A ecologia social e humana, bem como a filosofia e a ética, deverão ser parte integrante dessa formação.

O futuro do design encontra-se associado ao papel fulcral da síntese entre as várias disciplinas que constituem a matriz sócio-económico-política dentro da qual o design funciona.”
(Papanek, 1995, p. 52)

Enquanto designers, devemos utilizar os nossos conhecimentos de modo a criar produtos mais sustentáveis tendo em consideração os problemas associados à indústria e aos seus processos de produção.

O Design deverá também passar pela mediação de colaborações locais de forma a estabelecer estratégias em torno dos processos locais que geram menos impactos ambientais, figura 2. Estas estratégias devem incentivar o crescimento local, de uma forma mais sustentável e potenciar o aparecimento de novas oportunidades para a criação de produtos e soluções.

Pode-se afirmar que existe uma enorme necessidade de ligar as comunidades à Natureza, de modo a sensibilizar os consumidores para estes problemas ambientais. Incentivar e educar o recurso a práticas mais sustentáveis será um dos papéis mais importantes do Design para o mundo futuro.



Fig. 2 - Exemplo de colaboração com marceneiro local - Caldas da Rainha 2021.

UPCYCLING E ECONOMIA CIRCULAR

Nos últimos anos temos vindo a observar o aparecimento de estratégias e abordagens que se focam na redução de desperdícios, no reaproveitamento e reutilização de diferentes materiais.

Podemos falar sobre o Upcycling e a Economia Circular como estratégias que permitem dar uma nova vida a materiais abandonados, assim como restos industriais.

O Upcycling é uma estratégia de reaproveitamento de materiais que se foca na revalorização dos mesmos, com o objetivo de desenvolver produto sem que seja necessário a reciclagem dos mesmos.

A Economia Circular é um conceito estratégico que aparece como alternativa em relação ao modelo de Economia Linear. Segundo a DGAE (Direção Geral das Atividades Económicas):

“A «Economia Circular» tem sido um tema recorrente nas agendas internacional, Europeia e nacional nos últimos anos, sendo um conceito estratégico que assenta nos princípios da redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia e assumindo-se como um elemento chave para promover a dissociação entre o crescimento económico e o aumento no consumo de recursos.

Numa economia circular, o valor dos produtos e materiais é mantido durante o maior tempo possível, a produção de resíduos e a utilização de recursos reduzem-se ao mínimo e, quando os produtos atingem o final da sua vida útil, os recursos mantêm-se na economia para serem reutilizados e voltarem a gerar valor.” (DGAE, n.d., Economia Circular)

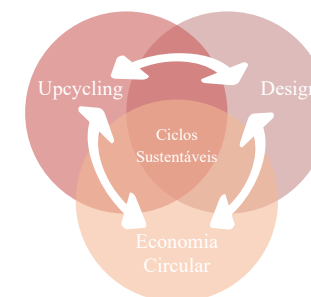


Fig. 3 - Esquema de ciclos sustentáveis aplicadas ao processo de design.



Fig. 4 - “Economia Circular”. (DGAE)

Fonte:

<https://www.dgae.gov.pt/servicos/sustentabilidade-empresarial/economia-circular>

De certo modo, podemos afirmar que estas estratégias são, muitas vezes impulsionadas pela colaboração comunitária, onde “o lixo de uns é o tesouro de outros”. Abrindo-se uma janela de oportunidades onde começa a ser possível desenhar o caminho para um futuro melhor, onde as comunidades colaboram entre si, onde haja a partilha de conhecimentos entre diferentes áreas de modo a encontrar sustentabilidade ambiental e económica para cada região.

APROVEITAR CADA PEDAÇO

Papanek em *Arquitectura e Design. Ecologia e Ética* (1995) refere que:

“À medida que avançamos para o século XXI, verificar-se-á uma necessidade crescente de designers especializados em design ecológico. Todavia, na minha opinião, *toda* a educação em design deveria ser baseada em métodos e ideias ecológicos.

O futuro do design encontra-se associado ao papel fulcral da *síntese* entre as várias disciplinas que constituem a matriz sócio-económico-política dentro da qual o design funciona.” (Papanek, 1995, p. 52)

“A preocupação com a ecologia aponta desde já para uma nova orientação do design, ou seja o aproveitamento de aparas do fabrico, que são normalmente desperdiçadas.” (Papanek, 1995, p. 64).

Papanek refere ainda a sua visita a uma produtora de peças de couro na Polónia, onde se deparou com o desperdício de aparas deste material que iria para o lixo, figuras 5 e 6.

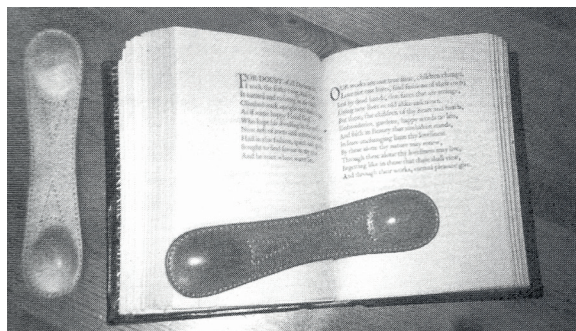
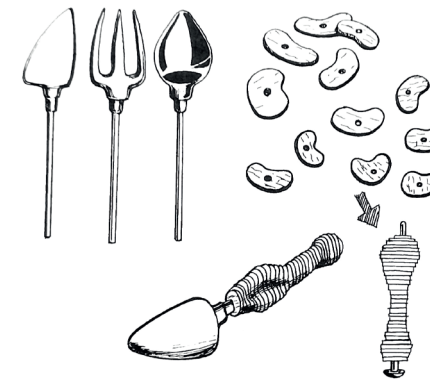


Fig. 5 - Pisa-livros de couro feito com aparas. (Papanek, V., 1995, *Arquitectura e Design. Ecologia e Ética* (p.33))

“ Quando na Polónia vi os magníficos artigos de couro de cor clara, procurei saber junto dos albardeiros que os cosiam à mão qual o destino das aparas. Informaram-me de que eram deitadas fora por serem “demasiado pequenas sequer para uma carteira”. Das conversas com os pequenos fabricantes na Polónia, resultou que inventei um “pisa-livros” para as pessoas que gostam de ler enquanto comem (...) Continuaram, porém, a sobrar bocadinhos mais pequenos da peça de couro. Poderiam ser aproveitados para revestir os cabos de talheres, satisfazendo as necessidades específicas de pessoas com as mãos deformadas pela artrite ou outras doenças deformadoras;(...)” (Papanek, 1995).



Design para cabos de talheres, usando pequenas aparas de couro.

Fig. 6 - Design para cabos de talheres, usando pequenas aparas de couro. (Papanek, V., 1995, *Arquitectura e Design. Ecologia e Ética* (p.65))

Com este exemplo percebemos que, enquanto designers temos as capacidades para desenhar e desenvolver novas soluções de modo a reaproveitar e revalorizar pedaços de materiais que são descartados pelas empresas. Deveremos também perceber as qualidades e características dos materiais e dos seus ciclos de vida, assim como os processos que podemos utilizar para os reaproveitar e revalorizar, procurando prolongar o seu tempo de vida.

DESIGN COMO SOLUÇÃO

O Design tem a capacidade de analisar, sintetizar e observar os problemas, abordando-os de diferentes maneiras de modo a avaliar e selecionar a melhor solução para cada caso em específico. O papel do designer para o futuro passará muito pelo contacto com as comunidades, surgindo como mediador e projetista de soluções. Este também irá desempenhar o papel fulcral de desenhar um futuro melhor e mais “amigo do ambiente”. Penso que os designers do futuro deverão perceber as condições geográficas, ambientais, sociais e económicas de cada situação e tentar trabalhar um futuro mais equilibrado onde haja colaboração e partilha de conhecimentos dentro das comunidades.

A partilha de conhecimentos entre gerações, comunidades e designers, fará com que os ofícios e as técnicas antigamente utilizadas pelos nossos antepassados não se percam no tempo. Mantendo assim, as culturas vivas e preservadas no tempo.

Pensa-se também que os designers do futuro deverão entender as características de cada material e projetar a partir de um pensamento lógico, onde cada material é selecionado e utilizado tendo em conta as suas propriedades e o seu comportamento a curto, médio e longo prazo.

*“Saber não basta; temos de aplicar.
Querer não basta; temos de fazer.”*

Goethe

(Papanek, V., 1995, *Arquitectura e Design. Ecologia e Ética* (p.117))

Existe a necessidade de começar a praticar o design a partir do que temos ao nosso dispor.

Posso dizer que acredito que no futuro, a prática do design passará pelo reaproveitamento de materiais, dando origem a peças cuja estética se diferenciará devido a estas abordagens ao desperdício.



Fig. 7 - Reaproveitamento de pneus para a produção de recipientes para transporte de água na Nigéria. (Papanek, V., 1995, *Arquitectura e Design. Ecologia e Ética* (p.33))

O INSTRUMENTO MUSICAL - A GUITARRA

A música tem um papel muito importante na sociedade, nas diferentes culturas e nas nossas vidas. Esta tem a capacidade de estimular a mente e o corpo, podendo assim influenciar o desenvolvimento cognitivo, mental, físico e social do ser humano. Entende-se por música um conjunto de sons organizados em sequência com um ritmo associado. Esta pode ser composta pelo som de apenas um instrumento, mas também pelos sons de vários instrumentos organizados.

Segundo Claude Lévi-Strauss em “O Cru e o Cozido”:

“(...) a música é uma linguagem por meio da qual as mensagens são elaboradas, que tais mensagens podem ser compreendidas por muitos, mas enviadas apenas por poucos, e que somente ela entre todas as linguagens une o carácter contraditório de ser ao mesmo tempo inteligível e intraduzível – esses fatos fazem do criador da música um ser como os deuses e fazem da própria música o mistério supremo do conhecimento humano.” (Lévi-Strauss, C., 1964).

Existem várias tipologias de instrumentos musicais geralmente classificados a partir do modo como se produz som, pelos materiais utilizados na sua construção, pelo timbre, entre outros. A disciplina que estuda e classifica os instrumentos musicais designa-se por Organologia. Quando falamos de guitarras, derivado do latim “*cithara*” e do grego “*kithára*”, estas inserem-se na categoria dos instrumentos de cordas ou cordofones. Estes instrumentos possuem um ou mais braços e caixa de ressonância cujas cordas são beliscadas ou palhetadas, podendo o som ser amplificado acusticamente ou eletronicamente com a utilização de captadores e amplificadores de som.

Geralmente as guitarras possuem entre 4 a 12 cordas feitas com materiais como aço, bronze, cobre, latão e níquel, utilizado principalmente em guitarras elétricas, ou o nylon para o caso das guitarras clássicas e ukuleles.

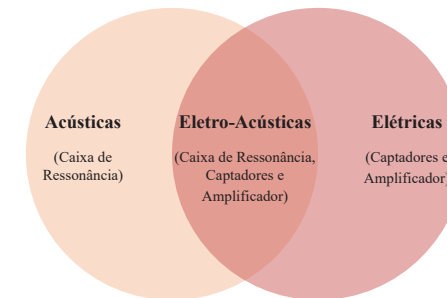


Fig. 8 - Esquema “Tipos de Guitarras: modos de amplificar o som”.

Nesta investigação iremos debruçar-nos sobre as guitarras elétricas, dando principal destaque e foco ao braço da guitarra.

Como podemos observar na figura 9, a guitarra elétrica é composta por diferentes peças feitas com vários materiais, entre os quais as madeiras, os metais e os plásticos. O som deste instrumento é produzido através do toque nas cordas tensionadas e apoiadas entre a pestana e a ponte do instrumento. As cordas são afinadas a partir dos carrilhões, elemento que exerce mais ou menos tensão nas mesmas. As notas são geradas a partir da posição onde as cordas são pressionadas ao longo do braço, variando de notas graves para notas agudas à medida que se percorre o braço no sentido da ponte do instrumento. Podemos também observar a presença de trastes ao longo da escala do instrumento. Estes elementos servem para fixar e definir a posição das notas do instrumento.



Fig. 9 - Esquema peças de guitarra.

Como possível constatar, os braços das guitarras são geralmente feitos em madeira, apresentando elementos metálicos, os trastes. Os braços das guitarras convencionais apresentam escalas feitas em madeira e trastes metálicos para a marcação da escala. A pestana é um elemento que pode ser feito com materiais como o plástico, madeiras duras, metais e osso. O braço da guitarra conta também com um elemento encastrado dado pelo nome de haste de ajuste ou *truss rod*, este serve para a afinação do arco do braço, podendo esta haste forçar o braço a curvar para a frente ou para trás como sugere a figura 10.

Flat-Neutral Neck



Up-Bow



Back-Bow



Fig. 10 - Esquema de funcionamento do *truss rod*. (The Electric Luthier)

Fonte: <https://theelectricluthier.com/understanding-truss-rods-and-how-to-adjust-them/>

O *truss rod* é um elemento crucial para a afinação do instrumento, tendo o propósito de contrariar a tensão exercida pelas cordas, podendo este resultar em boas sonoridades e gestualidades quando bem afinado, ou pelo contrário quando mal afinado.

Passamos agora a analisar a escala destes instrumentos. Estas são feitas com madeiras duras, apresentando marcações e trastes metálicos embutidos cuja sua posição/aplicação varia consoante o comprimento da escala. Por norma estes instrumentos apresentam entre 21 e 24 trastes.

No entanto, existem guitarras baixo onde não se aplicam trastes, como podemos observar na figura 11. Este pormenor faz com que a escala do instrumento alcance notas que normalmente não estão marcadas, nomeadamente os quartos de tom.



Fig. 11 - Guitarra baixo elétrico sem trastes. (Musicians HQ)
Fonte: <https://musicianshq.com/are-fretless-basses-harder-to-play/>

A ausência de trastes faz com que se alterem os gestos e a maneira de tocar o instrumento, por consequência alterando também as sonoridades produzidas pelo instrumento. Os gestos distintos aproximam-se aos do contrabaixo. Há quem diga que se torna mais complicado de se tocar, mas este é um elemento diferenciador que torna o instrumento mais versátil e capaz de alcançar notas que não seriam alcançadas numa escala convencional. As sonoridades e gestualidades distintas são do interesse dos músicos, abrindo espaço para a exploração musical fora das “normas” impostas pelos instrumentos mais convencionais.

EXPLORAÇÃO MUSICAL, CRIATIVIDADE E IMPROVISO

A exploração musical e criatividade em muito se relacionam com as diferentes abordagens para com o instrumento musical. O processo de experimentação e criação sonora/musical variam consoante os diferentes instrumentos e as pessoas que os tocam.

A criatividade é algo único e característico em cada um de nós, esta nasce conosco e deve ser estimulada e treinada. Na área da música, a criatividade é um fator muito importante para a diferenciação e caracterização de cada músico e dos diferentes estilos musicais.

Podemos falar no fator de improviso, este em muito se relaciona com a criatividade de cada músico e a sua relação com o instrumento que toca. O improviso é a capacidade de criar música tendo por base diferentes parâmetros como escalas, ritmos e transições de acordes, capazes de acompanhar outros instrumentos e criar variadas melodias.

No caso da guitarra, o improviso em muito se relaciona com as capacidades criativas, habilidades e treino de cada músico. Sendo que um músico com mais treino e mais experiência tem um maior potencial de improviso do que um músico aprendiz.

Podemos referir alguns produtos que apareceram com a capacidade de improvisar dos músicos, gerando novos gestos associados ao instrumento e consequentemente novas sonoridades.

Podemos observar nas seguintes imagens 3 produtos que foram criados com o objetivo de alterar as qualidades do som da guitarra, o *Capo*, o *Slide* e o *Ebow*, figuras 12, 13 e 14.



Fig. 12 - Produto de referência: “Capo”.

Fonte: <https://pt.wikihow.com/Usar-um-Capotraste-para-Violão>

O *capo* ou “pestanda fixa” é um produto para guitarras, violas e outros instrumentos de cordas que serve para encurtar as cordas e assim tornar as notas mais agudas. O mesmo pode ser utilizado em diferentes posições ao longo do braço do instrumento, conferindo-lhe assim uma diferente tonalidade.



Fig. 13 - Produto de referência: “Slide”.

O *Slide* é um produto geralmente feito com tubo de metal, vidro ou cerâmica. O objetivo do slide é alterar a tonalidade do som, fazendo deslizar esse tubo pelas cordas do instrumento. O Slide é um produto geralmente utilizado por guitarristas de *Blues*, *Country* e *Rock*.

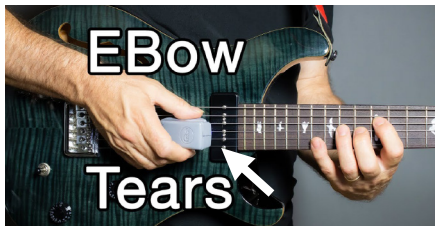


Fig. 14 - Produto de referência: “EBow”.

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=47neF3AtQ0Q>

O *EBow* é um produto utilizado em guitarras e baixos elétricos. A sua função é produzir um *sustain* infinito (sustentação do som infinita). Este funciona através de vibrações magnéticas que fazem com que a corda vibre infinitamente, produzindo sons semelhantes aos de um violino.

Estes produtos foram desenvolvidos com o objetivo de alterar a sonoridade dos instrumentos. A exploração por parte da disciplina de Design de produto em volta dos instrumentos contribuiu e possibilitou diferentes gestualidades e formas de criar música com guitarras.

A exploração musical não fica só pelas diferentes abordagens e gestualidades do músico para com o instrumento, ou pela utilização de produtos como os apresentados.

Muitos músicos, construtores de instrumentos e entusiastas ambicionam encontrar características sonoras próprias, procurando timbres do som característicos dos materiais utilizados na construção das peças dos seus instrumentos musicais e equipamentos.

Podemos observar uma “onda” crescente de designs relacionados com guitarras e a experiência que é tocar música.

Na seguinte fotografia podemos observar um exemplo de exploração sonora em volta de braços de guitarra sem trastes por parte de Eduardo Vanzeler.



Fig. 15 - Exemplo de braço de guitarra sem trastes: “Modelo 0 de guitarra fretless” (Vanzeler, E., 2018, LUDUS 2.x, Do Brincar à Música (p.104))

Verificou-se que a utilização de um braço sem trastes alterou o timbre e as características sonoras do instrumento e proporcionou diferentes gestualidades quando comparado a guitarras convencionais.

A ânsia constante por encontrar diferentes sonoridades e gestualidades características ao instrumento é o que incentiva e impulsiona os construtores de instrumentos a explorar e investigar em torno da construção de instrumentos musicais.

Podemos então perceber que enquanto designers devemos entender as características de cada material e quais as suas valências de utilização.

Para o caso da investigação “Da Matéria ao Som”, foram exemplos como o projeto de Eduardo Vanzeler que serviram de referência e incentivaram a exploração das características sonoras dos materiais e a sua aplicação para a construção de instrumentos.

Ao falar sobre exploração sonora e capacidade de improviso, podemos também referir exemplos como o de Hermeto Pascoal, um compositor, arranjador e multi-instrumentista brasileiro, muito conhecido pela sua capacidade de improviso e exploração sonora com recurso a diversos instrumentos, timbres e sons da natureza. Hermeto Pascoal ao longo da sua carreira apresentou-nos música produzida com instrumentos como saxofone, flauta, piano, acordeão, e diversos outros instrumentos.

Em “The Experimental Music of Hermeto Pascoal And Group (1981 – 1993) Conception and Language” de Luiz Costa Lima Neto, Hermeto é referido como:

“ Hermeto is, in fact, the creator of a very personal language, in which the dissonant harmonies of jazz are merged with popular rhythms and melodies(...); (...) his language is multidirectional, also containing elements that are common to contemporary erudite music, such as polychords, polyrhythms, the non-conventional use of conventional instruments and the exploration of noise and new possibilities of timbre through a varied arsenal of percussion, comprising the most various sound-producing objects.

Improvisation is another important feature of Hermeto Pascoal's music. The influence of American jazz is undeniable, although the improvisation practiced by Hermeto is not limited (as usually happens in traditional jazz) to the capacity for melodic reinvention based on only one harmonic structure. He can, for example, (as in “Magimani Sagei”), superimpose drum and bass ostinati, dogs barking, someone saying disconnected words, and consider all this as the “harmonic basis” on which several flutes will improvise freely, and at the same time merge their timbres with the dogs' barks and the onomatopoeias and grunting voices through frullati, glissandi and other resources, such as singing inside the flutes as the notes are emitted. The exploration of sound used by Hermeto transcends the improvisational model of traditional jazz, bearing a greater resemblance to the experimentation that occurred in American free jazz in the 1960s (...).” (Lima Neto, 2015, (p.1))

“Music is everywhere, everything is music. A slamming door, a knife spreading butter on a cookie, a blow on the table. That doesn’t mean that you just have to make a noise to make music. Being a musician is knowing how to use those noises. (Hermeto, Jazz Magazine, 1984)” (Lima Neto, 2015, (p.7))

“I am more inspired by other things to make music. I didn’t listen to music in order to compose. (...) No. I am more inspired by paintings, by the timbre of a voice. (Hermeto, Radio MEC, 1998)”(Lima Neto, 2015, (p.9))

São exemplos de músicos e entusiastas como estes que sustentam o foco e os objetivos propostos para esta investigação. Estes exemplos incentivaram a procura e o desenvolvimento de novas soluções, que permitam novas sonoridades e timbres aos instrumentos.

Nesta investigação propomos o desenvolvimento de protótipos que possibilitem aos músicos essa procura por novos timbres e sonoridades da guitarra. Para isso propomos a aplicação de materiais reaproveitados como o aço, as madeiras e os vidros para o desenvolvimento de protótipos de braços de guitarra, elemento que em muito influencia o som do instrumento.

CARACTERÍSTICAS DO SOM - TIMBRE

Para melhor compreender o que é o timbre da guitarra, como este funciona e como o podemos classificar, recorremos ao artigo *“What is Guitar Tone? Understanding & Dialing In Your Sound”* presente no blog digital *“LedgerNote”*. Este é um blog de partilha de conhecimentos em volta da música, o mesmo promove a partilha de informação e a educação, demonstrando a sua utilidade para aprofundar mais alguns aspetos técnicos.

Quando perguntamos o que é o timbre (*tone*) da guitarra podemos dizer que:

“ (...) Guitar tone is the sound that is the end result of the way your pick or fingers strum a properly maintained guitar and its strings, through all of the various electronics used to shape the signal, and ultimately broadcasted out of an amplifier. Your tone can be more or less affected by every aspect of your guitar’s build, how well it is maintained, the on-board electronics, any effects pedals, and the type of amp you’re using. Your tone, then, is the final product of the combination of all of these items as your signal passes through them and finally out to human ears. (...)”

(Ledgernote (2017) What is Guitar Tone? Understanding & Dialing In Your Sound)

Fonte: <https://ledgernote.com/columns/guitar-guru/guitar-tone/>

Neste artigo também nos é apresentado um jargão de classificação de tons/timbres que serve para nos ajudar e familiarizar com alguns dos termos utilizados. Passando assim a citar um pequeno comentário do autor no que toca classificar o som e de seguida a seu jargão de tons de guitarra:

“(…)-**Articulate**: Relates to intelligibility where each note can be heard as a distinct event without smearing. A sense of separation with a clear note attack;

-**Bite**: Nearing the edge of breaking up into distortion but still an articulate, defined sound. Close to 'throaty.'

-**Bright**: A lot of high-end frequencies. This can be good or bad. The right amount of treble is articulate and clear, while too much can be harsh and sharp, often called 'brittle.'

-**Brittle**: Too much treble, especially in the upper high-end. Can cause actual discomfort to the listener and ear fatigue quickly.

-**Crisp**: Clear treble on the high-end of the high frequencies. Bright and sharp, but not unpleasantly so.

-**Crunchy**: A warm, full spectrum sound with a thick and slight distortion.

-**Dark**: Far less high-end with an exaggeration below the realm of 'warmth.' An accentuated bass response with a lack of treble.

-**Muddy**: Too much lower mid-range and warmth. It is unintelligible and boxy sounding.

-**Nasal**: Too much presence of mid-range frequencies to the point of losing articulation and intelligibility. Close to 'honky' as well.

-**Open**: A full spectrum signal with more weight in the high frequencies that provides a sense of articulate spaciousness and air.

-**Punchy**: Articulate in the high-end but accentuated in the low-end for an expressive sense of percussion. It is a tight and responsive sense of power with meat behind it.

-**Scooped**: The opposite of 'nasal,' lacking in power in the mid-range frequencies. Exhibiting too much low and high-end.

-**Smooth**: A slight roll-off of the high frequencies with a bit of extra warmth. Can imply a compressed signal with a soft attack.

-**Throaty**: A full spectrum signal, weighted slightly towards the low-end with a bit of growling distortion.

-**Warmth**: A pleasing balance of low-end and mid-range frequencies while still maintaining a lower amount of high-end clarity.

-**Woody**: Like 'crunchy,' it is a slight amount of break-up leading into distortion with less mid-range frequencies. Described as hollow instead of thick. (...) ” (Ledgernote (2017) What is Guitar Tone? Understanding & Dialing In Your Sound)

Fonte: <https://ledgernote.com/columns/guitar-guru/guitar-tone/>

Com este jargão podemos ter uma breve ideia de como classificar o timbre dos instrumentos, contribuindo para as futuras conclusões em volta dos protótipos desenvolvidos no presente projeto de investigação.

Referimos ainda os gráficos de materiais utilizados por Michael F. Ashby, em *Materials Selection in Mechanical Design* (1992). Neste livro é abordado o tema da seleção de materiais tendo em conta as suas características para a produção de produtos. Neste caso referenciamos gráficos referentes a características como Resistência/Densidade, Tom/Brilho e também uma tabela de atributos de estéticos dos materiais.

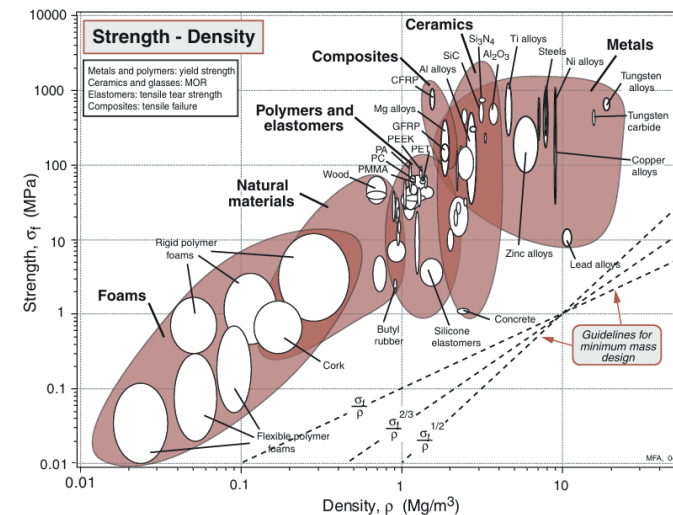


Figure 4.4 Strength, σ_f , plotted against density, ρ (yield strength for metals and polymers, compressive strength for ceramics, tensile strength for elastomers and tensile strength for composites). The guidelines of constant σ_f/ρ , σ_f^2/ρ and $\sigma_f^{1/2}/\rho$ are used in minimum weight, yield-limited, design.

Fig. 16 - Gráfico de Resistência/Densidade dos materiais. (F. Ashby, M., 1999, Materials Selection in Mechanical Design (p.54))

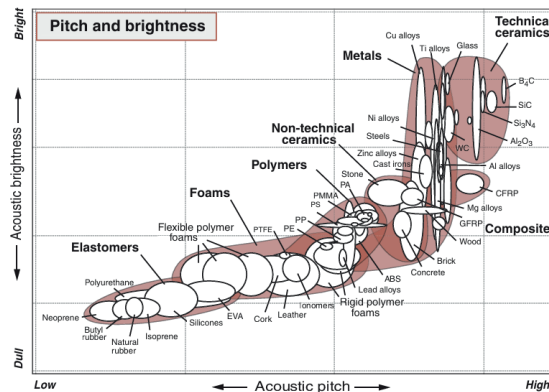


Figure 17.6 Acoustic properties of materials. The "ring" of a wine glass is because glass is an acoustically bright material with a high natural pitch; the dull "ping" of a plastic glass is because polymers are much less bright and—in the same shape—vibrate at a lower frequency. Materials at the top right make good bells; those at the bottom left are good for damping sound.

Fig. 17 - Gráfico de Tom/Brilho dos materiais. (F. Ashby, M., 1999, Materials Selection in Mechanical Design (p.448))

Com este estudo em volta das características dos materiais, podemos fazer uma seleção mais consciente de material/função, tirando proveito das suas características mecânicas e sonoras para a produção de braços de guitarra, mas também para a produção de moldes utilizados na lutheria (produção, reparação e manutenção de instrumentos musicais).

PROJETOS DE REFERÊNCIA

No âmbito desta investigação, procurou-se selecionar e analisar vários projetos de referência desenvolvidos por alguns designers. Esta pesquisa serviu para enriquecer conhecimentos em volta do reaproveitamento de materiais, assim como adquirir mais competências sobre os processos de construção de instrumentos e sobre a aplicação de materiais pouco usuais para a sua produção. Foram selecionados projetos de diferentes designers onde encontramos algumas afinidades conceptuais e processuais que influenciaram a presente investigação. Os projetos selecionados foram os seguintes:

- Ico drums tarolas em cerâmica - Paolo Martini - (2016);
- LUDUS 2.x Do Brincar à Música - Paulo Eduardo Vanzeler - (2018);
- Economia circular integrada na conformação de granulado de borracha - Rafael Sabino - (2019).

Ico drums

Tarolas em cerâmica

-Paolo Martini - 2016

Esta dissertação foi selecionada como referência pela sua investigação e pesquisa em torno dos materiais e das suas sonoridades quando aplicados em componentes de instrumentos musicais, neste caso a tarola da bateria.

Podemos observar a exploração dos limites mecânicos e sonoros do material cerâmico, quando aplicado neste instrumento.

Os resultados práticos apresentados alimentam a ideia de que cada material terá o seu som característico, sendo assim um incentivo para o desenvolvimento da investigação proposta.



Fig. 18 - Utilização de materiais como o barro vermelho e a madeira para a produção de peças para tarolas acústicas (1). (Martini, P., 2016, Ico drums. Tarolas em cerâmica (p.156))



Fig. 19 - Utilização de materiais como o barro branco e a madeira para a produção de peças para tarolas acústicas (2). (Martini, P., 2016, Ico drums. Tarolas em cerâmica (p.160))

Esta investigação entra como referência pela sua relação conceptual e processual com a investigação proposta. Existindo assim uma constante curiosidade em explorar os limites sonoros e mecânicos dos diferentes materiais quando aplicados nos instrumentos musicais.

LUDUS 2.x

Do Brincar à Música

-Eduardo Vanzeler - 2018

Esta dissertação foi selecionada como referência pela sua abordagem aos instrumentos musicais e a sua exploração dos meios de digitação dos mesmos.

O autor explora a relação existente entre o Brincar e a Música, e as suas ligações com as capacidades de aprendizagem do ser humano. Neste projeto podemos observar uma análise e síntese dos sistemas de digitação existentes em alguns instrumentos de percussão, assim como desenvolve protótipos que potenciam a aprendizagem através do Brincar, tornando-a mais intuitiva e livre.



Fig. 20 - "Modelos semi-abertos, 11 e 6 peças agregado a bateria". (Vanzeler, E., 2018, LUDUS 2.x, Do Brincar à Música (pp.76-77))

Também se achou relevante as diferentes abordagens que foram despertadas ao longo do processo, procurando explorar diferentes materiais e métodos de digitação no instrumento. Os resultados finais apresentados demonstram a possibilidade de organizar os módulos consoante o interesse do utilizador, mas também a possibilidade de seguir sistemas de notas já definidos tornando a aprendizagem mais simples e intuitiva.



Fig. 21 - "Modelo de caixas individuais. Sugestão de organização 7 peças.". (Vanzeler, E., 2018, LUDUS 2.x, Do Brincar à Música (p.92-93))

Economia circular integrada na conformação de granulado de borracha

-Rafael Sabino - 2019

Esta dissertação aparece como referência pela sua abordagem em relação aos desperdícios materiais e produtos em fim de vida.

Teve como objetivo desenvolver produto através de estratégias de reaproveitamento e prolongamento da vida dos materiais como o Upcycling e a Economia Circular. Apresentando como resultados práticos produtos de utilização urbana, como pilaretes e pavimentos feitos a partir do granulado de borracha proveniente de pneus em fim de vida.



Fig. 22 - “Protótipos pilarete bolha”. (Sabino, R., 2019, Economia circular integrada na conformação de granulado de borracha (pp. 200-201))

Selecionou-se esta investigação como referência pela sua pertinência a nível da exploração das características dos materiais e o seu reaproveitamento, assim como da sua revalorização. Este projeto de investigação procurou, a partir de estratégias de Economia Circular e Design Sustentável, projetar um futuro mais limpo e seguro para o planeta em que vivemos.

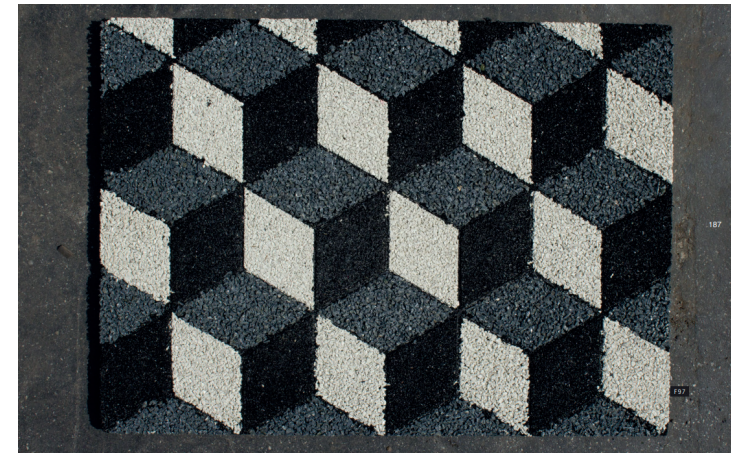


Fig. 23 - “Pavimento Final”. (Sabino, R., 2019, Economia circular integrada na conformação de granulado de borracha (pp.186-187))

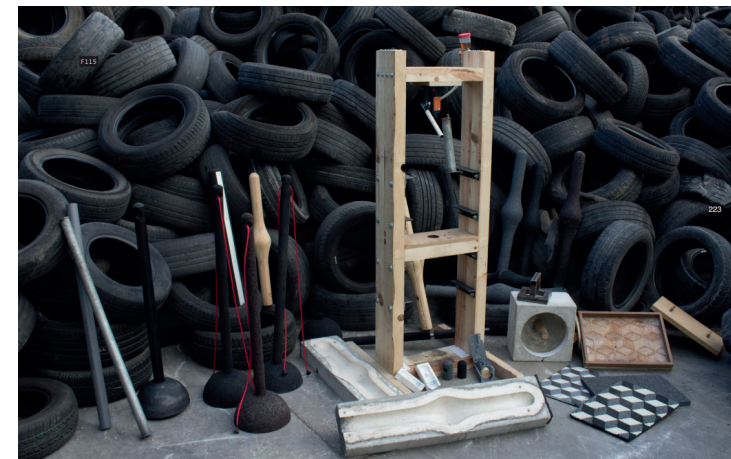


Fig. 24 - “Conjunto dos projetos realizados”. (Sabino, R., 2019, Economia circular integrada na conformação de granulado de borracha (pp. 222-223))

02 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

02 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

2.1. PRÉ-PROJETO

Neste capítulo iremos explorar as estratégias selecionadas para o projeto de investigação, assim como aprofundar conhecimentos e técnicas de modo a contribuir para o processo do presente exercício de projeto.

INDÚSTRIAS LOCAIS, RECOLHA E ANÁLISE DE MATERIAIS

Como referido previamente, esta investigação focou-se desde início no potencial de reaproveitamento e reutilização dos materiais provenientes de restos e sobras das indústrias locais. Para isso, foi necessário visitar algumas indústrias locais e perceber como estas atuam e quais os materiais de sobra e desperdício que resultam das suas produções.

Iniciou-se a procura por materiais passíveis de serem recolhidos, reutilizados e reaproveitados. Foram feitas várias visitas a empresas localizadas em Caldas da Rainha e Braga, procurando encontrar sobras e desperdícios afim de recolher materiais que pudessem ser revalorizados. Ao visitar estas empresas foi possível entrar em contacto com diferentes setores de atividade, dentro das quais empresas que trabalham materiais como os vidros, as madeiras, os metais e a cerâmica.

Simultaneamente foi também feita uma procura por materiais abandonados e restos de antigos projetos que pudessem ser reaproveitados para este projeto de investigação.

VIDRO

Inicialmente, através da visita a uma empresa vidreira situada no centro das Caldas da Rainha, foi possível observar diferentes tipos de restos e desperdícios que já não seriam utilizados para as suas produções. Observamos pequenos painéis partidos no contentor de desperdícios, entre os quais vários tipos de vidro, de diferentes tamanhos e espessuras. Tendo em conta que o caminho destes pequenos painéis de sobra seria o lixo ou a reciclagem, surgiu assim uma janela de oportunidade para reaproveitar estes materiais e perceber quais as suas valências sonoras.



Fig. 25 - Desperdício de vidro plano (empresa vidreira local - Caldas da Rainha).

MADEIRAS

Durante a visita a uma empresa de marcenaria local (Caldas da Rainha), pude verificar a existência de diferentes tipos de desperdícios e sobras. Dos quais, a serradura resultante da maquinação do material e também pequenos blocos, tábuas e ripas de diferentes tipos de madeira. Alguns destes materiais encontravam-se “encostados” por falta de uso prático e direto nas suas produções.



Fig. 26 - Desperdícios e sobras de madeira (empresa marceneira local - Caldas da Rainha).

Foram selecionados diferentes tipos de madeira e foi testado o toque sonoro de modo a perceber quais as valências sonoras de cada madeira. Verificou-se que as madeiras mais duras apresentavam uma melhor sonoridade.

Nesta visita o dono da empresa cedeu duas tábuas de madeira de Curupixá que já não iria utilizar, dizendo que esta teria um bom som e poderia servir para a produção de peças de instrumentos musicais. Estas tábuas foram aplainadas e emparelhadas de modo a poderem ser reaproveitadas e utilizadas para a produção dos protótipos.



Fig. 27 - Reaproveitamento de madeira de Curupixá (empresa marceneira local - Caldas da Rainha).

Ainda foi possível visitar o espaço de uma antiga empresa bracarense de pavimentos de madeira, onde houve a oportunidade de recolher e reutilizar algumas tábuas de madeira de Jatobá, que estaria ao abandono e sem utilização. Esta era uma madeira de origem brasileira muito utilizada em pavimentos por ser uma madeira dura, com elevada densidade, resistência e durabilidade.

Estas tábuas teriam sido deixadas ao abandono por já não se enquadrarem nos projetos da empresa devido à diferença de cores entre lotes. Foram-nos cedidas algumas tábuas desta madeira e após um breve teste de sonoridade foi possível perceber que a mesma teria boas propriedades sonoras para a produção de peças para instrumentos musicais.



Fig. 28 - Reaproveitamento de madeira de Jatobá (antiga empresa de pavimentos - Braga).

No decorrer da investigação foi também realizada uma procura por madeiras macias e contraplacados que pudessem ser reutilizados com a finalidade de produção de moldes e maquetes. Foram recolhidos e reaproveitados alguns pedaços de madeiras de Pinho e contraplado provenientes de sobras de projetos antigos.



Fig. 29 - Reaproveitamento de madeira de pinho e contraplacados de madeira.

A recolha e reaproveitamento de madeiras macias foi feita com o intuito de produzir os moldes e maquetes. Esta seleção de materiais deve-se à facilidade de trabalhar estas madeiras quer pela via de corte manual, como o corte com serra elétrica e também o corte a laser.

METAIS

Aquando de uma ida à oficina de metais da escola pude observar diferentes tipos de desperdícios e sobras como pequenos pedaços de tubos e chapas de vários materiais metálicos. Em conversa com o técnico da oficina verificou-se que o futuro desses pedaços de material seria a reciclagem ou o reaproveitamento. Tendo a possibilidade de reaproveitar material cortaram-se várias chapas e maquinaram-se os tubos de alumínio, aço e cobre de modo a produzir peças para testes de comparação sonora entre os diferentes materiais.



Fig. 30 - Restos de metais para reaproveitamento (Oficina metais ESAD.CR - Caldas da Rainha).

CERÂMICA

Visitou-se também uma empresa cerâmica local, onde pudemos observar desperdícios como restos de vidrados resultantes do processo de limpar os fretes das peças, peças quebradas e paletes partidas. Nessa empresa, foi possível reaproveitar alguns pedaços de madeiras de paletes partidas para a produção de algumas ferramentas.



Fig. 31 - Desperdícios de vidrados, peças com quebra e paletes com tábuas partidas (empresa de cerâmica local) - Caldas da Rainha.

CONSTRUÇÃO DE UM ARQUIVO DE MATERIAIS RECOLHIDOS

Como meio de registo, foi elaborado um arquivo de materiais recolhidos, reaproveitados e explorados ao longo do período em que decorreu este projeto de investigação.



Fig. 32 - Arquivo de materiais recolhidos ao longo do projeto.

EXPLORAÇÃO DOS MATERIAIS RECOLHIDOS - ENSAIOS SONOROS

Para melhor perceber as qualidades sonoras de cada material foram elaborados ensaios sonoros com os modelos de “Slides de guitarra” produzidos a partir de materiais reaproveitados.

ENSAIOS SONOROS COM *SLIDES* DE DIFERENTES MATERIAIS

Foram produzidos *slides* para guitarra, a partir do reaproveitamento de pequenos pedaços sobras de tubos metálicos e garrafas de vinho que seguiriam para a reciclagem.

Os seguintes ensaios sonoros com *slides* serviram para aprofundar conhecimentos e perceber melhor quais os timbres de cada material quando em contacto com as cordas do instrumento que é a guitarra.

Neste teste utilizamos uma guitarra com a seguinte afinação: **E-A-D-G-B-E** (Mi-Lá-Ré-Sol-Si-Mi).



Fig. 33 - *Slides* feitos a partir de materiais reaproveitados.

Ensaio sonoro com *Slide* de Vidro

Para produzir os *slides* de vidro para este ensaio foram reaproveitadas garrafas de vinho que passaram por um processo de lavagem, corte e acabamento manual.

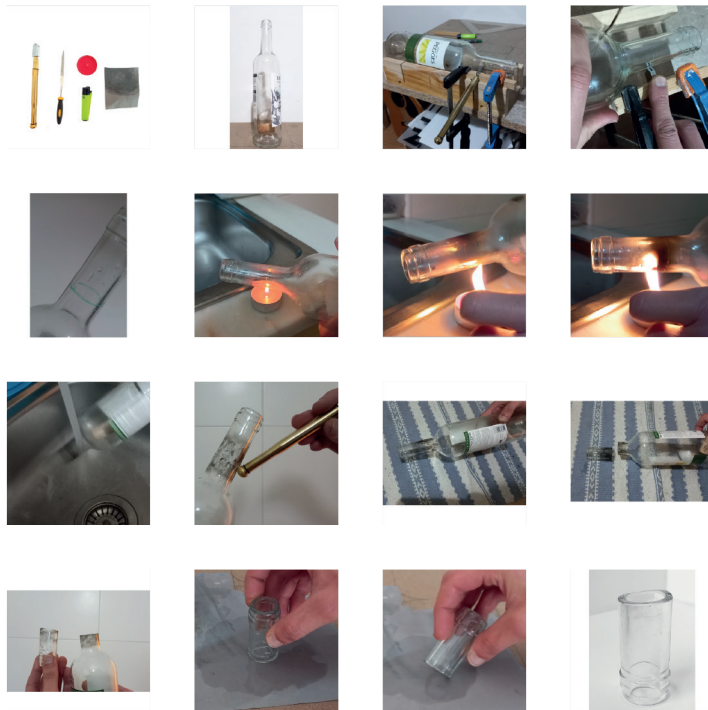


Fig. 34 - Processo de produção do *slide* de vidro.



Fig. 35 - *Slide* de vidro produzido a partir do reaproveitamento de garrafas.



Fig. 36 - Ensaio sonoro com *slide* de vidro.

Neste ensaio sonoro podemos verificar a presença de sons com timbres quentes e macios (*warm and mellow tone*). Constatamos também que as gestualidades e sonoridades eram bastantes distintas no que toca ao uso convencional da guitarra, observando variações de intensidade e frequência de acordo os gestos do músico.

Ensaios sonoros com *Slides* de Metal (Aço, alumínio e cobre)

Para a produção dos *slides* com materiais metálicos foram reaproveitados pequenos pedaços de tubos que passaram por um processo corte e acabamento manual.



Fig. 37 - *Slides* metálicos produzidos a partir do reaproveitamento de sobras de tubos (aço, cobre e alumínio).



Fig. 38 - Ensaio sonoro com *slide* de aço.

Perante este ensaio sonoro verificamos a presença de sons com timbres metálicos, brilhantes e vibrantes (*metallic, bright and vibrant tones*). Presenciamos também a existência de sons com maior sustento (*sustain*), quando comparados com o *slide* de vidro.



Fig. 39 - Ensaio sonoro com *slide* de cobre.

Com este teste sonoro verificamos a presença de timbres metálicos e vibrantes (*metallic, vibrant*) e ligeiramente mais escuros (*dark*), quando comparados com os sons produzidos pelo *slide* de aço. Verificamos também que, tal como no caso do *slide* de aço, este apresenta sons com um bom sustento (*sustain*).



Fig. 40 - Teste sonoro slide de alumínio.

Tal como no caso do *slide* de cobre, o *slide* de alumínio apresenta sons com timbres metálicos, vibrantes e escuros (***metallic, vibrant and dark tones***), com um sustento elevado (***high sustain***).

Através destes ensaios sonoros foi possível concluir que, os *slides* de vidro apresentavam sons com timbres quentes e macios (***warm and mellow tone***) e com baixo sustento (***low sustain***). Enquanto que os *slides* metálicos apresentavam sons com timbres metálicos e vibrantes (***metallic and vibrant tones***), apresentando elevado sustento das notas (***high sustain***).

2.2. PROJETO

ESBOÇOS DE CONCEÇÃO DE PROJETO

O esboço e o desenho estiveram presentes no decorrer desta investigação, destacando a sua utilidade de registar e trabalhar ideias para peças, moldes, modelos e protótipos.

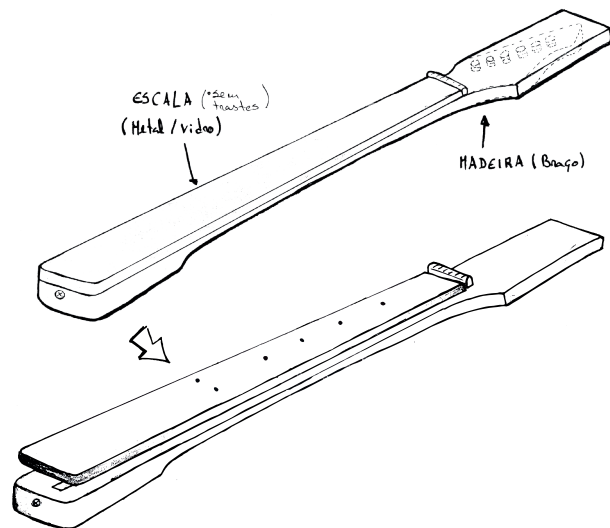


Fig. 41 - Esboço ideia "Escala sem trastes de vidro ou metal".

A ideia para o projeto de investigação surge aquando o esboço de um braço de guitarra e se pensa na aplicação de uma escala sem trastes, feita com materiais como o vidro e o metal, de modo que estes materiais estivessem em contacto com as cordas do instrumento, influenciando assim os sons produzidos. Optamos pela não utilização de trastes no instrumento pois permite um maior potencial de exploração sonora por não limitar o som às notas da escala e possibilitar a utilização de outras escalas e afinações.

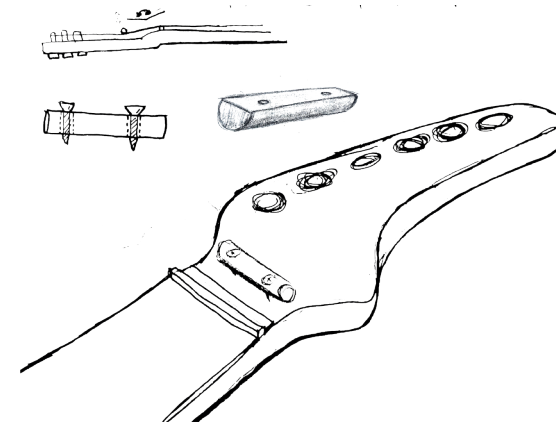


Fig. 42 - Esboço ideia "Escala sem trastes, guia de cordas e cabeça".

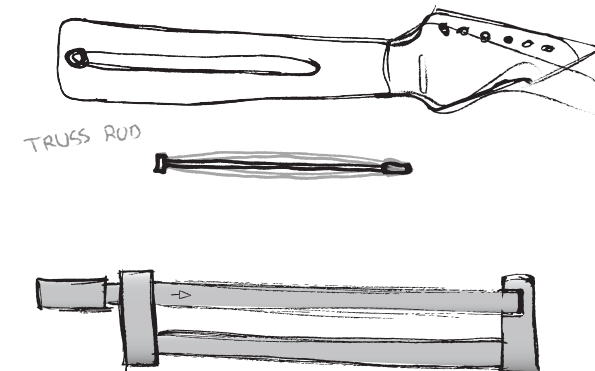


Fig. 43 - Esboço ideia "Cabeça e haste de ajuste".

DESENHOS TÉCNICOS E MODELAÇÃO 3D

O Desenho técnico e a Modelação 3D estão presentes nesta investigação como meio de definir e verificar dimensões e aspetos técnicos. A Modelação 3D aparece também como um meio de verificar aspetos estéticos e utilizar esta tecnologia para criar imagens renderizadas dos objetos idealizados.

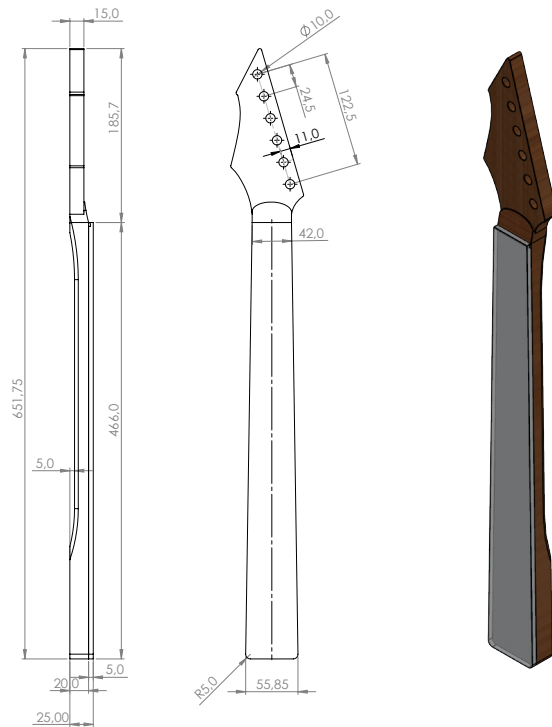


Fig. 44 - Desenho técnico e modelo 3D da maquete "Braço de guitarra - Vidro e Metal.

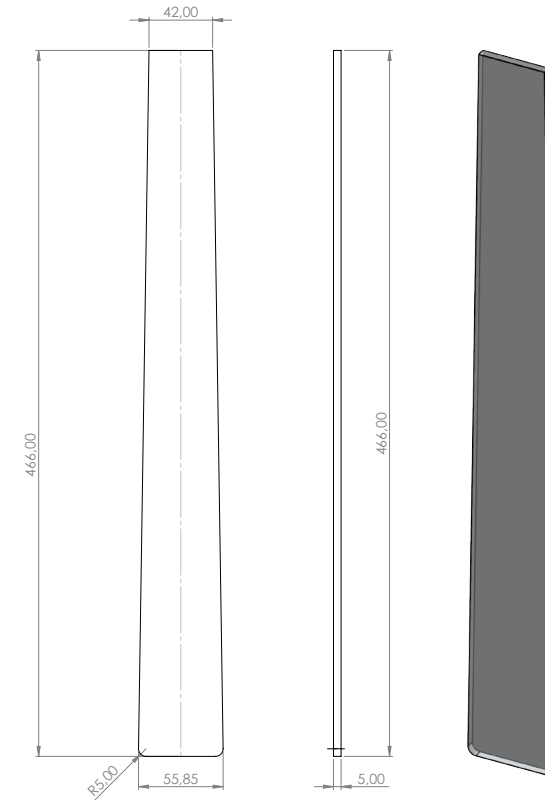


Fig. 45 - Desenho técnico e modelo 3D - Fretboard de vidro para maquete.

As peças foram pensadas e desenhadas com o intuito de conseguir adaptar estes novos braços de guitarra a corpos já pré-existent, possibilitando a personalização e customização do instrumento de acordo a vontade de cada músico.

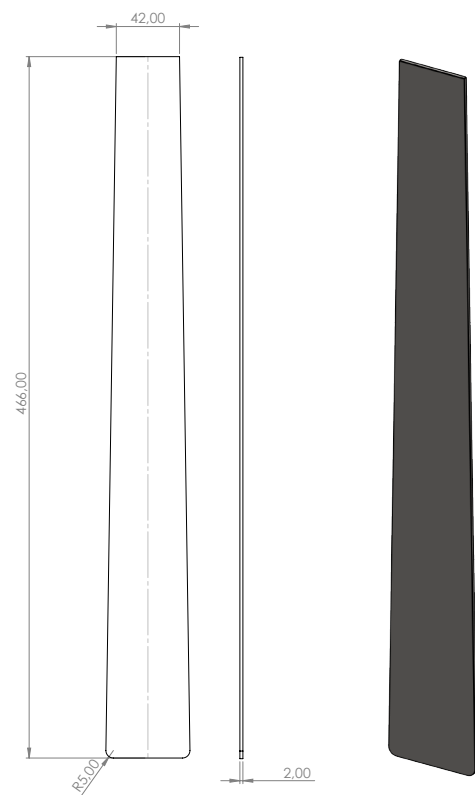


Fig. 46 - Desenho técnico e modelo 3D - *Fretboard* de aço para maquete.



Fig. 47 - Renderização de modelo 3D - *Fretboard* de vidro para maquete (1).



Fig. 48 - Renderização de modelo 3D - *Fretboard* de aço para maquete (2).

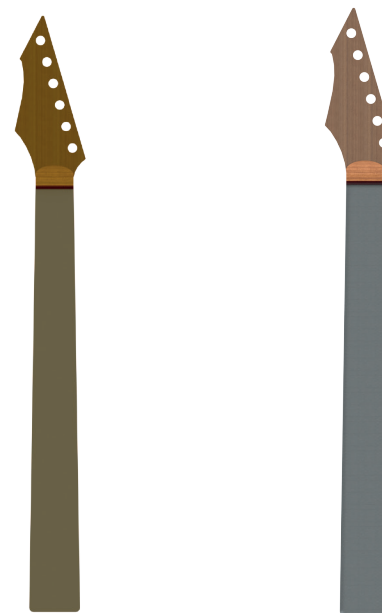


Fig. 49 - Renderização de modelos 3D - Maquetes Braço Vidro e Braço Aço.



Fig. 50 - Renderização de modelo 3D - Maquete Braço Vidro.



Fig. 51 - Renderização de modelo 3D - Maquete Braço Aço.

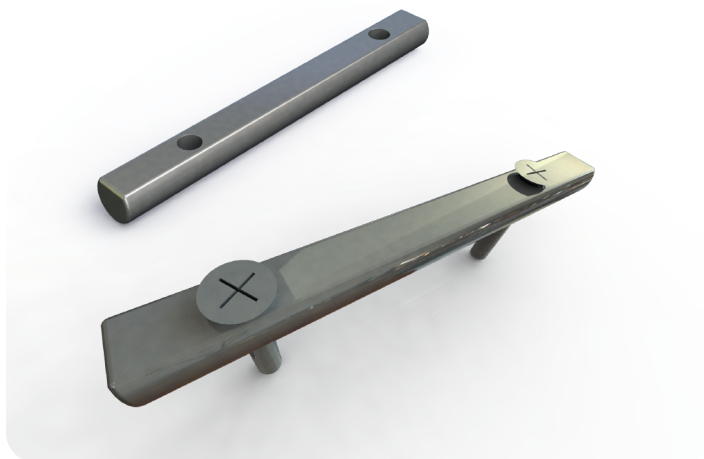


Fig. 52 - Renderização de modelo 3D - *String tree* maquetes (1).

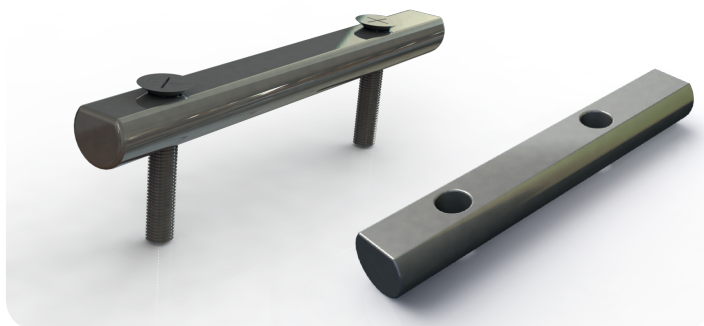


Fig. 53 - Renderização de modelo 3D- *String tree* maquetes (2).



Fig. 54 - Renderização de modelo 3D - *String tree* maquetes (3).



Fig. 55 - Renderização de modelo 3D - Montagem teste da maquete de Braço Aço.

MAQUETIZAÇÃO

A maquetização enquadra-se nesta investigação como meio de exploração dos materiais e dos processos de produção. Tem como principal objetivo perceber como os podemos aplicar na produção dos protótipos de braços de guitarra elétrica (Braço Aço e Braço Vidro).

Foi também uma boa oportunidade para o reaproveitamento de materiais como pedaços de madeira de pinho, madeira de casquinha, contraplacados, chapa de aço e pedaços de vidro plano.

Começamos então por desenhar e cortar alguns moldes para ajudar na produção das peças. Os primeiros moldes foram feitos segundo tecnologias de corte e acabamento manual. Para estes, foram reaproveitados pedaços de madeira de casquinha e contraplacado de madeira.



Fig. 56 - Moldes de braços de guitarra - Processos de produção manuais.

Apareceu ainda a oportunidade de produzir os segundos moldes com tecnologia de corte a laser, permitindo um maior controlo da forma, dimensões e melhor acabamento. Para isso foram reaproveitados restos de contraplacado de madeira.



Fig. 57 - Moldes de braços de guitarra - Processo de corte laser.

Passamos de seguida pelo processo de produção das maquetes, onde as peças de vidro plano foram cortadas e acabadas manualmente, a chapa de aço cortada numa guilhotina de chapas e acabada com lixadora e as madeiras trabalhadas segundo técnicas manuais como o corte, o entalhe com formão, a furação, a colagem, a lixagem e o acabamento.



Fig. 58 - Processos de produção de maquetes - Corte do *headstock* e corpo do braço.



Fig. 59 - Processos de produção de maquetes - Rebaixo e entalhe do *headstock*.

Proseguimos então para o processo de colagem entre materiais diferentes (madeira-vidro) e (madeira-aço).

Começamos por utilizar resina *epoxy* para a colagem entre materiais. Aí verificamos que a colagem não era suficientemente forte, flexível e duradoura. Como o objetivo era produzir peças duradouras e viáveis, que aguentassem com a tensão das cordas e flexão do braço, houve a necessidade de fazer testes com diferentes colas. Verificamos que o melhor comportamento foi com a cola polimérica UHU MAX REPAIR POWER (transparente), onde foram obtidos resultados que beneficiavam aspetos como o poder de colagem, a flexibilidade e a durabilidade. Para representar o comportamento das colas testadas foi elaborada a seguinte tabela e gráfico de comportamento das mesmas (Fig. 103 e Fig. 104).

Parâmetros Colas	Aderência	Flexibilidade	Resistência	Cor	Preço
Epoxy	Mau	Mau	Muito Bom	Incolor	Razoável
Cola UV	Bom	Razoável	Muito Bom	Incolor	Caro
Cola UHU Polymer	Muito Bom	Muito Bom	Muito Bom	Incolor	Bom
Cola de madeira	Mau	Mau	Mau	Incolor	Bom
Cola de contacto	Mau	Mau	Mau	Corada	Bom

Fig. 60 - Tabela - Teste de colagem entre diferentes materiais (Madeira-Vidro e Madeira-Aço).

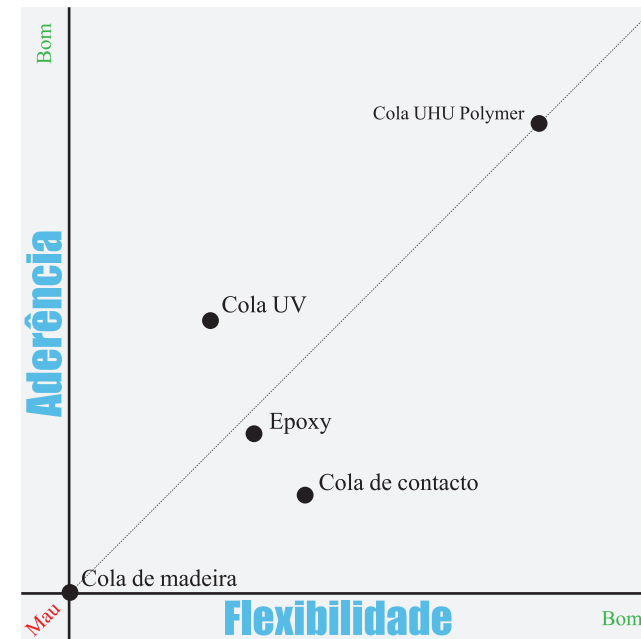


Fig. 61- Gráfico - Teste de colagem entre diferentes materiais (Madeira-Vidro e Madeira-Aço).

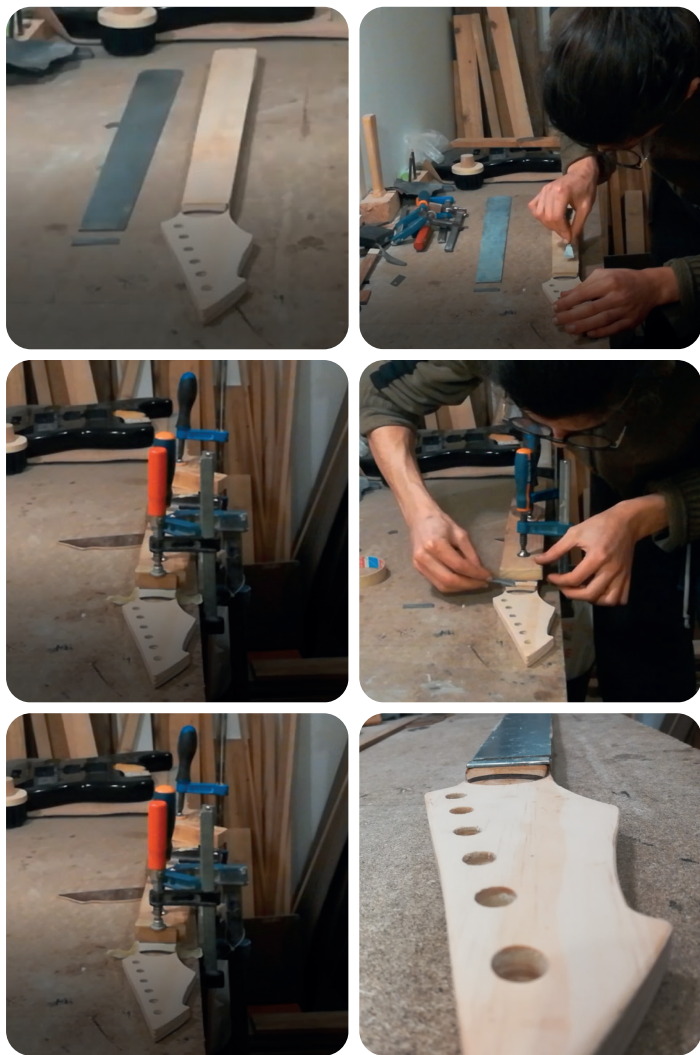


Fig. 62- Processos de produção de maquetes - Colagem de *fretboards* e pestanas (1).



Fig. 63- Processos de produção de maquetes - Colagem de *fretboards* e pestanas (2).



Fig. 64 - Processos de produção de maquetes - Lixagem, acabamento e montagem de afinadores e *string trees*.



Fig. 65 - Montagem de afinadores, pestana e *string trees* nos braços (1).



Fig. 66 - Montagem de afinadores, pestana e *string trees* nos braços (2).



Fig. 67 - Montagem teste - Maquete Vidro (1).



Fig. 69 - Montagem teste - Maquete Aço (1).



Fig. 68 - Montagem teste - Maquete Vidro (2).



Fig. 70 - Montagem teste - Maquete Aço (2).



Fig. 71 - Montagem de guitarra com Maquete Braço Vidro.



Fig. 72 - Montagem de guitarra com Maquete Braço Aço.

Perante estas maquetes, verificamos que além da escolha de uma cola adequada, seria ainda necessário a utilização de um *truss rod*, uma haste de aço que fica embutida no braço da guitarra e permite o ajuste da flexão para a frente e para trás, contrariando a tensão exercida pelas cordas.

Percebemos também que para o próximo passo, a produção de protótipos, seria necessário a utilização de madeiras mais duras e com melhor comportamento sonoro. Para isso escolhemos os pedaços de madeira de Curupixá.

Podemos concluir que a falta de um *truss rod* e a utilização de madeira de pinho para a produção das maquetes, resultou em comportamentos não adequados para este tipo de instrumento musical. As montagens resultaram em instrumentos que não mantinham a afinação por muito tempo, verificando-se também uma tendência dos braços fletirem para a frente, prejudicando o comportamento sonoro e estrutural do instrumento.

PROCESSOS DE CONCEPÇÃO E PRODUÇÃO DE PROTÓTIPOS

Para a produção de protótipos foi necessário atualizar os desenhos, de modo a adicionar *truss rods* aos braços de guitarra, procurando conferir mais estrutura ao corpo do braço. Este elemento iria trazer benefícios sonoros e gestuais ao produto, permitindo não só o ajuste de flexão dos braços, como a altura das cordas. A utilização deste elemento é também interessante no ponto em que torna possível fazer uma melhor manutenção do braço, procurando prolongar o tempo de vida útil do produto.

Com o objetivo de explorar mais a forma destes objetos, foram também desenvolvidos novos desenhos e imagens 3D de braços de guitarra com novos *headstocks*.

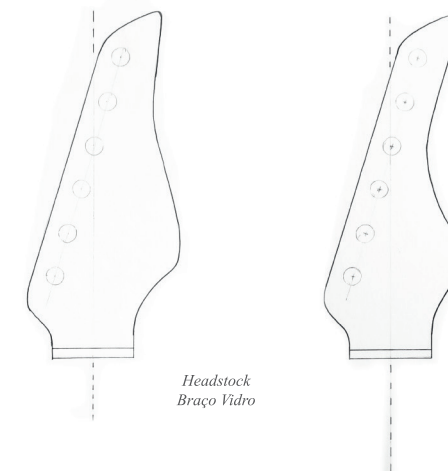


Fig. 73 - Desenhos de novos *headstocks* para protótipos.

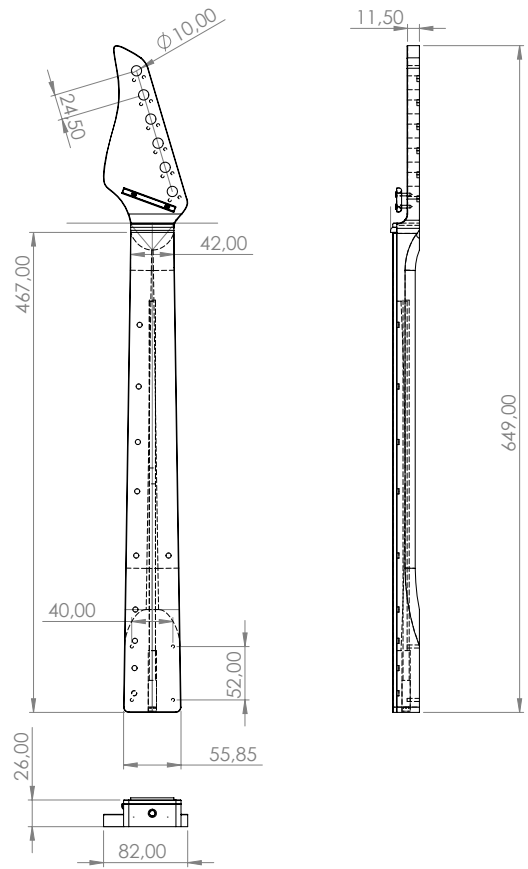


Fig. 74 - Desenho técnico - Protótipo “Braço Vidro”.

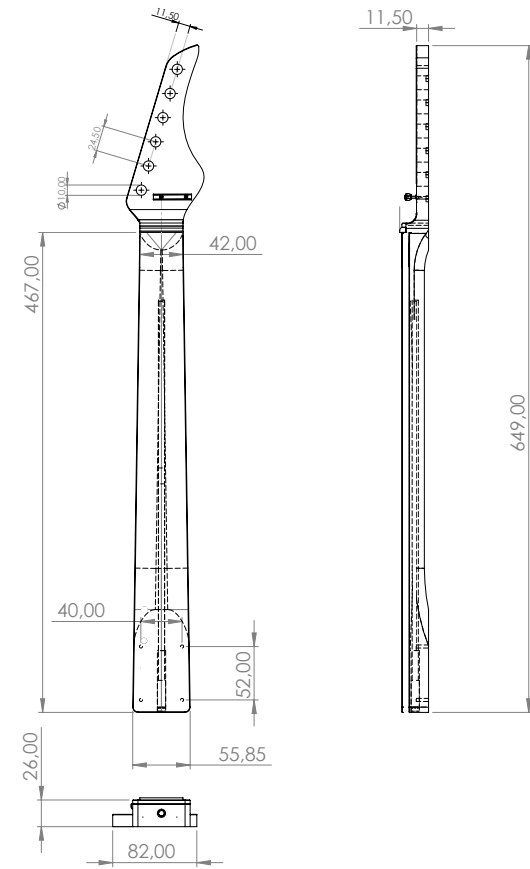


Fig. 75 - Desenho técnico - Protótipo “Braço Aço”.

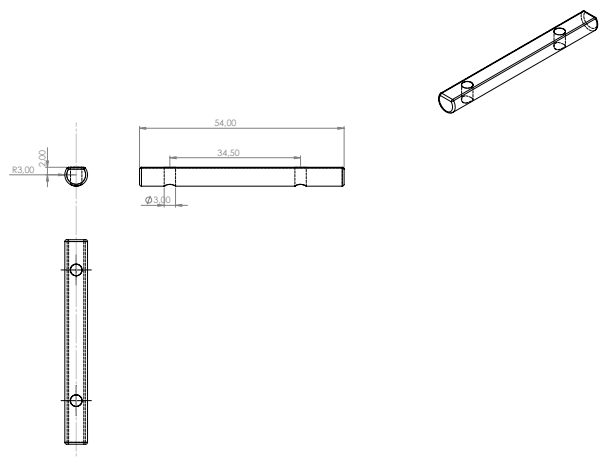


Fig. 76 - Desenho técnico - *String tree* para Braço Vidro.

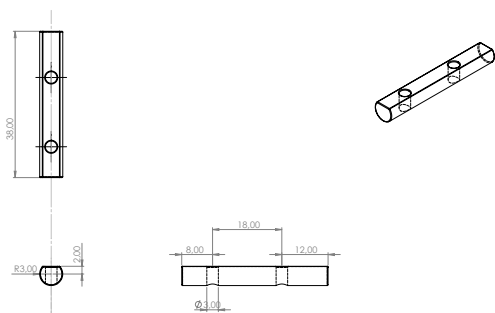


Fig. 77 - Desenho técnico - *String tree* para Braço Aço.



Fig. 78 - Renderização de modelos 3D dos protótipos - “Braço Vidro e Braço Aço” (1).



Fig. 79 - Renderização de modelos 3D dos protótipos - “Braço Vidro e Braço Aço” (2).



Fig. 80 - Renderização de modelos 3D dos protótipos - “Braço Vidro e Braço Aço” (3).



Fig. 81 - Renderização de modelos 3D dos protótipos - “Braço Vidro e Braço Aço” (4).



Fig. 82 - Renderização de modelos 3D dos protótipos - “Braço Vidro e Braço Aço” (5).



Fig. 84 - Renderização de modelos 3D dos protótipos - “Braço Vidro e Braço Aço” (7).



Fig. 83 - Renderização de modelos 3D dos protótipos - “Braço Vidro e Braço Aço” (6).

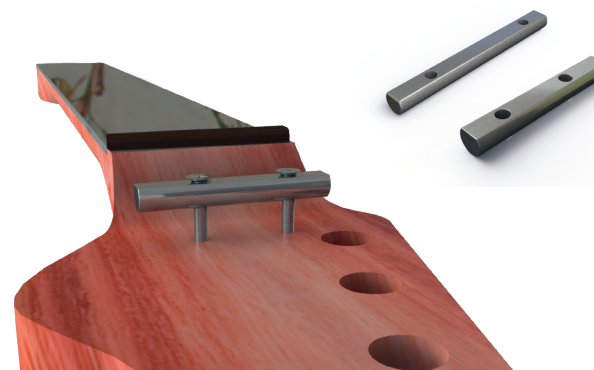


Fig. 85 - Renderização de modelos 3D - *String trees*.



Fig. 86 - Renderização de modelos 3D - *Truss Rod* de Compressão.



Fig.87 - Renderização de modelos 3D - *Truss Rod* de 1 sentido.

Para produção dos protótipos escolhemos os seguintes materiais a reaproveitar e utilizar:

- **Madeira de Curupixá** (madeira dura): para o corpo dos braços;
- **Vidro plano**: para a escala do “Braço Vidro”;
- **Chapa de aço**: para a escala do “Braço Aço”;
- **Madeira de Freixo** e folha de **madeira de Faia**: para os entalhes do *truss rod*;
- Cavilhas de **madeira de Faia**: para marcações da escala;
- **Madeira de Pau Ferro** (madeira dura): para as pestanas;
- **Varão, chapa e fêmeas e parafusos de aço**: para os *truss rods* e *string trees*;

Iniciamos assim os processos de produção dos protótipos de braços de guitarra com as peças de madeira, começamos pela marcação da madeira de Curupixá segundo os moldes e o desenhos definidos.



Fig. 88 - Madeira de Curupixá utilizada para a produção dos protótipos de braços de guitarra.

De seguida as peças de madeira de Curupixá passaram pelos processos de corte e entalhe (para os *truss rods*) com a tupa, corte com serra manual e lixagem manual, conferindo a forma de modo que as peças encaixassem com um corpo da guitarra.



Fig. 89 - Processos de produção dos protótipos: corte da forma do braço e entalhe para *truss rod*.



Fig. 90 - Processos de produção dos protótipos: teste de encaixe com corpo de guitarra.

Posteriormente foram feitos os cortes das formas das cabeças dos braços de guitarra e coladas as peças de fixação para as pestanas do instrumento (feitas com madeira de Pau Ferro reaproveitada). Foram ainda realizadas furações para os carrilhões de afinação e o desbaste manual da parte traseira dos braços forma de “C”, procurando conferir uma forma ergonômica que seja confortável para a mão do músico.



Fig. 91 - Processos de produção dos protótipos: corte e furação da forma das cabeças dos braços e desbaste da parte traseira em forma de “C”.

As peças dos corpos dos braços passaram também pelo processo de lixagem manual, de modo a deixar a superfície macia e confortável para a mão. Para tal foram utilizadas folhas de lixa com vários grãos (G80, G120, G240 e G320).



Fig. 92 - Processos de produção dos protótipos: lixagem e pré-acabamento das peças de madeira.

De seguida foram produzidos os *truss rods* (hastes de ajuste) para os braços de guitarra. Para tal foram utilizados pedaços de chapa de aço reaproveitada, varão roscado M6 e fêmeas M6.

A chapa de aço foi cortada com guilhotina e o varão maquinado no torno numa das pontas, de maneira a esta ficar arredondada.

As peças foram ainda soldadas a MIG e acabadas com grossa e lixa manual.



Fig. 93 - Ferramentas utilizadas para a produção de *truss rods*.



Fig. 94 - Processos de produção de *truss rods*.



Fig. 95 - *Truss rod* (haste de ajuste).

De seguida, procedemos às furações na parte inferior dos braços e ajustes nos entalhes para os *truss rods*, sendo feitos testes de encaixe até acertar a dimensão.



Fig. 96 - Processos de produção dos protótipos: teste de encaixe dos *truss rods*.

Após o ajuste do encaixe dos *truss rods* foram instalados os entalhes de cobertura dos mesmos. Estes entalhes foram feitos com materiais reaproveitados, como a folha de madeira de faia e ripas de madeira de freixo. Para conferir maior resistência de colagem, estes elementos foram fixos e colados com cola *epoxy* de dois componentes.



Fig. 97 - Processos de produção dos protótipos: fixação, colagem e acabamento de entalhe central para cobertura de *truss rod*.

Após a secagem da cola utilizou-se um formão e uma plaina para desbastar o material excedente e de seguida deu-se um ligeiro acabamento à superfície frontal do braço com lâmina manual.

Depois de instalados *truss rods*, avançamos com os processos de corte das peças das escalas para os protótipos “Braço Aço” e “Braço Vidro”. As escalas foram produzidas com materiais reaproveitados, como a chapa de aço com 1,5mm de espessura e o vidro plano com 4mm de espessura.

No caso da escala de chapa de aço procedemos à marcação do material segundo o molde, e para o corte reto utilizamos a guilhotina de chapa. Para arredondar (bolear) as pontas utilizamos grosas e lixa manual.

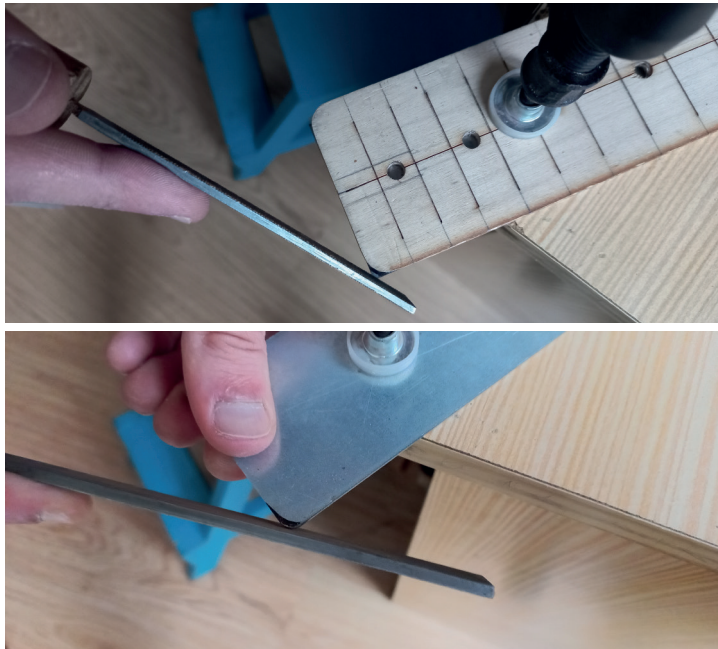


Fig. 98 - Processos de produção dos protótipos: processos de produção da escala de chapa de aço (desbaste com grosa).

Para acabamento usamos lixas de água (processo manual) e polimos a superfície frontal com o intuito de a deixar espelhada e macia ao toque.

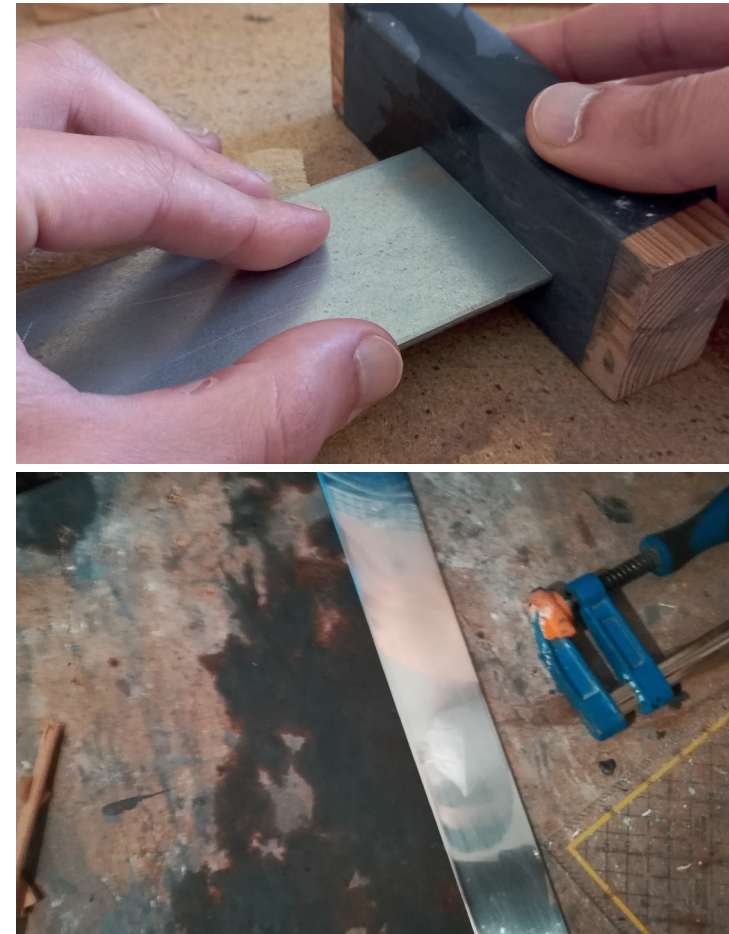


Fig. 99 - Processos de produção dos protótipos: processos de produção da escala de chapa de aço (lixagem e polimento manual).

Após observar a superfície do aço a começar a ficar espelhada, decidiu-se adotar a escala espelhada como elemento estético do protótipo “Braço Aço”. Optou-se então por fazer ainda um polimento no esmeril com boina de polimento e massa de polir fina, de modo a obter melhores resultados na superfície espelhada.



Fig. 100 - Processos de produção dos protótipos: processos de produção da escala de chapa de aço (polimento).



Fig. 101 - Processos de produção dos protótipos: resultado do polimento da escala de chapa de aço.

Seguidamente avançamos com o processo de produção da escala feita com vidro plano.

Para produzir esta peça reutilizamos um pequeno painel de vidro plano com 4mm de espessura. O mesmo passou por processos de corte e acabamento.

Para o corte foi utilizada uma ferramenta de diamante e para o acabamento das peças, foram utilizadas diversas lixas de água com lixagem à máquina e manual.



Fig. 102 - Processos de produção dos protótipos: processos de produção da escala de vidro plano (corte manual).

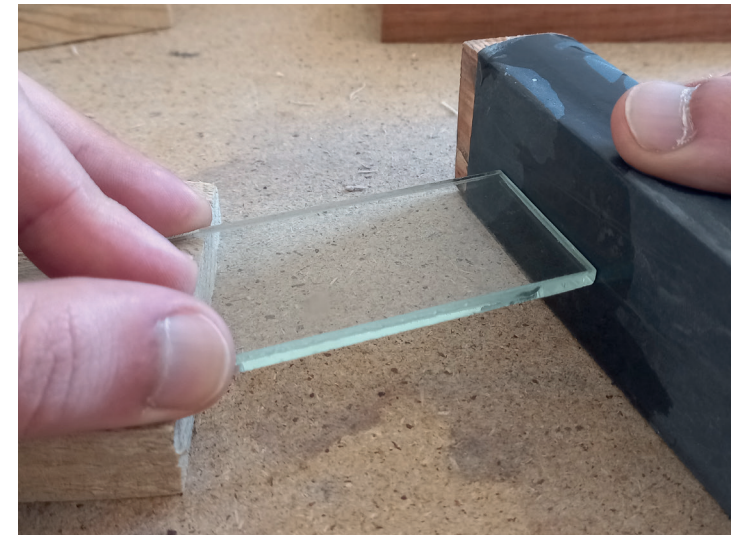


Fig. 103 - Processos de produção dos protótipos: processos de produção da escala de vidro plano (acabamento com manual com lixa de água).

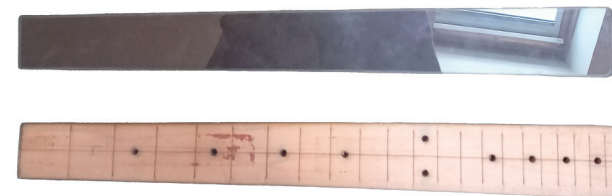


Fig. 104 - Processos de produção dos protótipos: resultado do corte e acabamento da escala de vidro plano.

Seguidamente procedeu-se ao processo de colagem entre as peças do corpo do braço de guitarra (madeira) e as peças da escala (aço e vidro plano).

Em primeiro lugar limpamos as peças de maneira a não permanecerem resíduos de pó e em seguida avançamos para a colagem entre as peças. Para tal utilizamos a cola polimérica UHU MAX REPAIR POWER (transparente) e fixamos as peças com grampos de aperto. Procedemos do mesmo modo para ambos os protótipos.

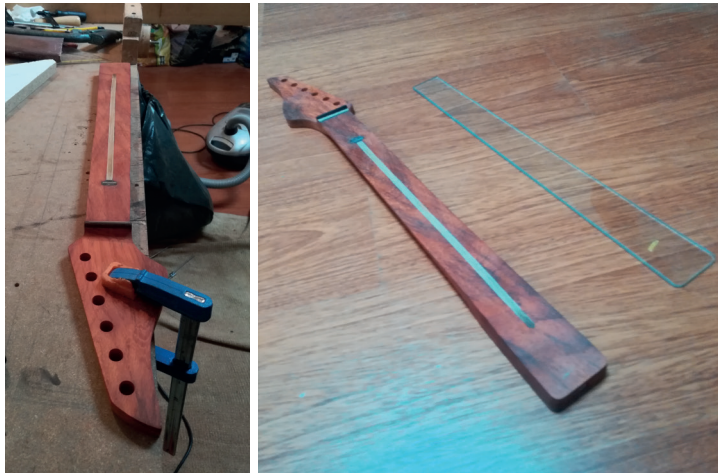


Fig. 105 - Processos de produção dos protótipos: limpeza de pós antes da colagem das escalas aos corpos do braço da guitarra.



Fig. 106 - Processos de produção dos protótipos: colagem das escalas ao corpo do braço da guitarra (1).



Fig. 107 - Processos de produção dos protótipos: colagem das escalas ao corpo do braço da guitarra (2).



Fig. 108 - Resultado da colagem da escala de vidro.



Fig. 109 - Resultado da colagem das escala de aço.

No caso do “Braço Vidro”, após um acidente de percurso onde a escala se partiu, houve a necessidade de refazer uma nova escala em vidro plano, assim como a colagem da mesma. Este acidente abriu a oportunidade de fazer entalhes com a marcação da escala do instrumento. Estes entalhes foram feitos com cavilhas de madeira de Faia reaproveitadas, segundo técnicas de furação e entalhe, sendo utilizada cola epoxy de 2 componentes para a fixação dos mesmos.



Fig. 110 - Experiência de entalhe de cavilha de madeira de Faia em madeira de Curupixá.

Após a secagem da cola dos entalhes passamos ao alisamento e acabamento da superfície frontal do corpo do braço de forma a repetir a colagem da escala em vidro.



Fig. 111 - Processos de produção dos protótipos: entalhes em madeira de Faia para marcação da escala do braço de guitarra.

Repetiu-se então a colagem da escala de vidro com cola polimérica UHU MAX REPAIR POWER (transparente) e fixamos as peças com grampos.



Fig. 112 - Processos de produção dos protótipos: nova colagem da escala de vidro no braço de guitarra.

Após a secagem da cola dos protótipos foram retirados os excessos deste material com uma pequena lâmina e dados acabamentos com folha de lixa.

De seguida foram colocadas as pestanas nas ranhuras e foi feito um tratamento das superfícies de madeira com uma mistura de óleo mineral e cera de abelha com o intuito de proteger e conferir algum brilho às peças.



Fig. 113 - Processos de produção dos protótipos: tratamento das madeiras com mistura de óleo mineral com cera de abelha (1).



Fig. 114 - Processos de produção dos protótipos: tratamento das madeiras com mistura de óleo mineral com cera de abelha (2).

Após a secagem do acabamento, passou-se um pano macio por toda a superfície das peças e montaram-se as *string trees*.



Fig. 115 - Processos de produção dos protótipos: montagem de *string trees* nos protótipos “Braço Aço” e “Braço Vidro”.



Fig. 116 - Processos de produção dos protótipos: protótipos “Braço Aço” e “Braço Vidro” (1).



Fig. 117 - Processos de produção dos protótipos: protótipos “Braço Aço” e “Braço Vidro” (2).

Depois dos protótipos estarem finalizados, montamos uma guitarra com as várias peças produzidas neste trabalho, de modo a testar as suas qualidades sonoras e gestualidades associadas.



Fig. 118 - Montagem teste de guitarra com protótipo “Braço Aço”.



Fig. 119 - Montagem teste de guitarra com protótipo “Braço Vidro”.

ENSAIO SONORO COM PROTÓTIPOS

Assim passamos aos ensaios sonoros com os protótipos desenvolvidos, para tal foi necessário montar e intonar uma guitarra com cada um dos protótipos.

Com estes ensaios será possível avaliar as qualidades subjetivas dos sons produzidos como o timbre e também analisar qualidades objetivas como a intensidade e frequência do som. Serão também avaliadas as gestualidades despertadas por estes instrumentos, de modo a perceber quais as principais diferenças entre os protótipos desenvolvidos “Braço Aço” e “Braço Vidro”. Pretende-se também perceber o que distingue estes protótipos, dos braços de guitarra ditos convencionais.

Para os ensaios sonoros foi utilizada a seguinte afinação de cordas: - “E(Mi); A(Lá); D(Ré); G(Sol); B(Si); E(Mi)” ;

Nestes ensaios sonoros com os protótipos contamos com ajuda e participação do músico e guitarrista, Gonçalo Ferreira, membro da banda portuguesa “TRAVO”. A colaboração do Gonçalo Ferreira nestes ensaios permitiu o teste de utilização dos protótipos por parte de um músico profissional e perceber qual a sua opinião sobre os mesmos. Com esta colaboração com um músico profissional garantimos a gravação e registo dos ensaios sonoros, assim como a ajuda para classificar mais facilmente as qualidades subjetivas dos sons gerados e avaliar as gestualidades mais notórias de cada protótipo. Nestes ensaios foi utilizado um interface de áudio e o programa Logic Pro (Channel EQ) para a captação e gravação dos sons produzidos sem efeitos sonoros acrescentados. Para efeito de controlo foram utilizadas cordas com o mesmo calibre nos dois protótipos e as guitarras foram tocadas com a mesma força, utilizando as mesmas técnicas, nomeadamente com toque de palheta.

Foram então gravadas as notas das cordas soltas e das suas respetivas oitavas (onde as cordas são pressionadas).

ENSAIO SONORO - PROTÓTIPO “BRAÇO AÇO”

Começamos pelos ensaios sonoros com o protótipo “Braço Aço”.



Fig. 120 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço”.

Começamos pelos gráficos dos ensaios sonoros com as notas das cordas soltas.

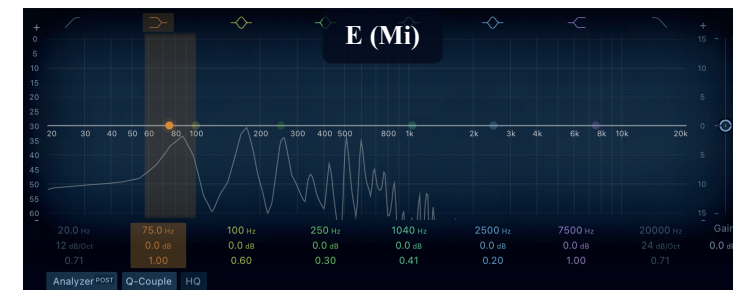


Fig. 121 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço”- (Mi grave - corda solta).

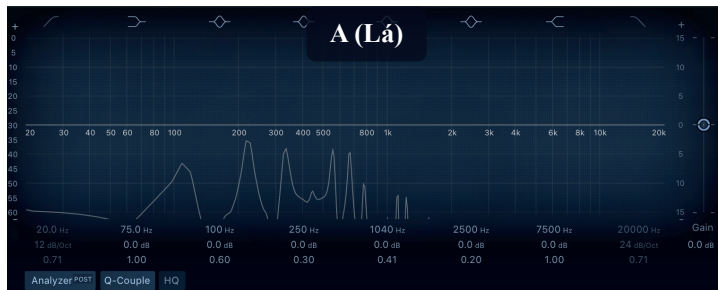


Fig. 122 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço” - (Lá - corda solta).

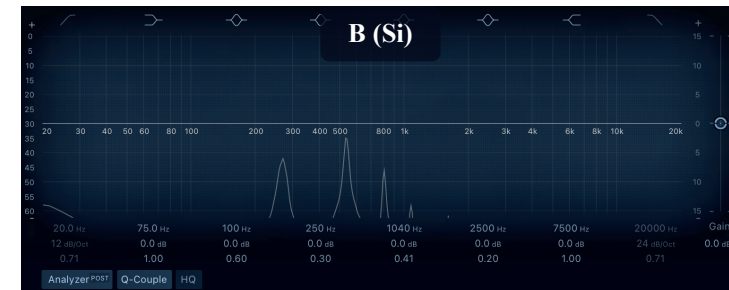


Fig. 125 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço” - (Si - corda solta).

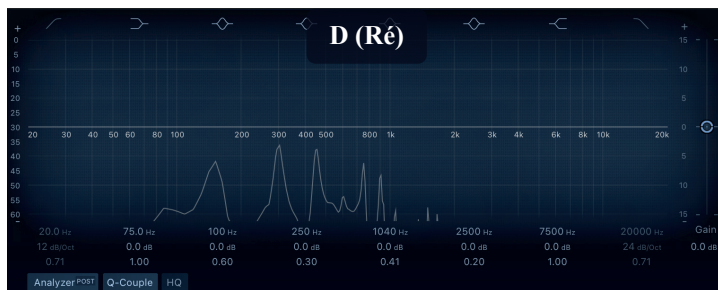


Fig. 123 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço” - (Ré - corda solta).

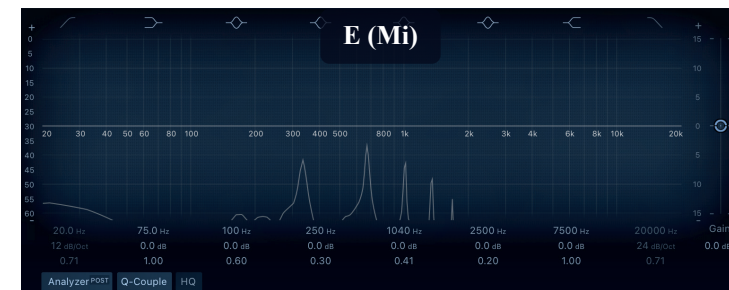


Fig. 126 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço” - (Mi agudo - corda solta).

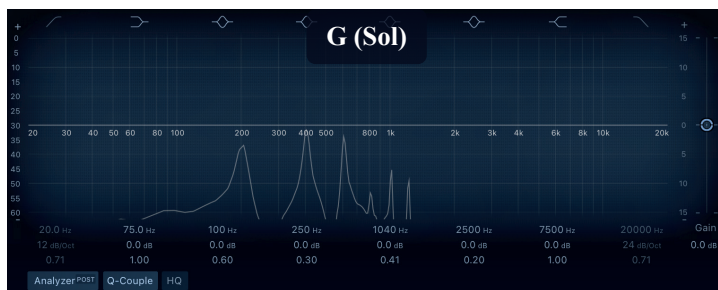


Fig. 124 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço” - (Sol - corda solta).

Com os ensaios de toque em corda solta verificamos a presença de sons intensos, um pouco frios e metálicos e bastante duradouros.

Os sons produzidos pelas cordas soltas com o “Braço Aço” apresentaram sons com qualidades bastante similares aos das guitarras convencionais.

De seguida passamos aos ensaios sonoros das oitavas das notas onde as cordas são pressionadas com o dedo contra a escala de aço.

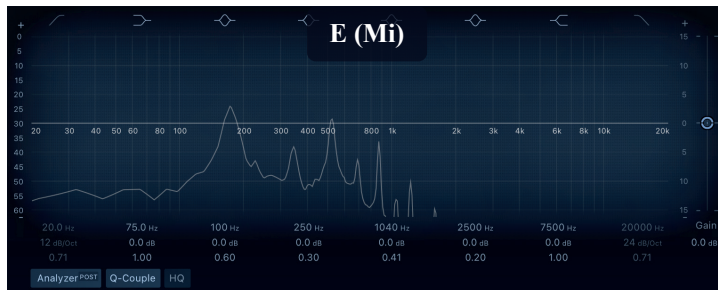


Fig. 127 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço” - (Oitava de Mi grave - corda pressionada).

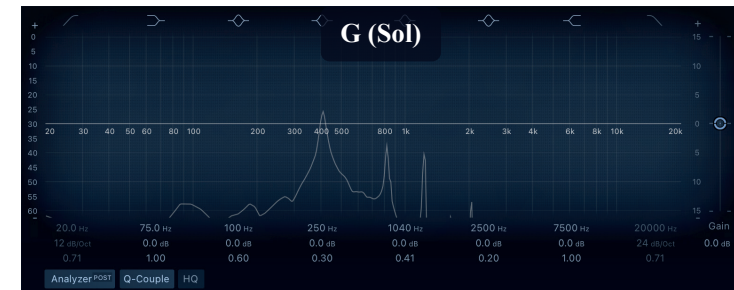


Fig. 130 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço” - (Oitava de Sol- corda pressionada).

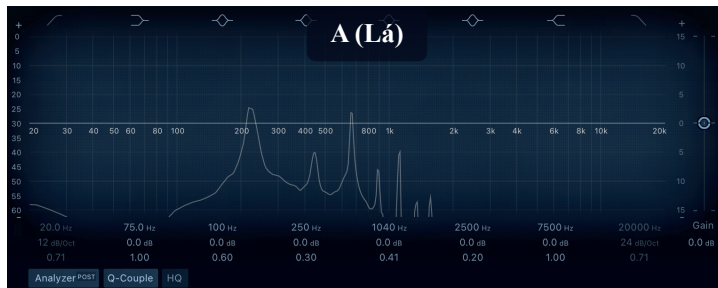


Fig. 128 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço” - (Oitava de Lá - corda pressionada).

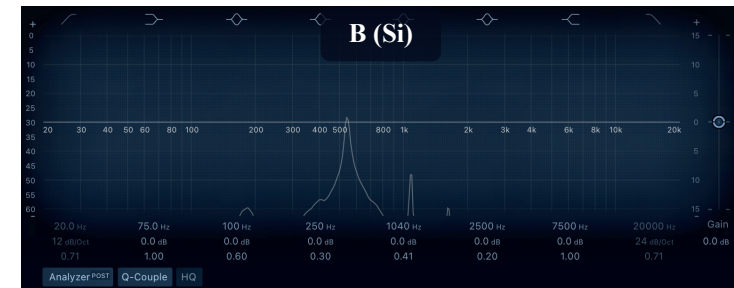


Fig. 131 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço” - (Oitava de Si - corda pressionada).

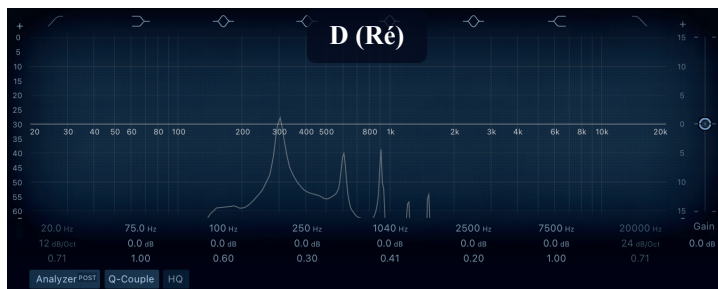


Fig. 129 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço” - (Oitava de Ré - corda pressionada).

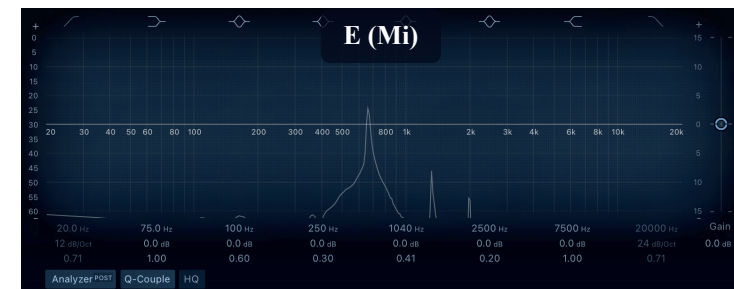


Fig. 132 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço” - (Oitava de Mi agudo - corda pressionada).

Com os ensaios de toque em corda pressionada verificamos a presença de sons intensos, um pouco frios, metálicos e razoavelmente duradouros. Pôde-se constatar que, houve uma maior presença de frequências de sons graves e médios. Os sons produzidos pelas cordas pressionadas com o “Braço Aço” apresentaram timbres mais frios, *muddy*, nasalados e metálicos, quando comparados com guitarras convencionais. Segundo Gonçalo Ferreira :

“Esta guitarra apresenta sons com timbres mais ‘redondos’, pouco nítidos, metálicos e frios.(...) O som deste braço tem um ligeiro *buzz* associado à escala do braço.”(G. Ferreira, comunicação pessoal, Julho, 2024)

ENSAIO SONORO - PROTÓTIPO “BRAÇO VIDRO”

De seguida passamos aos ensaios sonoros com o protótipo “Braço Vidro”.



Fig. 133 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro”.

Começamos por registar os gráficos dos ensaios sonoros com as notas das cordas soltas.

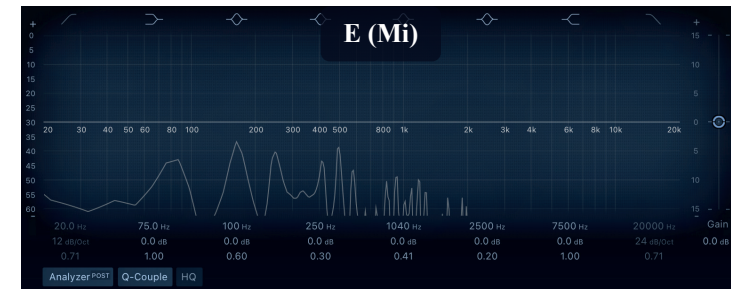


Fig. 134 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro”- (Mi grave - corda solta).

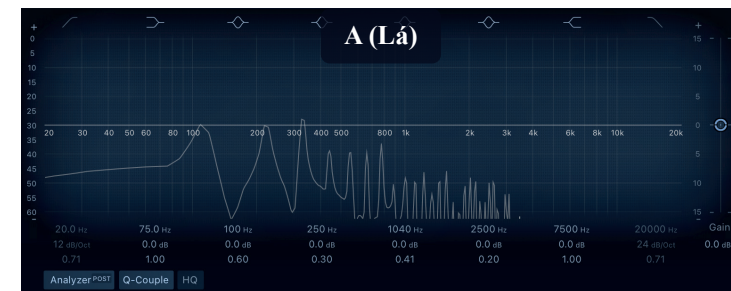


Fig. 135 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro”- (Lá - corda solta).

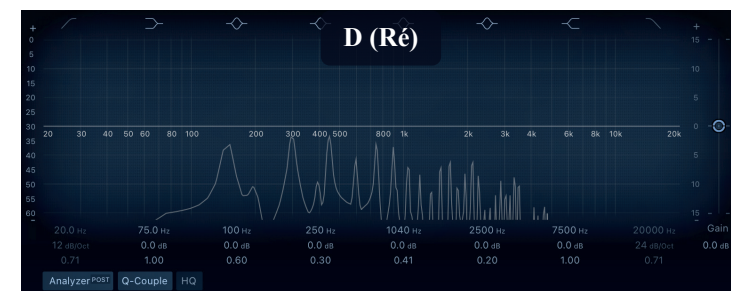


Fig. 136 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro”- (Ré - corda solta).

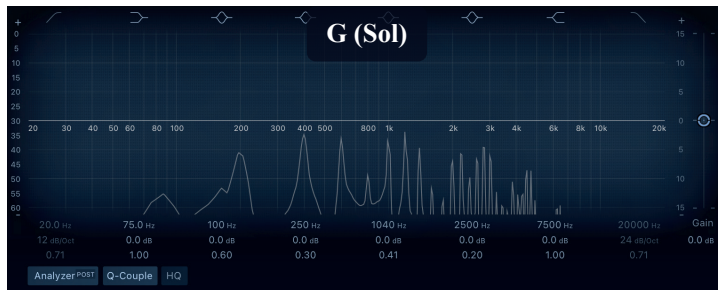


Fig. 137 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro”- (Sol - corda solta).

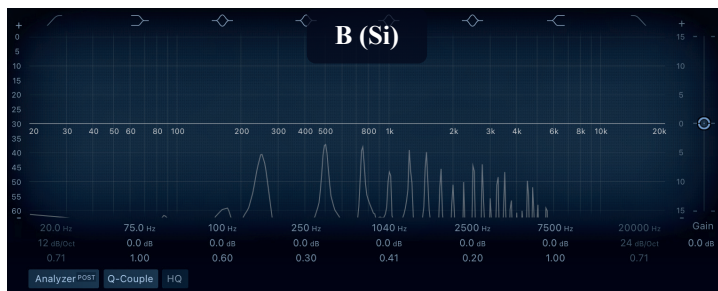


Fig. 138 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro”- (Si - corda solta).

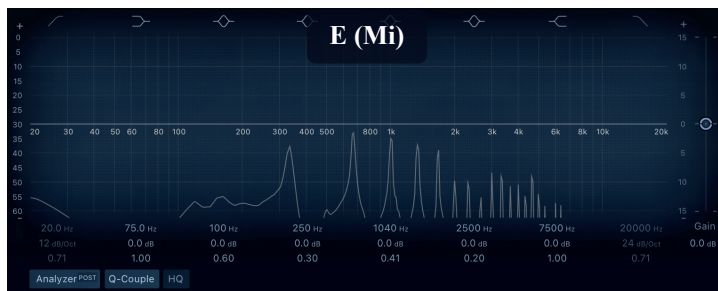


Fig. 139 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro”- (Mi agudo - corda solta).

Com os ensaios de toque em corda solta com o “Braço Vidro”, verificamos a presença de sons nítidos, intensos, quentes e bastante duradouros. Nota-se, desde já, quando comparados com os sons do “Braço Aço”, uma maior presença de resposta de frequências em todo o espectro sonoro. Os sons produzidos pelas cordas soltas com o “Braço Vidro” também apresentaram sons similares aos das guitarras convencionais.

Passamos em seguida aos ensaios sonoros das oitavas das notas onde as cordas são pressionadas com o dedo contra a escala de vidro.

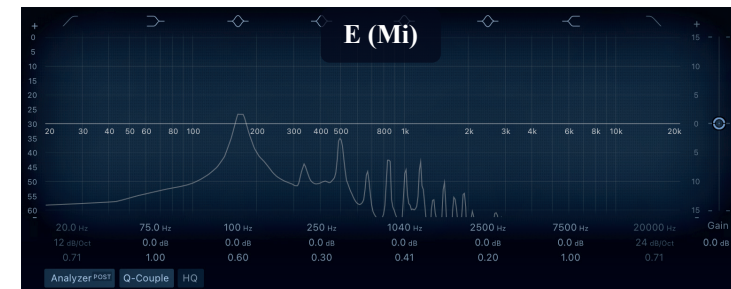


Fig. 140 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro” - (Oitava de Mi grave - corda pressionada).

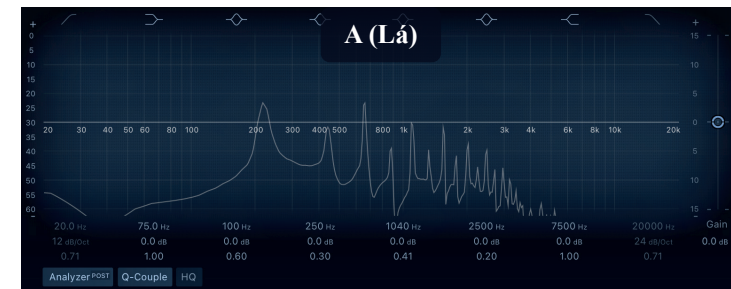


Fig. 141 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro” - (Oitava de Lá - corda pressionada).

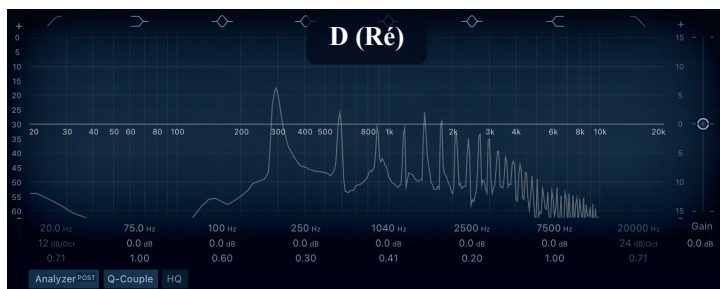


Fig. 142 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro” - (Oitava de Ré - corda pressionada).

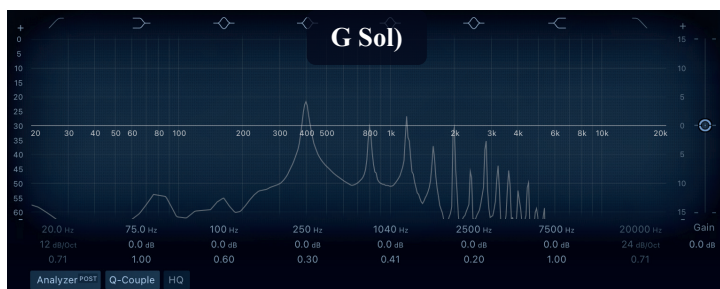


Fig. 143 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro” - (Oitava de Sol - corda pressionada).

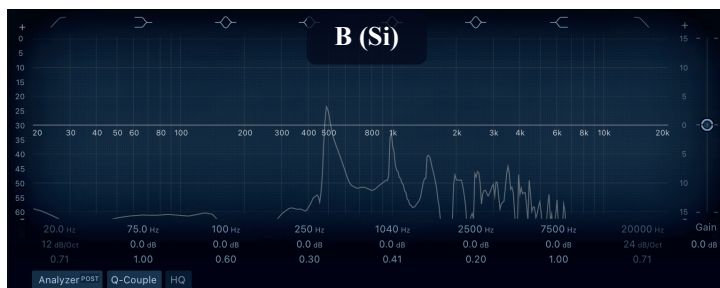


Fig. 144 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro” - (Oitava de Si - corda pressionada).

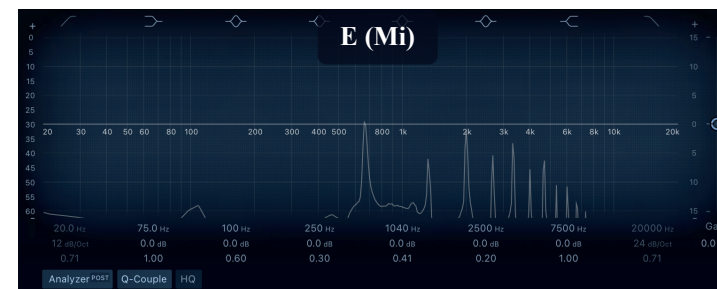


Fig. 145 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro” - (Oitava de Mi agudo - corda pressionada).

Com os ensaios de toque em corda pressionada com o “Braço Vidro” verificamos a presença de sons com timbre quente, nítidos e com boa duração, um pouco mais aproximado ao das guitarras convencionais do que o “Braço Aço”. Pôde-se também constatar que, houve uma boa presença de resposta sonora nas frequências graves, médias e agudas.

Segundo Gonçalo Ferreira:

“Este protótipo tem um timbre mais quente e nítido. O som desta guitarra é mais parecido com o som das guitarras convencionais.” (G. Ferreira, comunicação pessoal, Julho, 2024)

Foram ainda elaborados testes de exploração e utilização livre dos instrumentos, onde o músico pôde tocar e explorar livremente os sons e gestos associados aos protótipos. Para tal o músico começou por tocar sem efeitos sonoros adicionados, sendo de seguida feita também uma exploração com efeitos sonoros.

Foi ainda feita a comparação do som dos protótipos com o som de uma guitarra elétrica ‘convencional’ com trastes.



Fig. 146 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Mi grave - corda solta).

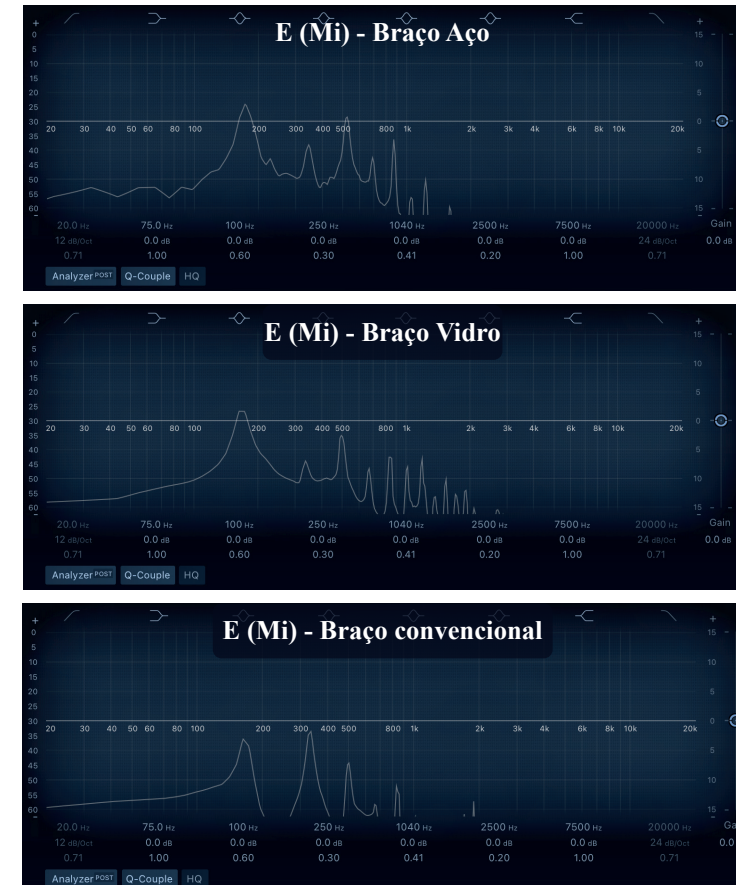


Fig. 147 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Oitava de Mi grave - corda pressionada).



Fig. 148 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Lá - corda solta).



Fig. 149 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Oitava de Lá - corda pressionada).

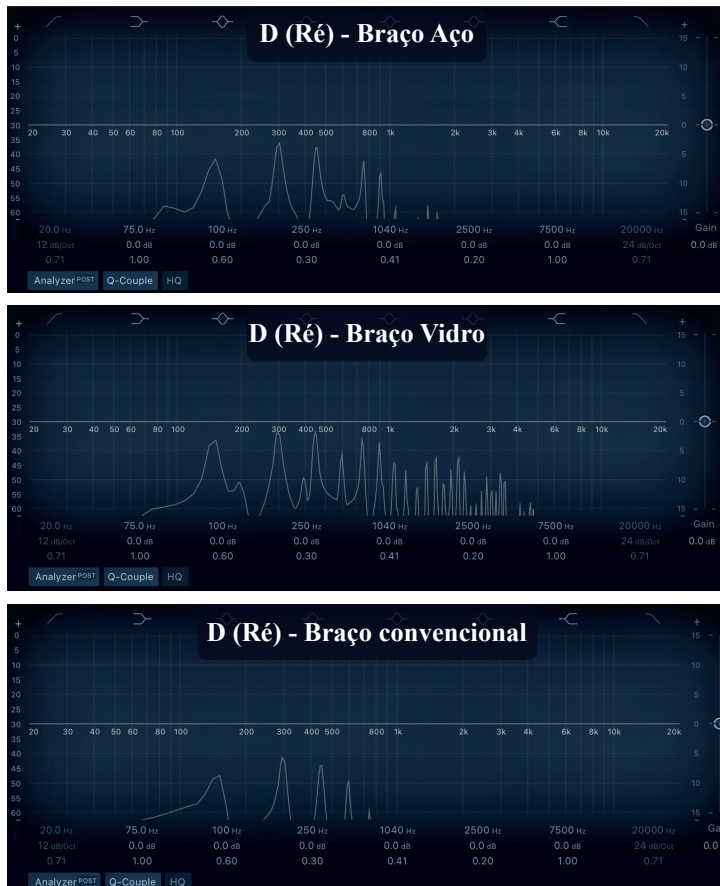


Fig. 150 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Ré - corda solta).

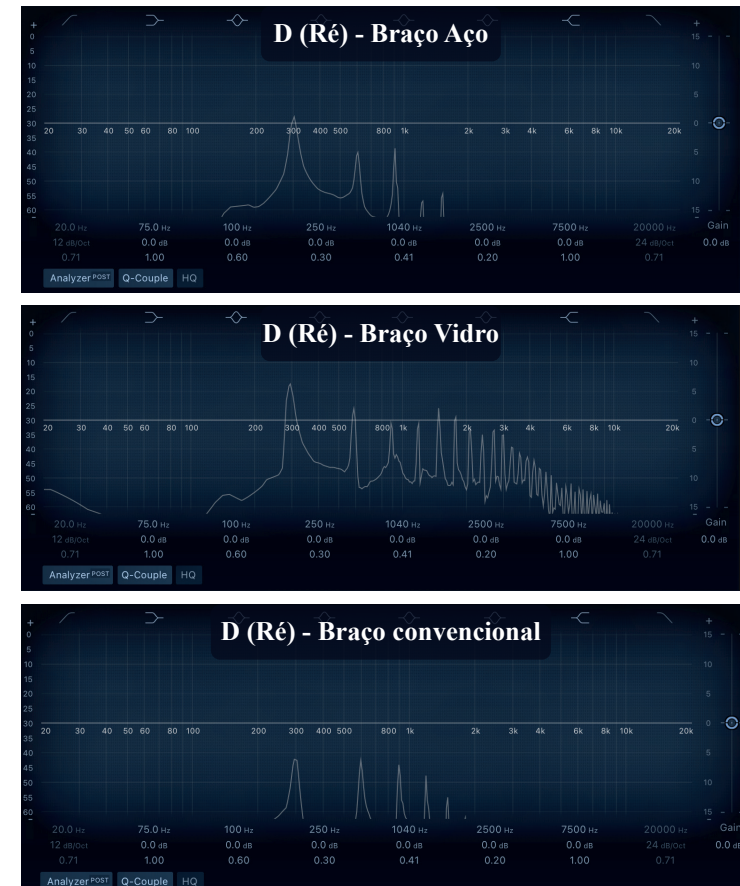


Fig. 151 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Oitava de Ré - corda pressionada).

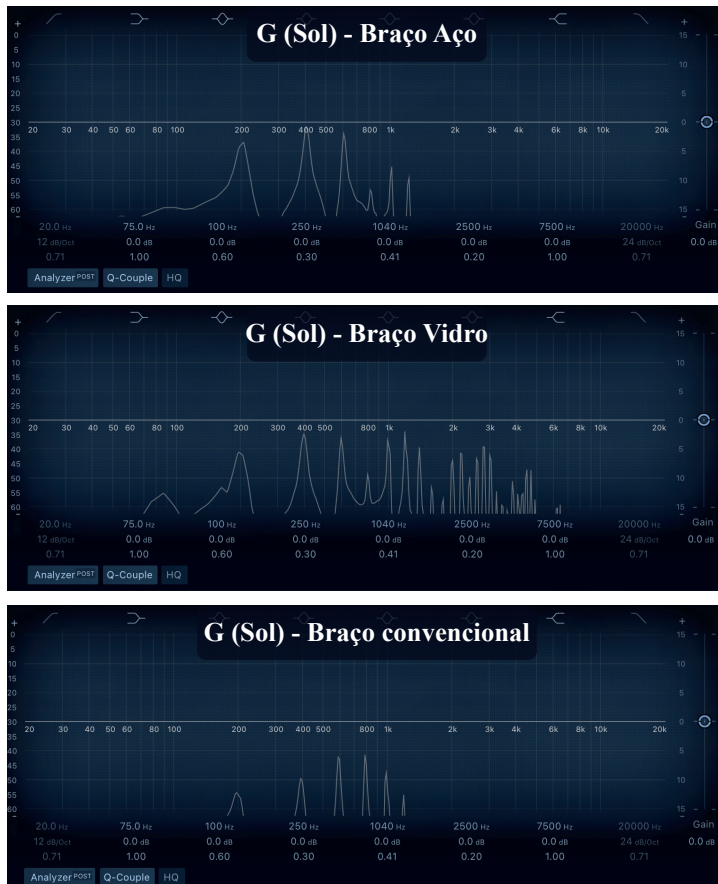


Fig. 152 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Sol - corda solta).

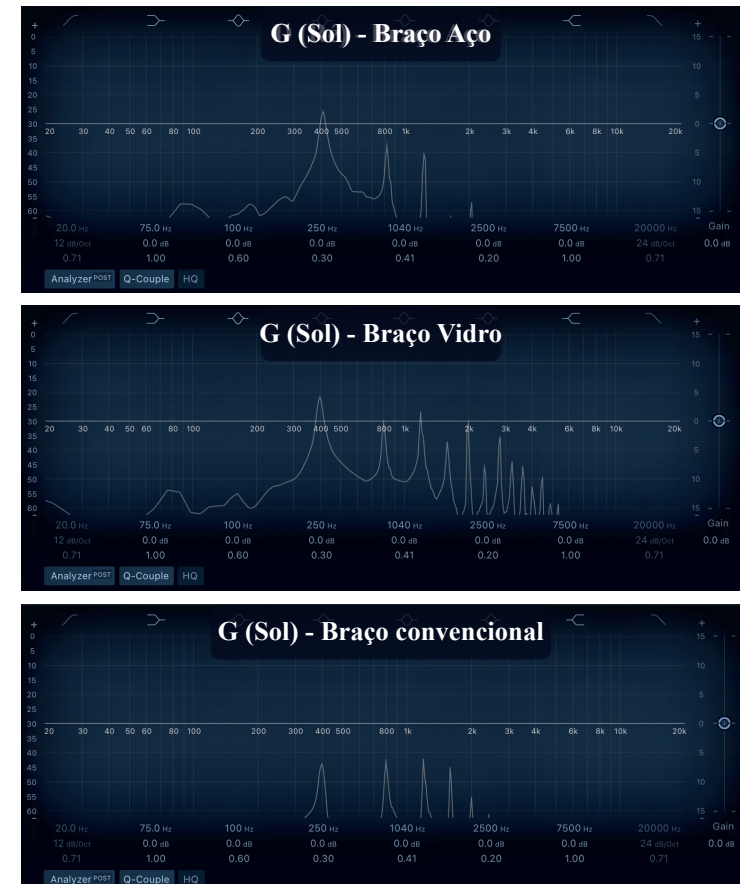


Fig. 153 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Oitava de Sol - corda pressionada).

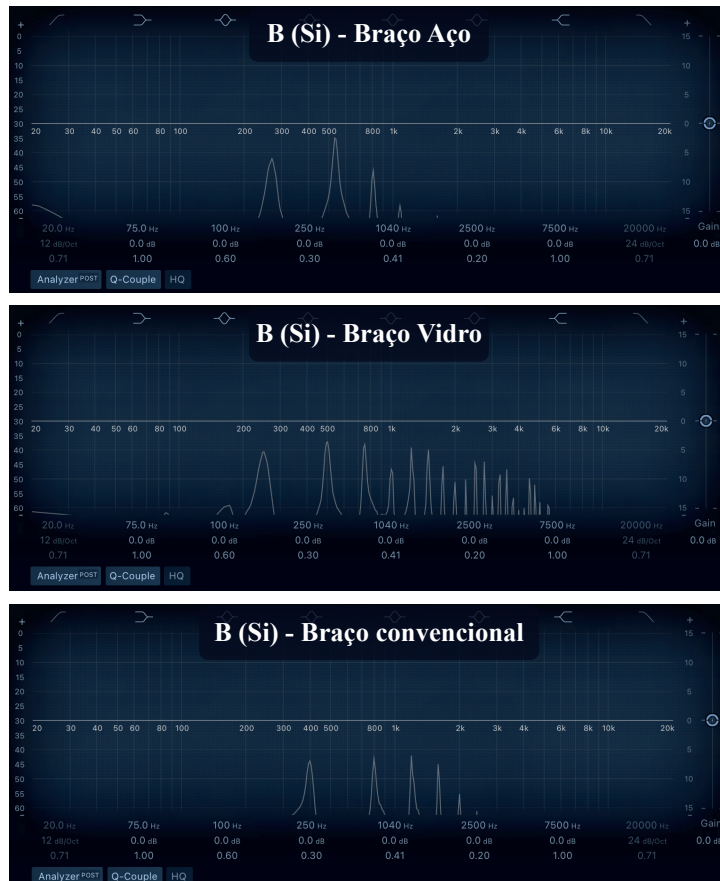


Fig. 154 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Si - corda solta).

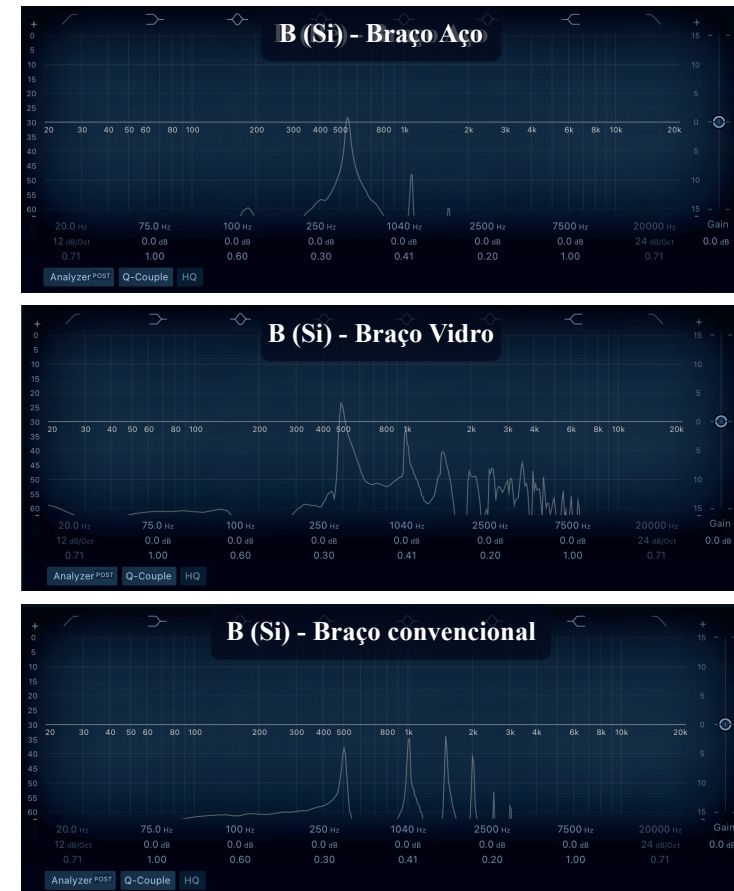


Fig. 155 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Oitava de Si - corda pressionada).

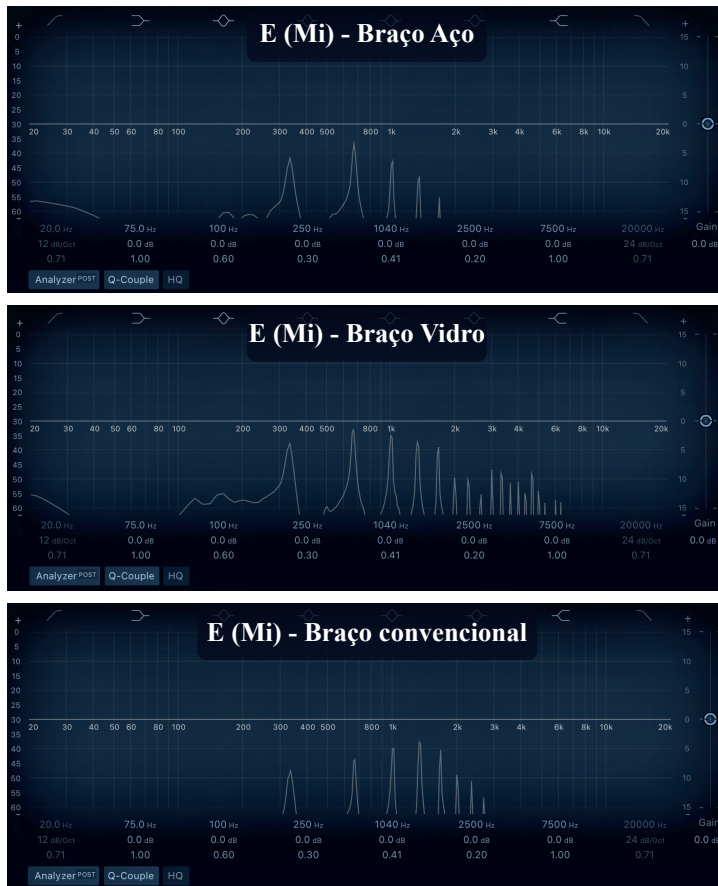


Fig. 156 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Mi agudo - corda solta).

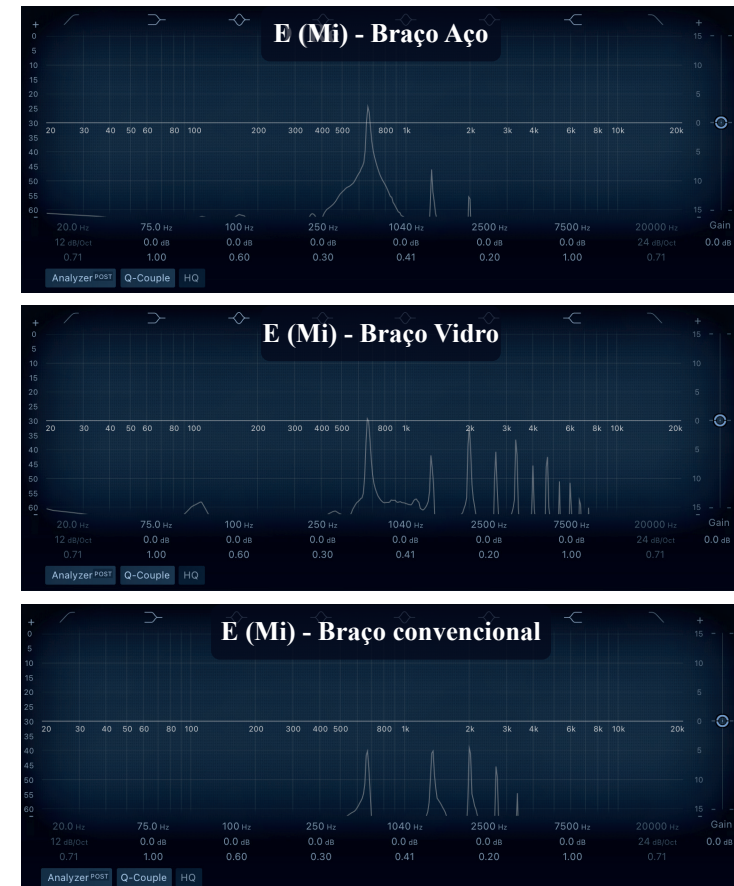


Fig. 157 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Oitava de Mi agudo - corda pressionada).

Com a ajuda deste músico conseguimos perceber que no caso do protótipo “Braço Aço” presenciamos qualidades subjetivas dos sons como timbres frios, ‘redondos’ e vibrantes. Verificamos também qualidades objetivas como uma boa intensidade sonora e sons razoavelmente duradouros, consoante a técnica utilizada.

Constatamos também maior presença sonora nas frequências médias e graves. Verificamos também que sons agudos mostravam-se menos intensos e menos duradouros quando comparados com os sons graves.

Já no caso do protótipo “Braço Vidro” foi possível presenciar sons com qualidades subjetivas como timbres quentes e vibrantes.

Enquanto que relativamente a qualidades objetivas do som podemos presenciar sons intensos e também razoavelmente duradouros. Notou-se também uma maior presença dos sons médios e graves. No caso das notas agudas notou-se a presença de sons quentes e brilhantes, mas pouco duradouros quando comparados com os sons graves e médios presentes.

Em ambos os casos, podemos presenciar e experienciar gestualidades como o *Slide*, o *Picking*, o *Sweep Picking*, o *Bending*, harmónicos e acordes de barra, técnicas muito utilizadas em instrumentos como a guitarra. “Pelo facto de a guitarra não ter as notas marcadas por trastes, o instrumento torna-se um pouco mais “difícil” de tocar.”, refere Gonçalo Ferreira. Verificou-se também que pelo facto de não ter notas marcadas por trastes tornava-se complicado de tocar acordes e praticar gestos como o *Strumming*.

Verificamos também uma maior facilidade de tocar notas nas cordas mais grossas, quando comparadas com as cordas mais finas. Isto deve-se ao facto de o dedo que segura as cordas por vezes abafar a nota, sendo necessário ajustar a posição dos dedos para conseguir alcançar algumas notas mais agudas.

Gonçalo Ferreira refere também o potencial destes protótipos para a exploração e criação musical com a guitarra, mencionando ainda a capacidade destes protótipos de proporcionar diferentes gestos e abordagens, sugerindo a utilização de efeitos sonoros para complementar o potencial criativo dos músicos.

De modo geral, podemos concluir que os protótipos “Braço Aço” e “Braço Vidro” mostraram resultados interessantes, tanto a nível das qualidades sonoras, como a nível das gestualidades a estes associadas. Foi possível verificar que os sons resultantes do “Braço Aço” apresentavam timbres mais frios, metálicos e vibrantes, enquanto que o “Braço Vidro” apresentou sons com timbres mais quentes e brilhantes.

Verificamos também que, quando comparados os sons e gestos das guitarras montadas com os protótipos, com os sons e gestos resultantes das guitarras convencionais, constatamos diferenças notórias, principalmente devido ao facto dos protótipos não terem trastes, mas também devido ao material utilizado em cada uma das escalas dos protótipos. Estas diferenças proporcionam aos músicos novas direções para explorar os sons da guitarra.

Com estes ensaios de utilização foi também possível verificar a viabilidade, resistência e durabilidade dos protótipos desenvolvidos, obtendo ótimos resultados no sentido exploratório da criação de braços de guitarra com materiais reaproveitados como as madeiras, o aço e o vidro plano.

Os protótipos já se encontram montados nas suas respetivas guitarras há cerca de dois anos, neste espaço de tempo o instrumentos tem sido mantidos com cordas, afinados e tocados com alguma regularidade, não mostrando sinais de fadiga ou fragilidade.

FOTOGRAFIAS FINAIS DOS PROTÓTIPOS

Foram ainda realizados os registos fotográficos dos protótipos “Braço Aço” e “Braço Vidro” e da sua montagem numa guitarra elétrica.

PROTÓTIPO “BRAÇO AÇO”



Fig. 158 - Fotografias finais do protótipo “Braço Aço” (1).



Fig. 159 - Fotografias finais do protótipo “Braço Aço” (2).



Fig. 160 - Fotografias finais do protótipo “Braço Aço” (3).



Fig. 161 - Fotografias finais do protótipo “Braço Aço” (4).



Fig. 162 - Fotografias finais do protótipo “Braço Aço” (5).



Fig. 163 - Fotografias finais: Montagem de guitarra com protótipo “Braço Aço” (1).



Fig. 164 - Fotografias finais: Montagem de guitarra com protótipo “Braço Aço” (2).



Fig. 165 - Fotografias finais: Montagem de guitarra com protótipo “Braço Aço” (3).

PROTÓTIPO “BRAÇO VIDRO”



Fig. 166 - Fotografias finais do protótipo “Braço Vidro” (1).



Fig. 167- Fotografias finais do protótipo “Braço Vidro” (2).



Fig. 168 - Fotografias finais do protótipo “Braço Vidro” (3).



Fig. 169- Fotografias finais do protótipo “Braço Vidro” (4).



Fig. 170- Fotografias finais do protótipo “Braço Vidro” (5).



Fig. 171- Fotografias finais: Montagem de guitarra com protótipo “Braço Vidro” (1).



Fig. 172- Fotografias finais: Montagem de guitarra com protótipo “Braço Vidro” (2).



Fig. 173- Fotografias finais: Montagem de guitarra com protótipo “Braço Vidro” (3).

03 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este projeto de investigação procurou-se desenvolver braços de guitarra elétrica a partir de estratégias como o *Upcycling* e a Economia-circular. Aqui, foram explorados e aplicados materiais como madeiras, aço e vidro plano provenientes de sobras de fábricas, para a produção de moldes, maquetes e protótipos. O intuito de reaproveitar estes materiais foi o de perceber como estes poderiam alterar as sonoridades (subjetivas) e gestualidades associadas ao instrumento que é a guitarra elétrica, procurando entender como estas estratégias sustentáveis poderiam influenciar os processos de design e de produção de peças de guitarra.

Com esta investigação conseguimos perceber quais as principais diferenças entre as sonoridades (subjetivas) e gestualidades características destes protótipos em relação aos braços de guitarra convencionais. Com os ensaios sonoros realizados com o músico Gonçalo Ferreira e com a utilização destes protótipos ao longo dos últimos tempos podemos verificar que cada protótipo proporciona os seus sons característicos ao instrumento. Concluimos então que, o protótipo “Braço Aço” apresenta qualidades sonoras que favorecem timbres frios, ‘redondos’, pouco nítidos e vibrantes, enquanto que o protótipo “Braço Vidro” apresenta qualidades sonoras como timbres quentes, nítidos e brilhantes.

Concluimos também que ao nível das gestualidades, ambos os protótipos apresentaram aspetos interessantes e diferenciados das guitarras ‘convencionais’, mostrando que podem dar origem a novas maneiras de explorar musicalmente o instrumento. Estes protótipos apresentaram um elevado potencial para incentivar e direcionar os músicos a improvisar e terem novas abordagens criativas com os instrumentos.



Fig. 174- “Braço Aço” vs “Braço Vidro”.

Estes protótipos mostraram-se bastante diferentes das guitarras ‘convencionais’, quer a nível sonoro (timbre), quer a nível dos gestos praticados pelos músicos.

Os resultados práticos desta investigação permitem concluir que a produção deste tipo de peças com estes materiais reaproveitados é viável, eficaz e durável. Sendo que os protótipos já são utilizados com alguma regularidade há cerca de dois anos e até agora não mostraram problemas.

Podemos também concluir que as colaborações locais com o intuito de reaproveitar materiais se mostraram bastante úteis para a produção de modelos, moldes, maquetes e protótipos. Estes reaproveitamentos deram nova vida aos materiais recolhidos e possibilitaram o desenvolvimento de ideias e criação de moldes e peças de guitarra com custos reduzidos.

Estes resultados alimentam o interesse em continuar a explorar estratégias como o Upcycling e Economia Circular aplicadas ao Design. O recurso a este tipo de estratégias de Design demonstrou-se bastante útil para esta investigação, assim como para o processo de produção de moldes e peças para guitarra.

Assim, procuro continuar a desenvolver braços para guitarras com materiais reaproveitados de sobras de empresas locais, procurando promover este tipo de colaborações e desenvolver novos produtos a partir de processos locais mais sustentáveis. Pode-se também concluir que o reaproveitamento destes materiais se demonstrou muito útil para a criação de peças de guitarra únicas e diferenciadas, que permitiram a personalização do instrumento e promoção de novas relações entre os músicos e os instrumentos.

Salienta-se ainda a importância de enquanto designer olhar em redor e perceber onde existe este tipo de oportunidades. Situações onde podemos criar soluções de modo mais sustentável, dando nova vida a materiais esquecidos e materiais que seguiriam para a reciclagem ou lixo. Devemos procurar desenvolver soluções mais locais e pragmáticas, de modo a revalorizar estes materiais e estender os seus ciclos de vida útil.

DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Futuramente tenho interesse em continuar a explorar as estratégias e abordagens de upcycling e reaproveitamento de materiais como as madeiras, o aço e o vidro com o objetivo de desenvolver braços sem trastes para guitarras baixo e guitarras clássicas. Penso que o comportamento sonoro do aço e do vidro quando aplicados nos braços de instrumentos com cordas mais grossas será muito interessante e poderá apresentar resultados que podem potenciar novas formas de exploração e criação musical com os instrumentos.

No presente trabalho comecei a desenvolver algumas ideias de designs de corpos de guitarra produzidos com madeiras reaproveitadas provenientes de sobras e stocks parados de uma empresa local. Com isto procuro produzir estes instrumentos com o máximo de materiais reaproveitados procurando acrescentar valor e estender a sua vida útil.

Pretendo também continuar a explorar a ideia do reaproveitamento de pequenos pedaços de materiais de modo a desenvolver algumas ferramentas e modelos de forma mais prática e sustentável.

Aliado ao meu interesse pelas estratégias de Eco-Design e Design Sustentável demonstro também interesse em explorar e aprofundar conhecimentos nas áreas de lutheria, conservação e restauro de peças. Penso que para além de desenvolver novas peças e produtos, também deveremos prestar particular atenção à conservação e manutenção dos produtos que temos utilizado até então.



Fig. 175- Desenvolvimentos futuros - produção e desenvolvimento de peças para guitarra com materiais reaproveitados.

04 ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 - Ilustração “Diferentes materiais, diferentes timbres”. Fonte: Elaboração Própria;	2	Fig. 15 - Exemplo de braço de guitarra sem trastes: “Modelo 0 de guitarra fretless”. Fonte: Vanzeler, E. , (2018), LUDUS 2.x, Do Brincar à Música;	21
Fig. 2 - Exemplo de colaboração com marceneiro local - Caldas da Rainha 2021. Fonte: Elaboração Própria;	7	Fig. 16 - Gráfico de Resistência/Densidade dos materiais - de Michael F. Ashby. Fonte: Ashby, M., (1999), Material Selection in Mechanical Design;	27
Fig. 3 - Esquema de ciclos sustentáveis aplicadas ao processo de design. Fonte: Elaboração Própria;	9	Fig. 17 - Gráfico de Tom/Brilho dos materiais - de Michael F. Ashby. Fonte: Ashby, M., (1999), Material Selection in Mechanical Design;	28
Fig. 4 - “Economia Circular”. Fonte: https://www.dgae.gov.pt/servicos/sustentabilidade-empresarial/economia-circular	9	Fig. 18 - Utilização de materiais como o barro vermelho e a madeira para a produção de peças para tarolas acústicas (1). Fonte: Paolo Martini, (2016), Ico drums;	30
Fig. 5 - Pisa-livros de couro feito com aparas. Fonte: Papanek, V. ,(1995), Arquitetura e Design. Ecologia e Ética;	10	Fig. 19 - Utilização de materiais como o barro branco e a madeira para a produção de peças para tarolas acústicas (2). Fonte: Paolo Martini, (2016), Ico drums;	31
Fig. 6 - Design para cabos de talheres, usando pequenas aparas de couro. Fonte: Papanek, V. , (1995), Arquitetura e Design. Ecologia e Ética;	11	Fig. 20 - “Modelos semi-abertos, 11 e 6 peças agregado a bateria”. Fonte: Paulo Eduardo Vanzeler , (2018), LUDUS 2.x, Do Brincar à Música;	32
Fig. 7 - Reaproveitamento de pneus para a produção de recipientes para transporte de água na Nigéria. Fonte: Papanek, V. , (1995), Arquitetura e Design. Ecologia e Ética;	13	Fig. 21 - “Modelo de caixas individuais. Sugestão de organização 7 peças.”. Fonte: Paulo Eduardo Vanzeler , (2018), LUDUS 2.x, Do Brincar à Música;	33
Fig. 8 - Esquema “ Tipos de Guitarras: modos de amplificar o som”. Fonte: Elaboração própria;	15	Fig. 22 - “Protótipos pilarete bolha”. Fonte: Rafael Sabino, (2019), Economia circular integrada na conformação de granulado de borracha;	34
Fig. 9 - Esquema peças de guitarra. Fonte: Elaboração própria;	16	Fig. 23 - “Pavimento Final”. Fonte: Rafael Sabino, (2019), Economia circular integrada na conformação de granulado de borracha;	35
Fig. 10 - Esquema de funcionamento do truss rod. Fonte: https://theelectricluthier.com/understanding-truss-rods-and-how-to-adjust-them/ ;	17	Fig. 24 - “Conjunto dos projetos realizados”. Fonte: Rafael Sabino, (2019), Economia circular integrada na conformação de granulado de borracha;	35
Fig. 11 - Guitarra baixo elétrico sem trastes. Fonte: https://musicianshq.com/are-fretless-basses-harder-to-play/ ;	18	Fig. 25 - Desperdício de vidro plano (empresa videira local - Caldas da Rainha). Fonte: Elaboração Própria;	39
Fig. 12 - Produto de referência: “Capo”. Fonte: https://pt.wikihow.com/Usar-um-Capotraste-para-Violão ;	20	Fig. 26 - Desperdícios e sobras de madeira (empresa marceneira local - Caldas da Rainha). Fonte: Elaboração Própria;	40
Fig. 13 - Produto de referência: “Slide”. Fonte: Elaboração Própria;	20		
Fig. 14 - Produto de referência: “EBow”. Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=47neF3AtQ0Q ;	20		

Fig. 27 - Reaproveitamento de madeira de Curupixá (empresa marceneira local - Caldas da Rainha). Fonte: Elaboração Própria;	41	Fig. 42 - Esboço ideia “Escala sem trastes, guia de cordas e cabeça”. Fonte: Elaboração Própria;	57
Fig. 28 - Reaproveitamento de madeira de Jatobá (antiga empresa de pavimentos - Braga). Fonte: Elaboração Própria;	42	Fig. 43 - Esboço ideia “Cabeça e haste de ajuste”. Fonte: Elaboração Própria;	57
Fig. 29 - Reaproveitamento de madeira de pinho e contraplacados de madeira. Fonte: Elaboração Própria;	43	Fig. 44 - Desenho técnico e modelo 3D da maquete “Braço de guitarra - Vidro e Metal”. Fonte: Elaboração Própria;	58
Fig. 30 - Restos de metais para reaproveitamento (Oficina metais ESAD.CR - Caldas da Rainha). Fonte: Elaboração Própria;	44	Fig. 45 - Desenho técnico e modelo 3D - Fretboard de vidro para maquete. Fonte: Elaboração Própria;	59
Fig. 31 - Desperdícios de vidrados, peças com quebra e paletes com tábuas partidas (empresa de cerâmica local) - Caldas da Rainha. Fonte: Elaboração Própria;	45	Fig. 46 - Desenho técnico e modelo 3D - Fretboard de aço para maquete. Fonte: Elaboração Própria;	60
Fig. 32 - Arquivo de materiais recolhidos ao longo do projeto. Fonte: Elaboração Própria;	46	Fig. 47 - Renderização de modelo 3D - Fretboard de vidro para maquete (1). Fonte: Elaboração Própria;	61
Fig. 33 - Slides feitos a partir de materiais reaproveitados. Fonte: Elaboração Própria;	47	Fig. 48 - Renderização de modelo 3D - Fretboard de aço para maquete (2). Fonte: Elaboração Própria;	62
Fig. 34 - Processo de produção do slide de vidro. Fonte: Elaboração Própria;	48	Fig. 49 - Renderização de modelos 3D - Maquetes Braço Vidro e Braço Aço. Fonte: Elaboração Própria;	63
Fig. 35 - Slide de vidro produzido a partir do reaproveitamento de garrafas. Fonte: Elaboração Própria;	49	Fig. 50 - Renderização de modelo 3D - Maquete Braço Vidro. Fonte: Elaboração Própria;	64
Fig. 36 - Ensaio sonoro com slide de vidro. Fonte: Elaboração Própria;	50	Fig. 51 - Renderização de modelo 3D - Maquete Braço Aço. Fonte: Elaboração Própria;	65
Fig. 37 - Slides metálicos produzidos a partir do reaproveitamento de sobras de tubos (aço, cobre e alumínio). Fonte: Elaboração Própria;	51	Fig. 52 - Renderização de modelo 3D - String tree maquetes (1). Fonte: Elaboração Própria;	66
Fig. 38 - Ensaio sonoro com slide de aço. Fonte: Elaboração Própria;	52	Fig. 53 - Renderização de modelo 3D- String tree maquetes (2). Fonte: Elaboração Própria;	66
Fig. 39 - Ensaio sonoro com slide de cobre. Fonte: Elaboração Própria;	53	Fig. 54 - Renderização de modelo 3D - String tree maquetes (3). Fonte: Elaboração Própria;	67
Fig. 40 - Teste sonoro slide de alumínio. Fonte: Elaboração Própria;	54	Fig. 55 - Renderização de modelo 3D - Montagem teste da maquete de Braço Aço. Fonte: Elaboração Própria;	67
Fig. 41 -t Esboço ideia “Escala sem trastes de vidro ou metal”.	56	Fig. 56 - Moldes de braços de guitarra - Processos de produção manuais. Fonte: Elaboração Própria;	68

Fig. 57 - Moldes de braços de guitarra - Processo de corte laser. Fonte: Elaboração Própria;	69	Fig. 71 - Montagem de guitarra com Maquete Braço Vidro. Fonte: Elaboração Própria;	80
Fig. 58 - Processos de produção de maquetes - Corte do headstock e corpo do braço. Fonte: Elaboração Própria;	70	Fig. 72 - Montagem de guitarra com Maquete Braço Aço. Fonte: Elaboração Própria;	81
Fig. 59 - Processos de produção de maquetes - Rebaixo e entalhe do headstock. Fonte: Elaboração Própria;	71	Fig. 73 - Desenhos de novos headstocks para protótipos. Fonte: Elaboração Própria;	83
Fig. 60 - Tabela - Teste de colagem entre diferentes materiais (Madeira-Vidro e Madeira-Aço). Fonte: Elaboração Própria;	72	Fig. 74 - Desenho técnico - Protótipo “Braço Vidro”. Fonte: Elaboração Própria;	84
Fig. 61 - Gráfico - Teste de colagem entre diferentes materiais Madeira-Vidro e Madeira-Aço). Fonte: Elaboração Própria;	73	Fig. 75 - Desenho técnico - Protótipo “Braço Aço”. Fonte: Elaboração Própria;	85
Fig. 62 - Processos de produção de maquetes - Colagem de fretboards e pestanas (1). Fonte: Elaboração Própria;	74	Fig. 76 - Desenho técnico - String tree para Braço Vidro. Fonte: Elaboração Própria;	86
Fig. 63 - Processos de produção de maquetes - Colagem de fretboards e pestanas (2). Fonte: Elaboração Própria;	75	Fig. 77 - Desenho técnico - String tree para Braço Aço. Fonte: Elaboração Própria;	86
Fig. 64 - Processos de produção de maquetes - Lixagem, acabamento e montagem de afinadores e string trees. Fonte: Elaboração Própria;	76	Fig. 78 - Renderização de modelos 3D dos protótipos - “Braço Vidro e Braço Aço” (1). Fonte: Elaboração Própria;	87
Fig. 65 - Montagem de afinadores, pestana e string trees nos braços (1). Fonte: Elaboração Própria;	77	Fig. 79 - Renderização de modelos 3D dos protótipos - “Braço Vidro e Braço Aço” (2). Fonte: Elaboração Própria;	88
Fig. 66 - Montagem de afinadores, pestana e string trees nos braços (2). Fonte: Elaboração Própria;	77	Fig. 80 - Renderização de modelos 3D dos protótipos - “Braço Vidro e Braço Aço” (3). Fonte: Elaboração Própria;	89
Fig. 67 - Montagem teste - Maquete Vidro (1). Fonte: Elaboração Própria;	78	Fig. 81 - Renderização de modelos 3D dos protótipos - “Braço Vidro e Braço Aço” (4). Fonte: Elaboração Própria;	89
Fig. 68 - Montagem teste - Maquete Vidro (2). Fonte: Elaboração Própria;	78	Fig. 82 - Renderização de modelos 3D dos protótipos - “Braço Vidro e Braço Aço” (5). Fonte: Elaboração própria;	90
Fig. 69 - Montagem teste - Maquete Aço (1). Fonte: Elaboração Própria;	79	Fig. 83 - Renderização de modelos 3D dos protótipos - “Braço Vidro e Braço Aço” (6). Fonte: Elaboração Própria;	90
Fig. 70 - Montagem teste - Maquete Aço (2). Fonte: Elaboração Própria;	79	Fig. 84 - Renderização de modelos 3D dos protótipos - “Braço Vidro e Braço Aço” (7). Fonte: Elaboração Própria;	91

Fig. 85 - Renderização de modelos 3D - String trees. Fonte: Elaboração Própria;	91	Fig. 99 - Processos de produção dos protótipos: processos de produção da escala de chapa de aço (lixagem e polimento manual). Fonte: Elaboração Própria;	105
Fig. 86 - Renderização de modelos 3D - Truss Rod de Compressão. Fonte: Elaboração Própria;	92	Fig. 100 - Processos de produção dos protótipos: processos de produção da escala de chapa de aço (polimento). Fonte: Elaboração Própria;	106
Fig. 87 - Renderização de modelos 3D - Truss Rod de 1 sentido. Fonte: Elaboração Própria;	93	Fig. 101 - Processos de produção dos protótipos: resultado do polimento da escala de chapa de aço. Fonte: Elaboração Própria;	107
Fig. 88 - Madeira de Curupixá utilizada para a produção dos protótipos de braços de guitarra. Fonte: Elaboração Própria;	94	Fig. 102 - Processos de produção dos protótipos: processos de produção da escala de vidro plano (corte manual). Fonte: Elaboração Própria;	108
Fig. 89 - Processos de produção dos protótipos: corte da forma do braço e entalhe para truss rod. Fonte: Elaboração Própria;	95	Fig. 103 - Processos de produção dos protótipos: processos de produção da escala de vidro plano (acabamento com manual com lixa de água). Fonte: Elaboração Própria;	109
Fig. 90 - Processos de produção dos protótipos: teste de encaixe com corpo de guitarra. Fonte: Elaboração Própria;	96	Fig. 104 - Processos de produção dos protótipos: resultado do corte e acabamento da escala de vidro plano. Fonte: Elaboração Própria;	109
Fig. 91 - Processos de produção dos protótipos: corte e furação da forma das cabeças dos braços e desbaste da parte traseira em forma de “C”. Fonte: Elaboração Própria;	97	Fig. 105 - Processos de produção dos protótipos: limpeza de pós antes da colagem das escalas aos corpos do braço da guitarra. Fonte: Elaboração Própria;	110
Fig. 92 - Processos de produção dos protótipos: lixagem e pré-acabamento das peças de madeira. Fonte: Elaboração Própria;	98	Fig. 106 - Processos de produção dos protótipos: colagem das escalas ao corpo do braço da guitarra (1). Fonte: Elaboração Própria;	111
Fig. 93 - Ferramentas utilizadas para a produção de truss rods. Fonte: Elaboração Própria;	99	Fig. 107 - Processos de produção dos protótipos: colagem das escalas ao corpo do braço da guitarra (2). Fonte: Elaboração Própria;	112
Fig. 94 - Processos de produção de truss rods. Fonte: Elaboração Própria;	100	Fig. 108 - Resultado da colagem da escala de vidro. Fonte: Elaboração Própria;	112
Fig. 95 - Truss rod (haste de ajuste). Fonte: Elaboração Própria;	101	Fig. 109 - Resultado da colagem das escala de aço. Fonte: Elaboração Própria;	113
Fig. 96 - Processos de produção dos protótipos: teste de encaixe dos truss rods. Fonte: Elaboração Própria;	102	Fig. 110 - Experiência de entalhe de cavilha de madeira de Faia em madeira de Curupixá. Fonte: Elaboração Própria;	114
Fig. 97 - Processos de produção dos protótipos: fixação, colagem e acabamento de entalhe central para cobertura de truss rod. Fonte: Elaboração Própria;	103	Fig. 111 - Processos de produção dos protótipos: entalhes em madeira de Faia para marcação da escala do braço de guitarra. Fonte: Elaboração Própria;	115
Fig. 98 - Processos de produção dos protótipos: processos de produção da escala de chapa de aço (desbaste com grossa). Fonte: Elaboração Própria;	104		

Fig. 112 - Processos de produção dos protótipos: nova colagem da escala de vidro no braço de guitarra. Fonte: Elaboração Própria;	116	Fig. 126 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço” - (Mi agudo - corda solta). Fonte: Elaboração Própria;	127
Fig. 113 - Processos de produção dos protótipos: tratamento das madeiras com mistura de óleo mineral com cera de abelha (1). Fonte: Elaboração Própria;	117	Fig. 127 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço” - (Oitava de Mi grave - corda pressionada). Fonte: Elaboração Própria;	128
Fig. 114 - Processos de produção dos protótipos: tratamento das madeiras com mistura de óleo mineral com cera de abelha (2). Fonte: Elaboração Própria;	118	Fig. 128 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço” - (Oitava de Lá - corda pressionada). Fonte: Elaboração Própria;	128
Fig. 115 - Processos de produção dos protótipos: montagem de string trees nos protótipos “Braço Aço” e “Braço Vidro”. Fonte: Elaboração Própria;	119	Fig. 129 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço” - (Oitava de Ré - corda pressionada). Fonte: Elaboração Própria;	128
Fig. 116 - Processos de produção dos protótipos: protótipos “Braço Aço” e “Braço Vidro” (1). Fonte: Elaboração Própria;	120	Fig. 130 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço” - (Oitava de Sol- corda pressionada). Fonte: Elaboração Própria;	129
Fig. 117 - Processos de produção dos protótipos: protótipos “Braço Aço” e “Braço Vidro” (2). Fonte: Elaboração Própria;	121	Fig. 131 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço” - (Oitava de Si - corda pressionada). Fonte: Elaboração Própria;	129
Fig. 118 - Montagem teste de guitarra com protótipo “Braço Aço”. Fonte: Elaboração Própria;	122	Fig. 132 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço” - (Oitava de Mi agudo - corda pressionada). Fonte: Elaboração Própria;	129
Fig. 119 - Montagem teste de guitarra com protótipo “Braço Vidro”. Fonte: Elaboração Própria;	123	Fig. 133 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro”. Fonte: Elaboração Própria;	130
Fig. 120 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço”. Fonte: Elaboração Própria;	125	Fig. 134 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro”- (Mi grave - corda solta). Fonte: Elaboração Própria;	131
Fig. 121 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço”- (Mi grave - corda solta). Fonte: Elaboração Própria;	125	Fig. 135 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro”- (Lá - corda solta). Fonte: Elaboração Própria;	131
Fig. 122 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço” - (Lá - corda solta). Fonte: Elaboração Própria;	126	Fig. 136 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro”- (Ré - corda solta). Fonte: Elaboração Própria;	131
Fig. 123 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço” - (Ré - corda solta). Fonte: Elaboração Própria;	126	Fig. 137 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro”- (Sol - corda solta). Fonte: Elaboração Própria;	132
Fig. 124 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço” - (Sol - corda solta). Fonte: Elaboração Própria;	126	Fig. 138 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro”- (Si - corda solta). Fonte: Elaboração Própria;	132
Fig. 125 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Aço” - (Si - corda solta). Fonte: Elaboração Própria;	127	Fig. 139 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro”- (Mi agudo - corda solta). Fonte: Elaboração Própria;	132

Fig. 140 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro” - (Oitava de Mi grave - corda pressionada). Fonte: Elaboração Própria;	133	Fig. 151 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Oitava de Ré - corda pressionada). Fonte: Elaboração Própria;	141
Fig. 141 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro” - (Oitava de Lá - corda pressionada). Fonte: Elaboração Própria;	133	Fig. 152 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Sol - corda solta). Fonte: Elaboração Própria;	142
Fig. 142 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro” - (Oitava de Ré - corda pressionada). Fonte: Elaboração Própria;	134	Fig. 153 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Oitava de Sol - corda pressionada). Fonte: Elaboração Própria;	143
Fig. 143 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro” - (Oitava de Sol - corda pressionada). Fonte: Elaboração Própria;	134	Fig. 154 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Si - corda solta). Fonte: Elaboração Própria;	144
Fig. 144 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro” - (Oitava de Si - corda pressionada). Fonte: Elaboração Própria;	134	Fig. 155 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Oitava de Si - corda pressionada). Fonte: Elaboração Própria;	145
Fig. 145 - Ensaio sonoro com protótipo “Braço Vidro” - (Oitava de Mi agudo - corda pressionada). Fonte: Elaboração Própria;	135	Fig. 156 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Mi agudo - corda solta). Fonte: Elaboração Própria;	146
Fig. 146 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Mi grave - corda solta). Fonte: Elaboração Própria;	136	Fig. 157 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Oitava de Mi agudo - corda pressionada). Fonte: Elaboração Própria;	147
Fig. 147 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Oitava de Mi grave - corda pressionada). Fonte: Elaboração Própria;	137	Fig. 158 - Fotografias finais do protótipo “Braço Aço” (1). Fonte: Elaboração Própria;	150
Fig. 148 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Lá - corda solta). Fonte: Elaboração Própria;	138	Fig. 159 - Fotografias finais do protótipo “Braço Aço” (2). Fonte: Elaboração Própria;	151
Fig. 149 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Oitava de Lá - corda pressionada). Fonte: Elaboração Própria;	139	Fig. 160 - Fotografias finais do protótipo “Braço Aço” (3). Fonte: Elaboração Própria;	151
Fig. 150 - Ensaio de comparação sonora entre protótipos “Braço Aço”, “Braço Vidro” e um braço de guitarra com trastes - (Ré - corda solta). Fonte: Elaboração Própria;	140	Fig. 161 - Fotografias finais do protótipo “Braço Aço” (4). Fonte: Elaboração Própria;	152
		Fig. 162 - Fotografias finais do protótipo “Braço Aço” (5). Fonte: Elaboração Própria;	152

Fig. 163 - Fotografias finais: Montagem de guitarra com protótipo “Braço Aço” (1). Fonte: Elaboração Própria;	153
Fig. 164 Fotografias finais: Montagem de guitarra com protótipo “Braço Aço” (2). Fonte: Elaboração Própria;	154
Fig. 165 - Fotografias finais: Montagem de guitarra com protótipo “Braço Aço” (3). Fonte: Elaboração Própria;	155
Fig. 166 - Fotografias finais do protótipo “Braço Vidro” (1). Fonte: Elaboração Própria;	156
Fig. 167 - Fotografias finais do protótipo “Braço Vidro” (2). Fonte: Elaboração Própria;	157
Fig. 168 - Fotografias finais do protótipo “Braço Vidro” (3). Fonte: Elaboração Própria;	157
Fig. 169 - Fotografias finais do protótipo “Braço Vidro” (4). Fonte: Elaboração Própria;	158
Fig. 170 - Fotografias finais do protótipo “Braço Vidro” (5). Fonte: Elaboração Própria;	158
Fig. 171 - Fotografias finais: Montagem de guitarra com protótipo “Braço Vidro” (1). Fonte: Elaboração Própria;	159
Fig. 172 - Fotografias finais: Montagem de guitarra com protótipo “Braço Vidro” (2). Fonte: Elaboração Própria;	160
Fig. 173 - Fotografias finais: Montagem de guitarra com protótipo “Braço Vidro” (3). Fonte: Elaboração Própria;	161
Fig. 174 - “Braço Aço” vs “Braço Vidro”. Fonte: Elaboração Própria;	165
Fig. 175 - Desenvolvimentos futuros - produção e desenvolvimento de peças para guitarra com materiais reaproveitados. Fonte: Elaboração Própria;	169

05 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Livros

Ashby, M. F. (1992). *Materials Selection in Mechanical Design*. Butterworth-Heinemann.

Lévi-Strauss, C. (1964). *O Cru e o Cozido*. Companhia Das Letras.

Lima Neto, L. (2015). *The Experimental Music of Hermeto Pascoal And Group (1981 – 1993) Conception and Language*. Pendragon Press.

Papanek, V. (2007). *Arquitetura e Design. Ecologia e Ética* (L. Guimarães) Lisboa: Editorial de Edições 70.

Sacks, O. (2007). *Alucinações musicais: Relatos sobre a música e o cérebro*. Companhia das Letras.

Sacks, O. (2008). *Musicophilia - Tales of music and the brain*. Alfred A.Knopf.

Dissertações de Mestrado

Martini, P. (2016). Ico drums tarolas em cerâmica [Dissertação de Mestrado, Politécnico de Leiria]. Repositório Institucional do Politécnico de Leiria.

Sabino, R. (2019). Economia circular integrada na conformação de granulado de borracha [Dissertação de Mestrado, Politécnico de Leiria]. Repositório Institucional do Politécnico de Leiria.

Vanzeler, P. E. (Ano). LUDUS 2.x Do Brincar à Música [Dissertação de Mestrado, Politécnico de Leiria]. Repositório Institucional do Politécnico de Leiria.

Artigos digitais (não científicos)

DGAE (Direção Geral das Atividades Económicas). Economia Circular. *DGAE*.
<https://www.dgae.gov.pt/servicos/sustentabilidade-empresarial/economia-circular>
(Acedido em: 02/03/2022)

H., Jared (2017, Setembro 30). What is Guitar Tone? Understanding & Dialing In Your Sound. *LedgerNote*.
<https://ledgernote.com/columns/guitar-guru/guitar-tone/>
(Acedido em: 15/03/2022)



**POLITÉCNICO
DE LEIRIA**

ESCOLA SUPERIOR
DE ARTES E DESIGN