

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE ARTES - DEART
PROJETO DE GRADUAÇÃO**

PAULO ROBERTO NUNES MUNIZ JUNIOR

**QUANDO O MÚSICO E O ARTESÃO SE ENCONTRAM NA
PRODUÇÃO DE UM VIOLÃO: UM RELATO DE
EXPERIÊNCIA**

**SÃO LUIS – MA
2017**

PAULO ROBERTO NUNES MUNIZ JUNIOR

**QUANDO O MÚSICO E O ARTESÃO SE ENCONTRAM NA
PRODUÇÃO DE UM VIOLÃO: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA**

Parte manuscrita do Projeto de Graduação
do aluno **Paulo Roberto Nunes Muniz
Junior**, apresentado ao Departamento de
artes do Centro de ciências humanas da
Universidade Federal do Maranhão, como
requisito parcial para obtenção do grau de
Professor de Música.

Orientador: Profª Dra.Verónica Pascucci

SÃO LUIS – MA
2017

PAULO ROBERTO NUNES MUNIZ JUNIOR

**QUANDO O MÚSICO E O ARTESÃO SE ENCONTRAM NA
PRODUÇÃO DE UM VIOLÃO: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA**

Trabalho de conclusão de curso para a obtenção de grau de licenciando em
música do curso de licenciatura em música da Universidade Federal do Maranhão.
Aprovado em ____ de ____ de ____.

COMISSÃO EXAMINADORA:

Profª. Dra Maria Verónica Pascucci

Prof. Dr. Ricardo Manzini Bordini

Prof. Dr. Alberto Pedrosa Dantas Filho

A Minha família, amigos, mestres e todas
as pessoas que acreditaram neste projeto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais e irmãs por todo apoio dado, amigos que sempre me apoiaram na jornada de músico, à Escola de Música Galeria44, pela experiência de lecionar música em uma escola, e em especial a Cláudio Leite que me deu muitas oportunidades e muito conhecimento. Com sincera gratidão também aos Professores, Ricardo Bordini e Prof^a M. Veronica Pascucci, minha orientadora que tanto me inspiraram, e ao mestre *Luthier* Claus Alves da Silveira que me transmitiu todo o conhecimento necessário para a ideação e construção do violão.

RESUMO

Este trabalho relata a experiência de construção de um violão cujas etapas abrangeram desde a escolha da madeira a ser utilizada até a colocação das cordas, passando pela escolha do projeto/tipo de violão a ser construído, o tratamento e limpeza da madeira, corte da mesma, colagem do fundo do instrumento para posteriormente colar as laterais, construção do braço e adaptação ao corpo do artesão que neste momento atua também como escultor do violão, composição e colagem do suporte das tarraxas, (*headless*), corte, fixação e adaptação do tampo, preparação da escala de Ébano Africano para posteriormente unir ao corpo do instrumento, construção da ponte onde são fixadas as cordas, preparação e parafusado das asas de suporte, corte lateral para a colocação do captador, limpeza e preparo do instrumento para o laqueado e posterior polimento, escultura do rastilho do osso inicial e o da ponte e, finalmente, a colocação das tarraxas e cordas. Além de mostrarmos o instrumento construído e finalizado, todo o processo foi registrado em captura de imagens que serviram de suporte para criação de um vídeo (*speed-art*). Abrindo o relato, abordamos a importância da profissão de *Luthier artesão* para o mundo da música e apresentamos o relato do Mestre Claus Alves da Silveira que acompanhou todo o processo de criação do violão.

Palavra-chave: Luteria; violão; construção de instrumento musical; profissão.

ABSTRACT

This work reports the experience of constructing a guitar, starting from the choice of the design/type of guitar to be constructed until the laying of the strings. This process includes the treatment and cleaning of the wood, gluing of the parts for the bottom of the instrument, gluing of the neck pieces and preparing of the sound-board with its fans. The sides will be bended and glued to the neck and the tale-block, and adaptation to the body by the artisan who at the moment also acts as sculptor of the guitar. This frame will be connected to the sound-board, and afterwards closed by the back, prepared with a closable soundhole to access the tuners and the strings which pass through the bridge. Ebony scale and Ebony bridge have to be cut and prepared for gluing to the closed instrument after finishing the top with selected bindings, finally the grinded instrument receives lacquering and posterior polishing.

The side-wings have to be shape glued and connected to the body and the technical parts, the pick-up and the pre-amp have to be placed. The last step before placing of the strings, the instrument will be the preparation of the parts for the saddle and the bridge, made of bone. In addition to the description of this process, the whole production was recorded in image capture that served as support for creating a video (speed-art).

This documentation starts with the discussion of the craftsman's importance for the musicians world, including a report of the luthier Claus Alves da Silveira, who accompanied the whole process of making this guitar.

Keywords : Guitar; Profession; luthier; Experience.

Lista de Figuras

FIGURA 1- FORMÕES	14
FIGURA 2- PLEINA.....	14
FIGURA 3 - PROJETO COMPUTADORIZADO (STAGE)	15
FIGURA 4 - CONSTRUÇÃO CLÁSSICA	15
FIGURA 5 - INTERFERÔMETRO HOLOGRÁFICO.....	16
FIGURA 6 - INSTRUMENTO DE CORDA (ZAS)	16
FIGURA 7 - MADEIRAS FINAS	17
FIGURA 8 - CONSTRUÇÃO DO FUNDO (AMEXA E ACER)	19
FIGURA 9 - FUNDO COLADO E LIMPO	19
FIGURA 10 - CONFECÇÃO DO BRAÇO - MOGNO	20
FIGURA 11 - MOLDANDO AS LATERAIS (AMEXA).....	20
FIGURA 12 - MOLDANDO NA FORMA	21
FIGURA 13 – COLAGEM DAS LATERAIS AO BRAÇO.....	21
FIGURA 14 - SUPORTE DAS TARRAXAS - ACER	22
FIGURA 15 - COLAGEM DO SUPORTE AO ESQUELETO	23
FIGURA 16 - TAMPO E SEUS LEQUES HARMÔNICOS - ABETO.....	23
FIGURA 18 - TAMPO CORTANDO PRONTO PARA O ACABAMENTO.....	24
FIGURA 17 - COLAGEM DO TAMPO AO ESQUELETO	24
FIGURA 19 - PONTE RECORTADA E COLADA - ÉBANO.....	25
FIGURA 20 - DESIGN DA PONTE COMPUTADORIZADO	25
FIGURA 21 - LIMPEZA DA ESCALA DE ÉBANO AFRICANO.....	25
FIGURA 22 - ESCALA PRONTA COM AS FAIXAS DOS TRASTES	26
FIGURA 23 - MODELO DO TRASTE USADO	27
FIGURA 24 - ASAS DE SUPORTE	27
FIGURA 25 - ESQUELETO COMPLETO DO STAGE-01	28
FIGURA 26 - COLOCAÇÃO DA CAPTAÇÃO	28
FIGURA 27 - TAMPA DA GAVETA TRASEIRA ENVERNIZADA.....	29
FIGURA 28 - PROJETO FINALIZADO.....	30
FIGURA 29 - DETALHES DO ENCORDOAMENTO.....	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	
	1.0 IMPORTÂNCIA DA LUTERIA.....	10
	1.1 O ARTESÃO (<i>LUTHIER</i>).....	10
	1.2 A LUTERIA BRASILEIRA.....	12
	2.0 RELATO DO SUPERVISOR DO TRABALHO.....	13
	2.1 AS FERRAMENTAS.....	14
	3.0 PROCESSOS DE CRIAÇÃO.....	14
	3.1 ESCOLHA DO MODELO.....	15
	3.2 INOVAÇÕES NO VIOLÃO.....	15
	3.2.1 PONTOS POSITIVOS.....	17
	3.2.2 PONTOS NEGATIVOS.....	17
	3.3 ESCOLHA DAS MADEIRAS.....	17
	3.3.1 CARACTERÍSTICAS DAS MADEIRAS.....	18
	3.3.2 TRATAMENTO E CORTE.....	19
	3.4 COLAGEM DO FUNDO.....	19
	3.5 O BRAÇO DO INSTRUMENTO.....	20
	3.6 AS LATERAIS.....	20
	3.7 COLAGEM DAS LATERAIS.....	21
	3.8 COMPOSIÇÃO DO SUPORTE DAS TARRAXAS.....	21
	3.9 COLAGEM DO SUPORTE AO ESQUELETO DO VIOLÃO.....	22
	3.10 O TAMPO.....	22
	3.11 CRIAÇÃO DA PONTE.....	25
	3.12 A ESCALA.....	25
	3.13 OS TRASTES.....	26
	3.14 AS ASAS.....	27
	3.15 A FASE DE LIMPEZA DO INSTRUMENTO.....	27
	3.16 O VERNIZ.....	29
	3.17 O PROJETO FINALIZADO.....	30
	4. A MODO DE CONCLUSÃO.....	31
	5. REFERÊNCIAS.....	32

2 INTRODUÇÃO

Este relato de experiência perpassa por todos os estágios de ideação e construção do modelo de um violão até o projeto final. Para alcançar o objetivo traçado foi necessária uma pesquisa teórica técnica que norteasse a criação do mesmo. Porém, esse projeto não teria chegado a sua culminação sem a presença ininterrupta e significativa do *Luthier* Claus Alves da Silveira que com enorme competência e tino pedagógico acompanhou todas as etapas da construção do instrumento. Assim, achamos pertinente abrir este trabalho abordando inicialmente a importância da *Luthiaria* para uma sociedade musical, independente do contexto histórico-socio-cultural em que se encontra.

A trajetória do violão é muito antiga e cheia de mudanças ao longo do tempo, porém essas mudanças tornam o que ele é hoje, um dos instrumentos mais populares do mundo. As transformações que o violão teve ao longo do tempo aconteceram em decorrência das diferentes concepções advindas das culturas nas quais o instrumento foi utilizado sendo elas reflexo de inúmeras maneiras de pensar e novas concepções de sociedade.

Acreditamos que o processo criativo da confecção de um violão é divino, pois essa é uma forma das pessoas expressarem os seus sentimentos através do instrumento produzido.

No que tange à nossa experiência de construção, podemos vivenciar vários momentos, é o que mostraremos ao longo deste trabalho em todos seus estágios. Cabe ressaltar que cada instrumento tem sua singularidade advinda do tipo de madeira escolhida, tamanho, forma e consequentemente o timbre. Além dos aspectos técnicos é importante destacar que o artesão também coloca toda a sua personalidade no instrumento, fazendo assim com que ele se torne único.

Diante do exposto, este trabalho apresenta inicialmente um item dedicado à importância do *Luthier*, entendendo-se que ele é um artesão musical e da luteria em geral. Dentro do mesmo item também fazemos menção à luteria no Brasil. Achamos pertinente anexar ao trabalho o relatório do *Luthier*/artesão que acompanhou todo o processo de ideação e construção do violão. Finalizados estes aspectos nos abordamos, então ao relato da construção do violão em si, descrevendo todas as fases e estágios que foram necessários à finalização do instrumento desde a escolha da madeira a ser utilizada até a colocação as cordas, passando pela escolha do projeto/tipo de violão a ser construído, o tratamento e limpeza da madeira, corte da mesma, colagem do fundo do instrumento para posteriormente colar as laterais, construção do braço e

adaptação ao corpo do artesão que neste momento atua também como escultor do violão, composição e colagem do suporte das tarroxas, (*headless*), corte, fixação e adaptação do tampo, preparação da escala de ébano africano para posteriormente unir ao corpo do instrumento, construção da ponte onde seriam fixadas as cordas, preparação e parafusado das asas de suporte, corte lateral para a colocação do captador, limpeza e preparo do instrumento para o laqueado e posterior polimento, escultura do rastilho do osso inicial e o da ponte e, finalmente, a colocação das tarroxas e cordas.

Finalmente, fazemos referência às dificuldades encontradas e as melhorias feitas no instrumento ao longo do processo que durou 14 meses.

O trabalho foi registrado em captura de imagens que servem de suporte para criação de um vídeo (*speed-art*).

1. Importância da Luteria

1.1 O Artesão (*Luthier*)

Construir um instrumento é uma arte, que precisa de muita paciência e anos de experiência, que irão sendo adquiridas ao decorrer de cada instrumento feito, ou seja é um caminho sem fim, pois todo *Luthier* tentar melhorar seu trabalho a cada experiência adquirida, fazendo um eterno ciclo de melhorias, e sempre tentando alcançar o instrumento perfeito.

Cada *Luthier* (construtor de instrumentos musicais) tem a sua própria ideia, sua própria busca de um bom som, e cada um desenvolve sua técnica pessoal para chegar lá. Em geral demora anos e precisa de muitos desvios para obter alguns resultados positivos, mas vale a pena. O artesão tem as próprias experiências (e as vezes guarda-las com segredo) e desenvolve o próprio estilo, iniciantes vão tentar copia-los - ou aprende-los - mas somente com muita sorte vão sair instrumentos de alta qualidade sem experiência: já o uso das ferramentas precisa-se de muito treino e experiência para o uso, pois há risco de acidentes. E pensando nas madeiras: um material com característica individual de cada peça - o iniciante somente pode adivinhar o que dá para fazer com algumas delas. Então o *Luthier* experiente não precisa de segredos porque está na frente da experiência e conhecimento, aprendendo e desenvolvendo cada dia de novo.” (ALVES; Claus - 2016)

A profissão de *Luthier* trabalha com a produção e a manutenção de instrumentos musicais. O *Luthier* tem sua origem francesa, derivada de “*luth*”, que expressa “alaúde”, um instrumento de cordas antigo que antecede o atual violão. Nos primórdios da história, a luteria era definida como a arte de manusear e confeccionar instrumentos de corda, como o violão, o violino ou contrabaixo, atualmente refere-se a todos os profissionais que trabalham com instrumentos musicais, seja de corda ou não. O *Luthier* tem um papel muito importante na sociedade musical,

pois ele está apto a reparar, produzir e afinar os instrumentos dos músicos, fazendo assim um grande comércio, todavia não se tem tantas pessoas qualificadas para fazerem tais reparos nos instrumentos, os cursos e *workshops* sobre luteria ainda são pouco explorados em algumas regiões do nosso Brasil, por isso o artesão deve conhecer bem cada um dos instrumentos, entender de música, da sua história e, principalmente as necessidades específicas de cada músico e de seu instrumento. O profissional tem em suas mãos a responsabilidade de tornar os instrumentos adaptados e perfeitos para receber em suas vibrações os timbres que o violão ou outro instrumento é capaz, solicitado assim pelo cliente. Apesar de todo esplêndido lado de ser *Luthier*, a profissão tem se tornado cada vez mais escassa, devido ao crescimento da industrialização, foi-se assim, perdendo o teor da singularidade na música, criando instrumentos em menos tempo e de baixo custo, todavia perdendo um pouco na qualidade, consequentemente. Produzir um instrumento feito a mão, sob medida e especificações com o gosto do cliente, hoje é de difícil, pois um dos motivos é esse já citado: escassez de mão de obra. Os *Luthiers* são artistas inseridos numa linhagem sofisticada que, na visão de Carlos Roque, De acordo com os peritos na área da luteria, para dominar a técnica da profissão é necessário mais do que habilidade. Carlos Roque afirma:

não basta apenas ter habilidade manual - condição fundamental - mas, também, apurada sensibilidade auditiva, refinado senso estético, criteriosa precisão geométrica, noções avançadas de design e imprescindível paixão pela música que, das artes, certamente é a mais bela e a que toca mais profundamente as mentes e os corações. Os sons musicais são doces para a alma (**ROQUE, 2003, p.13**).

A luteria europeia deixou grandes marcas e, até hoje, é a maior fonte de referência da profissão no mundo graças aos renomados *Luthiers* consagrados nesse continente.

1.2 A luteria Brasileira

A luteria brasileira é uma arte, uma das mais promitente e que está em constante crescimento em nosso país. Embora um pouco mais jovem em relação a luteria europeia, promete novas interpretações sonoras no espaço musical brasileiro, principalmente em grandes cidades e seus respectivos centros culturais. Provavelmente a luteria chegou aqui há 500 anos atrás com a chegada dos jesuítas a nossa terra, pois nas expedições eram trazidos artesãos para consertar os instrumentos utilizados em missas católicas. No Brasil, Normalmente, as encomendas de instrumentos musicais artesanais são realizadas por músicos pertencentes a orquestras, como não há muitas existentes no Brasil, são poucos os pedidos. No entanto, sabe-se que existem muitos artesãos e instrumentos que são construídos para atender às manifestações culturais do país, a chamada música popular. Existem poucas escolas no Brasil que fornecem um curso de luteria. A escola mais conhecida é o conservatório de Tatuí, que oferece esse raro curso de forma gratuita. O curso é um dos melhores existentes no país e conta com uma formação completa, fornecendo conhecimentos técnicos, artísticos, históricos e científicos. Normalmente o profissional da luteria trabalha como autônomo e sua remuneração depende do número de clientes, de horas trabalhadas e da qualidade que o instrumento demanda. A luteria brasileira, mesmo que modesta em sua produção, possui tanta qualidade sonora quanto a luteria europeia. Muitos *Luthiers* brasileiros dedicam- se intensamente a esse trabalho que requer, além de diversos conhecimentos técnicos, muita dedicação na construção desses instrumentos, visto que a pequena demanda dificulta a atividade desses profissionais. Hoje em dia as empresas que possuem o monopólio de construção de guitarras e violões são americanas, a Fender e a Gibson se tornaram as pioneiras neste mercado desde 1950 até os dias de hoje. Fazendo assim uma produção massiva de instrumentos e cada vez menos o número de artesãos que fazem disso um caminho de criação do instrumento de maneira manufaturada, percebe-se então que a certificação de metodologias que nos auxiliam a lidar com a complexidade dos estudos efetuados possibilita uma melhor visão global das novas proposições do que é ser *Luthier*. Concluímos assim que esta profissão não pode afastar-se da globalização e tecnologia, contendo ainda sim o processo artístico e manufaturado do artesão, pois esta profissão tem real valor para uma sociedade musical, sem ela não teríamos também o processo de industrialização que nada mais é do que o método do *luthier* na criação, entretanto contendo maquinário pesado, larga e rápida produção, tirando o processo artesanal e deixando-o industrializado. Assim mesmo, o acompanhamento das preferências de consumo promove a alavancagem dos paradigmas corporativos.

2. Relato do Supervisor do Trabalho

Relatório de produção de um violão do estudante Paulo Muniz 2016/2017

“Paulo chegou na minha oficina no Araçagi para que eu pudesse consertar os seus instrumentos, aos poucos ele foi adquirindo certos conhecimentos, depois queria saber os preços de instrumentos e no final queria um feito sob medida, sem saber como pagar, Assim concordamos o seguinte: Ele compra o material e faz o próprio instrumento na oficina passo por passo, aprendendo pelo menos uma base de como confeccionar um instrumento. Escolheu do estoque madeiras o braço de mogno, já colado com Wenge e Acer, tampo de abeto alemão, laterais e fundo de ameixa alemã depois começou preparar as madeiras para o instrumento: Como iniciante ele tinha um conceito de que para trabalhar na madeira precisa-se de simplesmente uma serra e uma lixa, de preferencia fina para dar um acabamento bonito. Muitas tentativas e correções de uso de várias ferramentas (pleina, groza, raspilho, até a lixadeira de fita) e muitas horas para aprender trabalhar junto com a madeira e não contra a estrutura do material. Ele escolheu fazer uma versão de um instrumento para palco, que ainda é protótipo, mas funciona muito bem e as experiências com os já produzidos, incluindo o violão dele, tinham consequências para o desenvolvimento do instrumento. Colocar cordas ficou complicado demais, a boca no fundo do instrumento está estaticamente fraca e a construção precisa de mais truques para não atrapalhar um planejado captador que possivelmente possa haver ruídos ou chiados. Ou seja: os próximos instrumentos (protótipo II) tem que ter mudanças na construção, que discutimos com os exemplos construídos. O tampo vai ficar curvado, para poder deixar as cordas por cima dele e poder enfiar nas tarroxas sem problema, o fundo vai ficar fechado e a boca do instrumento ficaria nas laterais. Assim Paulo tinha a opção de ficar no processo de desenvolvimento de um instrumento até que fique pronto para produção em série, com a avaliação das necessidades do violonista e as condições de produção do luthier. Tem agora uma base de organizar o seu trabalho de forma melhor, avaliando as próprias capacidades e interesses. Quem sabe se um dia vai querer completar os estudos também para esta profissão? Um período bem interessante e produtivo para ele e para mim”.

Claus Alves da Silveira Luteria

2.1 As ferramentas

Para a confecção de um instrumento requer primeiramente que se tenha matéria prima desejada, para que o processo seja mais prático, além das ferramentas especiais para cada tipo de trabalho, deixando assim o processo bem mais proveitoso e rápido. Para a criação desse instrumento tivemos como auxílio, ferramentas como: pleinas, serras, formões, grosas, limas, lixas, vários tipos de cola e ainda os grampos de fixação das peças. Ter todas essas ferramentas é o grande desafio na construção, pois determinados estágios da criação só poderão ser feitos com elas.

Figura 1- Formões



Figura 2- Pleina



3. Processos de Criação

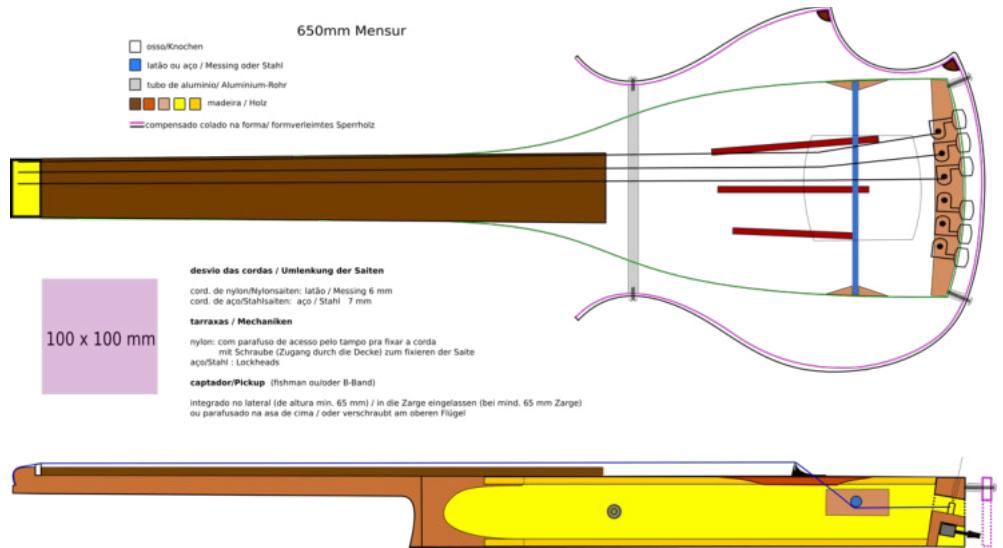
A ideação do instrumento foi pensada de maneira espontânea, requisitei ao senhor Claus Alves Da Silveira que me ajudasse na construção de um violão, pois sempre tive vontade de ter um instrumento feito a mão, só não esperava que essas mãos seriam minhas. Ele sugeriu que eu fizesse o próprio instrumento, compraria as madeiras e faria juntamente com a supervisão dele.

3.1 Escolha do Modelo

O modelo que escolhi fazer é bem inovador e esse é um dos motivos de acreditar no trabalho do meu mestre *Luthier* Claus, criador da peça *Stage-01*, nome que foi dado para o violão, pois é uma versão para o palco na qual significa “*Stage*”. Inicialmente tive que escolher como seria o meu *Stage*, de certa forma fiz bem diferente das versões anteriores produzidas por ele, pois pedi especificações para o meu gosto de tocar, como tamanho um pouco mais largo para alcançar graves mais definidos e encorpados, e espessura para que o som ressoe mais ainda, enfatizando também as adaptações que fiz no meu instrumento como captação embutida na madeira. Além de todas as coisas novas que o violão tem de diferente de todos os convencionais, como não ter a “boca” no tampo, a cabeça onde seriam fixadas as cordas também não é como normatizado no século XX para cá. Iremos discutir todas essas adaptações que o violão tem e porque da escolha delas. Todas essas adaptações serviram de aprendizado tanto para mim quanto para o Claus.

Começamos com o projeto no computador para avaliarmos o que fazer e o que melhorar neste novo instrumento, dai em seguite partiríamos para a análise de cada peça e de como fazê-las.

Figura 3 - Projeto Computadorizado (Stage)



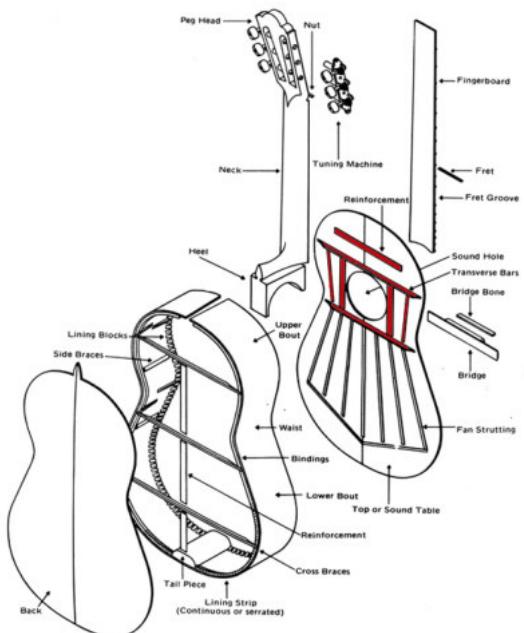
Fonte: Claus Alves Da Silveira ®

3.2 Inovações no Violão

O Stage tem algumas características que diferem um pouco das que se observam nos violões em geral, no aspecto sonoro visual e estrutural. Elencaremos todas as diferenças e o porquê da utilização delas.

O violão não contém a boca no tampo por razões físicas do instrumento, pois no século XX padronizou-se o violão clássico espanhol que contém essa saída de ressonância. Por um lado, dá volume e pressão, mas por outro, o tampo não vibra como deveria, pois na construção interna contém faixas de madeira transversas ao tampo, para fortalecer-lo pois há um buraco que deixa-o frágil, cortando a vibração da boca para cima do instrumento. Podemos ver melhor essa construção na imagem acima, as partes pintadas de vermelho.

Figura 4 - Construção Clássica

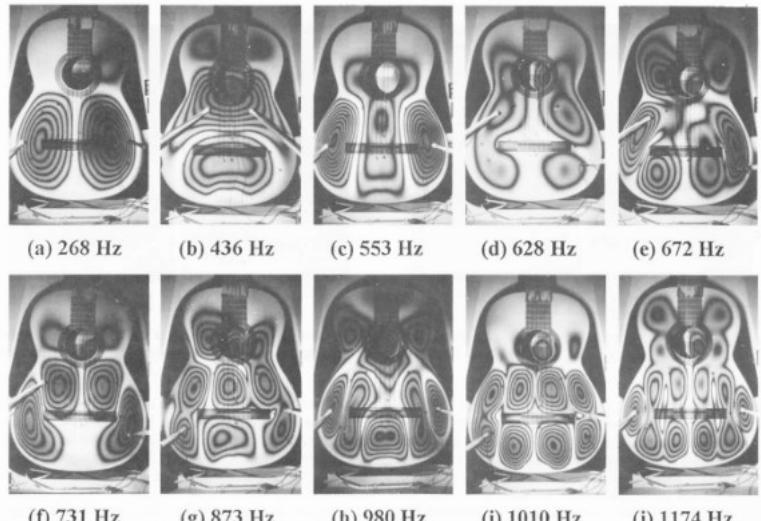


Fonte: Complete guitar repair book - pg.09

Essas faixas dão suporte para que o tampo não rache nem quebre com a pressão das cordas sobre ele, por isso requer um reforço na parte do buraco pois se não as houvesse o violão rapidamente iria quebrar. Hoje essa construção ainda é a mais usada pelos *Luthiers* e músicos, pois teve bons resultados no som do instrumento, porém estudando outros tipos de instrumentação podemos ver que o violão não recebe a vibração que deveria receber se não tivesse as travessas. Foi feito um estudo pela Cardiff University sobre as vibrações de um tampo de violão em diferentes frequências, usando o “*holographic interferometry*”, um laser que mostra a vibração. Veremos fotos mais a baixo mostrando vibrações que as estruturas causam. Podemos observar que as vibrações acima da boca são pouco agitada, não formando uma homogeneidade da mesma, contemplando assim pouca vibração.

Outros instrumentos não contem essa construção, entretanto tem uma ressonância boa e um bom timbre, como o Zas. Ele é um instrumento musical de cordas, descendente da antiga Pandura popular na Turquia, irã, Azerbaijão, Armênia Curdistão e nos Balcãs. O nome Zas é persa, e ele não contém uma boca de ressonância no tampo e sim uma base oval com uma saída na traseira, mostrando assim que não é necessário ter uma boca no tampo para se ter um bom timbre. No violão produzido podemos ver mais algumas inovações que o Stage também tem é nas

Figura 5 - interferômetro holográfico



Fonte: Institute of Optical Research, Stockholm, (1971)

Figura 6 - Instrumento de corda (Zas)



Fonte: Livro “Guitars – From the renaissance to rock”

tarroxas não serem na cabeça, pois ele não contém uma cabeça, por melhorias no peso botamos as tarroxas atrás pois o peso fica melhor distribuído no corpo do instrumento.

3.2.1 Pontos Positivos

Um dos grandes pontos positivos da construção do Stage 01 são a praticidade na hora de tocar, pois é um instrumento bem versátil no palco e bem leve, contendo um timbre limpo e definido dos agudos e médios, além dele ser feito ao corpo do instrumentista, pois de todas as adaptações são de certa forma cuidadosamente colocadas pensando no conforto do instrumentista, como a curvatura do braço de acordo com a palma da mão do cliente e também a curvatura das asas de apoio para as pernas.

3.2.2 Pontos Negativos

Neste violão o corpo é bem reduzido, para facilitar no transporte e na hora de tocar, perdendo assim ressonância e volume pois ele é tocado e ouvido da maneira mais plena com o auxílio de uma caixa de som, por isso ele é sem uma amplificação o som fica com pouco volume, pois o grande forte dele é a vibração e não o ganho das notas.

3.3 Escolha das madeiras

A escolha das madeiras já foi um pouco mais complicada para mim que sou iniciante, pois requer um estudo a fundo e muita experiência para ter a avaliação do que cada madeira faz e os tipos dela, mas ao decorrer deste trabalho aprendi muito sobre as que eu usei em meu violão. Na escala usei Ébano, no braço Mogno e Acer, para as laterais e fundo foi usado Amexa alemã e as partes como tarroxas e detalhes de Acer. Em seguida falarei das características de cada madeira. Claus me ensinou muita coisa sobre as madeiras e os cuidados que temos que ter com elas, os tipos de poros e porque não deve se escolher qualquer madeira, pois a

Figura 7 - Madeiras finas



Fonte: Acervo próprio

humidade dela influencia muito em como ela irá responder. Para a criação de um instrumento é necessário que a madeira esteja totalmente seca, pois caso contrário ela começará a descolar as peças e provavelmente não será um bom instrumento.

3.3.1 Características das madeiras

Ébano: Madeira dura e oleosa com poros finos, de preferência usado para escalas e instrumentos de sopro.

Cor: preto/ marrom escuro com listras escuras ou claras, depende da origem.

Origem: África. Pode polir sem adição de óleo ou cera.

Abeto: Madeira relativamente mole, bom para vibrar com frequências graves até agudos. Usado para tampos de instrumentos de corda.

Cor: amarelo claro com listras finas de marrom até laranja.

Origem: serras europeias e norte-americanas.

Amexa: Madeira dura com poros finos

Cor: básica de roxo com listras marrons e roxo escuro. Usado para instrumentos de sopro e para fundos e laterais de instrumentos de corda.

Origem: Europa.

Acer: Madeira dura com poros finos, usado para instrumentos de sopro e de corda para laterais e fundos ou até para corpos de guitarras.

Cor: branca até bege claro.

Origem: Europa e América do norte (maple).

Mogno: Madeira semidura, poros finos até médios, com pouca tendência de empenar, usado para instrumentos de cordas dedilhadas para laterais, fundo e braço. **Cor:** marrom com desenhos de marrom escuro até preto.

Origem: América central, América do Sul, África.

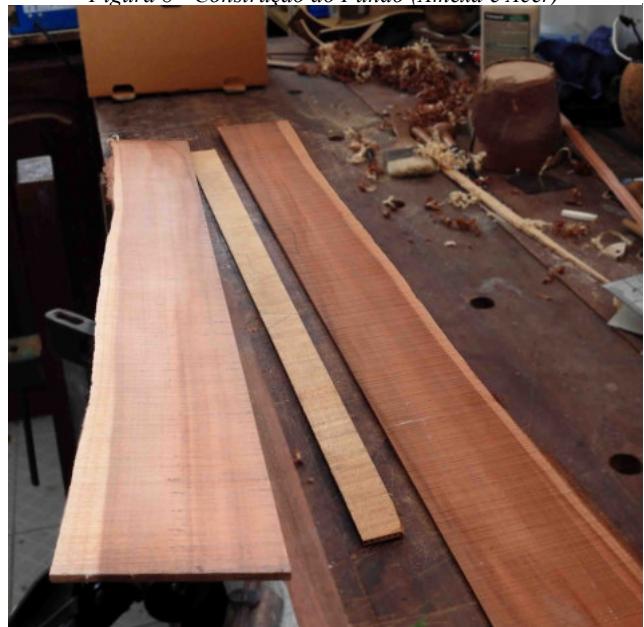
3.3.2 Tratamento e Corte das madeiras

Após a escolha da madeira nós fomos trata-las e corta-las para uma futura colagem das peças. Esse tratamento consiste em lixar a madeira até chegar no veio real dela, pois a madeira vem com lascas e sujeira em cima. uma superfície lisa e macia da madeira, perfeita para colagem. Observamos na imagem ao lado que as madeiras ainda não foram tratadas, somente cortadas e alinhadas para que se encaixem entre si. Esse processo é necessário pois as peças que irão se encaixar não devem ter espaços entre si, para que a cola entre pelos poros da madeira quando apertadas.

3.4 Colagem do Fundo

Fixação das peças do fundo, tem uma certa delicadeza pois ela é feita com as madeiras na horizontal, usando fita adesiva para causar uma certa pressão sobre as peças, unindo assim juntamente com a cola, as outras peças. Nesta imagem ao lado vemos a peça do fundo já colada com ameixa ao lados e Acer no centro, no formato que será o violão, a madeira já tratada cortada e colada, usamos alguns tipos de lixas para fazer esse tipo de trabalho, juntamente com pleinas, grossas e limas.

Figura 8 - Construção do Fundo (Ameixa e Acer)



Fonte: Acervo Próprio

Figura 9 - Fundo Colado e limpo



Fonte: Acervo Próprio

3.5 O Braço do instrumento

O braço do violão é feito de Mogno e Acer ao centro. Para se produzir o braço tivemos que pegar três peças de Mogno com Acer e corta-las em três partes, uma mais longa e um pouco mais fina para ser o braço, e outras duas curtas e grossas para ficar apoiadas e coladas em cima do braço, para fazer o que chamamos de tróculo ou quilha, que é a parte arredondada do braço onde se tem um perfil para colagem do instrumento nas laterais. A imagem ao lado mostra todo esse processo de colagem e confecção do perfil do braço para melhor performance. Um processo demorado, cansativo e que rendeu muitas cicatrizes ao decorrer de todo trabalho, porém obtivemos um resultado excelente ao final.

Figura 10 - Confecção do braço - Mogno



Fonte: Acervo Próprio

3.6 As Laterais

Figura 11 - Moldando as laterais (Amexa)

Para a confecção das laterais usamos Amexa Alemã, que foi basicamente a madeira mais usada para esse violão. Primeiro fizemos a limpeza da madeira, medimos com muita precisão e depois cortamos com a serra japonesa, alinhando também os cantos com a pleira, para que não houvessem desníveis ao longo da lateral superior e inferior, onde ficarão respectivamente o tampo e o fundo do instrumento. Depois pegamos a madeira e esquentamos no ferro, para que ela possa ficar maleável e sem quebrar, dando curvas para a mesma, técnica muito usada no mundo da luteria. Esse estágio foi feito pelo Mestre Claus pois precisa-se de uma certa experiência para



Fonte: Acervo Próprio

molda-la sem quebrar, usando apenas agua para não queimar os veios da madeira. Podemos observar na imagem ao lado que o molde foi usado para dar referência para o teor de maleabilidade da madeira, montando assim curvas bem definidas, como se queria chegar ao resultado final, este processo é bem lento e requer cuidados e experiência para não se machucar principalmente, pois esse estágio da produção é fundamental e muito delicado na confecção.



Figura 12 - Moldando na forma

Fonte: Acervo Próprio

3.7 Colagem das Laterais

As laterais do corpo foram coladas ao braço que já ficara pronto, usando cola para madeira. O processo de colagem requer também outro tipo de marcação para que não fique faltando madeira na finalização do projeto, por esta razão tudo o que foi feito no instrumento demandou um tipo de medição, para que tudo desse certo no final. As laterais do corpo foram coladas ao braço com grampos de fixação e todo o processo demorou cerca de 1 hora para secar a cola. desde a escolha da madeira até este estágio que foi abordado até agora durou cerca de 2 meses.



Figura 13 – Colagem das laterais ao braço

Fonte: Acervo Próprio

3.8 Composição do suporte das tarraxas

Figura 14 - Suporte das tarraxas - Acer

Na elaboração do suporte foi usado Acer, feito com uma peça de 20 cm de comprimento foi cortada em um ângulo interno para conter uma curvatura pouco acentuada no meio, para que as forças das cordas fossem dissipadas entre as extremidades e percorrer o centro sem forçar a peça. Neste modelo da foto temos o suporte que foi criado, tivemos que cortar a peça pois o instrumento



Fonte: Acervo Próprio

era mais largo que o convencional. A peça foi usada também para treinamento, obtendo assim quatro cavidades na parte superior e inferior do suporte, onde mais tarde iriam ser furados os buracos para fixação das tarraxas que ficam presas em dois pontos. Na segunda imagem vemos o suporte já pronto para a colagem nas laterais, juntamente com o braço. Este processo foi feito em paralelo com outros, que sairiam bem mais rápidos e de maneira mais prática, falando-se em termos de confecção.

3.9 Colagem do suporte ao esqueleto do violão

Na fixação do suporte houveram alguns contratemplos onde foi fixado pela primeira vez o suporte, porém ficou errado, pois não medimos e a peça saiu dois milímetros para o lado esquerdo, causando uma leve depressão na estética do violão. Após esse transtorno, refizemos a colagem, porém desta vez foi com segurança de que nada iria sair do lugar, pois fixamos grampos ao longo da peça para que ela não se movesse quando estivesse em contato com a cola e as laterais de cada lado. Na foto ao lado podemos observar o braço do instrumento já lixado e limpo, pronto para o laqueado e futuras modificações.

Após todo o processo de colagem de toda as peças fundamentais e estruturais do violão, finalmente o violão começa a tomar sua forma após três meses de trabalho, isso foi ocasionado pela pouco tempo livre, pelo mau gerenciamento sobre a quantidade de tempo que se iria ser gasto para a produção do instrumento, pois fazer um instrumento requer muita paciência e também um pouco de tempo livre para se dedicar a isso. Começamos em julho de 2016 a confecção do instrumento; a foto apresenta-se agora é de setembro de 2016, Três meses após o início o violão estava com sua estrutura montada

Figura 15 - Colagem do suporte ao esqueleto



Fonte: Acervo Próprio

3.10 O Tampo

O tampo de um violão é uma das partes mais importantes do instrumento, pois nele irá se refletir todo o som que o violão pode vir a produzir. O tampo tem que ser feito com uma madeira leve, e mole para que ele vibre por completo. Usou-se no violão Abeto, madeira mole que soma nos graves e os agudos, muito usado em vários instrumentos.

Figura 16 - Tampo e seus leques harmônicos - Abeto

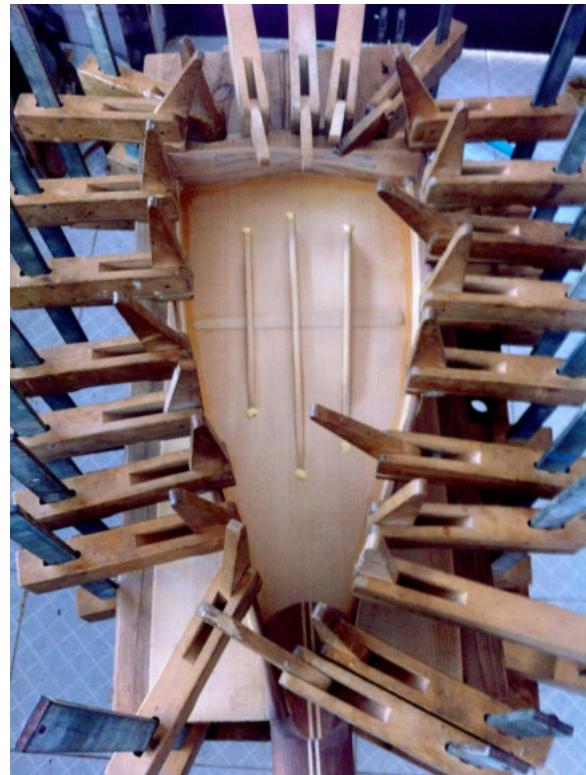


Fonte: Acervo Próprio

O tampo foi construído em três etapas: primeiro a de limpeza da superfície da placa de Abeto, deixando sem nenhum desnível para as madeiras que irão ser coladas; a segunda etapa é a preparação dos leques harmônicos, que são faixas na diagonal da madeira, onde irão ser elaborados os harmônicos dando vibração para cada leque, como na figura acima. Antes da colagem dos leques fizemos uma fita de Acer bem fina e colamos da transversal do veio, já a última etapa é a colagem da mesma que é mostrada na foto seguinte. A colagem contou com vários grampos para prender bem a cola entre os poros das madeiras e fazer uma ligação retilínea entre elas duas.

Depois de feito todo o trabalho de colagem dos leques harmônicos, entramos no processo de colagem do tampo ao esqueleto do violão, que demandou muitos grampos para fazer pressão por completo em cima da placa de Abeto, pois para se colar madeira com qualidade deve-se ter uma boa cola para madeira e uma quantidade suficiente de suportes de fixação ou grampos, eles farão uma pressão muito grande sobre a cola, fazendo-a entrar pelos poros de cada madeira. Na foto ao lado observa-se exatamente esse processo de junção das duas peças. Depois de um dia secando a peça está pronta para tirar os grampos de fixação e fazer a limpeza do resto de madeira. Com a serra japonesa foi possível cortar a madeira do tampo sem dificuldades para alinhar ao formato do violão, tornando assim cada vez mais visível o crescimento do instrumento. No registro ao lado vemos que o violão já com as tarroxas prontas, o braço, o tampo, faltando apenas o fundo para finalizar o projeto estrutural e começar com os detalhes. A primeira vista que temos sobre essa construção é que não é só ter a experiência sobre como confeccionar um instrumento, mas também as ferramentas que são necessárias para que isso aconteça e ajude o trabalho a sair melhor. Para esse processo foram usadas inúmeras régulas e inúmeras ferramentas para variados tipos de resultado que se queriam alcançar, visando apenas a performance do instrumento. Um dos maiores desafios até esse determinado processo foi de adaptação das tarroxas e braço ao corpo, pois é necessário muita paciência para a colocação e

Figura 17 - Colagem do tampo ao esqueleto



Fonte: Acervo Próprio

Figura 18 - Tampo cortando pronto para o acabamento



Fonte: Acervo Próprio

tudo tem que ser perfeito para que saia um som desejado do instrumento musical. Finalizando o processo do tampo lixamos e acertamos os cantos para que ficassem justos.

3.11 Criação da ponte

Para a criação da ponte usamos Ébano Africano, pois esta parte do instrumento precisa ser bem resistente para aguentar a pressão das cordas que passam dos cinquenta quilos de força. Começamos com um bloco retangular de madeira e fomos esculpindo de acordo com o projeto do violão que se queria alcançar, feito antes o desenho no computador depois impresso e colado no bloco de ébano para que pudéssemos ter um desenho correto e sem muitas alterações de visual.

Figura 19 - Ponte recortada e colada - Ébano



Fonte: Acervo Próprio

Figura 20 - Design da ponte computadorizado



Fonte: Acervo Próprio

A colagem foi uma das etapas mais complicadas de todo o processo de montagem de peças, pois ela precisou de muita medição e precisão tendo em vista que na distância da ponte até o capotraste que vai ser estendida a corda. Algum erro nesse processo e o violão ficaria com as oitavas e as notas todas desafinadas.

Figura 21 - limpeza da escala de Ébano Africano

3.12 A Escala

Na Escala é de fundamental importância que ela seja retilínea e sem sujeira. Usamos Ébano também pois é uma madeira dura e resistente que sofre pouco com as ações das cordas ao longo do tempo. Na imagem ao lado vemos a limpeza feita com rastilho, que nada mais é um pedaço de metal fino e afiado que



Fonte: Acervo Próprio

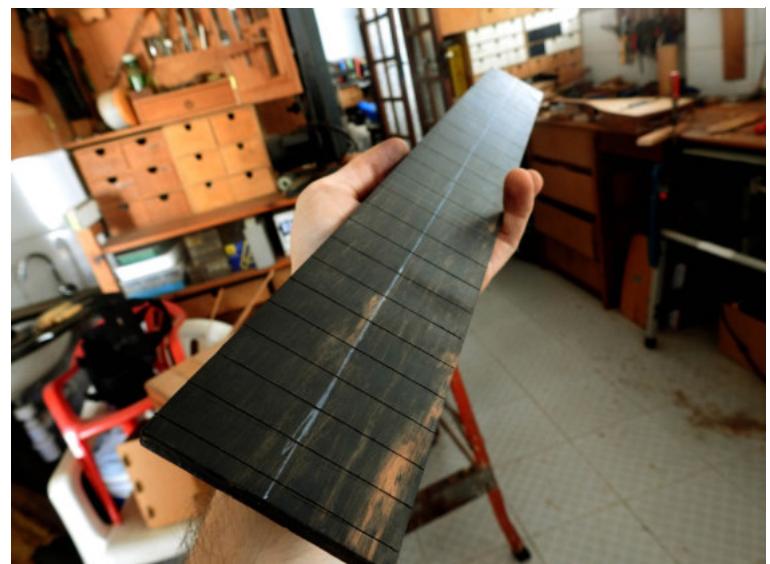
tira faixas finas da madeira, limpando para posteriormente fazer as faixas de colocação dos trastes nas quais ficarão presos mesmo. Após essa limpeza foi feita também uma medição de onde ficaria cada faixa na escala, seguindo uma progressão logarítmica, para cada traste. O processo de confecção do instrumento envolve muita matemática e referências para que não possamos errar, pois tudo é muito delicado, e precisa ser feito da maneira correta, esses cálculos tiveram que ser feitos pelo Mestre Claus pois eu não tinha domínio da técnica que era usada para fazer isso, após feito ele me ensinou como faz para futuramente poder aplicar isso em algum instrumento.

3.13 Os Trastes

Após feita toda a verificação, começamos a cortar a fibra da madeira de maneira transversal ao veio, fazendo faixas retas para cada traste, fizemos vinte trastes para que pudéssemos chegar até o final da placa de Ébano que ficará em cima do braço e do tampo. A construção da escala não é a mesma do braço, pois são duas peças diferentes, comete-se muito esse erro ao pensar que o braço e

a escala são uma única peça, geralmente são feitas de madeiras diferentes, por causa da resistência que a madeira tem que ter, algumas madeiras como Ébano, Mapple, Jacarandá são muito usadas na produção da escala do instrumento.

Figura 22 - Escala pronta com as faixas dos trastes



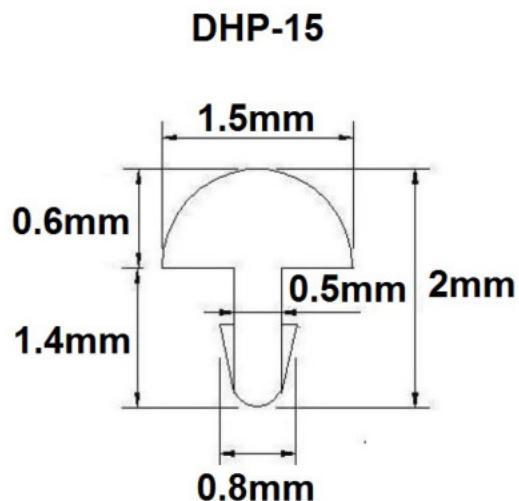
Fonte: Acervo Próprio

Na imagem acima vemos a escala pronta para a colagem e depois colocação dos trastes na escala. Os trastes são colocados depois, pois para se colar a escala ao braço, precisa-se de uma superfície lisa pra os grampos ficarem fixos, com os trastes s isso não seria possível, sendo assim colocado após a colagem. A colocação dos Trastes perpassa pela colagem da escala no braço do instrumento. Os Trastes são feitos de latão ou de metal muito resistente, contendo dentes na

parte inferior dele, para que quando entrar na madeira não sair, fazendo uma força contraria ao veio prendendo o traste à faixa.

Como podemos observar no desenho ao lado, o traste contém um milímetro e meio de largura e os dentes possuem menos que um milímetro, para que possa entrar dentro da faixa e se segurar, todo o processo é feito com martelo e os trastes, batendo até adentrarem a faixa na escala, ao final regula-se tudo tirando os excessos nas laterais para não se cortar quando o instrumentista for tocar. Alguns problemas foram surgindo, pois, algumas faixas não foram suficientemente cortadas para que os trastes pudessem adentrar por completo, fazendo cair logo após a colocação, foi refeito a faixa nesse local e fixado novamente o traste, mas dessa vez colocamos cola para que não saísse mais.

Figura 23 - modelo do traste usado



Fonte: Acervo Próprio

3.14 Asas

Figura 24 - Asas de suporte

As asas do *Stage* são de certa forma fora do comum, pois mesmo os violões *headless* (sem cabeça) não contém o abaulamento para as pernas para tocar sentado sem precisar de apoio para os pés. As Madeiras são de Amexa e foram feitas a partir de uma prensa de madeira que botávamos a madeira que se



Fonte: Acervo Próprio

deseja curvar dentro da máquina, assim botávamos um pouco de agua na placa de ameixa para ficar maleável e assim

se moldar com facilidade, aos poucos íamos apertando mais a prensa e dia após dia ela ia se curvando sem precisar quebrar ou esquenta-la. Para a fixação fizemos um buraco transversal nas duas laterais cortando o violão ao meio, e passando um tubo de ferro entre ele para a fixação de um parafuso e assim podermos parafusar as asas ao corpo. Após o término desse estagio fizemos a montagem dela no projeto completo, e chegamos a um resultado visual fantástico.

O som não tínhamos como checar antes pois somente ao colocar as cordas e a captação para ouvirmos como iria ficar o som. A parte estrutural do violão estava pronta, agora só faltava chegar os pontos que irão dar toda a diferença no violão, como limpeza fina das madeiras, a colocação de detalhes em Madre Pérola , o laqueado, os , adornos e as cordas.

Figura 25 - esqueleto completo do Stage-01



Fonte: Acervo Próprio

3.15 A Fase de Limpeza do Instrumento

Os detalhes que irão ser abordados em seguida, tiveram 9 meses de duração, contendo somente 5 meses para a parte estrutural. Um violão requer muita precisão e cuidado na hora de findar os detalhes, como parte de verniz e entornos no tampo. Fizemos uma limpeza no instrumento com uma lixa de tamanho 220, depois aumentamos para 400, e finalizando com 600, mas porque três lixas de tamanhos diferentes? A primeira lixa é mais grossa tirando apenas as partes mais duras e de certa forma fazendo mini arranhões ao longo da madeira, a lixa 400 irá tirar esses arranhões e a

Figura 26 - Colocação da captação



Fonte: Acervo Próprio

600 tirará tudo e dará brilho a madeira. Após a limpeza começamos a fazer os buracos de peças como o da captação “FISHMAN” – tipo de captador usado na foto acima. Após ter colocado a captação fizemos a gaveta do fundo, por onde irão ser colocadas as cordas e também funcionando como a boca do instrumento, trabalhando como a boca de violão convencional. Para isso tivemos que preparar todo o sistema da gaveta para que quando tocássemos o violão ela não tremesse causando assim um barulho enquanto tocamos o instrumento. A confecção da gaveta foi feita de Ameixa e as talas de dentro por onde vai percorrer a chapa de Ameixa será de Acer. O fundo será colado e o violão será fechado, sendo assim finalizado o corpo como um todo.

3.16. O verniz

Neste capítulo iremos ver 5 meses de trabalho em uma só atividade, o verniz. Não foi fácil ter que envernizar e também fazer tudo isso sem machucar o instrumento. Definitivamente a parte mais difícil na composição desse trabalho, que precisou de mais tempo, e habilidade e também um pouco de bom clima e sorte.

A indústria de verniz busca diferenciais que tornam seus

Figura 27 - tampa da gaveta traseira envernizada



Fonte: Acervo Próprio

produtos mais resistentes e mais próximos das cores de madeiras, como a Cerejeira, Jacarandá, Mogno, Imbuia, Canela e Cedro. A umidade de algumas regiões não é ideal para o manejo desse acabamento, mas a aplicação dos produtos é importante para o cuidado da madeira. O clima influencia muito no verniz, pois a humidade do ar faz o verniz não reagir e demorar a secar, por isso esse processo foi tão demorado e cheio de complicações ao longo do acabamento.

Primeiro, iremos listar os materiais necessários para isso acontecer. Foi usado nesta etapa, seladora para madeira juntamente com redutor thinner, lixas e muita paciência. Lixamos toda a superfície onde seria aplicado o verniz, depois limpamos com um pano para retirar todo tipo de sujeira, após isso misturamos em um frasco a seladora com o thinner para deixar o verniz um pouco mais líquido, pegamos um pincel e aplicamos várias camadas de verniz e deixamos

secar durante duas semanas e após o tempo passar, retiramos o excessos com água e uma lixa fina 600 deixando somente o verniz entre os poros da madeira. Esse processo foi feito em torno de 20 vezes até chegar no resultado que se queria e durou em torno de cinco meses para chegar ao estágio, acabamento desejado. O verniz é a parte mais complicada na construção desse instrumento pois ele tem partes meticulosas em que contem curvas o verniz tem que ser retirado em parte desses locais de difícil acesso. Após a construção e o acabamento do instrumento, iremos acertar os detalhes de construção como os furos para tarroxas e prender as Madrepérola no lugar para fazer o detalhe do corpo e do braço.

3.17. O projeto finalizado

Figura 28 - Projeto finalizado

Neste capítulo iremos mostrar o final do projeto, o violão com as cordas, após a produção do osso do rastilho da ponte e também a colocação das cordas de nylon Hannabach®. No inicio sofreu algumas alterações no tipo do rastilho de osso usado na ponte de Ébano, pois a mesma estava quebrando as cordas. Fizemos outro rastilho e dessa vez raspamos as pontas para que não machucassem as cordas futuramente rompendo-as. Depois de finalizado testamos na caixa de som e o som ficou muito agradável, finalizando o projeto após 14 meses de trabalho.



Fonte: Acervo Próprio

4. A modo de Conclusão

Este relato teve a intenção de mostrar um pouco do processo de construção de um instrumento musical(violão), passando por todas as etapas de montagem, frisando também a importância do profissional *Luthier* para uma sociedade musical e atentar para as diferenças de um instrumento feito por uma linha de produção e de um

Figura 29 - Detalhes do encordoamento



Fonte: Acervo Próprio

feito à mão,Após 14 meses de trabalho, e muito suor e ferimentos, o projeto finaliza deixando muita experiência tanto para o aprendiz quanto para o mestre artesão. Agregando muito conhecimento para meu lado artesão e também pessoal, como algumas coisas que a construção do violão me trouxe, como paciência e força de vontade, ter um violão feito por você e toca-lo pela primeira vez é surreal. Indescritível a sensação de finalizar dois projetos meus em um só, que são, ter meu próprio violão e ter a monografia apresentada no curso de Licenciatura em Música da UFMA. Uma experiência que irei carregar para toda minha vida musical, pessoal e profissional. Um sincero agradecimento a todos os envolvidos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

FROM MOLIN & STETSON, INSTITUTE OF OPTICAL RESEARCH, STOCKHOLM, 1971,
USES HOLOGRAPHIC INTERFEROMETRY

ALEXANDRINO, Pedro. **Luthier Arte Ofício Cidadania** - Barão de Cocais. Belo Horizonte: Do Coordenador, 2009

TOM AND MARY ANNE EVANS – Guitars From the renaissance to rock, Oxford University Press, 1971

Ralph Denyer, **THE GUITAR HANDBOOK**, Pan Books Limited, London 1982

KAMIMOTO,hideo, **COMPLETE GUITAR REPAIR**, oak Publications, New York 1975

Alves Da Silveira, **O VIOLÃO** – algumas informações básicas sobre o instrumento – 2016
Alvesdasilveira.com

Tony Bacon, Dave Hunter, **TOTALLY GUITAR**, backbeat, London, 2004

Myrian Taubkin, **VIOLÕES DO BRASIL**, edições sesc São Paulo,2007

MORAES, J. Jota de. **O que é música.** 7. ed.. São Paulo revista educação v.7, n.1

ROQUE, Carlos. **Jornada das Mão**s. São Paulo: edi- tora, 2010. Luthiers: artesãos Musicais Brasileiros. São Paulo: editora, 2003.

BARISKA, M . **Holz fur musikinstrument**s . Forschung und Technik, 1976

BROOKE, M. RICHARDSON, B. E. **Mechanical vibrations and radiation fields of guitars. Journal of the acoustical Society of America** , V. 94, p. 1806 , 1993.

FLETCHER, N. H., and Rossing, T. D., **The Physics of Musical Instruments** , 2 Ed. Berlin: Springer - Verlag, 1998, 620p.

KINSLER, L. E. et al . **Fundamentals of Acoustics** .3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1982

.

