

DESENVOLVIMENTO DO CORPO DE UMA GUITARRA ELÉTRICA EM BAMBU: APLICAÇÕES DO SISTEMA CAD/CAM

Rovilson Moreira de Pontes

Faculdade de Tecnologia de Jahu, rovilson.mp@gmail.com

Juliano Reginaldo Daniel

Faculdade de Tecnologia de Jahu, julianordaniel@gmail.com

Aparecida Maria Zem Lopes

Doutora, Faculdade de Tecnologia de Jahu, Aparecida.lopes01@fatec.sp.gov.br

Flávio Cardoso Ventura

Doutor, Faculdade de Tecnologia de Jahu, flavio.ventura01@fatec.sp.gov.br

RESUMO

O bambu é uma planta que se desenvolve rapidamente, além de ser versátil e sustentável, o que o torna uma boa opção para substituir materiais na construção de diversos tipos de produtos. Assim, o objetivo desse estudo foi desenvolver o corpo de uma guitarra elétrica utilizando bambu como matéria-prima principal. O estudo foi realizado em campo, o que possibilitou a obtenção de dados sobre o processo que o bambu deve passar para se tornar material adequado para confecção de produtos, tais como uma guitarra. No processo de usinagem do corpo da guitarra foi utilizado o sistema CAD/CAM, que permitiu dimensionar e apresentar os dados necessários para sua construção. Foi possível perceber que a guitarra desenvolvida se mostrou funcional e possui as condições necessárias para que seja considerado um instrumento de boa qualidade, o bambu na sua forma em BLC possibilitou resultados satisfatórios.

Palavras-chave: Guitarra. Bambu. Bloco. Usinagem. CAD/CAM.

ABSTRACT

Bamboo is a plant that becomes quickly, in addition to being versatile and sustainable, which makes it a good option to replace materials in the construction of various types of products. Thus, the objective of the study was to develop the body of an electric guitar using bamboo as the main raw material. The study was carried out in the field, which made it possible to obtain data on the process that the bamboo must go through to make the material suitable for making products, such as a guitar. In the machining process of the guitar body, the CAD / CAM system was used, which should dimension and present the data provided for its construction. Normally, the bamboo harvesting, drying and filleting process would be carried out. It was possible to perceive that the developed guitar proved to be functional and has the necessary conditions for it to be considered a good quality instrument, bamboo in its BLC form allowed satisfactory results.

Keywords: Guitar. Bamboo. Block. Machining. CAD/CAM.

1. INTRODUÇÃO

A exploração ilegal da madeira na floresta Amazônica mostra o quão grande é sua devastação e degradação. A retirada de madeira ilegal, juntamente com queimadas, configura

o estabelecimento de uma área convertida para a pecuária. O desmatamento ilegal leva a um desgaste na biodiversidade e degradação do solo. Com isso o bambu pode ser utilizado como um substituto dessa matéria-prima (BRASIL, 2015).

Com relação à aplicação de matéria-prima, a madeira é usualmente utilizada na fabricação de móveis e instrumentos musicais, mais especificamente de guitarras. Pinto et al. (2016) diz que as madeiras mais utilizadas são *maple* e mogno. No entanto, ultimamente, devido à escassez, são consideradas de alto custo.

A sustentabilidade deve estar baseada em três fatores: ambiental; social; econômico; político e social (JARA, 1998). O bambu pode ser um aliado aos fatores supracitados. Tratando-se dessa matéria-prima (bambu), pode-se dizer que tem potencial para: i) contribuir para a redução do desmatamento das florestas; ii) auxiliar na preservação ambiental; iii) ser utilizado para a geração de renda em comunidades carentes de modo que atenda suas necessidades sociais e econômicas (PEREIRA e BERALDO, 2016).

O bambu ainda é uma matéria-prima pouco explorada no Brasil, porém ela pode ajudar no aspecto ambiental. Segundo Pereira (2012) colmos novos com idade de (um ano) não têm muitas folhas e ramos, assim, ele tem uma cor mais esverdeada e, geralmente, esses colmos mais novos se encontram nas partes externas de uma touceira. Já os colmos mais velhos (que tem idade entre um e dois anos) possuem mais folhas, ramos e ramificações e sua coloração é mais amarelada. Eles são encontrados mais no interior de uma touceira.

Liese (1985, apud Pereira 2012), diz que o comprimento dos internós tem seu crescimento da base para o meio do colmo e, assim, possuem um comprimento médio de 20 a 35 cm na maioria das espécies de bambu. O crescimento dos colmos de qualquer espécie de bambu atinge o seu tamanho real em poucos meses. No caso das espécies de pequeno porte o período de crescimento é de 30 dias, já as espécies de bambu gigantes demoram em média 180 dias.

Pode-se realizar a transformação do formato da matéria-prima, isto é, do estado *in natura* (cilíndrico) para lâminas, ou melhor, bambu laminado colado (BLC), formando um bloco para que possa ser usinado em equipamento de tecnologia subtrativa, quando se retira o material para se alcançar o formato desejado.

O *Computer Aided Design* (CAD) é um sistema computacional que possui tecnologia

de desenhos tridimensionais (3D), substituindo assim o desenho manual por um processo que seja automatizado em 2D ou 3D. O sistema CAD/CAM é um método que tem o auxílio computadorizado, para que possam ser realizadas operações. Ele faz a leitura do arquivo e interpreta as formas geométricas para saber qual o percurso que a ferramenta deverá percorrer. A integração com o operador da máquina é necessária e continua, pois devem ser definidos parâmetros. (MENEHELLO, 2003)

Com base nas observações supracitadas, considera-se que a conexão entre materiais de fonte renováveis e o sistema CAD/CAM permita que seja possível desenvolver uma guitarra utilizando o bambu como matéria-prima principal.

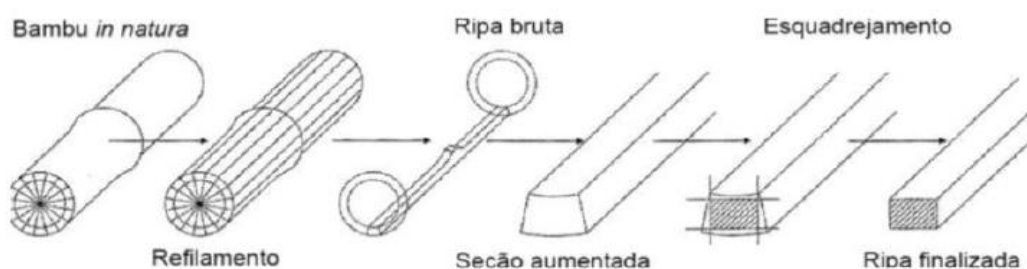
Para Pereira e Beraldo (2016), bem como por Rodrigues (2019) os bambus protegem o solo, auxiliam na captura de carbono, podem ser utilizados no reflorestamento e oferecem matéria-prima de boa qualidade. O bambu pertence à família das *graminae* e subfamília *bambusoideae*, uma matéria-prima natural de baixa massa, alta resistência mecânica, proporciona um manuseio mais fácil e crescimento mais rápido do que a madeira. O bambu é rico em materiais nutritivos, tornando-se alvo de brocas, exigindo um tratamento adequado.

O colmo do bambu sendo oco possibilita a utilização do mesmo em vários seguimentos, tais como: estruturas, móveis e decoração. O bambu apresenta uma geometria cilíndrica quando cortado na transversal, esse formato prejudica a sua aplicação industrial, os colmos apresentam maior diâmetro na base e os mesmos diminuem no sentido do topo; as paredes do colmo são variáveis ao longo do comprimento; além dos nós, que apresentam menor resistência mecânica (PEREIRA e BERALDO, 2016).

É possível transformar o bambu cilíndrico em blocos, esses blocos são conhecidos como Bambu Laminado Colado (BLC), acredita-se que seja o mais indicado para ser processado via sistema CAD/CAM, mais especificamente, por meio de tecnologia subtrativa.

Segundo Beraldo e Rivero (2003), as espécies *Dendrocalamus giganteus* e o *Bambusa vulgaris* apresentam características adequadas para a fabricação do BLC. O fator limitante para a produção no Brasil, no entanto, é a falta de equipamentos específicos para realizar a laminação das ripas (Figura 1).

Figura 1 - Fabricação de ripas de bambu

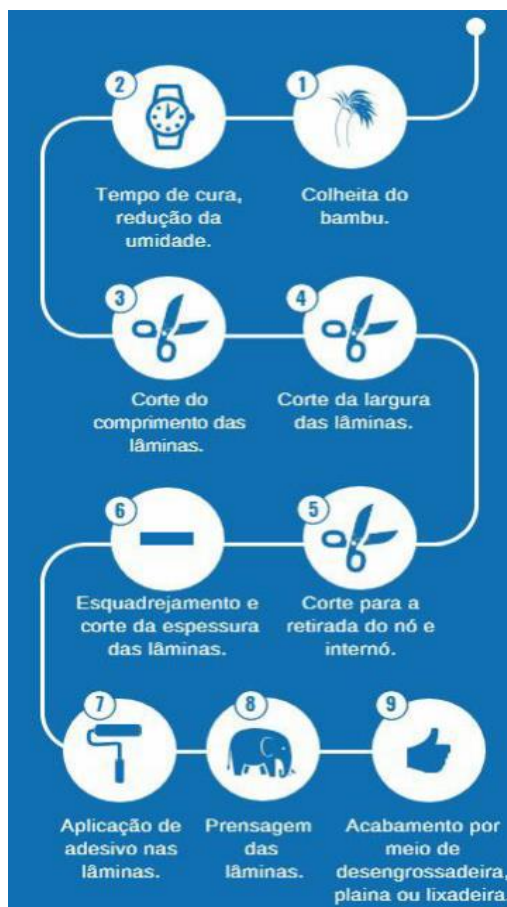


Fonte: Adaptado de Xiao, Inoue e Paudel (2008).

As etapas, apresentadas a seguir, descrevem como é produzido o BLC (Figura 2):

1. É realizada a colheita de bambu;
2. Deve ser respeitado um tempo de cura, com o propósito de se reduzir a umidade do colmo, que deve ser de aproximadamente 15%. RAMOS (2014, apud Ventura 2019);
3. É realizado o corte do comprimento das lâminas;
4. Cortes longitudinais são realizados por meio de serra circular dupla, determinando-se a largura das lâminas;
5. Após a separação das lâminas, o bambu apresenta ondulações devido ao nó e ao diafragma; são retiradas as ondulações existentes nas lâminas por meio de serra circular de bancada;
6. As lâminas são processadas (esquadrejadas) em uma plaina; a espessura da lâmina é determinada nesse processo;
7. Ocorre a aplicação do adesivo;
8. Pode ocorrer a prensagem horizontal, vertical ou mista;
9. Obtém-se um bloco em BLC; o acabamento pode ser realizado por desengrossadeira e/ou lixadeira.

Figura 2 - Etapas de produção do BLC.



Fonte: Ventura (2019)

De acordo com Pereira e Beraldo (2016) as espécies de bambu mais utilizadas para a confecção do BLC são *Gigantotochloa*; *Phyllostachys pubescen* e *Dendrocalamus giganteus*.

No Brasil, o crescimento ainda não está avançado pela falta de estrutura e investimento na usinagem do bambu, com isso o processo de utilização da matéria-prima ainda é baixo. Com a tecnologia que obtemos pode-se transformar essa matéria-prima em diversos produtos, a utilização do sistema CAD/CAM auxilia no processo para obtenção de um melhor produto, acelerando o processo num todo.

O levantamento histórico indica que a operação de fresamento surgiu em 1918. A fresadora, ou máquina de fresar, é a máquina cuja ferramenta possui movimento de rotação e que permite movimentar a peça em um, dois, três ou mais eixos (lineares ou giratórios). Sendo assim tem-se uma máquina elaborada para execução facilitada de

peças prismáticas, ao contrário do torno que executa principalmente peças rotacionais (TEIXEIRA, 2015, p. 2).

As fresadoras, segundo Teixeira (2015), são capazes de executar diversos tipos de operações dependendo de sua configuração, acessórios e ferramentas. Podem-se citar:

- a) Superfícies planas, planas inclinadas, curvas e irregulares;
- b) Canais simples, em T, cauda de andorinha;
- c) Eixos com seção regular;
- d) Furos;
- e) Cavidades poligonais e circulares;
- f) Rasgos de chaveta;
- g) Engrenagens e cremalheiras.

Até 1950 os equipamentos eram operados manualmente, tendo assim um pequeno/médio volume de produção.

A primeira máquina foi desenvolvida no ano de 1952, no Estado de Massachusetts, em que os dados de entrada da máquina eram fornecidos através de fitas perfuradas. De 1952 a 1955 a aviação ajudou muito na construção desses equipamentos, pois grande parte desses processos eram voltados para a força aérea. No ano de 1956, fresas com sistema numérico controlado foram fabricadas para atender a área de construção de aeronaves. Em 1970 surgiu o sistema CAD/CAM, que possibilitou a confecção de peças mais elaboradas e complexas (MARCICANO, 2013).

Ao se pensar na complexidade de um instrumento musical, precisa-se primeiramente conhecer suas origens, para assim respeitar suas complexidades e particularidades. Segundo Beethoven (1770 – 1827) (apud Ary Lopes, 2015, p.23) “a música é o vínculo que une a vida do espírito a vida dos sentidos. A melodia é a vida sensível da poesia.”.

A música existe desde a pré-história, quando representavam a música em forma de desenhos, conhecida como artes rupestres. A presença da música acontecia de forma sugestiva, pois nos desenhos havia pessoas dançando, o que se leva a pensar que havia música desde aquela época (AIDAR, 2020).

A seguir, apresenta-se a evolução da história da música, de acordo com Aidar (2020, p. 2):

- a) Pré-história: Emitiam sons do cotidiano, através da observação da natureza, como o barulho do vento, do mar, das árvores, dos animais, supõe-se que a partir daí surgiu a influência de sons que o próprio corpo produzia;
- b) Egito: Música como elemento religioso, em que enalteciam a música como criação do deus Thoth e deus Osíris, como forma de civilizar o mundo. Nessa cultura a música já não se encontrava apenas em desenhos, mas já havia instrumentos, como harpas e flautas;
- c) China: Música fortemente ligada à espiritualidade, em que utilizavam a cítara (instrumento de cordas derivado da lira) e o sistema musical utilizado era a escala de cinco tons, facilitando o improviso nos solos musicais, que sempre usa o 1º, 2º, 3º, 5º e 6º grau da escala. Assim tem-se a Pentatônica;
- d) Grécia: Na cultura grega, a música ligava muito o homem com seres divinos, tanto que a palavra "música" provém do termo grego *mousikē*, que significa "a arte das musas". Nesse caso havia ligação das deusas - que eram grandes inspirações – com a arte e a ciência;
- e) Idade média: Música presente em cultos católicos, mais especificamente integrada pelo Papa Gregório I, no século VI.

Sendo assim, vê-se que a música esteve e ainda está presente em diversos períodos, porém de formas distintas. A música ganhou força e sofre com transformações até os dias atuais, seja com artistas, instrumentos musicais e até mesmo com formas de propagação da música. Existem diversos tipos de instrumentos musicais atualmente, tais como: sopro; percussão e cordas, no entanto, esse estudo teve o foco em instrumentos de corda, mais especificamente a guitarra.

Segundo MACHADO (2012) a guitarra possui uma origem diversificada até chegar à guitarra elétrica atual, e que em sua definição geral é um corpo que emite som. A guitarra é

composta por seis cordas, que são presas por meio de tarraxas, responsáveis pela afinação do instrumento. Existem diversas teorias sobre a guitarra, uma delas é que instrumento foi um tipo de adaptação da *kithara*, pois além da similaridade do nome, ela também possui seis cordas.

O instrumento que também serviu de influência para o surgimento da guitarra foi a Harpa-Bacaia, utilizada pelos ancestrais, em que era composta por casco de tartaruga e uma vara de bambu. Assim, com a vara de bambu dobrada na ponta era possível obter a afinação (CONSULTORIA DO ROCK, 2012).

De acordo com Black Princess (2018) por volta de 1930 surgiram as guitarras elétricas, sendo um tipo de adaptação do violão – instrumento de cordas dedilháveis – que possui formato semelhante ao número oito. As guitarras nesse período possuíam um som mais baixo e suave, onde para ampliar sua potência sonora foram colocados captadores. Os captadores são dispositivos que realizam a captação mecânica de um instrumento de corda e as convertem em um sinal elétrico. Porém, com a adaptação desses captadores ocorreu uma vibração, que por sua vez gerava alteração sonora, tornando-se assim um problema; pensando nisso o músico Norte – Americano Les Paul criou um corpo maciço, que é a forma conhecida atualmente.

Segundo o site História de tudo (2020) o primeiro modelo de guitarra começou a ser fabricado em meados de 1931 pela empresa Rickenbacker, mas o responsável pela produção em massa foi Leo Fender. Após a Segunda Guerra Mundial, na década de 1950 e 1960, a guitarra ganhou um grande espaço no mercado, o que perdura até hoje. Inclusive, grandes nomes se consagraram através da guitarra, tais como: Jimi Hendrix, Eric Clapton, B. B king, Eddie van Halen e muitos outros. Estima-se que existam 50 milhões de guitarrista em todo mundo.

Segundo o descomplicando música (2020) para se obter uma boa guitarra é necessário que utilizem matéria-prima de boa qualidade. A madeira, por sua vez, é a principal matéria-prima da guitarra, pois ela é responsável pelo timbre grave ou agudo e o *sustain*, que seria o tempo audível de duração produzido pela nota.

Na guitarra, uma das partes mais críticas do instrumento é o braço, pois nesse componente está concentrada muita tensão por conta da tração causada pelas cordas. Por ter

uma grande estabilidade, a madeira *Maple* é a mais utilizada nas guitarras Fender. No caso das guitarras Gibson temos as opções do *Mogno*, madeira mais macia, e o *Ébano*, que possui as mesmas características, porém o custo benefício é maior.

A madeira Jacarandá da Bahia era muito utilizada por ambas as empresas, mas como a extração dessa madeira foi proibida (devido a preservação do meio ambiente), as grandes marcas começaram utilizar a madeira chamada *Rosewood* (DESCOMPLICANDO MÚSICA, 2020).

No mercado atual existem outras madeiras utilizadas como matéria-prima, em que seus valores são mais acessíveis, o que conseqüentemente gera um valor final menor e uma qualidade mais inferior. Temos como exemplo as seguintes espécies de madeiras: espécies: Nato, Poplar, *Basswood*, *Plywood* e Cedro.

O Quadro 1 demonstra os tipos de madeiras utilizadas para a formação da guitarra.

Quadro 1 – Madeiras utilizadas no corpo das guitarras.

Mogno	Toque macio com boa ressonância usado em violões. Cor castanho avermelhado.
Alder	Madeira dura com som encorpado, frequência equilibrada e sustentação.
Ash	Madeira densa e porosa. Som bem estridente e rica em agudos. Cor castanho acinzentado.
Maple	Tem como principal característica a sua capacidade de suportar tensão. Madeira dura e de cor clara.
Ébano	Uma madeira densa e de coloração escura. Usada em escalas e em outros instrumentos como violino e flauta.

Fonte: Descomplicando Música (2020).

No entanto, há diversos problemas no momento da escolha das madeiras, como por exemplo, a falta no mercado, custos agregados e ambientais. No caso da escolha do Bambu, possui durabilidade, leveza, resistência e baixo custo, o que permite ser uma ótima alternativa, além de ser mais sustentável.

1.1 OBJETIVO GERAL

Empregar blocos de BLC para construir o corpo de uma guitarra elétrica.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar como o bambu em BLC se comporta na usinagem e resistência;

- Verificar a melhor forma de integração dos materiais com o corpo da guitarra em bambu.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa realizada se classifica como tecnológica. A pesquisa tecnológica é "o campo do conhecimento relativo ao projeto de artefatos e ao planejamento de sua realização, operação, ajuste, manutenção e monitoramento, à luz do conhecimento científico" (BUNGE, 1985, p. 231).

Para a realização do estudo foram utilizadas etapas metodológicas, que foi essencial para a construção do corpo da guitarra, seguindo assim os processos de usinagem, montagem e demais etapas para a obtenção do instrumento:

1. BLOCO: O bambu utilizado para a confecção do corpo da guitarra foi comprado. Foram necessárias oito pranchas de bambu para que chegasse à medida de usinagem; prosseguido para a etapa de esquadrejamento em uma fresa, para que as faces se unissem de maneira ideal e aderissem melhor ao adesivo aplicado. Assim, com as pranchas devidamente esquadrejadas o processo de usinagem iniciou-se.

2. USINAGEM: No bloco de bambu utilizaram-se os parâmetros apresentados no Quadro 2, com o propósito de efetuar a usinagem do corpo da guitarra, utilizando assim o sistema CAD/CAM. Os softwares utilizados foram o Rhinoceros 5.0, responsável pelo desenho, correções e ajustes do corpo da guitarra e gerar o arquivo DXF; o Aspire, responsável em fornecer o GCode (código para o percurso da ferramenta); e o Universal GCode Sender, para a leitura do arquivo GCode e envio para o CNC. Durante o processo de usinagem o bambu mostrou-se estável sem rupturas, sendo de fácil fresagem.

3. MONTAGEM: No término da usinagem iniciou-se a execução dos furos com uso de uma furadeira de bancada, para que houvesse o encaixe do braço e demais áreas; seguindo com processo manual de acabamentos, correções das cavidades das áreas que acomodam os captadores, molas e ponte, bem como processo de lixamento até o ponto de se obter uma superfície lisa e sem ranhuras aparentes, ficando assim, pronta para pintura e posteriormente a montagem dos componentes e ajustes finais.

4. TESTE: Para o teste foi analisado o visual da guitarra e seu conforto quanto ao ajuste de ação das cordas, ou seja, regulagem quanto à altura das cordas da guitarra em relação ao braço, onde ocorre maior ou menor esforço de execução das notas pelo músico e o peso. O Quadro 2 demonstra os parâmetros utilizados para a usinagem do corpo da guitarra.

Quadro 2 – Parâmetros – Cálculo para os parâmetros em um centro de usinagem

Rotação por minuto (RPM)	5600
Avanço (F)	2240
Profundidade da ferramenta (AP)	2
Velocidade de corte (VC)	350

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Os parâmetros informados foram usados e testados em uma máquina CNC. Foi utilizado um bloco de bambu com aproximadamente 150 mm x 130 mm. Para a confecção do corpo da guitarra foi utilizado um bloco com as dimensões apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Bloco para Usinagem do corpo da guitarra.

Espessura Usinada	45 mm
Largura	400 mm
Comprimento	50 mm

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Com os processos devidamente realizados no bambu para a obtenção de um corpo de guitarra, foi necessário o uso dos parâmetros especificados para a usinagem da guitarra, assim obtendo o resultado esperado de desbaste e acabamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para obter o bloco de bambu iniciou-se o corte em forma de tiras, para que houvesse assim a produção de lâminas de bambu, que estariam dispostas em camadas em sentidos alternados, proporcionando assim maior rigidez ao bloco. Deve-se levar em consideração o cuidado com a uniformidade das lâminas, pois é necessário obter um aspecto plano, que irá satisfazer o processo de colagem. Esse processo garante maior aderência e baixo movimento

de dilatação e contração entre o ponto de união das tiras.

De acordo com a Figura 3, verifica-se o processo para colagem do bloco de bambu, onde as tiras depois de devidamente aplicado o adesivo, são expostas a uma alta carga garantindo aderência das faces.

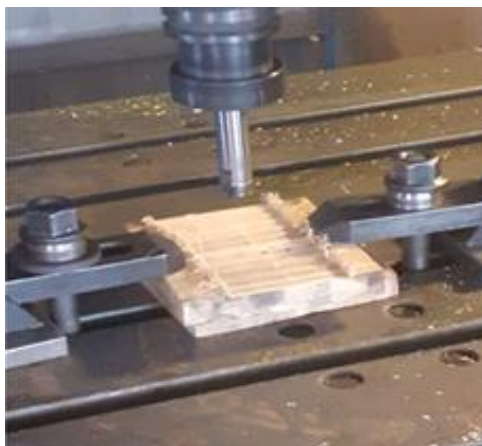
Figura 3 - Processo de colagem do bloco de bambu.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Com base nos cálculos realizados, conforme mostra o Quadro 2 (na Seção 2), é possível realizar os testes de parâmetro de usinagem, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 - Teste de parâmetro para usinagem.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Antes da confecção do corpo do instrumento, foi obtida uma amostra do bloco,

exposta ao método de usinagem. O teste seguiu satisfatório, e a amostra apresentou baixa resistência do percurso da fresa e nenhum ponto de ocorrência de lascas ou trincos.

Como resultado, obteve-se uma área fresada limpa e de superfície plana, favorecendo o acabamento da peça por meios de lixa, de modo manual ou auxiliado por máquinas.

Depois do processo de colagem e confecção, o bloco seguiu para o esquadrejamento, de modo a ajustar seu tamanho e faces, favorecendo assim o trabalho de fresagem com a *Router* CNC. O bloco deve estar bem plano e sem aspectos curvos, pois isso implicaria em erros no momento de fresar o lado oposto da peça, não obtendo assim coerência no desenho e forma esperada.

Na Figura 5 pode-se verificar o esquadrejamento do bloco de bambu.

Figura 5 – Esquadrejamento.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Finalizada a etapa de preparação do bloco de bambu, iniciou-se o trabalho de ajuste do corpo do instrumento. Inicialmente, para obter-se a forma, foi utilizado outro corpo como referência para o desenho em papel, divididos em quatro folhas do tipo A4, que foram escaneadas na sequência.

As imagens das quatro folhas seguiram para o software CAD Rhinoceros 5, onde o desenho do corpo da guitarra tomou forma, sendo obtido nesse ponto um vetor capaz de ser exportado nas principais extensões usadas pelo sistema CAD.

Ainda em edição, o desenho obtido foi comparado e ajustado com plantas de modelos já conhecidos no mercado, no caso foi usado o modelo clássico Stratocaster, com sutis alterações em seu contorno.

O encaixe do braço foi redesenhado no software, para que pudesse ser realizado testes de fresagem nas amostras, obtendo coerência entre as partes. Com o desenho do corpo ajustado, foi exportado para o padrão DXF e aberto no programa Aspire, onde foram programados os parâmetros de fresagem para a obtenção do arquivo GCode, e em seguida ser enviado ao CNC.

A leitura do arquivo ocorreu por meio do Universal Gcode Sender. Por se tratar de uma máquina construída de forma artesanal, de uso pessoal, a máquina possui baixa potência. O recorte e marcações foram concluídas em 50% na CNC e o restante com o uso de serra tico-tico, para preservar o motor contra aquecimento, devido ao tempo de usinagem.

Os processos de usinagem e montagem da guitarra foram executados pelos alunos, como mostra a Figura 6. O protótipo apresentou problemas na junção das peças, como demonstra a Figura 7.

Figura 6 - Usinagem dos detalhes.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 7 - Problema durante o processo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Devido às vibrações ocorridas com o uso da furadeira de bancada, ocorreu a ruptura do ponto de colagem entre as peças. A solução encontrada foi à remoção dos restos de materiais e adesivos antigos existente nas peças, assim como o lixamento das áreas a serem novamente coladas. Foram abertas cavidades entre as peças para a aplicação de pinos de madeira e adesivo, de modo a fixar o corpo novamente. Para o auxílio no processo de colagem foram utilizadas barras roscadas de 3/8 para prensar e forçar as peças para favorecer a colagem.

Um ponto a ser analisado é em questão à sua massa (peso), que em relação ao modelo Stratocaster (o mesmo adotado pelo corpo original) obteve um ganho de quase 1 kg. O BLC utiliza a parte do bambu mais próxima à casca, pois há mais fibras, ou seja, maior resistência mecânica, isso pode explicar o ganho de massa.

A guitarra em comparação ao corpo original obteve um resultado satisfatório, como mostra a Figura 8.

Figura 8 - Guitarra finalizada.



Fonte: Elaborado pelos autores.

No entanto, métodos adotados por fabricantes conhecidos no mercado de instrumentos, como a Gibson em seu modelo Les Paul, é possível fazer uso de cavidades em determinadas áreas do corpo, com o intuito de criar câmaras e diminuir a massa, ou seja, diminuindo o seu peso real.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O bambu é uma matéria-prima que tem potencial para contribuir para a redução do desmatamento das florestas, pois pode substituir a madeira em várias aplicações, desde a confecção de mobiliários até o uso estrutural, por exemplo, construção civil.

Geralmente, utiliza-se o bambu em seu formato natural, cilíndrico. No entanto, essa forma pode limitar a sua aplicabilidade, como solução ao problema supracitado (formato cilíndrico) destaca-se a produção do BLC, isto é, lâminas de bambu coladas formando um bloco.

O BLC permite a aplicação de sistemas CAD/CAM na confecção de produtos de uso feitos de bambu, principalmente por meio de equipamentos CNC. Esse sistema permite operar simultaneamente vários eixos, possibilitando assim a confecções de peças com precisão. As características mecânicas e físicas do BLC são favoráveis para a indústria moveleira e para uso de utensílios domésticos

Foi possível gerar parâmetros para a usinagem de um BLC, posteriormente, um corpo de guitarra foi confeccionado utilizando equipamentos CNC. Nessa fase de teste usou-se um pequeno bloco de BLC, que foi utilizado para encontrar parâmetros necessários para a usinagem. Assim, os parâmetros encontrados através do CNC tiveram bons resultados, na qual depois foram aplicadas para a usinagem da guitarra.

Na construção da guitarra alcançaram-se os resultados esperados, uma vez que o material cumpriu muito bem sua função no instrumento. Além disso, é um material no qual não se tem dificuldades na sua usinagem, o que possibilita que se torne um futuro coadjuvante de bons resultados (ou substituto da madeira na produção de guitarras de baixo custo, de modo a atender a aquisição por parte de alunos iniciantes bem como instituições de ensino e

prática da música) na confecção de guitarras.

Sua capacidade de crescimento facilidade na colheita e no tratamento, podem ser fatores determinantes para que se consiga implantar o bambu em nossa cultura.

Alguns problemas foram identificados durante o processo de usinagem da guitarra, porém resolvidos. Por exemplo, é aconselhável que a guitarra seja feita em um bloco único para que não haja nenhum tipo de dano como o ocorrido no processo, devido à tensão que é imposta no processo, pode levar à quebra da guitarra.

Foi possível perceber que a guitarra desenvolvida mostrou-se funcional e possui as condições necessárias para que seja considerado um instrumento de boa qualidade, o bambu na sua forma em BLC possibilitou resultados melhores que o esperado, com uma análise do que foi feito é possível que o BLC seja aplicado como corpo de uma guitarra, mas também tem capacidade mecânica para que seja inserido em outros instrumentos como tampo de um cavaquinho.

O bambu é utilizado há séculos, principalmente pelos orientais, pode-se ver que o bambu tem a capacidade necessária para ser aplicado em vários seguimentos, desde um artesanato até a uma estrutura de barracão como existem em Bauru, na Associação Agroecológica Viverde. A falta de conhecimento e pouca infraestrutura para trabalhar com essa matéria-prima impede de caminhar a passos largos, essa pode ser uma matéria-prima na qual pode-se ter um maior crescimento e uma ampla área a ser explorada.

REFERÊNCIAS

AIDAR, L. **História da Música**. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/historia-da-musica/>. Acesso em: 14 de fev. de 2020

BERALDO, A. L.; RIVERO, L.A. **Bambu Laminado Colado (BLC), floresta e ambiente**. V.10, n.2, 2003.

BLACK PRINCESS. **Nos Acordes da Guitarra**. Disponível em: <https://www.cervejablackprincess.com.br/2018/04/09/nos-acordes-da-guitarra/>. Acesso em: 11 de fev. de 2020.

BRASIL. Ministério Público Federal. Câmara de Coordenação e Revisão, 2. Roteiro de atuação: desmatamento / 2. Câmara de Coordenação e Revisão. – Brasília: MPF, 2015. 90 p.

BUNGE, M. **Seudociencia e ideologia**. Madrid: Alianza, 1985.

CONSULTORIA DO ROCK. **História da Guitarra**. Disponível em:
<http://consultoriadorock.blogspot.com/2012/06/historia-da-guitarra.html#:~:text=Os%20verdadeiros%20ancestrais%20da%20Guitarra,tartaruga%20ou%20caba%C3%A7as%20de%20%C3%A1rvores.&text=Os%20primeiros%20achados%20data%20este,C>. Acesso em: 11 de fev. de 2020.

DESCOMPLICANDO MÚSICA. **Madeiras de Guitarra**. Disponível em:
<https://www.descomplicandoamusic.com/madeiras-para-guitarra/>. Acesso em: 11 de fev. de 2020

HISTÓRIA DE TUDO. **História Da Guitarra**. Disponível em:
<https://www.historiadetudo.com/guitarra>. Acesso em: 11 de fev. de 2020

JARA, C. J. **A sustentabilidade do desenvolvimento local**. Rio de Janeiro: IIED/AS-PTA – Secretaria do Planejamento do Estado de Pernambuco, 1998. 316 p.

LIESE, W. The anatomy of bamboo culms. INBAR – International Network for bamboo and rattan, 1998.China.

LOPES, A. **A música segundo o espiritismo**. Disponível em:
https://books.google.com.br/books?id=dQ4eCgAAQBAJ&pg=PA23&lpg=PA23&dq=a+m%C3%BA+ica+%C3%A9+o+v%C3%ADnculo+que+une+a+vida+do+esp%C3%ADrito+a+vida+dos+sentidos.+A+melodia+%C3%A9+a+vida+sens%C3%ADvel+da+poesia.&source=bl&ots=c7JHl9ano5&sig=ACfU3U1n_ajksZWlcZVuMCxkvpg6BT92sw&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwi2oeat-I3qAhWOHbkGHYyVCXY4ChDoATAFegQICRAB#v=onepage&q=Beethoven&f=false. Acesso em: 16 de fev. de 2020

MACHADO, M. **História da Guitarra**. Disponível em:
<http://consultoriadorock.blogspot.com/2012/06/historia-da-guitarra.html>. Acesso em: 06 de mar. de 2020

MARCICANO, J. P. P. **Introdução ao Controle Numérico**. Disponível em:
<http://sites.poli.usp.br/d/pmr2202/arquivos/aulas/cnc.pdf>. Acesso em: 14 de abr. de 2020

MENEGHELLO, G. P. **Aplicação de um Sistema Robótico Utilizando Recursos de Sistemas CAD/CAM para o Processo de Fresamento**. Porto alegre. 2003.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. Bambu de corpo e alma. Bauru: Canal 6,2016.

PEREIRA, M. A. dos R. **Projeto Bambu: Introdução de espécies, manejo, caracterização e aplicações**. Disponível em:
http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/106710/pereira_mar_ld_bauru.pdf?sequence=1. Acesso em: 16 de abr. de 2020

PINTO, T. H. L.; et al. **Processamento De Sinais Aplicado À Análise Comparativa Do Timbre De Instrumentos Produzidos Com Madeiras Nacionais E Tradicionais**. Disponível em: http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/bitstream/1/1553/1/simmec_processamento_sinais.pdf. Acesso em: 10 de jun. de 2020

RODRIGUES, J. M. **Visita técnica**. Presidente da Associação Rural Agroecológica Viverde. 2019

TEIXEIRA, F. F. **Processos de Fabricação Mecânica**. Disponível em: http://static.sapucaia.ifsul.edu.br/professores/vmartins/Arquivo/Disciplina%20usinagem%20III/Parte_1_Fresamento.pdf. Acesso em: 10 de jun. de 2020

VENTURA, F. C. **Diretrizes para o design de componentes em bambu para calçados femininos**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Design da Faculdade de Artes, Comunicação e Arquitetura da UNESP, Campus de Bauru, 131 f. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/181030/ventura_fc_dr_bauru.pdf?sequence=4&isAllowed=y. Acesso em: 03 jun. de 2020

XIAO Y.; INOUE M.; PAUDEL S. K. (Org.). **Modern bamboo structures**. Boca Raton: CRC Press, 2008.