

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Faculdade de tecnologia

Departamento de Engenharia Florestal



LUCIANA BERGAMASCHI FELIZOLA SUGASTI

**PROPRIEDADES FÍSICAS E ACÚSTICAS DE PÍFANOS
FABRICADOS COM *Bambusa Tuldoides* Munro**

Brasília

2012

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

LUCIANA BERGAMASCHI FELIZOLA SUGASTI

**PROPRIEDADES FÍSICAS E ACÚSTICAS DE PÍFANOS
FABRICADOS COM *Bambusa Tuldoides* Munro**

Monografia apresentada à Banca
Examinadora da **Universidade de Brasília**
Como exigência final para obtenção
do título de **Engenheira Florestal**

Orientador: Mario Rabelo de Souza
Co-orientador: Ailton Teixeira do Vale

Brasília

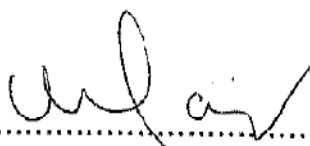
2012

**Propriedades físicas e acústicas de pifanos fabricados com
Bambusa tuldoides Munro**

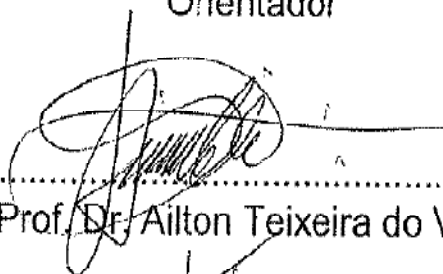
SS

Luciana Bergamaschi Felizola Sugasti

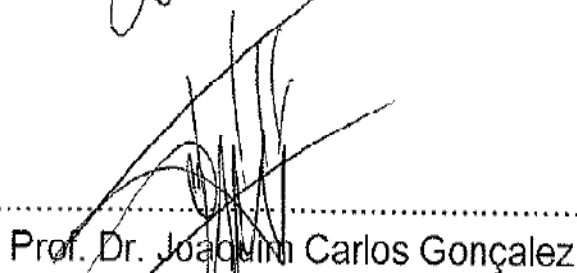
BANCA EXAMINADORA



.....
Prof. Ph. D Mario Rabelo de Souza
Orientador



.....
Prof. Dr. Ailton Teixeira do Vale



.....
Prof. Dr. Joaquim Carlos Gonzalez

RESUMO

A finalidade desse projeto foi a identificação de uma espécie de bambu propícia para confecção de flautas transversais de seis furos. A coleta, a secagem e a realização de testes físicos com o material foram de utilidade para fabricação e análise de 30 pífanos de acordo com a metodologia de Shepard, (1976) e Hopkin, (1996) que indicam porcentagens fixas para cada furo. Chegou-se a espécie *Bambusa Tuldoides* Munro pela ficha de descrição botânica desenvolvida por Ribeiro, (2008). Foram avaliadas características físicas de densidade aparente e teor de umidade do instrumento musical. Na confecção das flautas determinaram-se três escalas maiores: a de Si que possui um menor comprimento de tubo, a de Lá e a de Sol que é mais comprida e de calibre mais grosso. A densidade aparente obteve como média o valor de $0,88\text{g/cm}^3$ e o teor de umidade médio foi de 12,54%. Os testes acústicos mostraram que a fabricação de pífanos segundo Shepard, (1976) devem obedecer a um diâmetro interno específico para que as porcentagens das distâncias dos furos sejam mais precisas. Como o bambu varia de diâmetro interno de um colmo para outro e dentro de um mesmo colmo é difícil obter flautas perfeitamente afinadas utilizando a metodologia que impõe um diâmetro interno específico. Das 30 flautas confeccionadas 17 possuem todas as notas desejadas da escala. E dos 180 furos apenas 5,55% não estão de acordo com a nota almejada da sequência da escala. Os 13 pífanos que não ficaram perfeitos não obedecem à proporção adequada entre o comprimento e o diâmetro interno para confecção de flautas afinadas dentro das escalas sugeridas no experimento.

Palavra chave: *Bambusa tuldoides*, pífanos

ABSTRACT

The purpose of this project was the identification of a species of bamboo propitious for making flutes with six holes. Collecting, drying and testing the material were useful for manufacture and analysis of 30 flutes in accordance with the methodology of Shepard (1976) and Hopkin, (1996) used to indicate fixed percentages for each hole. The species *Bambusa tuldoides* Munro was chosen for the botanical description file developed by Ribeiro (2008). The physical characteristics of bulk density and moisture content of the musical instrument were evaluated. In the confection flutes, three major scales are determined: the B that has a smaller length of pipe, the A, and G which is longer and has thicker gauge. The bulk density was obtained as the average value of 0.88 g / cm^3 and the average moisture content was 12.54%. The acoustic tests have shown that the manufacture of flutes according to Shepard (1976) must obey a specific internal diameter so that the percentages of the distances of the holes can be more precise. The bamboo internal diameter varies of a culm to another, so it is difficult to obtain perfectly tuned flutes using the methodology which imposes a specific internal diameter. Of the 30 flutes that were made, 17 have all the the scale notes desired. Of the 180 holes only 5.55% were not according to the sequence desired note range. The 13 flutes that were not perfect didn't obey the proper ratio between the length and the internal diameter for the confection of flutes tuned within the ranges suggested in the experiment.

Keywords: *Bambusa tuldoides*, flute

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1. Bambu	2
2.1.1. Importância econômica	2
2.1.2. Manejo do bambuzal	3
2.1.3. <i>Bambusa Tuldoides</i> Munro	3
2.2. Instrumentos musicais e acústica	5
2.2.1. Tipos de instrumentos	5
2.2.2. Instrumentos musicais fabricados com bambu	5
2.2.3. Pífano	6
2.2.4. Fabricação do instrumento	6
2.2.5. Importância do pífano em Brasília	9
2.3. Caracterização acústica de flautas	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Identificação e coleta	13
3.2. Ensaios físicos	14
3.2.1. Densidade aparente do instrumento	14
3.2.2. Teor de umidade do instrumento	15
3.3. Ensaio acústico	16
3.3.1. Frequência e caracterização acústica	16
3.4. Fabricação do instrumento	17
3.4.1. Seleção dos entrenós	18
3.4.2. Furo do sopro ou furo da embocadura	18
3.4.3. Corte do comprimento	18
3.4.4. Furo dos dedos	19

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1. Caracterização da espécie	21
4.2. Descrição botânica	21
4.3. Caracterização física dos instrumentos	24
4.4. Testes acústicos	25
4.4.1. Descrição dos pífanos fora da escala desejada	32
5. CONCLUSÃO	35
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
7. ANEXOS	38

1. INTRODUÇÃO

A vida do ser humano está completamente ligada à arte e, neste sentido, o interesse pela cultura popular e o entendimento da importância de um instrumento de raiz como o pífano deve ser abordado no meio acadêmico, pois nossa cultura é herdada de nossos ancestrais, e, de geração em geração a humanidade tem seguido fielmente as tradições derivadas dos nossos avós e pais.

Neste contexto a música deixa nossos sentidos aguçados transformando o estado emocional e liberando uma intensa alegria, faz parte destas tradições e introduz no cotidiano das pessoas sons, melodias e instrumentos. Um destes instrumentos é o pífano, uma flauta transversal feita tradicionalmente de bambu, também chamado popularmente de taboca ou de taquara, utilizado historicamente em procissões, novenas, carnavais, casamentos, festas cívicas e apresentações em praça pública.

Segundo Cajaseira, (2007) as bandas de pífanos brasileiras foram originadas pelos índios ou tiveram sua origem das festas tradicionais africanas. Mas Pires, (2005) afirma que flautas transversais foram trazidas com os colonizadores Europeus. Pois o autor afirma que os índios brasileiros tocavam pífanos longitudinais.

O pífano é uma flauta transversal feita tradicionalmente de bambu, também chamado popularmente de taboca ou de taquara. O pife é um instrumento histórico utilizado em procissões, novenas, carnavais, casamentos, festas cívicas e apresentações em praça pública.

Existem diversas bandas de pífanos, em Brasília na Universidade de Brasília (UnB) foi fundado o grupo Mestre Zé do Pife e as Juvelinas. Já em maior escala no Nordeste brasileiro pode-se citar outras bandas de sucesso com Dois Irmãos do João do Pife de Caruaru, a Zabé da Loca na Paraíba, Esquenta Mulher de Alagoas, e várias bandas Cabaçais no estado do Ceará mais precisamente em Crato e Juazeiro do Norte.

A matéria prima para fabricação do pífano é um bambu com o entrenó mais alongado (esbelto), com um bom calibre e maduro. O cultivo do bambu é bastante antigo, pois uma infinidade de utensílios, que na atualidade são fabricados com polietileno, no passado tinha como matéria prima o bambu. Compreender a morfologia e os aspectos físicos de um bambu ótimo para confecção de flautas é preciso para que essa tradição não se apague.

De acordo com Magalhães, (2009) existem poucos estudos acadêmicos sobre o pífano. Todavia Pires, (2005) relata que o pífano vem sendo estudado desde 1951 na academia e ainda que existam informações sociológicas, culturais, históricas, musicológicas e antropológicas sobre o instrumento, as informações são limitadas quando abordamos uma perspectiva científica rigorosa, principalmente mesclando aspectos botânicos, acústicos e tecnológicos sobre os bambus.

Existem muitos estudos na área da etiologia musical, todavia a análise acústica, a morfologia botânica, a identificação da espécie e alguns testes envolvendo as características físicas para confecção de flautas transversais vegetais se fazem necessário.

Este trabalho tem como objetivo a identificação de uma espécie de bambu propícia para confecção das flautas, a realização de testes físicos com o material coletado, fabricação e análise de 30 pifanos de acordo com a metodologia de Shepard, (1976) e Hopkin, (1996).

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Bambu

2.1.1. Importância econômica

Segundo Schwarzbach, (2007) os bambus são vegetais que possuem diferentes usos e são bastante abundantes, pois são capazes de crescer com alta velocidade. Quando se aborda

uma perspectiva do potencial dessas espécies podem-se destacar três usos comerciais a alimentação, o artesanato e construção. E ainda os bambus podem ser utilizados na conservação da biodiversidade e para fins paisagísticos. Podendo-se destacar o uso doméstico como, por exemplo, treliças, cercas ou estacas.

2.1.2. Manejo do bambuzal

A escolha de um colmo maduro é essencial para fabricação do pífano, pois o colmo muito jovem é menos resistente mecanicamente. Os colmos maduros dependendo da espécie podem apresentar líquens, fungos e musgos aderidos nas paredes externas do colmo. O manejo das varetas de bambu deve ser feito com auxílio de uma serra pequena num corte de 45° de baixo para cima. Deve-se estar atento para retirada da vara rente ao solo de preferência sobre o primeiro nó acima do solo. Pois quando o corte é feito deixando-se uma cavidade, essa pequena área acumula água e deixa a planta exposta para uma possível proliferação de fungos. Greco, (2011)

O bambu é um material com potencial de recuperação de áreas degradadas como solos erodidos nas margens de rios. Algumas espécies têm grande potencial de crescimento, crescendo em taxas tão elevadas quanto árvores pioneiras. França, (2011).

2.1.3. *Bambusa Tuldoides* Munro

É nativa do Sul da China e do Vietnã. Mas também é amplamente cultivada no Japão, Sudoeste da Ásia. A espécie foi introduzida em alguns países como, por exemplo, Estados Unidos, Porto Rico, Europa e Brasil. A espécie é pouco invasiva porque cresce em tufos e seu hábito é levemente ereto, pois no final de seus colmos é observado um aspecto curvado. Mede

de seis a dez metros de altura tem três a cinco centímetros de diâmetro e sua parede vai de quatro a cinco milímetros de espessura. Quando jovem a superfície dos colmos são cobertas por uma cera branca. O entrenó mede em média trinta e seis centímetros. Os nós são ligeiramente mais inchados que o entrenó. Os ramos se destacam por possuírem um principal, dominante e sem espinhos. A folha do colmo é caduca e possui uma pequena quantidade de pelos marrons no exterior da sua superfície. Tem o formato triangular truncado na base. Med, (2012)

A bainha da folha do colmo é caduca, e podendo apresentar poucos pelos decíduos na sua superfície ou então pode ser ausente de pelos. A língula tem de três a quatro milímetros e sua borda é frangeada (Figura 1).

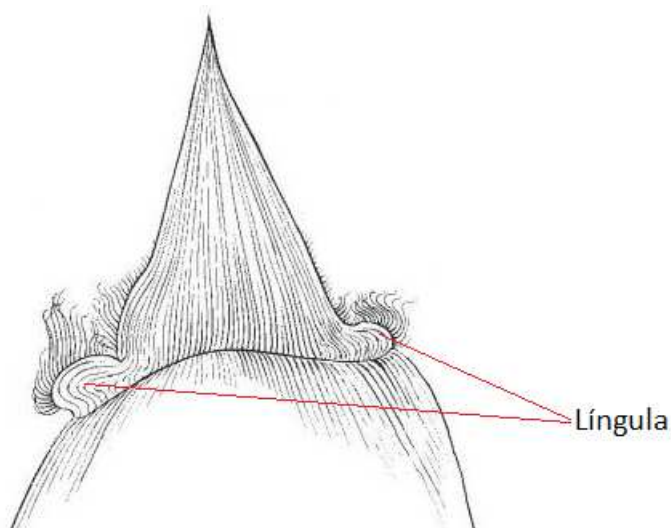


Figura 1. Língula da folha do colmo. Dieter, (2010)

As folhas tem um formato lanceolado e são estreitas medindo de dez a dezoito centímetros de comprimento e de um a dois centímetros de largura são glabras na parte adaxial e pilosas abaxial. As inflorescências oriundas dos galhos são amarelas-esverdeadas ou como uma cor roxa. Seu formato é de espiga que mede de dois a cinco milímetros de comprimento por dois a três milímetros de largura. Na Ásia a espécie *Bambusa tuldoides*

Munro é natural em baixas altitudes. Mas também é capaz de crescer nos Estados Unidos resistindo bem em temperaturas de até 7°C. Med, (2012)

2.2. Instrumentos musicais e a acústica

2.2.1. Tipos de instrumentos

De acordo com Henrique (2002) os objetos capazes de expressar musicalmente sentimentos e idéias são chamados de instrumentos musicais. É grande a diversidade desses objetos alguns são simples como o pífano e o roi-roi e outros complexos como grandes órgãos de tubos. As flautas são classificadas como instrumentos aerofones em que o som é produzido pela vibração do ar. Existem outros tipos de instrumentos como os membranofones em que o som é produzido por uma membrana tensa como, por exemplo, o pandeiro. Já os cordofones tencionam cordas como é o caso da rabeca, violão ou o baixo. Nos idiofones a vibração de corpos sólidos produz o som é o caso do reco-reco ou do chocalho.

2.2.2. Instrumentos musicais de bambu

Para fabricar instrumentos musicais é necessário que os bambus estejam maduros. O bambu é um material interessante, pois sua aparência valoriza os instrumentos musicais. Enquanto algumas madeiras demoram mais de trinta anos para atingir o ciclo de corte o tempo de colheita do bambu se inicia aos três anos de idade. O instrumento mais fabricado com bambu no mundo são as flautas. Espécies com o entrenó mais longo e diâmetro ideal facilitam a construção desses instrumentos aerofones. Nos Andes fabricam-se uma flauta chamada de sophonhas ou flautas de pan mas no Brasil a mais popular das flautas é o pífano. Existe uma infinidade de instrumentos de percussão fabricados de bambu como, por exemplo o reco-reco,

o pau de chuva, o djembe, o bata, a mirdanga, o tambor falante, o surdo, o timbal, a caixa e até mesmo zabumba. Alguns desses instrumentos podem ser fabricados utilizando os entrenós do bambu ou unindo ripas que são facilmente destacadas do entrenó. Melo, (2011)

2.2.3. Pífano

Nas bandas de pífano o Mestre ou também chamado de “primeiro pifeiro” é o músico que toca a melodia principal, inicia a música, toca os solos, constrói os instrumentos e é o que faz a melodia mais alta e intensa. O segundo pifeiro acompanha o primeiro em terças ou sextas de acordo com a linha melódica preenchendo a música. Pires, (2005)

Segundo Silva (2010) quando se realiza uma oficina de pífano muitas vezes pode-se ensinar a fabricar o instrumento. Esse ofício geralmente é passado por uma pessoa com um currículo extenso na arte de tocar e fabricar o pife por isso é chamado de Mestre. O conhecimento é passado de forma oral, todavia a prática deixa os mestres profissionais no assunto onde só de ouvir ou olhar para um instrumento já confeccionando podem opinar com segurança sobre a qualidade das flautas.

2.2.4. Fabricação do instrumento

Shepard (1976) sugere que para se construir um pife é preciso verificar o tamanho disponível do comprimento do entrenó para decidir qual afinação é possível fabricar com o material. A espessura da parede das flautas é importante porque determina a profundidade do buraco dos dedos. O ideal é que a parede tenha de um até três milímetros. Deve-se evitar utilizar um material que seja mais espesso que quatro milímetros. A técnica mais adequada para fabricação do furo do sopro é medir o diâmetro interno do entrenó e multiplicar o valor

por dois terços. A distância deve considerar o centro do furo do sopro como na Figura 2.

Existe uma calculadora baseada nos estudos de Pete Kosel capaz de calcular todas as distâncias de um pife considerando importantes variáveis como diâmetro interno, espessura da parede e comprimento. Tilbury, (2012)

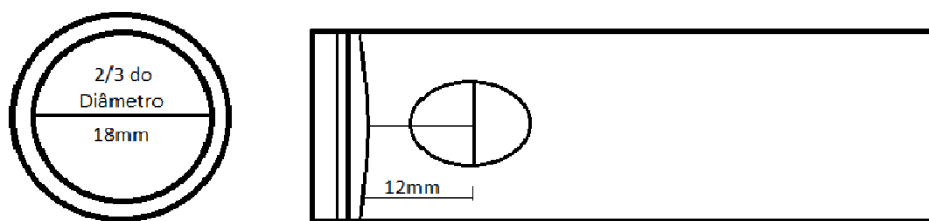


Figura 2. Detalhe do furo do sopro. Shepard, (1976)

O furo do sopro é confeccionado de forma elíptica e quanto maior seu tamanho melhor será o volume e o tom. Para evitar rachaduras no bambu é aconselhável fazer os furos com ferro incandescente. Após confeccionar o furo do sopro com o diapasão é observado à nota do tubo todo fechado e tirando pequenos pedaços do comprimento do tubo é feito um ajuste até a nota idealizada da escala desejada.

Os buracos de colocar os dedos caracterizam as notas da flauta. O diâmetro dos buracos devem medir de 1mm a 1,5mm dependendo exclusivamente do tamanho dos dedos do músico. Não necessariamente todos os furos devem possuir um mesmo tamanho e os furos também não precisam estar exatamente em uma linha reta. A Figura 3 é um gabarito para se fabricar um pife em todas as escalas possíveis de forma aproximada. Shepard, (1976) e Hopkin, (1996).

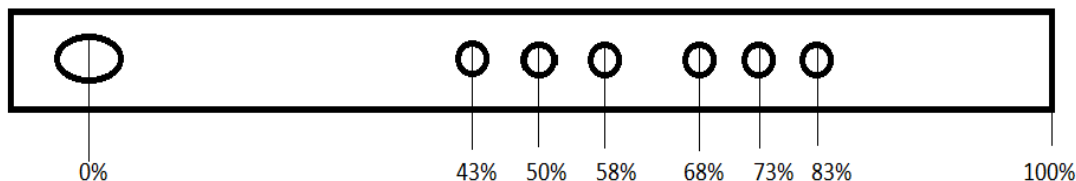


Figura 3. Do meio do furo do sopro até o final do tubo porcentagem da localização dos furos.

Com o ferro incandescente foram-se os três furos mais longe do buraco do sopro. É aconselhável fazer os furos dos dedos bem pequenos, pois com o diapasão verifica-se a nota e alarga o furo. Ainda de acordo com Shepard (1976) existem duas regras importantes para afinação. A nota será mais alta quanto mais perto ela estiver do buraco do sopro e mais baixa se colocada mais longe. O tamanho do furo da boca influencia a nota. Pois quanto maior o furo maior a nota. Existe uma regra geral que qualquer alteração que aumente os furos irá aumentar a nota. É aconselhável utilizar um piano para verificar o ajuste da oitava de cada afinação. Por isso faz-se pequenos buracos nos furos do dedo e testando cada nota da escala poderá ser ajustado aumentando o buraco de colocar os dedos.

É necessário limpar o interior das flautas com uma escova. No exterior os locais onde foram fabricados os furos devem ser lixados e impermeabilizado com cera de abelha que é um preservativo orgânico indicado para pífanos que ficam diretamente ligados a boca do músico. Como o teor de umidade varia com frequência devido ao ar quente que vibra dentro da flauta é sugerido que o interior seja tratado com óleo mineral diminuindo a dilatação do bambu e evitando rachaduras. Shepard, (1976).

2.2.5. Importância do pífano em Brasília

Francisco Gonçalves da Silva, conhecido artisticamente por Mestre Zé do Pife é fabricante e músico desde os dez anos de idade. Seu Zé é pernambucano vive confeccionando o pife para o sustento da sua família a mais de 50 anos. Nascido em Riacho de Cima, município de São José do Egito, o mestre ainda é poeta cantador, agricultor e contador de histórias. Para o mestre Zé a importância dessa espécie de entronó propício para construção da flauta é mais que a alegria de tocar é um ofício que foi passado por seu avô que também era tocador. Seu Zé ainda menino com apoio de seu avô montou sua primeira banda de pífanos e tocava em par com seu irmão Zeca em duas vozes como uma dupla sertaneja. E ainda menino fabricou seu primeiro pífano em Pernambuco. Atualmente Seu Zé é professor de pífano em oficinas ministradas na Universidade de Brasília, pois, vive no Distrito Federal a mais de 15 anos. Essas oficinas têm como objetivo ensinar os alunos a fabricarem e a tocarem o instrumento. Desde o ano de 2007 quinhentas pessoas no campus Darcy Ribeiro já tiveram um contato mais íntimo com esse saber popular. (Departamento de Esporte e Arte da UnB) e (SILVA, 2010)

2.3. Caracterização acústica de flautas

Segundo Henrique, (2002) a acústica é o ramo da física que estuda o som. A acústica musical estuda como as vibrações são produzidas e como ela chega aos nossos ouvidos. O movimento oscilatório ou vibratório do som é transmitido por um meio que geralmente é o ar. E cada instrumento musical é capaz de produzir um timbre diferente. Nas flautas o sopro força a entrada de ar e produz a vibração. Como a flauta é considerada um tubo sonoro aberto contado do centro do buraco da embocadura até a extremidade aberta, em um tubo sonoro de

comprimento “L” as ondas se propagam a uma velocidade “v” existem três configurações para as ondas estacionárias.

O som de altura mais baixa (com menor velocidade) é chamado de frequência fundamental, e os outros são denominados harmônicos pode-se observar na Figura 4. Levitin, (2010)

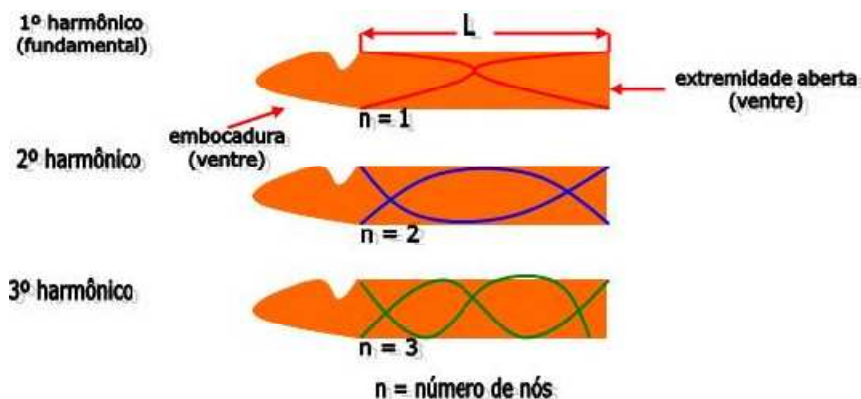


Figura 4. Harmônicos dos pífanos (Fonte: Google imagens)

De acordo com Oliveira *et. al*, (2009) o ar contido dentro de um tubo pode ser colocado para vibrar com frequências sonoras desejáveis e este é o princípio de instrumentos musicais como a flauta, corneta, clarinete, etc. que são construídos basicamente por tubos sonoros. Os tubos amplificam o som desses instrumentos.

Ondas estacionárias estão limitadas a um determinado meio finito como, por exemplo, o tubo ou placas ou até mesmo cordas ou membranas. Uma característica desse tipo de onda é a presença de pontos, ventres e nodos que aparecem alternados. Tubos podem produzir ondas estacionárias semelhantes a cordas esticadas. Contudo, deve ser enfatizado que em cordas esticadas as ondas são transversais, enquanto que em tubos as ondas são longitudinais. Nas ondas transversais as partículas da onda vibram perpendicularmente à direção de deslocamento da onda. Nas ondas longitudinais as partículas da onda vibram na mesma linha como a direção da viagem. Henrique, (2002)

Ainda de acordo com Henrique, (2002) onda é o movimento causado por uma perturbação que se propaga através de um meio elástico. O movimento ondulatório não é capaz de transportar matéria, todavia transporta bem energia e quantidade de movimento. As ondas estão presentes em inúmeras situações da nossa vida. É através delas que somos capazes de enxergar (ondas eletromagnéticas) e escutar (ondas acústicas). Ondas estacionárias são ondas resultantes da superposição de duas ondas de mesma frequência, mesma amplitude, mesmo comprimento de onda, mesma direção e sentidos opostos. A velocidade de propagação dessas ondas é nula, por isso o nome ondas estacionárias. Esse tipo específico de onda ocorre em instrumentos musicais de tubo que são considerados meios elásticos.

Nos instrumentos feitos com tubos sonoros, uma coluna de ar é posta a vibrar ao soprar-se uma das extremidades do tubo, chamada embocadura, que possui os dispositivos vibrantes apropriados. Os tubos são classificados como abertos ou fechados, e abertos e fechados. Os tubos abertos são os que têm as duas extremidades abertas (sendo uma delas próxima à embocadura) e os tubos fechados que são os que têm uma extremidade aberta (próxima à embocadura) e outra fechada. As vibrações das colunas gasosas podem ser estudadas como ondas estacionárias resultantes da interferência do som enviado na embocadura com o som refletido na outra extremidade do tubo. Em uma extremidade aberta o som reflete-se em fase, formando um ventre (interferência construtiva) e em uma extremidade fechada ocorre reflexão com inversão de fase, formando-se um nó de deslocamento (interferência destrutiva).

A frequência de vibração de uma onda sonora é a razão entre a velocidade em que ela se propaga (344 metros por segundo no ar) e o comprimento da onda λ . A frequência é um número de ciclos efetuados na unidade de tempo é uma grandeza fundamental da acústica estando presente nos movimentos vibratórios. Henrique, (2002)

Segundo Oliveira *et. al*, (2009) a frequência de tubos sonoros abertos pode ser determinada pela equação:

$$L = n \cdot \lambda / 2, \text{ onde } n = 1, 2, 3, \dots$$

$$F_n = V / \lambda = V / (2L/n) = n \cdot V / 2L$$

$$F_n = n \cdot F_1$$

Onde:

L = comprimento teórico do tubo

λ = comprimento da onda

n = número inteiro que representa os harmônicos

F = frequência do tubo

F₁ = frequência do primeiro harmônico, também chamada de fundamental.

Como n não tem restrições, no tubo aberto, pode-se observar que se obtêm frequências naturais de todos os harmônicos e também que se aumentando o comprimento do tubo a frequência é reduzida na mesma proporção.

Será feita uma correção quanto ao comprimento dos tubos sonoros, porque os nós não ocorrem exatamente no final do tubo e sim do centro do furo do sopro. Para tubos abertos o comprimento real deve ser corrigido segundo a fórmula:

$$L_R = L_o + 1,2 r$$

Onde: L_o = comprimento teórico; e r = raio do tubo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Identificação e coleta

A coleta foi realizada em um chácara no Distrito Federal, em plantios de *Bambusa tuldooides* proveniente do Paraná. As touceiras da chácara encontravam-se manejadas e formando alameda de sombra que é uma excelente barreira de vento como é possível observar na figura 5. A espécie foi descrita conforme a ficha de descrição botânica de Ribeiro, (2008) do Anexo 1



Foto 5. Floresta e barreira de vento de *Bambusa tuldooides* Munro

Foram coletados cinco colmos e de cada foi retirado aproximadamente sete entrenós com comprimento de 45 cm em média totalizando trinta entrenós. Estes foram utilizados para fabricar os pífanos. As coletas foram realizadas nos meses de março e junho de 2012.

Os entrenós foram armazenados no Laboratório de Produtos Florestais/ Serviço Florestal Brasileiro (LPF/SFB), secando à sombra e separados por tabiques durante 50 dias da primeira coleta (Figura 6) e durante quatro dias da segunda. Foi necessário secar a segunda coleta dentro de uma estufa com uma temperatura média de 40°C durante o período de três dias.



Figura 6. Entrenós secando à sombra separados por tabiques

3.2. Ensaaios físicos

Os testes físicos foram realizados no LPF. Para o cálculo de densidade aparente e teor de umidade. Foi retirado 30 amostras de 3 a 5cm de comprimento cada uma, que foram partidos ao meio e identificados próximos a região do nó. Determinou-se a massa em balança de precisão e o volume segundo o método de imersão.

3.2.1. Densidade aparente do instrumento

A densidade aparente será determinada pela relação entre a massa e o volume a uma dada umidade. (Figura 7)

$$DA = P / V$$

Onde:

DA = densidade aparente

P = massa

V = volume



Figura 7. Cálculo do volume por imersão.

3.2.2. Teor de umidade do instrumento

O teor de umidade foi calculado a partir da massa seca e massa úmida das amostras de bambu. A massa seca foi determinada através de secagem em estufa a $100\pm 2^{\circ}\text{C}$ até massa constante durante o período de três dias. Já a massa fresca foi obtida por meio de pesagem com balança de precisão das amostras antes de serem colocadas na estufa. O teor de umidade foi obtido da diferença entre a massa úmida e massa seca dividida pela massa seca multiplicada por cem. De acordo com a fórmula:

$$\text{Tu (\%)} = (\text{Mu} - \text{Ms}) / \text{Ms} * 100$$

Onde:

Tu (%) = teor de umidade em porcentagem

Mu = massa úmida (g)

Ms = massa seca (g)

A massa úmida foi obtida após um período de 50 dias secando na sombra, e antes da confecção das flautas os entrenós ficaram por duas semanas em uma sala especial de climatização como mostra a Figura 8.



Figura 8. Armazenagem para completar a maturação.

A massa seca foi obtida através de secagem em estufa (Figura 09) até massa constante para calcular o Teor de Umidade.



Figura 9. Estufa do laboratório de Tecnologia da Madeira da UnB.

3.3. Ensaio acústico

3.3.1. Frequência e caracterização acústica

Foram realizados testes em 25 flautas afinadas de propriedade da autora onde 23 foram confeccionadas pelo Mestre Zé do Pife desde o ano de 2007 até o ano de 2012. (Figura 10). A finalidade desse teste foi verificar o efeito do comprimento da flauta e respectiva frequência correspondente.



Figura 10. Pifes utilizados no teste frequência X comprimento

3.4. Fabricação

Os pífanos são fabricados conforme os passos descritos a seguir, utilizando os seguintes instrumentos: entrenós propícios para confecção de pífanos, hastes metálicas de dois diâmetros diferentes, lenha, faca amolada, cegueta, esmeril redondo com um cabo maior adaptado, lixa, grossa redonda, calculadora, trena, paquímetro, diapasão, escova de garrafa e computador com o software Audacity 1.3 e Tuner_E 306 para medir a frequência de forma mais precisa.

Na confecção das flautas considerou-se três escalas maiores: a de Si Maior de menor comprimento, a de Lá Maior de médio comprimento e a de Sol Maior como a mais grave, mais comprida e diâmetro mais espesso. Os pífanos foram fabricados seguindo a orientação do Mestre Zé do Pife e as metodologias de (SHEPARD, 1976) e (HOPKIN, 1996).

3.4.1 Seleção dos entrenós

A proposta do experimento foi a confecção três escalas maiores e foram escolhidos visualmente os entrenós mais propícios para cada afinação. O comprimento e diâmetro interno também devem ser rigorosamente observados na seleção dos entrenós propícios para cada afinação. Os pífanos de menor calibre devem ser utilizados em escalas que possuem um menor comprimento e vice-versa.

3.4.2 Furo do sopro ou furo da embocadura

Para confeccionar o furo do sopro foi medido o diâmetro interno e multiplicado por dois terços. Depois de marcado o centro do furo do sopro com uma faca foi utilizado uma haste metálica incandescente de 10mm fabricando-se o orifício em forma de elipse (Figura 3.). É necessário lixar o furo queimado e limpar com uma escova de garrafa a parte interna da flauta.

3.4.3 Corte do comprimento

O comprimento é ajustado com auxílio do software Audacity 1.3 ou Tuner_E 306 que indica a frequência de cada tubo sonoro do pífano. Com o furo do sopro confeccionado é possível tocar a nota do primeiro harmônico soprando com a voz mais baixa. Com a análise FFT é possível descobrir precisamente a frequência que cada tubo apresenta. Quanto mais comprido o tubo e maior o diâmetro menor é a frequência indicada.

Sabendo-se que a escala da nota Sol Maior tem uma frequência de 391,99Hz e que escala de Lá Maior têm frequência de 440Hz e que a nota Si Maior tem 493,88Hz é possível ir

retirando pequenos pedaços do comprimento do tubo e ir analisando a afinação. Para tal procedimento é utilizado a cegueta e ou esmeril.

3.4.4 Furos dos dedos

Com as flautas afinadas na escala desejada foram medidos o comprimento do meio do furo do sopro até o final do tubo. A medida desse comprimento de cada pífano corresponde a cem por cento para o calculo das distâncias de cada furo. Considera-se o furo mais próximo da boca 43% do comprimento e respectivamente 50%, 58%, 68%, 73%, 83%. Com uma regra de três é possível determinar com precisão o centro dos furos segundo SHEPARD, (1976) e HOPKIN, (1996).

É gravado com um grafite o centro do furo dos dedos e com uma faca é possível confeccionar cavas para direcionar o ferro aquecido na confecção do furo. Utilizou-se uma trena pequena para uma marcação mais precisa das distâncias.



Figura 07. Detalhe das cavinhas e dos ferros aquecidos.

Com outra haste de 0,8cm de diâmetro aquecida foram feitos os seis furos. Para que o ferro fique incandescente ele deve estar diretamente sobre a brasa. Os furos foram confeccionados bem pequenos em uma primeira fase de análise dos testes de frequência. Foram

feitas anotações sobre a nota de cada furo e numa segunda fase foram ajustados maiores calibres para os buracos dos dedos direcionando alguns para esquerda ou para direita segundo a nota desejada dentro de cada escala. A figura 8 esclarece de forma simplificada a questão das três escalas estudadas.

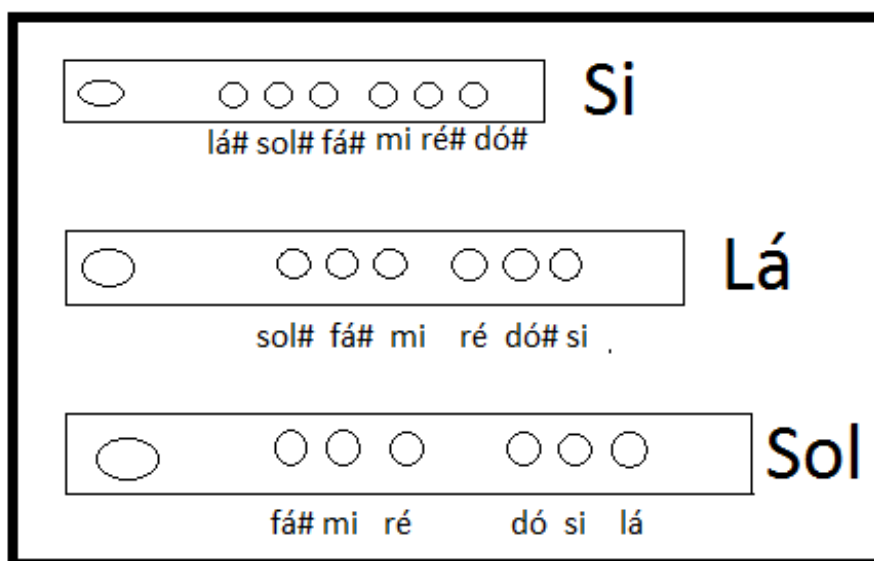


Figura 08. Três escalas e suas respectivas notas de cada furo.

A metodologia de Shepard, (1976) sugere que sejam feitos os furos dos dedos em um calibre reduzido e seja provado cada um dos furos em um diapasão. A correção de cada nota poderá ser feita simplesmente aumentando o orifício de onde se toca com os dedos.

Foram confeccionadas 30 flautas de bambu com seis orifícios sendo o sétimo o da embocadura. E foi verificada a nota musical de cada furo. Foram analisados 180 furos tocando no primeiro harmônico (voz baixa). Para averiguação da nota musical de cada furo. E foi feito uma análise utilizando uma calculadora de flautas disponibilizada na internet com as flautas que não ficaram na escala perfeita.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização da espécie

A espécie estudada foi identificada como *Bambusa tuldoides* Munro que é uma espécie exótica original da Ásia, que provavelmente foi trazida para o Brasil com os colonizadores. É uma espécie pouco invasiva com colmos resistentes. Azzini *et al.*, (1988) e California, (2012)

Bastante difundida no mundo e no Distrito Federal essa espécie pode ser encontrada na Estação Biológica da UnB localizada no final da L4 norte onde existem três touceiras adultas sem manejo.



Figura 13. Comparação entre a espécie utilizada na confecção das flautas desse projeto (na direita) e (na esquerda) a espécie encontrada na Estação Biológica da UnB. Ambas as espécies são *B. tuldoides*.

4.2. Descrição Botânica

A touceira tem colmo em tufos e o hábito do colmo é levemente ereto. A média do comprimento total de três colmos é de 28 metros.



Figura 14. Touceira de *Bambusa tuldooides*.

A ocorrência do nó é solitária formando uma secção longitudinal de duplo anel e lados paralelos. A linha do nó é arquetada na horizontal. As gemas estão localizadas acima do nó e são opostas aos ramos das folhas. O interior do nó é sólido e a média externa do diâmetro de três nós é 27 milímetros.



Figura 15. Detalhe do nó e dos ramos.

Existem em média 30 entrenós por colmo. Mas que são aproveitados para confeccionar flautas são em média sete entrenós por vara. E o entrenó é totalmente verde quando jovem e verde-amarelado quando maduro. A superfície é glauco (coberta de cera) nos

colmos mais jovens apenas. E a forma (secção transversal) do entrenó é circular e no seu interior é oco. Dentro do tubo existe a presença de um pó nas paredes internas. O comprimento médio do entrenó localizado na altura do peito de três indivíduos é 38 cm e o diâmetro externo médio é de 23 mm. A espessura da parede do entrenó é de 4 mm com o bambu ainda verde e a espessura da medula é de 12 mm.

A folha do colmo é ereta e caduca e não varia o formato ao longo do colmo. Essa folha adulta tem cor marrom clara e o formato do ápice é arredondado e a base é truncada, pois termina abruptamente como se estivesse sido cortada. A superfície ou o revestimento é piloso e existe a presença de tricomas urticantes. A textura é cartácea e a lígula é interna. O comprimento médio de três folhas do colmo é de 190 mm e a largura média de 113 mm.



Figura 16. Detalhe da folha do colmo.

A bainha do colmo madura também tem a coloração marrom clara e o formato do ápice é acuminado e a base arredondada a superfície é pilosa abaxial e os tricomas são macios. A textura é cartácea e as lígulas internas e externas estão presentes bem como a aurícula e as fímbrias. O comprimento da bainha fazendo a média de três indivíduos é 88 mm e a largura é de 37 mm. A bainha da folha do colmo envolve na base e se abre no ápice.

Os ramos ocorrem nos nós superiores tem como característica marcante uma ramificação principal alongada. O desenvolvimento das ramificações é extravaginal. O número e o arranjo são de três ou mais ramos subiguais. A origem dos ramos é originada na linha do nó. O arranjo geométrico dos ramos é em leque e a espécie não possui espinhos.

As folhas quando são retiradas da planta permanecem com um aspecto fresco e túrgido. O hábito das folhas é duro e elas são levemente bicolor. A medida do comprimento médio e largura das folhas são respectivamente 132 mm e 14 mm. O formato da base é agudo do tipo normal sendo o ápice acuminado e a lâmina foliar linear. O pseudo-pecíolo é presente e a superfície da folha é glabra de textura membranácea com lígula interna e aurícula e fimbrias ausentes.

4.3. Densidade e umidade

Na tabela 1 localizada no anexo 3 estão os dados de massa em gramas, o volume e a densidade das amostras de *Bambusa tuldoides*. A média encontrada para densidade aparente foi de 0,880 g/cm³.

Na tabela 2 explicitada no anexo 3 é possível observar detalhadamente a massa úmida, a massa seca e o teor de umidade de cada amostra. A média da umidade foi de 12,54%.

Segundo Azzini et. al, (1988) a densidade de vinte e uma progênies de *Bambusa tuldoides* variaram de 0,407 a 0,712 g/cm³ mostrando que existe um intervalo de variação de características anatômicas e químicas entre plantas de uma mesma espécie. Na tabela 1 a média encontrada neste experimento é maior que o máximo valor encontrado por Azzini et. al, (1988) pois as amostras do autor foram retiradas do centro do entrenó.

O teor de umidade médio encontrado variou de 11,4% até 14,17% e Galvão, (1967) encontrou para espécie *Bambusa tuldoides* um teor de umidade entre 11,2% e 15% após a secagem.

4.4. Testes Acústicos

Na tabela 3 estão apresentados as características dos 25 pífanos produzidos antes do início desse experimento considerando a nota musical com todos os dedos vedados de cada flauta e sua respectiva frequência utilizando os softwares Tuner_306 e Audacity 1.3.

Tabela 03. Comprimento, diâmetro interno, espessura de parede, material de confecção dos pífanos demonstrando a relação das características do tubo, frequência e nota musical.

Pife	Comprimento	Nota musical	Análise FFT	Diâmetro interno	Material	Espessura da parede
1	54 cm	Mi b	308 Hz	14 mm	Bambu	5 mm
2	43 cm	Fá	349 Hz	20 mm	PVC	3 mm
3	45 cm	Mi	334 Hz	18 mm	Bambu	4 mm
4	41,3 cm	Fá	352 Hz	20 mm	PVC	2 mm
5	37 cm	Sol	382 Hz	18 mm	Bambu	6 mm
6	42,4 cm	Fá	346 Hz	16 mm	Bambu	3 mm
7	38,7 cm	Sol	394 Hz	15 mm	Taquara	3 mm
8	38,9 cm	Sol	388 Hz	18 mm	Bambu	3 mm
9	38,5 cm	Sol	394 Hz	16 mm	Bambu	3 mm

10	36,8 cm	Lá b	315 Hz	14 mm	Taquara	4 mm
11	37 cm	Lá b	420 Hz	18 mm	Bambu	2 mm
12	36,3 cm	Lá b	316 Hz	17 mm	Bambu	3 mm
13	35,6 cm	Lá b	425 Hz	14 mm	Bambu	3mm
14	36 cm	Lá b	412 Hz	14,5 mm	Bambu	4 mm
15	35,7 cm	Lá b	418 Hz	14 mm	Bambu	2 mm
16	36,3 cm	Sol	395 Hz	16 mm	Bambu	3 mm
17	32,4 cm	Si b	557 Hz	14 mm	Bambu	3 mm
18	31,5 cm	Si b	474 Hz	16 mm	Bambu	3 mm
19	31,5cm	Si b	461 Hz	17 mm	Bambu	3 mm
20	30,3 cm	Si	492 Hz	15 mm	Bambu	2 mm
21	29,8 cm	Si	483 Hz	15 mm	PVC	3 mm
22	30 cm	Si b	468 Hz	15 mm	Bambu	4 mm
23	29,2 cm	Si	503 Hz	14 mm	Bambu	3 mm
24	29 cm	Dó	523 Hz	11 mm	Bambu	3 mm
25	24,2 cm	Ré	601 Hz	13 mm	Bambu	3 mm

Com a tabela 3 é possível observar que não existe uma relação direta e única entre o comprimento e a nota requerida como afirmam Shepard, (1976) e Hopkin, (1996) que consideram apenas o comprimento do tubo para obtenção da nota desejada, pois o diâmetro interno irá influenciar no comprimento do tubo necessário para conseguir a afinação requerida. Conforme pode ser observado os pifes 4 e 6 possuem diferentes diâmetros, diferentes comprimentos e notas idênticas o mesmo acontece com os pífanos 7 e 16.

A partir da Tabela 03 foi obtido o gráfico 1 e uma fórmula que auxiliam os fabricantes de flautas a cortar um comprimento próximo que gere uma frequência e nota musical requerida aumentando a eficiência da fabricação.

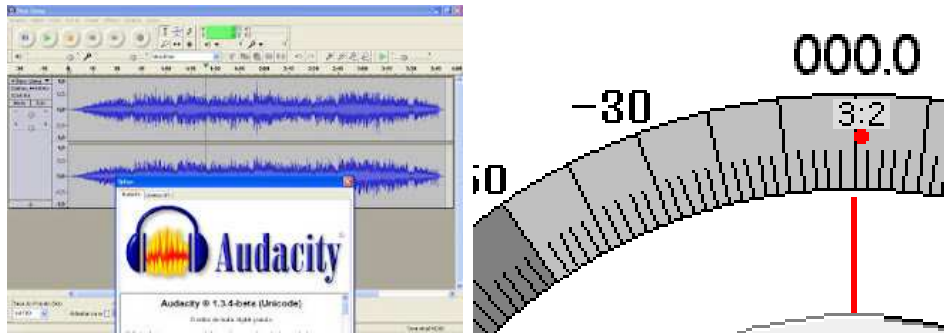
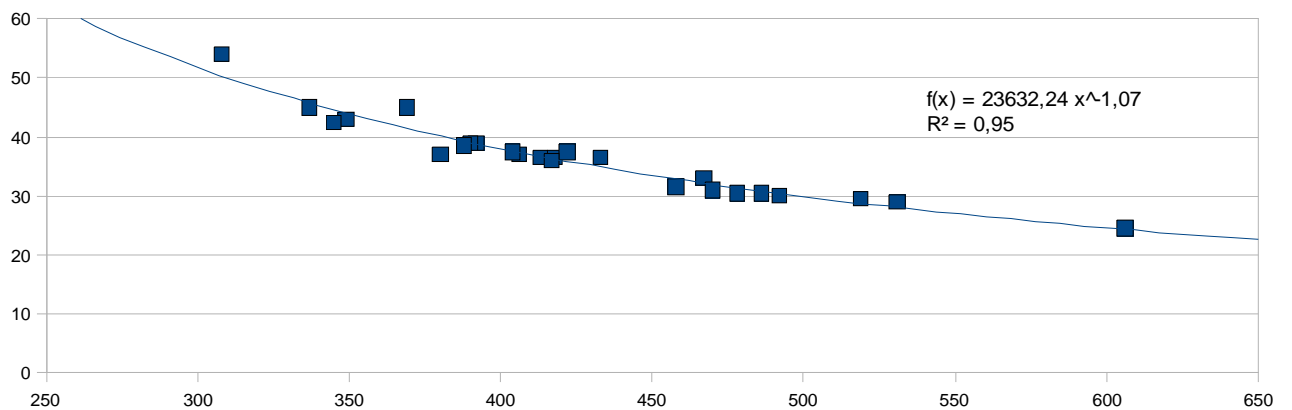


Figura 17. Softwares utilizados na análise da frequência: Audacity e Tuner_E306. (fonte: Google imagens)

Gráfico 01. Frequência (Hz) × Comprimento (cm)



De acordo com Shepard (1976) existe uma proporção almejada entre o diâmetro e o comprimento da flauta conforme a tabela 4. O ideal sugerido pelo autor é 1:23. Por exemplo, se uma flauta em sol com 410 mm deve ter um diâmetro entre 17 e 18 mm.

Tabela 04. Shepard, (1976) sugere comprimento e diâmetro ideal para que exista a proporção 1:23.

Notas Musicais	Diâmetro interno mm	Comprimento do centro do furo ato final do tubo mm
Dó	25	590
Ré	23	540
Mi	21	490
Fá	19	460
Sol	17-18	410
Lá	15-16	360
Si	13-14	320
Dó	12-13	285
Ré	11-12	270

Os pífanos confeccionados neste experimento foram afinados em três escalas diferentes Sol, Lá e Si e tiveram os seguintes valores apresentados na tabela 5 para o diâmetro interno, comprimento do centro do furo até o final do tubo e medida de cada furo dedilhável.

Tabela 05. Diâmetros internos e distância de cada furo em relação ao comprimento considerando o meio do furo do sopro até o final do tubo para cada flauta.

Pífano	Diâmetro Interno (mm)	Comp. 100% (cm)	43%	50%	58%	68%	73%	83%
Si 1	17.31	30.3	13.0	15.2	17.6	20.6	22.1	25.1
Si 2	15.33	30.6	13.2	15.3	17.7	20.8	22.3	25.4
Si 3	17.80	30.1	12.9	15.1	17.5	20.5	22.0	25.0

Si 4	17.81	30.3	13.0	15.2	17.6	20.6	22.1	25.1
Si 5	14.62	31.0	13.3	15.5	18.0	21.1	22.6	25.7
Si 6	18.87	29.9	12.9	15.0	17.3	20.3	21.8	24.8
Si 7	15.32	30.7	13.2	15.4	17.8	20.9	22.4	25.5
Si 8	15.58	30.9	13.3	15.5	17.9	21.0	22.6	25.6
Si 9	14.56	31.3	13.5	15.7	18.2	21.3	22.8	26.0
Si 10	17.59	29.8	12.8	14.9	17.3	20.3	21.8	24.7
Lá 1	18.60	33.6	14.4	16.8	19.5	22.8	24.5	27.9
Lá 2	15.60	34.7	14.9	17.4	20.1	23.6	25.3	28.8
Lá 3	16.87	34.0	14.6	17.0	19.7	23.1	24.8	28.2
Lá 4	16.60	34.4	14.8	17.2	20.0	23.4	25.1	28.6
Lá 5	17.76	34.5	14.8	17.3	20.0	23.5	25.2	28.6
Lá 6	15.98	34.2	14.7	17.1	19.8	23.3	25.0	28.4
Lá 7	17.89	33.0	14.2	16.5	19.1	22.4	24.1	27.4
Lá 8	15.61	35.2	15.1	17.6	20.4	23.9	25.7	29.2
Lá 9	18.06	34.3	14.7	17.2	19.9	23.3	25.0	28.5
Lá 10	15.32	34.8	15.0	17.4	20.2	23.7	25.4	28.9
Sol 1	18.23	37.5	16.1	18.8	21.8	25.5	27.4	31.1
Sol 2	19.51	38.0	16.3	19.0	22.0	25.8	27.7	31.5
Sol 3	19.01	38.9	16.7	19.5	22.6	26.5	28.4	32.3
Sol 4	19.22	38.3	16.5	19.2	22.2	26.0	28.0	31.8
Sol 5	17.70	37.9	16.3	19.0	22.0	25.8	27.7	31.5
Sol 6	19.12	38.1	16.4	19.1	22.1	25.9	27.8	31.6
Sol 7	17.72	39.0	16.8	19.5	22.6	26.5	28.5	32.4
Sol 8	20.06	38.0	16.3	19.0	22.0	25.8	27.7	31.5
Sol 9	18.69	39.0	16.8	19.5	22.6	26.5	28.5	32.4
Sol 10	19.61	38.4	16.5	19.2	22.3	26.1	28.0	31.9

Valores calculados de acordo com Shepard.

Ao observar essa tabela é possível observar que o diâmetro influencia indiretamente o comprimento. Para diâmetros maiores dos que os sugeridos por Shepard (1976) terá uma diminuição no comprimento das flautas para que o ajuste na afinação seja compensado.

A média do diâmetro interno das flautas fabricadas foi de 17,39mm e o desvio padrão de 1,59. As tabelas 6, 7 e 8 mostram as notas musicais de cada furo:

Tabela 06. Pífanos afinados em Si e a respectiva nota da cada furo considerando o primeiro furo, o furo mais distante do furo do soprao.

Pífano	1 furo	2 furo	3 furo	4 furo	5 furo	6 furo
Si 1	Dó#	Ré	Mi	Fá#	Sol#	Lá#
Si 2	Dó#	Ré#	Mi	Fá#	Sol#	Lá#
Si 3	Dó	Ré	Mi	Fá	Sol	Lá#
Si 4	Dó	Ré	Mi	Fá#	Sol	Lá
Si 5	Dó#	Ré#	Mi	Fá#	Sol#	Lá#
Si 6	Dó#	Ré	Mi	Fá#	Sol	Lá#
Si 7	Dó#	Ré	Mi	Fá#	Sol#	Lá#
Si 8	Dó#	Ré	Mi	Fá#	Sol#	Lá#
Si 9	Dó#	Ré#	Mi	Fá#	Sol#	Lá#
Si 10	Dó#	Ré#	Mi	Fá#	Sol#	Lá#

Tabela 07. Pífanos afinados em Lá e a respectiva nota da cada orifício.

Pífano	1 furo	2 furo	3 furo	4 furo	5 furo	6 furo
Lá 1	Lá#	Dó	Ré	Mi	Fá#	Sol#
Lá 2	Si	Dó#	Ré	Mi	Fá#	Sol#
Lá 3	Si	Dó	Ré	Mi	Fá#	Sol#
Lá 4	Si	Dó#	Ré	Mi	Fá#	Sol#
Lá 5	Si	Dó	Ré	Mi	Fá#	Sol
Lá 6	Si	Dó#	Ré	Mi	Fá#	Sol#
Lá 7	Si	Dó	Ré	Mi	Fá#	Sol#
Lá 8	Si	Dó#	Ré	Mi	Fá#	Sol#
Lá 9	Si	Dó#	Ré	Mi	Fá#	Sol
Lá 10	Si	Dó#	Ré	Mi	Fá#	Sol#

Tabela 08. Pífanos afinados em Sol e a respectiva nota musical.

Pífano	1 furo	2 furo	3 furo	4 furo	5 furo	6 furo
Sol 1	Lá	Lá#	Si	Dó	Mi	Fá#
Sol 2	Lá	Si	Dó	Ré	Mi	Fá#
Sol 3	Lá	Si	Dó	Ré	Mi	Fá#
Sol 4	Sol#	Si	Dó	Ré	Mi	Fá#
Sol 5	Lá	Si	Dó	Ré	Mi	Fá#
Sol 6	Lá	Si	Dó	Ré	Mi	Fá#
Sol 7	Lá	Si	Dó	Ré	Mi	Fá#
Sol 8	Lá	Si	Dó	Ré	Mi	Fá#
Sol 9	Lá	Si	Dó	Ré	Mi	Fá#
Sol 10	Lá	Si	Dó	Ré	Mi	Fá#

Das 10 flautas confeccionadas na frequência de Si (393,88 Hz) apenas 4 ficaram na escala perfeita analisando-se cada um dos furos dos dedos. Isso pode ser explicado porque foram utilizadas as metodologias de Shepard, (1976) e Hopkin, (1996) onde eles consideravam um diâmetro já previamente fixado e na realidade os bambus dependendo da posição do entrenó no colmo variam significativamente de diâmetro.

Os pífanos fabricados em Lá (440 Hz) metade deles ficaram com a escala perfeita. E os pifes em Sol (392 Hz) foram os que obtiveram melhores resultados, pois eram os que mais se aproximavam do diâmetro interno sugerido pelo autor utilizado na metodologia de confecção dos pífanos. Das 10 flautas confeccionadas na escala de Sol, 8 ficam com todos os furos afinados na nota almejada.

4.4.1. Descrição dos pifanos fora da escala desejada

Dos 30 pifanos confeccionados apenas 13 ficaram com um ou mais orifícios indicando uma nota com um ou dois semitons acima ou abaixo da nota requerida. Os pifanos foram submetidos a uma análise mais rigorosa utilizando uma calculadora de flautas e apitos de acordo com Tilbury, (2012) baseada na metodologia de Pete Kosel que considera as seguintes variáveis explicitadas na Tabela 9

Tabela 9. Diâmetro interno, diâmetro da embocadura, diâmetro de cada furo dos dedos e espessura da parede dos pifanos fabricados no experimento que tiveram um resultado diferente do esperado quando considerado a escala correspondente.

Pife	Milímetros								
	1furo	2furo	3furo	4furo	5furo	6furo	ØEmbocadura	Espessura	Øint
Si 1	7	8	10	8	8	9	10	2	17,31
Si 3	7	9	11	10	10	10	10	2	17,80
Si 4	7	10	11	11	9	11	10	2	17,81
Si 6	10	10	10	10	10	9	10	2	18,87
Si 7	9	7	10	9	7	7	10	2	15,32
Si 8	8	7	11	10	8	9	10	3	15,58
Lá 1	7	10	11	11	11	10	11	3	18,60
Lá 3	9	10	10	10	10	10	11	3	16,87
Lá 5	10	11	11	11	10	10	11	3	17,76
Lá 7	10	10	10	9	10	10	9	2	17,89
Lá 9	10	10	10	10	9	10	10	4	18,06
Sol1	7	10	11	9	9	10	10	4	18,23
Sol4	8	10	8	10	10	9	11	3	19,22

Utilizando os dados acima na calculadora disponibilizada na internet foi montada a tabela 10 que compara a real medida encontrada em cada pífano com as medidas sugeridas pela metodologia de Pete Kosel.

Tabela 10. Distância dos furos dos dedos a partir do final do tubo numerados de 1 a 6 fabricados pela metodologia de Shepard. Em comparação com as medidas almejadas para cada furo considerando a metodologia de Pete Kosel e a calculadora desenvolvida por Chuck Tilbury.

Pífano	Centímetros											
	1	K1	2	K2	3	K3	4	K4	5	K5	6	K6
Si1	5,3	5,7	8,0	8,8	10,0	N	12,7	N	15,1	N	17,2	N
Si3	5,2	5,8	8,2	8,6	9,8	9,0	12,8	13,0	15,2	15,2	17,4	17,5
Si4	5,0	5,8	8,2	8,4	9,8	9,3	12,9	12,7	15,2	15,5	17,3	17,2
Si6	5,1	5,4	8,1	8,8	9,7	N	12,7	N	15,0	N	17,1	N
Si7	5,2	5,1	8,1	9,1	9,8	N	12,9	N	15,3	N	17,6	N
Si8	5,7	5,4	8,2	9,1	10,0	N	13,2	N	15,5	N	17,7	N
Lá1	5,7	6,8	9,2	9,5	10,9	10,6	14,1	14,5	16,8	17,1	19,3	19,7
Lá3	5,8	5,9	9,2	9,4	10,9	10,6	14,2	14,4	17,2	17,0	19,4	19,5
Lá5	5,9	5,8	9,5	9,4	11,2	10,5	14,6	14,3	17,3	17,2	19,7	19,5
Lá7	5,8	5,6	9,0	9,5	10,9	10,6	14,1	14,6	16,7	17,0	18,9	19,5
Lá9	6,0	6,0	9,5	9,8	11,1	10,5	14,6	14,7	17,2	17,5	19,7	19,6
Sol1	6,3	7,6	10,0	10,7	12,1	11,9	15,6	16,7	18,7	19,5	21,4	22,0
Sol4	6,4	7,2	10,4	10,8	12,2	12,7	16,1	16,3	19,1	19,4	22,0	22,4

K= Distância dos furos dos dedos a partir do final do tubo segundo Pete Kosel.

N= não é possível fabricar com as medidas existentes.

Ao se observar a Tabela 10. Pode-se compreender o motivo de determinadas notas dos furos não estarem na frequência desejada. Pois o pífano Sol 1 no segundo furo deveria apresentar a nota Si, todavia a nota indicada é Lá# pois segundo a calculadora de Tilbury o segundo furo deveria ser sete milímetros mais perto da embocadura.

A proporção do comprimento em milímetros com o diâmetro interno segundo Pete Kosel é de 21:1 e segundo Shepard, (1976) é de 23:1. A proporção encontrada para os pifanos Si1, Si3, Si4, Si6, Si7, Si8, Lá1, Lá3, Lá5, Lá7, Lá9, Sol1 e Sol4 são explicitadas na tabela 11.

Tabela 11. Proporção do comprimento total (do meio do furo do sopro até o final do tubo em mm) pelo diâmetro interno dos pifanos confeccionados (mm)

Pífano	Comprimento	Diâmetro interno	Proporção
Si1	303	17.31	17:1
Si3	301	17.80	17:1
Si4	303	17.81	17:1
Si6	299	18.87	16:1
Si7	307	15.32	20:1
Si8	309	15.58	20:1
Lá1	336	18.60	18:1
Lá3	340	16.87	20:1
Lá5	345	17.76	19:1
Lá7	330	17.89	18:1
Lá9	343	18.06	19:1
Sol1	375	18.23	21:1
Sol4	383	19.22	20:1

Os pifanos satisfatórios desse experimento possuem uma amplitude de proporção entre o comprimento e o diâmetro interno de 21:1 até 23:1. A flauta Si 6 possui uma proporção difícil de se ajustar. O mesmo ocorre com Si 1, Si 7.