



Marcondes Menezes de Melo¹, Carlos Alberto dos Santos², Gustavo de Oliveira Gurgel Rebouças², Jusciane da Costa e Silva² 

¹Escola de Música e Artes, Mossoró, RN, Brasil.

²Departamento de Ciências Naturais, Estatística e Matemática, Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, Brasil.

Palavras-chave

pífano
música
ensino de física

Resumo

Neste trabalho, apresentamos uma sugestão de gabarito para a construção de um pífano, utilizando conhecimentos físicos para uma aula prática de física e música. A construção pode ser realizada em sala, desde que os alunos tenham idade e habilidade para manusear ferramentas de forma segura. A construção artesanal de pifanos está associada ao comprimento da flauta e à distribuição dos furos na mesma. Os pifanos podem ser construídos com tubos de PVC ou mesmo de taquara. O pífano construído utilizou material de PVC e tem frequência Dó, 523 Hz, como afinação fundamental para o comprimento de 30,07 cm. A separação entre os furos responsáveis pelas notas musicais apresenta uma boa oportunidade para explicar a formação da escala, além de estudar conceitos como frequência, período, velocidade do som e comprimento de onda, experimentalmente.

1. Introdução

O pífano é um instrumento construído inicialmente a partir de tubos, fabricados a partir de vegetais como bambu e taquara, mas também pode ser feito de madeira, PVC e metais, dependendo da região e da disponibilidade de materiais. Está presente em diversas regiões do Brasil, tendo uma importância cultural no Nordeste [1]. Há diversas possibilidades quanto a sua origem, podendo, pela sua simplicidade, ter surgido em várias partes do mundo, uma vez que há citações de ocorrências na Europa, na África e na América pré-colombiana.

Inclusive, é plausível que a palavra pífano venha do assobio do alemão “pfeifer”. Além disso, cabe salientar que esse instrumento foi usado em batalhas europeias no século XVI [2].

Segundo Silva [3], na região do Nordeste brasileiro, a cultura do pífano tem forte tradição nos estados da Paraíba, Ceará, Alagoas, Sergipe e Pernambuco. No Rio Grande do Norte, existem alguns nomes de destaque, como o músico Carlos Zens, que difunde o pífano por meio de projetos sociais em Natal, e Marcondes Menezes, com a banda Monxorós, em Mossoró. Ainda segundo Silva [3], no RN, existem vários projetos de divulga-

Autor de correspondência. E-mail: jusciane@ufersa.edu.br.

Este é um artigo de acesso livre sob licença Creative Commons



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Copyright © 2024, Copyright by Sociedade Brasileira de Física. Printed in Brazil.

ção do pífano, tais como: Umbu Cajá, em Upanema; Pifar para Transformar Vidas; Pifando, no Museu Nísia Floresta; Projeto Cultura e Cidadania Leo do Pife; Serviços de Convivência e Fortalecimento de Vínculo, em Nísia Floresta, e Centro de Referência da Assistência Social, em Parnamirim.

Cavalcante [4] afirma que é imprescindível a um bom músico possuir conhecimentos de física e matemática e a recíproca é verdadeira, ou seja, um cientista deve ter envolvimento com a arte, na perspectiva de potencializar suas pesquisas. Inclusive, até o século XVIII, as universidades da Europa tinham, na sua estrutura curricular, o Quadrivium, composto por aritmética, geometria, astronomia e música. Pitágoras foi um dos primeiros filósofos a estudar a música e foi responsável pela normatização das sete notas musicais harmônicas, sendo atribuída a ele a medição das frequências do som gerado por uma corda em vibração. Até o Renascimento, a teoria geocêntrica de Aristóteles prevalecia com sete planetas conhecidos; portanto, o conceito de harmonia das esferas celestes coincide com a escala musical de sete sons [5].

O pífano enquadra-se entre os instrumentos musicais que podem ser usados para o ensino de música em escolas de educação básica [3], bem como para o ensino dos fundamentos físicos do som [6-11]. Além do relevante aspecto cultural no contexto da educação básica, o uso do pífano permite, a exemplo das citadas referências, abordar conceitos como altura, intensidade e timbre do som.

O uso de recursos didáticos para estudar física e música pode ser abordado em diversos aspectos, não só diretamente associado às ondas sonoras, mas também a conceitos como conservação da energia, força, pressão, movimento harmônico, fluidos e propriedades materiais, bem como à conexão com outras disciplinas: matemática, fisiologia, sociologia e história [8].

Há algumas propostas de ensino desse instrumento musical no ensino regular [12]; no entanto, apresentaremos uma proposta de construção de um recurso didático visando, além da música, o ensino de física com ênfase em ondas sonoras estacionárias a partir da construção e utilização, em sala de aula, de pífanos. Será apresentado um roteiro para a construção do pífano, em sala de aula de física, com afinação baseada na onda sonora estacionária referente às notas musicais desejadas, mostrando a importância e a função da função na obtenção das notas musicais [1]. Primeiramente, será descrita a teoria da construção com base na física de ondas sonoras estacionárias e, em seguida,

O pífano enquadra-se entre os instrumentos musicais que podem ser usados para o ensino de música em escolas de educação básica, bem como para o ensino dos fundamentos físicos do som

A onda sonora, no caso de instrumentos musicais, tem como meio de propagação o ar. Quando esse meio sofre uma perturbação, suas moléculas vibram, gerando o efeito sonoro ou onda sonora

será proposta a construção do pífano com base nesses estudos.

2. Ondas estacionárias em tubos sonoros abertos

Os instrumentos de sopro de embocadura aberta são constituídos por um tubo com uma das extremidades abertas e um bocal com diâmetro da ordem do diâmetro do tubo, de modo que, em seu interior, produza uma onda estacionária equivalente à nota desejada.

Em geral, uma onda é definida como uma perturbação periódica gerada em algum meio físico, ou mesmo no vácuo. Existem três tipos básicos de ondas: mecânicas, eletromagnéticas e gravitacionais. Elas podem ser caracterizadas como ondas longitudinais e ondas transversais, sendo a onda sonora uma onda mecânica longitudinal, que precisa de um meio material para se propagar e vibra na direção de propagação. Ao contrário da onda eletromagnética, a onda sonora não se propaga no vácuo. Qualquer movimento ondulatório tem quatro propriedades fundamentais, comprimento de onda (λ), período (T), frequência (f) e velocidade de propagação (v), interrelacionadas por meio das Eqs. (1) e (2)

$$v = \lambda f, \quad (1)$$

onde a frequência em função do período é dada por

$$f = \frac{1}{T}. \quad (2)$$

No caso do som gerado por instrumentos musicais, ou seja, a música, há que se acrescentar três qualidades conhecidas como fisiológicas [13-14]: volume, notas, ou tons, e timbre. O volume é um atributo intensivo da sensação auditiva em termos do qual os sons podem ser ordenados em uma escala que se estende de suave a alto. Ele é caracterizado pela amplitude da onda sonora; portanto, o som forte ou fraco está relacionado com a intensidade da amplitude. O tom (notas) é um atributo de audição cuja sensação permite que os sons possam ser ordenados em uma escala que se estende do alto ao muito baixo, ou seja, está relacionado com níveis convencionais da altura do som, particularmente confortáveis para os seres humanos, os quais formam a escala musical, e é fisicamente relacionado com a frequência. O timbre é a sensação auditiva em termos da qual um ouvinte pode julgar que dois sons,

apresentados de maneira semelhante e tendo o mesmo volume e tom, são diferentes. Além disso, está associado à superposição de ondas estacionárias e permite distinguir de que instrumentos são duas notas idênti-

cas. Portanto, essas propriedades físicas são de fundamental importância no estudo da música [15]. Para a investigação dessas grandezas físicas, convém termos o domínio conceitual da física do som, cujos fundamentos aqui apresentados foram extraídos de [14,16-17].

A única maneira de obter uma onda sonora é pela produção periódica de pressão em determinado meio material. A onda sonora, no caso de instrumentos musicais, tem como meio de propagação o ar. Quando esse meio sofre uma perturbação, suas moléculas vibram, gerando o efeito sonoro ou onda sonora. Ondas estacionárias em tubos sonoros são ondas obtidas pela superposição de duas ondas idênticas propagando-se em sentidos opostos. Como as ondas se deslocam em sentidos opostos, a onda resultante apresentará velocidade nula, por isso ficam aprisionadas em tubos sonoros. As ondas sonoras possuem um padrão de vibração, ou seja, são caracterizadas por terem pontos bem definidos com amplitude de pressão mínima, denominados nós, e pontos onde a amplitude de pressão é máxima, conhecidos como antinós. A velocidade de propagação da onda sonora no ar é constante e independe da frequência emitida, sendo dada por aproximadamente $v_s = 343$ m/s [16]. Desse modo, no interior dos instrumentos musicais do tipo tubo sonoro há uma onda estacionária e o produto do lado direito da Eq. (1) é sempre constante.

O sopro do musicista no bocal, em um instrumento do tipo tubo aberto, produz uma onda estacionária, com frequência fundamental, obtida pela vibração de metade do comprimento de onda da nota de interesse. Logo, o comprimento mínimo da flauta será dado de modo a caber metade do comprimento de onda da nota desejada, ou seja

$$L = \frac{\lambda}{2}. \quad (3)$$

Usando as Eqs. (1) e (3), o comprimento L é dado por

$$L = \frac{v_s}{2f}. \quad (4)$$

Assim, a onda estacionária produzida no interior do tubo terá o comprimento fundamental dado pela metade do comprimento de onda, como indicado na Fig. 1(a). Já as demais notas serão geradas pelas aberturas de comprimentos L_0 , equivalente a todos os furos fechados, e, conseqüentemente, a cada abertura teremos novas emissões de notas, L_1, L_2, L_3, L_4, L_5 , e L_6 [18], sendo a frequência o que define uma nota musical. As notas musicais na escala pitagórica são: Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá, Si. Para cada frequência, há uma nota diferen-

te; por exemplo, a nota Lá corresponde à frequência 440 Hz. Um intervalo de oitava corresponde a dobrar a frequência de vibração; logo, a frequência 880 Hz também é uma nota Lá, porém uma oitava acima, ou seja, mais aguda. Assim, caso se deseje baixar uma oitava, basta dividir essa frequência por 2, enquanto elevar a frequência em uma oitava significa duplicar sua frequência. Como o produto do comprimento de onda pela frequência é sempre constante, pode-se usar a regra inversa para aumentar uma oitava; para isso, basta reduzir o comprimento de onda pela metade e duplicá-lo para ter a oitava mais grave, o que pode ser feito facilmente pela abertura e fechamento dos buracos em um pífano afinado ou temperado.

No caso das flautas e pífanos, temos um tubo com ambas as extremidades abertas, mesmo não aparecendo, mas isso fica evidente na Fig. 1(b), na qual é possível observar os pontos de máximo tanto próximo ao pé da flauta quanto ao bocal. À medida que os furos são abertos pelos dedos, obtêm-se as demais notas musicais.

A Fig. 1 é uma representação esquemática da onda sonora em um pífano, destacando os dois pontos de pressão máxima, bem como um quarto do comprimento de onda para duas digitações: a nota fundamental f_0 com todos os furos fechados na Fig. 1(a), e a nota f_3 com os três primeiros furos abertos na Fig. 1(b). O ponto de máximo de pressão, ΔP_{max} , não coincide exatamente com a abertura da flauta, estando um pouco fora da abertura do tubo [17]. Com isso, encontramos as localizações teóricas dos buracos que, devido à construção rudimentar, não esperamos que resultem em um instrumento com excelente sonoridade. Desse modo, seria muita pretensão construir um instrumento de qualidade com materiais simples e sem o treinamento de luthieria.¹

Para uma flauta em Dó5, a frequência fundamental é $f_0 = 523,00$ Hz e o comprimento L será de aproximadamente 33,00 cm. O índice 5 indica que esse é o quinto Dó na escala fundamental do piano, logo, o índice que aparecerá no texto com a nota musical apresenta essa mesma relação. Assim, o tamanho do pífano será dependente da afinação, ou melhor, da nota fundamental com todos os furos fechados, f_0 .

Para a construção inicial, sugere-se que se realize o primeiro furo, o bocal, e, em seguida, com o auxílio de um afinador, corte ou lixe lentamente a extremidade oposta ao bocal. Para que o bocal seja um ponto de máxima variação de pressão, ΔP_{max} , sugere-se que seu diâmetro seja da ordem do diâmetro do tubo [19]. Desse modo, propomos um gabarito de furação, com base na Eq. (4), da distância teórica dos furos em relação ao bocal [20]. A proposta explicitada na Tabela 1 apresenta as notas esperadas.

No contexto das aulas de música, é uma boa introdução a instrumentos populares, especialmente na região Nordeste do Brasil, podendo ser incorporado a grupos folclóricos e artesanais locais

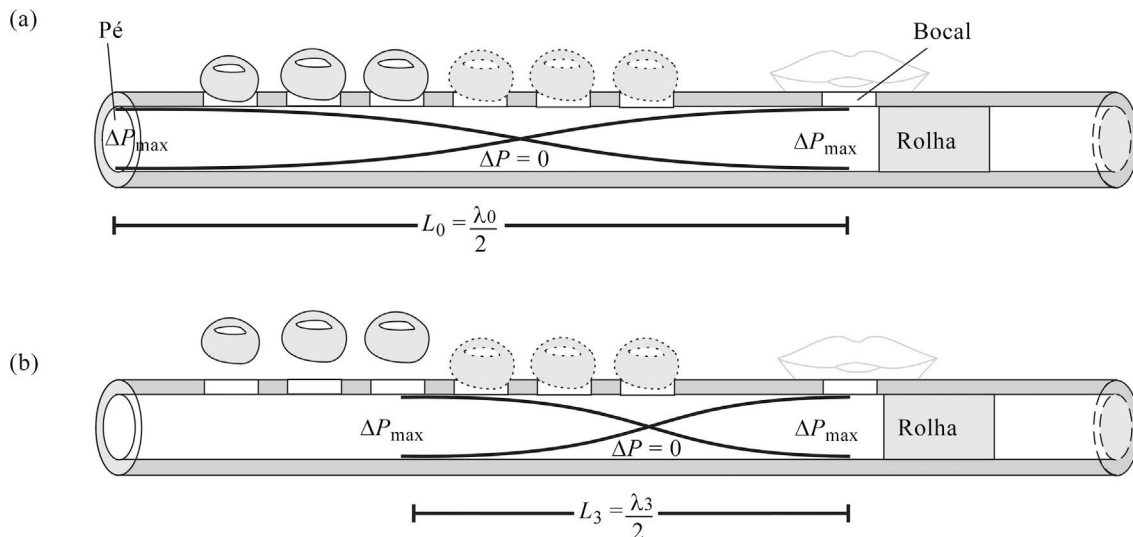


Figura 1 - Figura esquemática da onda sonora em um pífano. Em (a) para todos os furos fechados que seria a emissão da nota fundamental f_0 e (b) para três furos abertos, equivalentes à emissão da nota f_3 . A figura identifica ainda o bocal e o pé do pífano.

Tabela 1: Distância do bocal ao centro do furo.

Nota	Dó5	Ré5	Mi5	Fá5	Sol5	Lá5	Si5
Frequência (Hz)	523	587	659	698	783	880	971
L (mm)	329,8	293,8	261,8	247,1	220,3	196,0	177,6

Lembramos que a técnica do musicista em qualquer instrumento musical é de extrema relevância e, no caso do pífano, não é diferente. Descrevemos a física básica de sua construção, mas a obtenção da nota pelo musicista dependerá muito de sua habilidade com o instrumento. Não abordaremos a técnica de meio-furo, bem como outras técnicas de obtenção de cromatismo, que são usadas para obter as notas acidentadas, os sustenidos e os bemóis. Segundo Pedrasse [21], a técnica utilizada no pífano é o meio-furo, o que possibilita a execução de um grande número de modos e escalas, incluindo cromatismos, quartos de tom, glissandos e até terças neutras, mas que também segue a regra da Eq. (3). Na maioria dos casos, no entanto, não teríamos um novo furo, mas sim a abertura parcial desse furo. Nesse caso, a destreza do musicista destaca-se ainda mais, o que torna diversos músicos desse instrumento verdadeiros virtuosos nessa arte.

3. Construção do pífano

Os pifanos de PVC têm mais resistência e durabilidade do que os de bambu ou taquara. No quesito sonoridade, há quem prefira pifanos de PVC e há quem prefira os de bambu, bem como aqueles que preferem utilizar materiais mais modernos. Portanto, não há um consenso, pois depende do musicista [1]. A escolha do

PVC ocorre pela facilidade na aquisição e pela padronização das dimensões, o que não acontece com os vegetais – o luthier desse instrumento muitas vezes passa dias à procura dos vegetais ideais, além de esperar que eles sequem naturalmente antes da sua construção. A rolha pode ser de cortiça ou EVA e deve ser justa à superfície interna do cano, mas não tanto a ponto de impedir sua movimentação para facilitar a afinação do instrumento.

O processo de construção do pífano envolve diversos aspectos técnicos e ergonômicos para propiciar a sonoridade desejada, assim como conforto ao tocá-lo. Diversos construtores usam diferentes ferramentas para a confecção do pífano. Para o corte do cano, podem ser usados serra de cano PVC, cortador de cano, ou mesmo faca ou estilete. Para a furação, pode-se usar furadeira, tesoura ou faca de ponta. Além disso, uma lima boleada pode ajudar no acabamento e na afinação. O gabarito da Fig. 2 dificilmente resultará em um pífano perfeitamente afinado, pois a obtenção final da nota deve ser feita com o afinador à medida que se aumenta o furo. Ressaltamos que esses materiais são perigosos para uso em sala de aula por crianças e até mesmo por adultos.

Vamos construir um pífano de PVC que reproduza a escala diatônica de Dó maior. As notas apresentadas na Tabela 1 são classificadas como naturais, sem acidentes, bemóis ou sustenidos, na quinta oitava. Como já mencionado, a qualidade da nota desejada não se resume somente à construção do pífano, já que o musicista tem uma função importantíssima no alcance da nota, podendo demorar anos para aprimorar sua técnica. Outro fator relevante é a qualidade da construção

O processo de construção do pífano envolve diversos aspectos técnicos e ergonômicos para propiciar a sonoridade desejada, assim como conforto ao tocá-lo

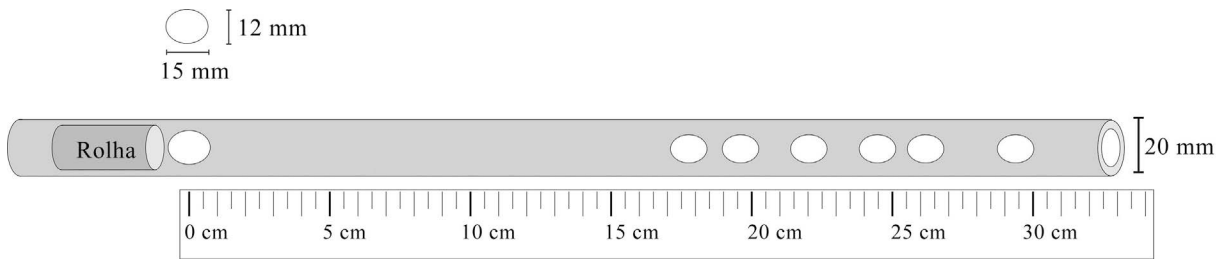


Figura 2 - Gabarito teórico de nossa proposta de pífano em Dó maior, cujo ponto central da furação é indicado na Tabela 1.

dos instrumentos de sopro. Esses dois fatores são de extrema importância e não se restringem apenas à física presente no instrumento.

A proposta apresentada na Tabela 1 e exposta na Fig. 2 não apresenta a realidade das notas esperadas. O professor da Escola de Música de Mossoró, Marcondes Menezes, que tem vasta experiência na construção de pífanos de diferentes materiais, ao construir e analisar alguns pífanos de PVC, identifica que a construção envolve outros aspectos, sendo que alguns já foram apresentados na seção anterior. O primeiro fator importante é a afinação, devido ao comprimento da flauta, que imprimirá no instrumento a nota Dó5.

Inicialmente, é cortado um cano de PVC de 20 mm de diâmetro com um comprimento de 40 cm e realizada a furação conforme o gabarito sugerido. O cano usado é um comum de PVC para água fria encontrado em lojas de materiais de construção. A furação do bocal deve ser a primeira a ser feita e, ao soprar, deve-se buscar a nota Dó5, cuja distância teórica deve ser 33 cm do bocal ao “pé” do pífano. A Fig. 3 apresenta as ferramentas utilizadas pelos autores na confecção dos pífanos objeto deste trabalho.

Normalmente, a nota inicial estará um pouco mais grave e o pé deverá ser cortado ou lixado suavemente até se chegar à nota desejada, com a ajuda de um afinador eletrônico. Esse tipo de afinador existe em versões online e em aplicativos de celulares [22]. Além disso, a rolha pode ser movimentada; logo, essa fase equivale à digitação de todos os furos fechados. O furo do bocal é feito no formato elíptico e, quanto maior seu tamanho, melhor será seu volume e tom, havendo um limite máximo.

Em seguida, inicia-se a confecção dos furos para a abertura e fechamento com os dedos e a digitação das notas, como mostra a Fig. 3. As dimensões são feitas sempre de modo a obter a nota desejada, o que se faz aumentando lentamente o furo com a ajuda de uma broca cônica.

A Fig. 4 apresenta um pífano em Dó5 construído pelos autores. Além disso, foi utilizada uma rolha de isopor, não visível, conforme apresentado no gabarito (Fig. 2). A furação é realizada a partir de sua nota fundamental, o Dó5, que é equivalente a todos os furos fechados. Antes da primeira perfuração, é encontrado o comprimento L para a nota Dó5, cortando e lixando a



Figura 3 - Construção do pífano.

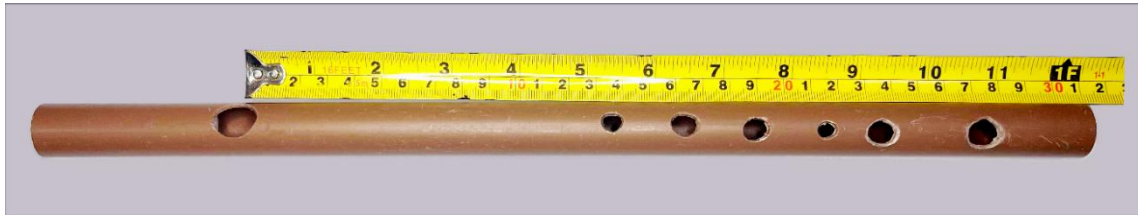


Figura 4 - Pífano construído ao lado de uma trena de modo a identificar a furação em função do comprimento em relação ao bocal e ao pé.

parte oposta ao bocal do tubo (pé da flauta) e soprando com a ajuda de um afinador digital. Esse comprimento foi de 307 mm, enquanto o valor calculado pela Eq. (3) é 329 mm, conforme apresentado na Tabela 1. Isso ocorre pelo fato, já mencionado, de que o último máximo apresenta-se fora da abertura do tubo. Em seguida, serão feitos os demais furos, sendo o primeiro o Ré5, indo até o Si5. A Fig. 5 mostra a diferença entre os valores obtidos na construção e os valores calculados e, como relatado anteriormente, essa diferença já era esperada.

Antes da construção do pífano mostrado na Fig. 4, foram realizadas algumas tentativas utilizando os dados da Tabela 1, a partir da Eq. (4), que resultaram em pifanos com notas mais graves do que o esperado para um instrumento perfeitamente afinado, ou temperado, conforme observado com o uso do afinador [22]. O pífano temperado foi obtido realizando furos com distâncias entre o bocal e o furo um pouco menores, sen-

Tabela 2: Distância do bocal ao centro do furo pífano real em Dó5 após a construção do pífano da Fig. 6.

Nota	Dó5	Ré5	Mi5	Fá5	Sol5	Lá5	Si5
Frequência (Hz)	523	587	659	698	783	880	971
L (mm)	307,0	267,0	232,0	213,0	185,0	160,0	132,0

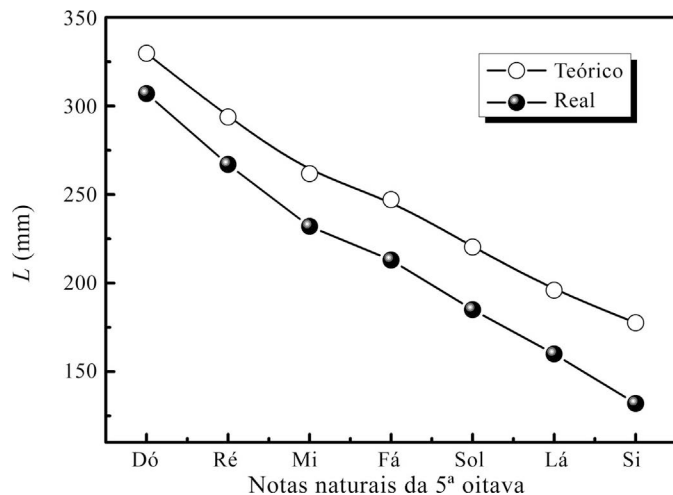


Figura 5 - Comparação entre o comprimento da furação L teórico e o comprimento real, construído pelos autores. A linha representa um guia.

do essas distâncias apresentadas na Tabela 2. Para cada furo, primeiramente era feita uma pequena abertura alargada na direção do bocal, caso a nota estivesse mais grave do que o esperado, e em direção ao pé da flauta, caso a nota estivesse mais aguda. Essa fase foi realizada com muito cuidado para não comprometer o resultado final da flauta. É importante lembrar que o diâmetro do furo deve permitir que ele seja fechado com os dedos. Esse é um trabalho meticuloso, e alcançar a perfeição é difícil, exceto para luthiers experientes em instrumentos tocados por músicos habilidosos. No entanto, para fins didáticos, esse pífano cumpre suas funções.

Há uma clara discrepância entre a furação do pífano temperado e a furação esperada pela Eq. (4), sendo que suas distâncias são menores do que as do gabarito e da Tabela 1. A Fig. 5 apresenta graficamente os comprimentos calculados teoricamente para cada nota e os obtidos na construção do pífano temperado.

É importante ressaltar que trabalhamos com a escala harmônica de Dó maior, conforme as notas das Tabelas 1 e 2, mas independentemente da escala e da obtenção das notas desejadas, será utilizada a Eq. (3). Cromatismos podem ser alcançados aproximadamen-

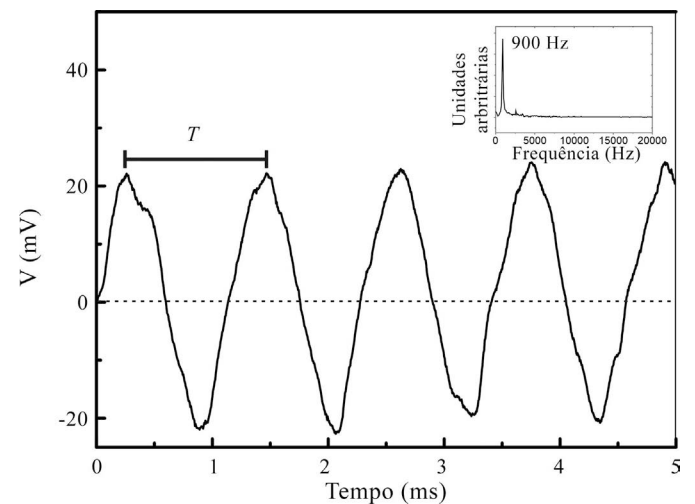


Figura 6 - Nota Lá5 em um osciloscópio digital acoplado a um microfone para captar a nota emitida. O período de vibração é $T = 1,19$ ms, 840 Hz. No detalhe, o espectro da Transformada Rápida de Fourier, com pico em 900 Hz.

te, como esperado, nesse instrumento, mas nesse caso a habilidade do músico é extremamente relevante.

A Fig. 6 mostra a vibração da nota Lá5 obtida em um osciloscópio ligado a um microfone, no qual verificamos que os valores são compatíveis com a nota esperada. Um período de 1,19 ms, equivalente à frequência de 880 Hz, é uma ótima aproximação para a nota Lá5. Desse modo, nosso instrumento pode ser utilizado para execução por um músico popular de pífano, além de auxiliar no ensino de física e música em sala de aula.

No detalhe da Fig. 6, há a Transformada Rápida de Fourier (FTT), com pico em 900 Hz, o que demonstra a qualidade de nosso instrumento. Para mais informações sobre a FTT aplicada à flauta, consultar [23]. Com isso, para a aplicação básica no Ensino Médio, demonstrar o período de vibração e a frequência já é suficiente para utilizar o recurso didático proposto tanto no ensino de física quanto no de música.

O uso do osciloscópio para visualizar a nota musical pode ser relevante em sala de aula, deixando claro para o aluno o formato da onda sonora captada por um microfone e exibida na tela do aparelho. O período é claramente identificado e a frequência obtida com a Eq. (2). Essa temática também serve para introduzir o osciloscópio aos alunos. Esse equipamento não se limita apenas a essa aplicação, sendo relevante também para o estudo de eletromagnetismo e análise de sinais.

4. Considerações finais

Este trabalho propõe a construção artesanal de um pífano de PVC como recurso didático que possa ser utilizado no ensino de física e música. Ele pode ser usado para desenvolver sequências didáticas e para a construção de novos pífanos com afinações diferentes, sendo possível sua aplicação tanto no Ensino Médio como em aulas de música. A construção pode ser realizada em sala de aula, desde que os alunos tenham idade e habilidade para manejar ferramentas com segurança.

No contexto das aulas de música, é uma boa introdução a instrumentos populares, especialmente na

região Nordeste do Brasil, podendo ser incorporado a grupos folclóricos e artesanais locais. No ensino de física, ele permite explorar amplamente conceitos de ondas sonoras e acústica, possibilitando até que os estudantes construam seus próprios instrumentos e adquiram conhecimento prático.

A proximidade dos furos responsáveis pelas notas musicais Mi e Fá oferece uma oportunidade para explicar a formação da escala, incluindo os semitons entre essas duas notas, visíveis na comparação entre teoria e construção real, conforme demonstrado na Fig. 5.

Uma proposta interessante é analisar instrumentos musicais já prontos, como a flauta transversal ou pífanos comerciais, permitindo aos alunos medir as distâncias entre o bocal e os furos. Além disso, seria útil verificar se as distâncias teóricas sugeridas pela Eq. (4) estão presentes no instrumento [20]. O mesmo pode ser feito com instrumentos de corda, como o violão, onde a Eq. (3) também se aplica, embora a vibração na corda seja diferente devido aos nós da onda estacionária nos pontos onde a corda está fixada.

Não temos a intenção de transformar o leitor interessado nesse trabalho em um luthier, mas sim de proporcionar entendimento sobre a física e a música envolvidas nesse instrumento musical. Além disso, incentivamos a inserção desse instrumento nas aulas de física e/ou música, permitindo aos interessados a possibilidade de construir um instrumento presente na cultura brasileira, especialmente na cultura nordestina, que inspirou diversos artistas e ainda está presente em várias regiões.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação (PROPPG) da Ufersa pelo financiamento interno do Edital 12/2023, bem como a Chamada CNPq/MCTI nº 10/2023 - Edital Universal, Processo nº 404199/2023-2.

Recebido em: 27 de Março de 2024

Aceito em: 26 de Junho de 2024

Nota

¹Lutheria: prática do luthier, aquele que constrói e conserta instrumentos musicais acústicos.

Referências

- [1] S. Sasaoka, M.A.R. Pereira, G.F. Santos, *Brazilian Journal of Development* **5**, 12519 (2019). doi
- [2] J.C.O. Lino, *Método Prático de Pífano de Bambu* (Ed. Keyboard, São Paulo, 2008).
- [3] L.P. Silva, *O Pífano de PVC como Ferramenta de Musicalização em uma Escola de Educação Básica do Rio Grande do Norte*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2019.
- [4] J.C.L. Cavalcante, F.R. Bueno, R.G.G. Amorim, *Revista Amazônica de Ensino de Ciências* **5**, 101 (2012).
- [5] G.U. Varieschi, C.M. Gower, *American Journal of Physics* **78**, 47 (2010). doi
- [6] N. Banerji, D. Stoddard, J.B.V. Dorrió, in: *11th International Conference on Hands-on Science*, Aveiro, 2014, p.13.
- [7] G. Iliaki, A. Velentzas, E. Michailidi, D Stavrou, *Research in Science & Technological Education* **37**, 218 (2018). doi
- [8] G.P. Ramsey, *The Physics Teacher* **53**, 415 (2015).

- [9] R.C. Vilão, S.L.S. Melo, *American Journal of Physics* **82**, 1149 (2014).
- [10] G.O.G. Rebouças, J. Costa e Silva, *A Física na Escola* **21**, 220910 (2023). [doi](#)
- [11] C. Arrouvel, E. Negreiros, E. Kurtenbach, M. Farina, *A Física na Escola* **22**, 230017 (2024). [doi](#)
- [12] L.A. Silva, *Revista Wamon* **5**, 91 (2020). [doi](#)
- [13] A. Gaspar, *Compreendendo a Física: Ondas, Óptica e Termodinâmica* (Ática, São Paulo, 2014).
- [14] R.P. Feynman, *Lições de Física de Feynman Vol. I* (Bookman, Porto Alegre, 2008).
- [15] A.J.M. Houtsma, *Journal of New Music Research* **26**, 104 (1997).
- [16] D. Halliday, J. Walker, *Fundamentos de Física. Vol. 2* (LTC, Rio de Janeiro, 2006).
- [17] H.M. Nussenzweig, *Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor* (Blucher, São Paulo, 2002).
- [18] D.D. Pizetta, A.D. Wanderley, V.R. Masterlaro, F.F. Paiva, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **39**, e3301 (2017).
- [19] B.R. Parker, *Good Vibrations: The Physics of Music* (Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2009).
- [20] R. Worland, in: *166th Meeting of the Acoustical Society of America*, San Francisco, California, 2013, p. 1.
- [21] C.E. Pedrasse, *Banda de Pifanos de Caruaru: Uma Análise Musical*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 2002.
- [22] <https://www.cifraclub.com.br/afinador/>
- [23] S.A. Nascimento, J.D. Dantas, P.C. Souza Segundo, C.A.S. Santos, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **37**, 2305 (2015). [doi](#)