



Avaliação das propriedades tecnológicas das madeiras maranhenses para arcos de violino

Evaluation of technological properties of woods from Maranhão for violin bows

GUILHON, David; Doutorando; FAAC UNESP Bauru; dvdguilhon@gmail.com

RIBEIRO, Naiara Regina Sousa. Universidade CEUMA; naiara.controle@gmail.com

PINHEIRO, Olímpio José; Doutor; FAAC UNESP Bauru; oj.pinheiro@faac.unesp.br

BEZERRA, Helton de Jesus Costa Leite; Universidade CEUMA; helton.costa@ceuma.br

resumo:

O arco do violino é mais que um acessório do instrumento. É a própria alma dele e participa ativamente de sua trajetória musical. Durante anos, preferiu-se o Pau-brasil para sua fabricação, em virtude das propriedades tecnológicas, estéticas e produtivas que ele oferta. Seu alto custo de produção ao longo do tempo a mostrou como insustentável, sugerindo a busca de madeiras alternativas. Este trabalho apresenta a avaliação das propriedades tecnológicas das madeiras maranhenses para a fabricação de arcos de violinos. Avaliaram-se a densidade (ρ), velocidade de propagação do som (c), módulo de ruptura à flexão (G), coeficiente de anisotropia (Canis), trabalhabilidade e tipo de grã, comparando-as com espécies mundialmente usadas. Cada propriedade apresentou seu crivo, desenhando um ranqueamento parcial usado para a definição das espécies consideradas aptas. Mesmo havendo valores interessantes na maioria delas, a densidade definiu apenas 4 madeiras classificadas - Cumaru, Pau-d'arco, Maçaranduba e Goiabão - como indicadas para a confecção de arcos para iniciantes ou estudo.

palavras-chave:

Sustentabilidade; Ecodesign; arco de violino; madeiras maranhenses; Pau-brasil.

Abstract:

Violin bow is more than an instrument accessory. It is its own soul and actively participates in its musical trajectory. For years, Pernambuco was preferred for its manufacture, due to the technological, aesthetic and productive properties it offers. Its high production cost over time showed it to be unsustainable, suggesting the search for alternative woods. This paper presents the evaluation of the technological properties of Maranhão woods for the manufacture of violin bows. Density (ρ), sound propagation velocity (c), modulus of rupture at bending (G), anisotropy coefficient (Canis), workability and grain type were evaluated, comparing them with species used worldwide. Each property presented its criteria, projecting a partial ranking used to define the species considered suitable. Although there are considerable values in most species, the density defined only 4 classified woods - Cumaru, Ipe, Massaranduba and Goiabão - as indicated for making bows for beginners or study.

Keywords:

Sustainability; Ecodesign; violin bows; Maranhão woods; Pernambuco wood.



1. Introdução

O violino é um instrumento que possui extensiva presença em orquestras de todo o mundo, quando comparado com os demais instrumentos, tal versa Fomin (2017). E um violino sem arco é como um carro sem rodas. Portanto, não é exagero chamar o arco do violino de “alma” do instrumento. A literatura justifica tal alcunha por considerar que o arco possibilita ao violinista a obtenção de uma grande variedade de notas (ALVES; LONGUI; AMANO, 2008; DELL'OLIO, 2009; LONGUI, 2009). É por meio desse fundamental mecanismo que, segundo Donoso et al. (2008), o musicista expressa através de sua virtuosidade as variações, durações e intensidades das notas. Cunha (2006) complementa que a forma com a qual o instrumentista movimenta o arco no violino, friccionando-o com as suas cordas, resulta em acentuações e articulações típicas do instrumento.

Historicamente, conhece-se pouco sobre a origem dos arcos do violino, mas os registros mais antigos apontam uma origem árabe e bizantina do século X (ANGYALOSSY; AMANO; ALVES, 2005; MACEDO; LIMA; BARROS, 2020). Mesmo se tratando de um acessório essencial para o instrumento, Longui (2009) revela que sua história é relativamente desconhecida, mas que seu design sofreu mudanças significativas ao longo do surgimento de novas tendências musicais entre a Idade Média e a Idade Moderna. E, obviamente, isso influenciou nas escolhas de materiais e processos de construção do instrumento e do arco, de modo especial.

Sobre o processo de fabricação de instrumentos musicais, Alves, Longui e Amano (2008) o considera como a fusão da arte com a tecnologia. Do mesmo modo, os fabricantes de arcos ou arqueiros utilizam ferramentas e técnicas específicas para dar aos seus projetos características estéticas e funcionais únicas (Idem). O material mais usado para confeccionar arcos ainda é a madeira, especialmente o Pau-brasil (*Caesalpinia echinata*), espécie brasileira extensivamente usada desde o século XVIII e que hoje está em vias de extinção (LONGUI, 2009). Esse tipo de cenário é descrito por Guilhon, Guimarães e Lourenço (2021) como dotado de problemas que chegam a tornar inviável ambiental e economicamente a coleta de espécies como o Pau-Brasil, por conta de sua pouca quantidade e consequentemente preço elevado. Tal fator propicia terreno fértil para a busca por madeiras alternativas e competitivas, que possam desencadear em projetos e produção de arcos de violinos feitos a partir dessas pesquisas.

E por entender que a flora maranhense é extensivamente utilizada para diversos fins comerciais e já investigada em pesquisas voltadas instrumentos musicais e seus acessórios (GUILHON, FIGUEIREDO; SILVA, 2021; GUILHON; GUIMARÃES; LOURENÇO, 2021), busca-se neste artigo mostrar a avaliação comparativas destas espécies com as madeiras mais usadas no mundo para a confecção de arcos de violino.

2. Metodologia usada

O referido artigo baseia-se na metodologia de seleção de materiais de Ashby e Johnson (2010), que defendem a ideia de que a seleção de materiais constitui parâmetros formadores dos requisitos projetuais de um produto. Também acreditam que tal método auxilia na formação de um conjunto elencado de resultados que listam materiais e processos viáveis para o projeto. Portanto, a seleção de materiais apresenta-se como uma diretriz-base não somente deste artigo, mas também do projeto de produto.

Por ser este um estudo comparativo em que se confrontam dos grupos de materiais - um como referência e outro como alternativa - adotam-se os princípios de análise e similaridade contidos na metodologia de Ashby e Johnson (2010). Assim, examinam-se os pressupostos do projeto para que um arco de violino seja fabricado e, a partir do entendimento disso, identificam-se suas restrições, qualidades, especificações e demais peculiaridades que ajudarão na triagem e escolha dos materiais que possam cumprir com a função esperada de um arco.



As espécies consideradas como tradicionais seguem em conformidade com as pesquisas de Angyalossy, Amano e Alves (2005), Fomin (2017), Longui (2009) e Matsunaga e Minato (1998). E as madeiras locais são frutos dos trabalhos de Nahuz et al. (2013), Meier (2007) e Vasconcellos et al. (2001).

Dentro deste universo comparativo, as características que ajudaram na escolha de madeiras para arcos de violinos vão de encontro ao pensamento de Aramaki et al. (2007), que ressaltam a importância e influência das propriedades mecânicas e anatômicas na qualidade do som dos instrumentos musicais. Portanto, adotam-se como critérios seletivos a avaliação da densidade (ρ), velocidade de propagação do som (c), módulo de ruptura à flexão (G), coeficiente de anisotropia ($Canis$), trabalhabilidade e tipo de grã já descritos pela literatura (ALVES; LONGUI; AMANO, 2008; BRÉMAUD, 2006; BRÉMAUD, 2012; LONGUI, 2005; RICHTER, 1988; SOARES, 2014; WEGST, 2006). As quatro propriedades com valores mensuráveis geram gráficos que auxiliam no entendimento dos valores e na formação do ranqueamento das espécies candidatas como alternativas. Assim, cada grandeza apresenta seus parâmetros que dividem as espécies em dois grupos: classe A, para arcos profissionais e classe B, voltadas para arcos usadas por iniciantes e estudantes. Ao final, apresenta-se uma classificação final que agrupam estas espécies nessas mesmas classes.

3. Resultados e discussões

As propriedades avaliadas nesta parte do trabalho produziram subsídios para a geração de um tipo de ranqueamento das madeiras estudadas. Além das especificações de cada propriedade, cabe salientar a proximidade dos valores das espécies em relação ao Pau-brasil, madeira considerada como ideal para arcos de violino, pois a literatura aponta como a única a reunir aspectos ideais, quanto às suas características físico-mecânica (densidade, elasticidade e dureza), acústicas (ressonância, qualidade tonal e velocidade) e estéticas (BUENO, 2002; LONGUI; AMANO; ALVES, 2008; PIERCE, 2002).

Tabela 1 – Resumo dos valores das propriedades avaliadas das espécies. Fonte: elaborado pelos autores.

DADOS TECNOLÓGICOS E ACÚSTICOS DAS MADEIRAS						
	ESPÉCIES		ρ (kg/m ³)	G (MPa)	$Canis$	V (m/s)
	NOME POPULAR	SIGLA				
REFERÊNCIAS	Blackbutt	BB	755	102,3	1,88	4011,57
	Ipê, Lapacho	LA	1100	177	1,22	4479,25
	Kerandji	KE	705	109	2,06	4230,92
	Pau-brasil	PB	960	179,4	1,59	4275,66
	Pau-cobra	PC	1210	195	1,28	4378,76
	Pau rosa	PR	1030	166,2	1,43	4074,55
	Pau-santo	PS	1115	187,8	1,92	4001,12
MARANHENSES	Angelim	AG	590	70,6	1,54	4428,72
	Bacuri	BA	670	96,8	1,76	4360,44
	Cachaceiro	CA	710	96,7	1,90	4391,09
	Cedro	CD	440	81,2	1,55	4352,64



DADOS TECNOLÓGICOS E ACÚSTICOS DAS MADEIRAS					
(Continuação)					
Cedrorana	CE	490	60,5	2,20	4776,64
Cerejeira	CJ	600	68,3	2,14	3921,52
Copaíba	CP	575	93,5	1,87	4240,39
Cumaru	CM	908	123,8	1,55	4519,54
Curupixá	CX	500	57,8	1,57	4316,48
Freijó	FR	480	79,9	2,09	4809,06
Goiabão	GO	730	98,9	1,81	4195,07
Guanandi	GU	620	63,7	2,02	3700,55
Jatobá	JA	800	131,6	2,32	4306,54
Louro-cravo	LC	660	78,0	2,08	4058,29
Louro-rosa	LR	642	71,5	2,50	3952,99
Maçaranduba	MÇ	833	117	1,62	4210,69
Maracatiara	MR	810	101,6	1,91	3897,29
Mogno	MG	520	80,5	1,41	4185,60
Pau-d'arco	PD	840	148,5	1,48	4267,54
Piqui	PI	850	103,6	2,28	3949,39
Piquiá	PQ	930	113,6	1,67	3895,27
Sucupira	SU	780	147,6	1,50	4537,59
Tatajuba	TA	683	100	1,29	4818,37

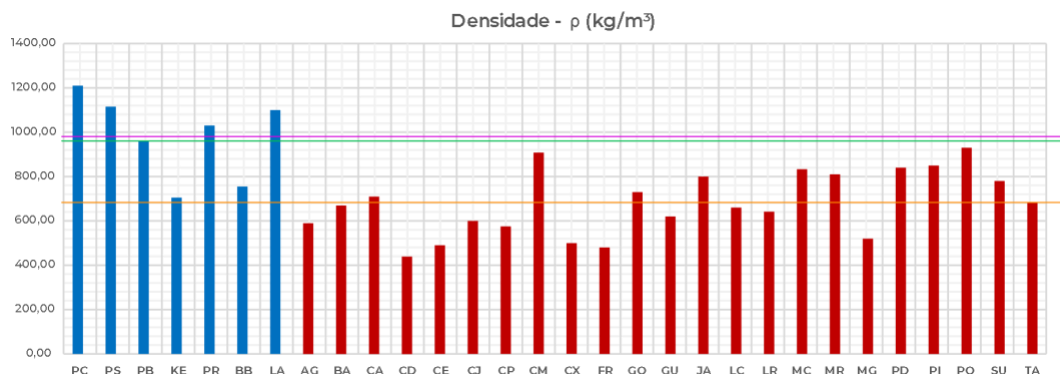
A tabela 1 apresenta um resumo dos valores das propriedades elencadas das madeiras tidas como referência e das espécies nativas.

3.1 Densidade

O primeiro gráfico aborda a densidade, grandeza física que, para Wegst (2006) aponta para as qualidades acústicas da madeira (BENNETT, 2016). Oliveira, Della Lucia e Vital (1988) trazem a densidade como o nível de resistência de um material, como a madeira, é apontada diretamente pela densidade. Portanto, a importância da avaliação deste gráfico mostrado pela figura 1 permite observar o potencial das espécies locais para a fabricação de instrumentos musicais, por exemplo.

As madeiras tidas como referências são assinaladas em azul, enquanto as possíveis alternativas estão em vermelho. Observando a figura 1, vê-se que as densidades das madeiras deste artigo apontam médias de 982,14 kg/m³ para as consideradas como padrão (linha roxa) e 680,91 kg/m³ para as nativas (linha laranja). Aprofundando-se, as espécies consideradas como tradicionais mostram-se, em média, 44,24% mais densas.

Figura 1 - Gráfico comparativo da densidade das madeiras. Fonte: elaborado pelos autores



O Pau-brasil, apesar de estar ligeiramente abaixo da média (pontuando 960 kg/m³ marcado pela linha verde), encontra-se em conformidade com a literatura, que indica como densidade ideal para arcos valores igual ou maior que 950 kg/m³, com umidade a 12% (LONGUI, 2005; ALVES et al., 2008; LONGUI, 2009). Acima dessa espécie estão outras quatro (também acima da média calculada para o grupo das tradicionais), que pontuam valores também acima de 1050 kg/m³. Longui (2005) e Longui (2009) declaram que madeiras acima dessa faixa originam arcos mais finos, menos instáveis e mais fáceis de quebrar.

Caso sejam considerados a margem descrita pelos autores acima (entre 950 kg/m³ e 1050 kg/m³), pode-se afirmar que nenhuma das espécies locais são consideradas aptas para arcos de violino. Entretanto, dentro da lista das referências existem, conforme esse critério, madeiras que não seriam descritas como aptas. Na verdade, tal rol lista tanto madeiras para arcos profissionais (dentro do espectro, como Pau-rosa e Pau-brasil), quanto as voltadas para iniciantes e estudantes (aquém do espectro Blackbutt e Kerandji). Logo, pode-se presumir a possibilidade de classificar as espécies nativas, ainda que sejam destinadas para a fabricação de arcos para quem está iniciando os estudos no instrumento.

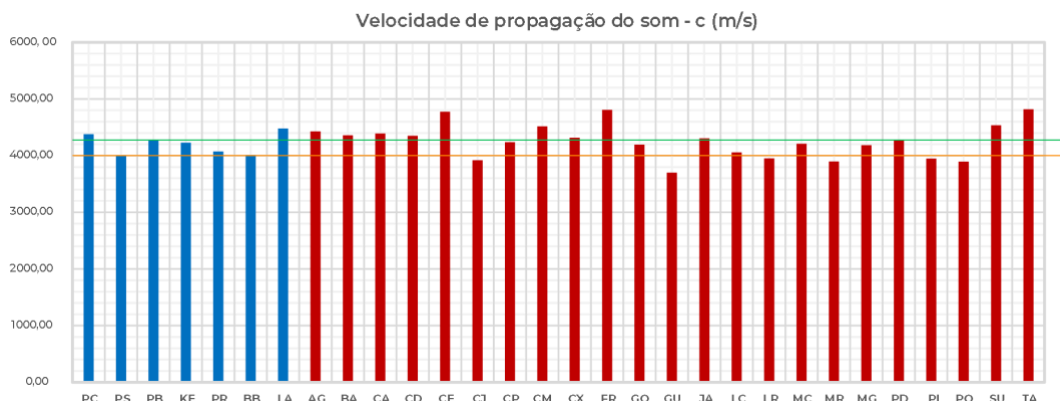
Dessa forma, o Kerandji, que pontua abaixo da média das espécies avaliadas, permite, enquadrar dez (43,48%) das alternativas, que são: Piquiá, Cumaru, Piqui, Pau d'arco, Maçaranduba, Maracatiara, Jatobá, Sucupira, Goiabão e Cachaceiro.

3.2 Velocidade de propagação do som

Apresenta-se a velocidade de propagação do som. Wegst et al. (2007) indica como madeiras desejadas as com altas velocidades, entre 5.500 e 6.000 m/s-1. Contudo, Alves, Longui e Amano (2008) consideram um índice menor, a partir de 4.300 m/s-1. Soares (2016) acrescenta que madeiras com menores densidades tendem a absorver som, e as mais densas apresentam maiores cargas vibracionais.

Na figura 2, que mostram os índices de velocidade de propagação do som nas madeiras, é possível observar que os valores das madeiras tradicionais são bem mais próximos se comparados com as maranhenses. Contudo, 5 (21,74%) das nativas têm valores acima da maior das tidas como padrão, em destaque a Tatajuba que é 7,57% mais vibrante que o Lapacho. Tendo o Pau-brasil (linha verde) como base, a quantidade de nativas sobe para 11 (47,83%), tendo o Jatobá (a 11ª em ordem decrescente) bastante similaridade (0,72% maior) e em conformidade com o índice de 4.300 m/s. O Pau-Santo (linha laranja), com um pouco mais de 4.000 m/s, amplia ainda mais a quantidade de madeiras maranhenses, para 17 (73,91%). A partir, obtêm-se duas classes com os seguintes parâmetros: classe A, com valores iguais e maiores que 4.300 m/s, e classe B, situada entre 4.001,12 m/s (Pau-Santo) e 4.300 m/s.

Figura 2 - Gráfico comparativo da velocidade de propagação do som nas madeiras. Fonte: elaborado pelos autores.

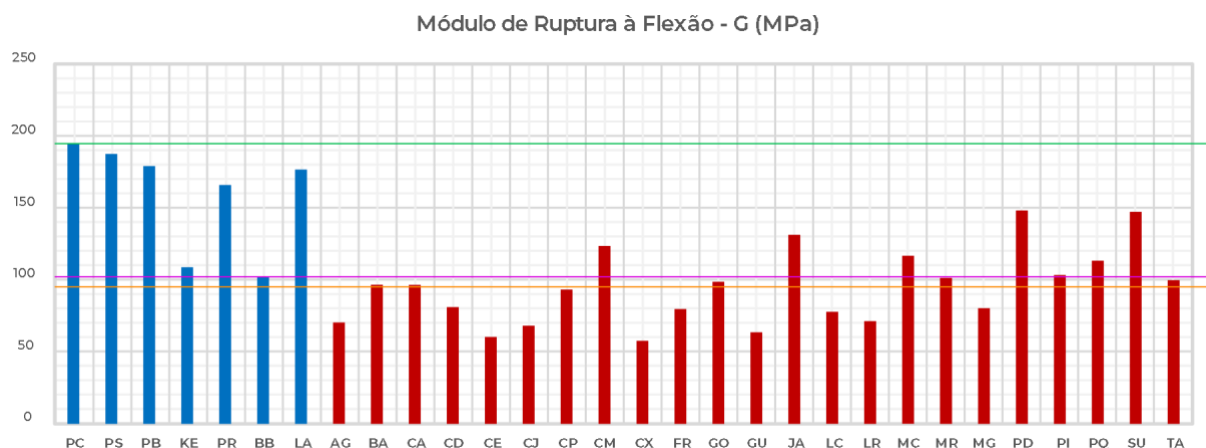


Por fim, as 11 madeiras da classe A são, da maior para a menor velocidade: Tatajuba, Freijó, Cedro, Sucupira, Cumaru, Angelim, Cachaceiro, Bacuri, Cedrorana, Curupixá e Jatobá. E as 6 espécies da classe B são, na mesma ordem: Pau d'arco, Copaíba, Maçaranduba, Goiabão, Mogno e Louro-cravo.

3.3 Módulo de ruptura à flexão

O módulo de ruptura à flexão é uma grandeza que aponta a quantidade de força que um material como a madeira consegue suportar até que sofra algum tipo de fratura ou dano estrutural. Em outras palavras, essa propriedade aponta para o estudo o nível de força suportada pela madeira. Assim, o módulo de ruptura à flexão está, de certo modo, ligado diretamente à resistência mecânica do material. Assim, quanto maior o índice G mais a madeira resiste às tensões externas relacionadas com sua rigidez e durabilidade (GUILHON; FIGUEIREDO; SILVA, 2021). No caso de arcos de violino, Longui (2009) complementa que valores altos de MOR tem sua relevância quando se observam situações como a do arco acidentalmente quebrar por queda ou o surgimento de rachaduras internas oriundas de constantes tensões sofridas pelo arco.

Figura 3 - Gráfico comparativo do módulo de ruptura à flexão das madeiras. Fonte: elaborado pelos autores.



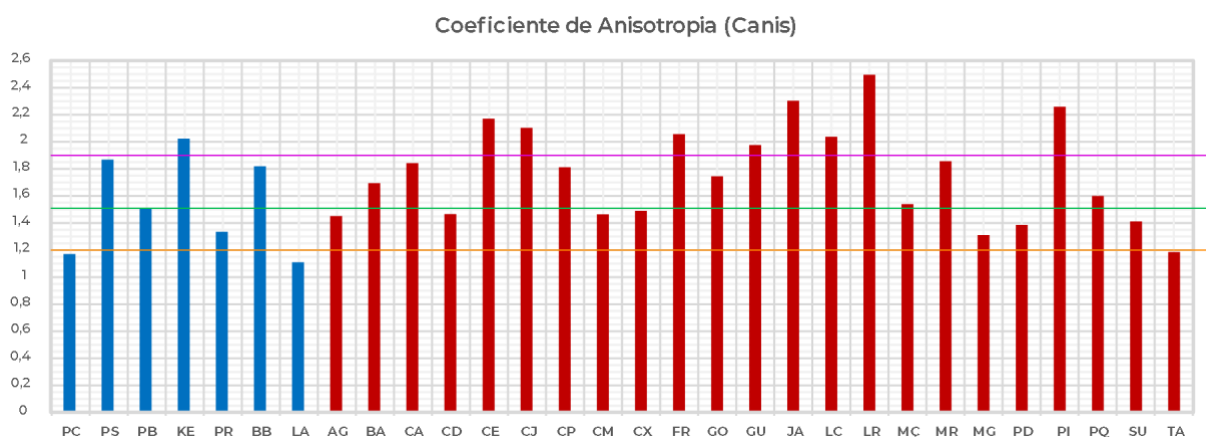
Mesmo que o estudo de Alves, Longui e Amano (2008) alerte para a preferência por madeiras com valores G acima de 196 MPa, este artigo adota como critérios outros limiares. Assim, a figura 3 ilustra que as espécies ditas como tradicionais apontam valores que oscilam entre 102,3 e 195 MPa, apresentam uma média de 159,53 MPa, que auxiliou como parâmetro na classificação das espécies nativas. Isso é necessário, pois as 7 que são vistas como a referência deste trabalho tem 67,91% mais resistência que as madeiras locais, que se situam no espectro entre 57,8 e 148,5 MPa (além da média de 95,01 MPa). Assim, é possível ter duas classes delimitadas pelo espectro de valores das madeiras tradicionais. A classe A é definida pelos valores entre 102,3 (linha roxa) e 195 MPa (linha verde) que são,

respectivamente, são a menor e maior taxas das madeiras tradicionais. Enquanto a classe B é delimitada pelos valores entre 95,01 (linha laranja) e 102,3 MPa (linha roxa), que nesta ordem, são a média das madeiras nativas e menor valor das espécies-padrão. Logo, para a classe A, obtêm-se em ordem decrescente o Pau-d'arco, Sucupira, Jatobá, Cumaru, Maçaranduba, Piquiá e Piqui. No mesmo sentido, para a classe B, obtêm-se Maracatiara, Tatajuba, Goiabão, Bacuri e Cachaceiro.

3.4 Coeficiente de Anisotropia

As espécies consideradas para este estudo como tradicionalmente usadas para arcos de violino apresentam seu coeficiente de retração entre 1,22 e 2,06%, apontando uma média de 1,62%. Contudo, Moreschi (2009) sugere que tal propriedade ajuda a definir marcos classificatórios para a qualidade da madeira e a aplicação em tipos de produtos, uma vez que quanto mais próximo de 1%, menos defeituosa madeira possuirá, por fendilhamentos e empenamentos. Dessa forma, o referido autor diz que madeiras com índice entre 1,2% e 1,5% são indicadas para instrumentos musicais e móveis finos que necessitam de uma estabilidade dimensional mais controlada, enquanto as espécies que apresentam valores entre 1,6% e 1,9% estão destinadas para produtos de uso comum e móveis em geral, em que tal grandeza não seja um fator tão requisitado. E, por fim, quando estão iguais e acima de 2%, apontam para madeiras de baixa qualidade, que neste artigo são consideradas como inaptas, o que descarta o Kerandji como parâmetro.

Figura 4 - Gráfico comparativo do coeficiente de anisotropia das madeiras. Fonte: elaborado pelos autores.



Logo, por intermédio da figura 4, pode-se apontar dois tipos de cenário em que tais espécies podem ser encontrar. Uma que leve em consideração os critérios em que Moreschi (2009) delinea. O primeiro crivo, definido como classe A, leva em conta a margem entre 1,2% e 1,5%. Já o segundo cenário (classe B), considera o limite definido entre 1,6% e 1,9%, respeitando o valor médio das madeiras tradicionais.

As espécies regionais despontam entre 1,29% e 2,5%, com média de 1,83%, sendo 12,52% mais alta que as consideradas como tradicionais. Portanto, conforme os critérios expostos, as madeiras locais são classificadas para a classe A, são 4 espécies, em ordem decrescente: Tatajuba, Mogno, Pau d'arco e Sucupira. Da mesma forma, as 11 madeiras para a classe B: Angelim, Cumaru, Cedronama, Curupixa, Maçaranduba, Piquiá, Bacuri, Goiabão, Copaíba, Cachaceiro e Maracatiara. Sobraram outras oito que não se enquadraram nos dois padrões descritos, por estar acima de 2%, que são: Cedro, Cerejeira, Freijó, Guanadi, Jatobá, Louro-cravo, Louro-rosa e Piqui.

3.5 Trabalhabilidade e tipo de grã

Estas duas grandezas despontam como relevantes na escolha de uma boa madeira para arcos de violino, tanto que Richter (1988) lembra que uma superfície lisa com boa trabalhabilidade e grã reta ou direita como características consideráveis, dentre outras, como a orientação do corte da madeira do caule, dimensões e posição dos defeitos da peça de madeira e o teste de dureza de madeira realizado manualmente pelo arqueteiro (artesão de arcos de violino).

Assim, pautados no que Richter (1988) defende, traçou-se um comparativo entre as espécies definidas como padrão deste estudo e as analisadas, reiterando a busca por facilidade de manejo com a madeira durante a produção de um objeto (GUILHON; FIGUEIREDO, SILVA, 2021), neste caso o arco, observando fases como o corte, colagem, desbaste, lixamento e tratamento com vernizes e/ou selados.

Observando a grã, apenas Maçaranduba, Jatobá e Goiabão apresentam-na como direita. As demais são irregulares ou reversas, coisa que pode interferir negativamente na qualidade do arco, em termos musicais e produtivos. Considerando de maneira geral o nível de facilidade de manufatura da madeira, observam-se como fáceis o Jatobá, Maracatiara e Goiabão, enquanto o Pau-d'arco, Cumaru, Sucupira e Piquiá enquadram-se entre difícil e moderadamente difícil. A respeito do acabamento, todas as espécies permitem um bom acabamento, com boa aceitação para o recebimento de pintura e verniz. Contudo, nem todas as espécies pontuam descrições detalhadas sobre as características deste tópico, o que aponta a necessidade de uma melhor investigação. Posto isto, para a classe A, veem-se o Goiabão, Maçaranduba e Jatobá e para a classe B, o Pau-d'arco, Cumaru, Maracatiara e Piquiá.

4. Notas conclusivas

Tendo em vista as propriedades levantadas para a avaliação das espécies nativas e comercializadas no Maranhão, apresenta-se a figura 5 que resume todo o processo de classificação das madeiras aqui elencadas neste estudo.

Figura 5 - Quadro-resumo dos melhores resultados para as propriedades avaliadas. Fonte: elaborado pelos autores.

		RANQUEAMENTO																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PROPRIEDADES	P	PQ	CM	PI	PD	MÇ	MR	JA	SU	GO	CA										
	V	TA	FR	CE	SU	CM	AN	CA	BA	CD	CX	JA	PD	CO	MÇ	GO	MG	LC			
	G	PD	SU	JA	CM	MÇ	PQ	PI	MR	TA	GO	BA	CA								
	Anisot	TA	MG	PD	SU	AG	CM	CD	CX	MÇ	PQ	BA	GO	CP	CA	MR					
	Trab	GO	MÇ	CM	PD	CM	MR	PQ													

Classe A
 Classe B

Para o fechamento desse crivo, consideraram-se apenas as espécies que tiveram pontuação em todos os quesitos listados. Assim, apenas quatro delas lograram valores para classificação, considerando o menor valor da soma de cada posição como índice classificatório, semelhante ao usado no trabalho de Guilhon, Baldez e Silva (2021). Como é possível ver neste crivo final, os melhores resultados para madeiras, em ordem decrescente são: Cumaru, Pau-d'arco, Maçaranduba e Goiabão. Vale lembrar que, por conta de as espécies locais não possuírem valores de densidades próximas de madeiras como Pau-Brasil e seus índices serem abaixo da média das que foram consideradas como referência, podem ser sugeridas como materiais adequados para a construção de arcos para estudo ou para violinistas iniciantes.

É importante ressaltar que o estudo proposto não é algo definitivo, mas trata-se de uma discussão inicial sobre o assunto, já que os dados coletados se pautaram na literatura vigente. Para tanto, sugerem-se o aprofundamento deste tipo de comparação em experimentos feito com os melhores resultados e protótipos para análise da situação de uso por instrumentistas (tanto iniciantes, quanto profissionais).

Referências bibliográficas

ALVES, E.S.; LONGUI, E.L.; AMANO, E. **Pernambuco wood (*Caesalpinia echinata*) used in the manufacture of bows for string instruments**. In: IAWA Journal 29, 2008. p 323-335.



- ANGYALOSSY, Veronica; AMANO, Erika; ALVES, Edenise Segala. **Madeiras utilizadas na fabricação de arcos para instrumentos de corda: aspectos anatômicos.** In: Acta Botânica Brasileira. 19(4): 819-834. 2005.
- ARAMAKI, M.; BRANCHERIAU, H. B. L.; YSTAD, R. K. M. S. **Sound quality assessment of wood for xylophone bars.** In: Journal of Acoustical Society of America. 121 (4). 2007. p. 2407-2420.
- ASHBY, M. F.; JOHNSON, K. **Materials and design: the art and science of material selection in product design.** Amsterdam: Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2010.
- BRÉMAUD, I. **Acoustical properties of wood in string instruments soundboards and tuned idiophones: Biological and cultural diversity.** In: Journal of Acoustical Society of America. 131 (1). 2012. p. 808-818.
- BUENO, E. **Pau-brasil.** São Paulo: Axis Mundi, 2002.
- CUNHA, Leonardo Oliveira da. **A captação do som do violino: aspectos acústicos e estéticos.** 68p. 2006 Artigo (Mestrado em Música) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Música. Belo Horizonte, 2006.
- DELL'OLIO, Pepina. **Violin Bow Construction and Its Influence on Bowing Technique in the Eighteenth and Nineteenth Centuries.** 104 f. 2009. Tese (Doutorado em Música) – College of Music. Florida State University Libraries. Florida, 2009.
- DONOSO, J. P.; TANNÚS, A.; GUIMARÃES, F.; FREITAS, T. C. **A física do violino.** In: Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 30, n. 2, p. 2305, 2008.
- FOMIN, Igor Mottinha. **A madeira de Ipê (Handroanthus spp.) para arcos de violino: propriedades e avaliação de desempenho técnico.** 87p. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba, 2017.
- GUILHON, David Guilhon; FIGUEIREDO, Kamylla Baldez; SILVA, Alan Carlos Serra. **Avaliação das madeiras maranhenses para uso em baquetas de baterias.** In: Anais do JOP'21 DESIGN - II Jornada de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Design - UFMA. 2021.
- GUILHON, David; GUIMARÃES, Karoline de Lourdes Monteiro; LOURENÇO, Anna Karen Lima. **Avaliação das propriedades tecnológicas das madeiras maranhenses voltadas para a fabricação de violões.** In: Estudos em Design. Revista (online). Rio de Janeiro. p.27. v. 29. n.2. 2021.
- MACEDO, Tahysa; LIMA, Haroldo Cavalcante de; BARROS, Claudia. **Wood anatomy of historic French violin bows made of Pernambuco wood.** In: IAWA Journal 41 (3), 2020: 320–332.
- LONGUI, Eduardo Luiz. **Pau-brasil e outras espécies nativas empregadas na confecção de arcos para instrumentos de corda: um estudo comparativo.** 75 p. 2005. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo. 2005.
- LONGUI, Eduardo Luiz. **Potencial de madeiras nativas na fabricação de arcos para instrumentos de corda.** 144 p. 2009. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) – Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo, 2009.
- MATSUNAGA, Masahiro; MINATO, Kazuya. **Physical and mechanical properties required for violin bow materials II: Comparison of the processing properties and durability between pernambuco and substitutable wood species*.** In: Journal of Wood Science. 44:142-146, 1998.
- MEIER, Eric. **The wood database.** Abril, 2007. Disponível em: <https://www.wood-database.com/>. Acesso em: 27/07/2020.



MORESCHI, J. C. **Propriedades tecnológicas da madeira**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

NAHUZ, M. A. R.; MIRANDA, M. J. A. C.; IELO, P. K. Y.; PIGOZZO, R. J. B.; YOJO, T. **Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil**. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2013.

OLIVEIRA, J. T. S.; DELLA LUCIA, R. M.; VITAL, B. R. **Estudo das propriedades físicas e tecnológicas da madeira da pindaíba (Xylopia sericea St. Hil.)**. In: Revista Árvore, v.12, n.2, p. 129-133, 1988.

PIERCE, R. The big issue. **The Strad** 8, 2002, p. 840-843.

RICHTER, H.G. 1988. **Holz als Rohstoff für den Musikinstrumentenbau**. Germany, Moeck Verlag Celle.

SOARES, Maria Angelica. **Produção de um violão clássico em madeira de teca (Tectona grandis)**. 2014. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Câmpus de Itapeva, 2014.

VASCONCELLOS, F.J.; FREITAS, J.A.; LIMA, V.M.O.C.; MONTEIRO, L.V.; PEREIRA, S.J. **Madeiras Tropicais de Uso Industrial no Maranhão**: características tecnológicas. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Manaus, 2001. 96 p.

WEGST, U. G. K. **Wood for sound**. In: American Journal of Botany. 93(10). 1439–1448. 2006.

WEGST, Ulrike G. K.; OBERHOFF, Stefan; WELLEN, Manfred; ASHBY, Michael F. **Materials for violin bows**. In: International Journal of Materials Research (Zeitschrift für Metallkunde), 98, 2007, 12.