

RESUMO (2 PÁGINAS)

A espécie *Paubrasilia echinata*, endêmica da Mata Atlântica, é conhecida por ter dado o nome à Terra do Pau-Brasil e por sua infame e insustentável superexploração de 1500 até meados dos 1800 graças à brasilina¹, um desejado corante natural vermelho usado para tingir tecidos da nobreza europeia. Após a descoberta de pigmento sintético de equivalente característica, ocorreu uma transição do interesse específico para a feitura de instrumentos musicais, especialmente confecção de arcos de violino e violoncelo². Arcos feitos de pau-brasil são uma tradição entre os músicos clássicos desde a metade do século XVIII, defendida hoje como um patrimônio biocultural intangível da humanidade³. No entanto, devido aos mais de 500 anos de incessante exploração, hoje a espécie é classificada em perigo (EN de endangered, em inglês) e consta nas listas vermelhas da Flora do Brasil, do Ministério do Meio Ambiente⁴ e da IUCN⁵. Com **a hipótese que outras espécies carregando as mesmas propriedades anatômicas poderiam vir a ser consideradas para substituir a *Paubrasilia echinata* na manufatura de arcos profissionais**, três pesquisadoras do departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, sendo elas Veronica Angylossy, Erika Amano e Edenise Segala Alves, publicaram o artigo “Madeiras utilizadas na fabricação de arcos para instrumentos de cordas: aspectos anatômicos” no periódico científico Acta Botanica Brasilica, da Sociedade Botânica do Brasil, em 2005⁶.

O conhecimento e identificação da madeira possibilita a obtenção de informações científicas, ajuda a entender suas particularidades e usos, assim como o processo de sua conservação. As pesquisadoras explicam que **“a estrutura anatômica tridimensional da madeira é parte fundamental na compreensão da qualidade final do arco e deve ser investigada com profundidade”** e que **“não existem publicações científicas que esclareçam por que o pau-brasil é tão apropriado para tal finalidade”**. Em vista disso, as autoras planejaram uma pesquisa científica reunindo sete amostras de pau-brasil de diferentes procedências e outras amostras de oito madeiras já empregadas na manufatura de arcos no país. No total, elas analisaram vinte amostras a fim de fazer uma análise qualitativa e quantitativa, apontando suas diferenças estruturais, assim como essas

¹ CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho. “Pau-Brasil” in Espécies Arbóreas Brasileiras (Coleção, 5 Volumes), Volume 1, p. 719-725. Embrapa Florestas, 2008.
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/231746/1/Especies-Arboreas-Brasileiras-vol-1-Pau-Brasil.pdf>

² CNCFlora. *Caesalpinia echinata* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora. <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Caesalpinia%20echinata>

³ LICHTENBERG, Silke et al. “Pau-brasil and string instrument bows telecouple nature, art and heritage”. Ecology and Society. Volume 27, 2022: <https://doi.org/10.5751/ES-13047-270132>

⁴ Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção do Ministério do Meio Ambiente. Portaria MMA 148, de 7 de junho de 2022.
https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2020/P_mma_148_2022_altera_anexos_P_mma_443_444_445_2014_atualiza_especies_ameacadas_extincao.pdf

⁵ Lista vermelha IUCN: <https://www.iucnredlist.org/species/33974/9818224>

⁶ ANGYLOSSY, Veronica; AMANO, Erika et ALVES, Edenise Segala. “Madeiras utilizadas na fabricação de arcos para instrumentos de cordas: aspectos anatômicos”. Acta Botanica Brasilica, dez 2005:
<https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000400018>

singularidades podem causar variação na qualidade final da madeira. Na seção intitulada “Material e métodos”, é detalhada as diferentes procedências das madeiras. Neste resumo, vamos dar **ênfase à comparação da *Paubrasilia echinata* (Caesalpiniaceae)⁷ com outras três espécies: a *Brosimum paraense* Huber (Moraceae)⁸, a *Brosimum guianense* Huber (Moraceae)⁹ e a *Manilkara elata* (Sapotacea)¹⁰, porque estas possuem imagens** (apresentação a seguir). A partir de cortes transversais e tangenciais de cada material, as pesquisadoras analisaram os elementos de vaso, de parênquima axial e a classificação dos raios. Como esses conteúdos foram vistos em aula, isso nos deu base para a compreensão do artigo e visualização das imagens.

A seção “Resultados” abre com a comparação da **cor do cerne** com imagens das quatro espécies selecionadas e também de arcos de violinos. O cerne da *Paubrasilia echinata* foi classificado como alaranjado, o das duas espécies do gênero *Brosimum* como avermelhado e o cerne da *Manilkara elata* como castanho-escuro. Na sequência, uma tabela esquemática permitiu a comparação **do diâmetro dos vasos**. As sete amostras de *Paubrasilia echinata* com medidas de 105±15 µm; 81±7 µm; 64±6 µm; 73±9 µm; 91±10 µm; 106±5 µm e 107±9 µm. A amostra de *Brosimum paraense* com 84±15 µm. As amostras de *Brosimum guianense* com 114±159 µm e 136±26 µm. A amostra de *Manilkara elata* com 112±20 µm. Considerando que os poros pequenos são menores que 100 µm e os médios entre 100 e 200 µm, o estudo conclui que a maioria das amostras tinha poros pequenos e os do gênero *Brosimum guianense* de pequenos para médios. Elas discutem a diferença dos diâmetros nas amostras de pau-brasil, relacionando-as ao clima. Em relação às **frequências de poros/mm²**, a maioria das amostras apresentou poucos poros, entre 5 e 20 poros/mm², com exceção para apenas duas amostras de *Paubrasilia echinata* ainda assim com menos de 30poros/mm². Todas as amostras possuíam óleo-resina. Com exceção da *Paubrasilia echinata*, as outras três espécies selecionadas neste resumo apresentaram tilo nos vasos. No que diz respeito ao **parênquima axial**, com exceção da *Manilkara elata*, todas com característica paratraqueal aliforme e confluyente; a espécie *Paubrasilia echinata* apresentou parênquima em faixas marginal e as outras três espécies não. Em relação aos **raios**, as amostras da espécie *Paubrasilia echinata* foram classificadas como raios do tipo homogêneo, relativamente uniformes em termos de tamanho e forma, e as outras três espécies como raio heterogêneo, a maioria não-estratificado (somente três das oito amostras de pau-brasil) e todos com largura de 2-3 células.

Na seção “Discussão”, as autoras trazem para debate uma citação sobre a brasilina como possível agente para propriedades vibracionais da madeira “permitindo ao músico ‘sentir’ a fricção da crina com a corda, facilitando o manuseio do arco”. É preciso investigar. Concluem que **os arcos de boa qualidade apresentam grã linheira e textura fina (menor proporção de vasos cujo diâmetro é reduzido), raios homogêneos (algo que, entre as espécies analisadas, só acontece na *Paubrasilia echinata*) e fibras com paredes espessas**. Apontam a necessidade de novos estudos para avaliar as propriedades físicas, mecânicas e acústicas das diferentes espécies. Deixam aberto o debate sobre a necessidade de nova abordagem para interligar ciência, natureza e arte, conciliando os objetivos de proteção aos elementos do patrimônio cultural da humanidade.

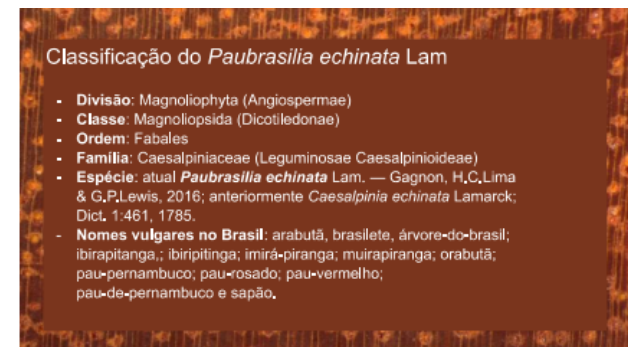
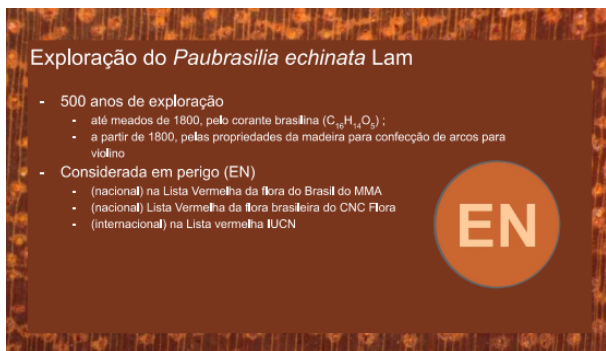
⁷ *Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis - Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira SiBBR: <https://ala-bie.sibbr.gov.br/ala-bie/species/357261>

⁸ *Brosimum paraense* Huber - Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira SiBBR: <https://ala-bie.sibbr.gov.br/ala-bie/species/293412>

⁹ *Brosimum guianense* (Aubl.) Huber - Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira SiBBR: <https://ala-bie.sibbr.gov.br/ala-bie/species/339474>

¹⁰ *Manilkara elata* (Allemão ex Miq.) Monach - Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira SiBBR: <https://ala-bie.sibbr.gov.br/ala-bie/species/280805>

APRESENTAÇÃO PARA A TURMA DA DISCIPLINA (8-10 MINUTOS)



Paubrasilia echinata Lam (Pau-Brasil)

- a relação entre a estrutura e a qualidade do arco está diretamente relacionada com as dimensões, a distribuição e a proporção das células do lenho
 - grã linheira
 - textura fina
 - menor proporção de vasos cujo diâmetro é reduzido
 - raios homogêneos
 - fibras com paredes espessas e/ou muito espessas



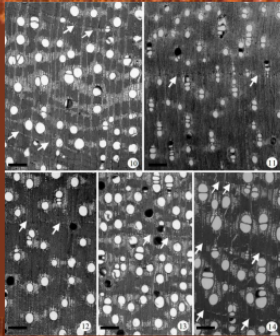
Descrição anatômica: cerne e albúmeno distintos

- cerne alaranjado: a parte "morta" do caule
- albúmeno: a parte viva
- árvore jovem apresenta proporcionalmente menor quantidade de cerne
- casca



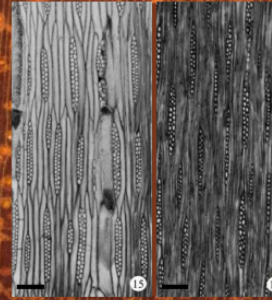
Descrição anatômica: parênquima (seção transversal)

- espécime nativo
 - 10. conflúente formando faixas largas
 - 11. aliforme em curtas confluências
- amostras de arcos
 - 12. aliforme em curtas confluências
 - 13-14. conflúente formando faixas largas e marginal em linhas finas
- barra: 250 µm



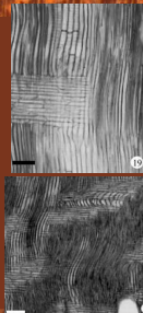
Descrição anatômica: raios (seção tangencial)

- amostra de arco
 - 15. raios bisseriados, homogêneos, estratificados
- espécime nativo
 - 16. raios bisseriados, homogêneos, não estratificados
- barra: 100 µm



Descrição anatômica: raios (seção long. radial)

- amostra de arco
 - 19. raios homogêneos, grã reta ou linheira;
- espécime nativo
 - 20. raios homogêneos, grã irregular;
- barra: 100 µm



Comparação com espécies

A madeira da *Paubrasilia echinata* poderia ser substituída por espécies com as mesmas propriedades?

Por que as pesquisadoras estudaram a estrutura anatômica?

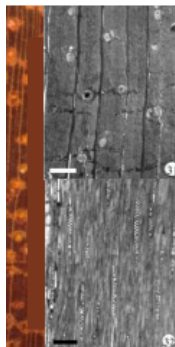
"A estrutura anatômica tridimensional da madeira é parte fundamental na compreensão da qualidade final do arco e deve ser investigada com profundidade";

"Apesar do consenso entre produtores de que o pau-brasil é a melhor madeira para a fabricação de arco, Matsunaga et al. (1996) informam que, até o momento, não existem publicações científicas que esclareçam por que o pau-brasil é tão apropriado para tal finalidade"

Classificação da *Brosimum paraense* Huber

- Divisão: Magnoliophyta (Angiospermae)
- Classe: Magnoliopsida (Dicotyledonae)
- Ordem: Rosales
- Família: Moraceae
- Espécie: *Brosimum paraense* Huber, sinônimo *Brosimum rubescens* Taub
- Nomes vulgares no Brasil: pau-rainha
- Cerne (8): avermelhado



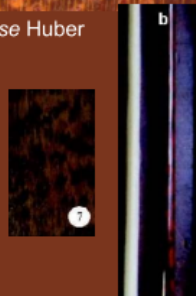


**Descrição anatômica:
seção transversal e tangencial**

- 31. Seção transversal, parênquima aliforme linear, vasos obstruídos por tilos esclerificados, contendo óleo-resina.
- 32. Seção tangencial, raios bisseriados, não estratificados.
- raios heterogêneos
- barra: 250 µm

Classificação da *Brosimum guianense* Huber

- **Divisão:** Magnoliophyta (Angiospermae)
- **Classe:** Magnoliopsida (Dicotiledonae)
- **Ordem:** Rosales
- **Família:** Moraceae
- **Espécie:** *Brosimum guianense* (Aubl.) Huber ex Ducke
- **Nomes vulgares no Brasil:** pau-cobra, mama-cadela-vermelha, mulrapinima
- Cerne (7): avermelhado




**Descrição anatômica:
seção transversal e tangencial**

- 34. Seção transversal, parênquima aliforme linear, vasos obstruídos por tilos esclerificados.
- 35. Seção tangencial: 35. Raios não estratificados, com três células de largura, a porção pontilhada destaca a região da manchas escuras, correspondendo à deposição de óleo-resina.
- raios heterogêneos
- barra: 250 µm

Classificação da *Manilkara elata* (Allemão ex Miq.) Monach

- **Divisão:** Magnoliophyta (Angiospermae)
- **Classe:** Magnoliopsida (Dicotiledonae)
- **Ordem:** Ericales
- **Família:** Sapotacea
- **Espécie:** *Manilkara elata*
- **Nomes vulgares no Brasil:** maçaranduba
- Cerne (9): castanho-escuro.




**Descrição anatômica:
seção transversal e tangencial**

- 38. Seção transversal, parênquima em linhas finas sinuosas e numerosas, vasos múltiplos predominantes
- 39. Seção tangencial, raios heterogêneos com 1 a 3 células marginais quadradas/eretas, não estratificados
- barra: 250 µm

Conclusão
A madeira da *Paubrasilia echinata* poderia ser substituída por espécies com as mesmas propriedades?

Características comuns	Característica única
<ul style="list-style-type: none"> - vasos de pequeno diâmetro; - fibras de paredes espessas a muito espessas; - raios compactados com poucas células de largura; - a deposição de óleo-resina no lume das células, principalmente nos vasos e a presença de cristais. 	<ul style="list-style-type: none"> - o corante brasilina: em uma referência final citada no artigo, estudo sobre uma reação química da brasilina teria efeito nas propriedades vibracionais da madeira "permitindo ao músico 'sentir' a fricção da crina com a corda, facilitando o manuseio do arco".

O que elas concluíram?

- que arcos de boa qualidade apresentam grã linheira e textura fina
 - a característica decorre da menor proporção de vasos cujo diâmetro é reduzido, raios homogêneos e fibras com paredes espessas e/ou muito espessas
- a relação entre a estrutura e a qualidade do arco está diretamente relacionada com as dimensões, a distribuição e a proporção das células do lenho

Próximos passos

- analisar propriedades físicas, mecânicas e acústicas de espécies com semelhança anatômica e potencial para substituir a *Paubrasilia echinata*;
- analisar se a brasilina interfere nas propriedades mecânicas e acústicas.

Referências

ANGYLOSSY, Veronica; AMANO, Erika et ALVES, Edenise Segala. "Madeiras utilizadas na fabricação de arcos para instrumentos de cordas: aspectos anatômicos", Acta Botanica Brasílica, dez 2005. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000400018>

LICHTENBERG, Silke et al. "Pau-brasil and string instrument bows telescope nature, art and heritage". Ecology and Society, Volume 27, 2022. <https://doi.org/10.5751/ES-13047-270132>

LOPES, Reinaldo José. Músicos defendem uso de pau-brasil para fazer arcos de violino e violoncelo. Folha de São Paulo, dez 2022. <https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2022/12/musicos-defendem-uso-de-pau-brasil-para-fazer-arcos-de-violino-e-violoncelo.shtml>