

Experimentos para design circular com resíduos arbóreos urbanos em processo de tingimento e na produção de xiloteca

Experiments for circular design with urban tree waste in the dyeing process and in the production of xylotheque

Felipe Gustavo de Melo, Mestrando, FAU-USP

felipe.gustavo.melo@usp.br

Tomás Queiroz Ferreira Barata, Professor Doutor, FAU-USP

barata@usp.br

Marcelo Hsu de Oliveira, Graduado, FAU-USP

marcelo.hsu.oliveira@alumni.usp.br

Fernando Rodrigues dos Santos Silva, Graduado, FAU-USP

fernando.santos.silva@usp.br

Design para Sustentabilidade – [2]

Resumo

A contaminação da biosfera sinaliza a necessidade de alternativas de materiais e seus acabamentos, de baixo impacto para a mesma. O artigo reúne investigações acerca do uso de resíduos arbóreos lenhosos da região metropolitana de São Paulo, por meio da metodologia *Material Driven Design*, objetivando organizar uma xiloteca dos mesmos, assim como explorar seu tingimento com pigmentos naturais, de forma a subsidiar investigações que usem este material de origem renovável e largamente desvalorizado na gestão das florestas urbanas. Assim, foi produzida uma xiloteca de 14 espécies de árvores e sua análise macroscópica para fomentar pesquisas futuras. Grande parte das peças tingidas com corantes naturais desbotaram após oito meses, com exceção de duas. No tingimento tanínico de sete espécies, houve ebanização variada de acordo com cada solução. Os experimentos apontam a potencialidade da experimentação para o desenvolvimento de novos acabamentos com materiais de baixo impacto obtidos por metodologias de design circular.

Palavras-chave: Resíduos arbóreos urbanos; Tingimento experimental; Xiloteca

Abstract

The contamination of the biosphere signals the need for alternative materials and their finishes, with lower impact on it. This article brings together investigations on the use of woody tree residues from the metropolitan region of São Paulo, through the Material Driven Design methodology, aiming to organize a xylotheque of these materials, as well as explore their dyeing with natural pigments, in order to support research that uses this renewable and largely undervalued material in the management of urban forests. Thus, a xylotheque was created with 14 tree species, along with a macroscopic analysis to promote future research. Most of the pieces dyed with natural dyes faded after eight months, with the exception of two. In the tannin-based dyeing of seven species, there was varied ebonising according to each solution. The experiments point to the potential of experimentation for the development of new finishes with low-impact materials obtained through circular design methodologies.

Keywords: Urban Tree Waste; Experimental dyeing; Xylotheque



1. Introdução e justificativas

Os efeitos da emergência climática se aceleram, somados à contaminação por resíduos no ambiente e em organismos vivos, em um cenário crescente de desglobalização econômica: taxação de insumos, produtos, sancionamento comercial, por parte da maior economia do planeta. Assim, expõe-se a necessidade de iniciativas que tomem materiais locais de origem renovável como alternativas à matéria-prima industrial e estudem suas rotas tecnológicas para a produção de objetos, contribuindo para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

De acordo com Braungart e McDonough (2009), a lógica de produção industrial de objetos no contexto contemporâneo tem predominância da linearidade no ciclo de vida (do início, a obtenção da matéria-prima, ao fim, o descarte nos aterros sanitários), um fenômeno crescentemente danoso e gerador de impactos diretos e indiretos não só socioeconômicos às nações e cidadãos, mas também aos ecossistemas e outros seres vivos. Portanto, a adoção em larga escala de práticas de circularidade produtiva baseada no emprego de recursos renováveis, cujos resíduos possam ser reaproveitados ou reciclados, é mandatória para a atenuação desses efeitos negativos.

Tendo esta questão em vista, há um recurso renovável, largamente desvalorizado e descartado nas cidades brasileiras: o resíduo arbóreo lenhoso (galhos, troncos e fustes), restante das manutenções das florestas urbanas, cujo potencial de substituição de materiais sintéticos e extrativistas é significativo, visto que aproximadamente um terço desse resíduo bruto pode ser beneficiado para a geração de diversos produtos de madeira. Um dos tipos de aplicação mais favoráveis às características deste recurso — heterogêneo, mas em sua maioria de baixo diâmetro — é a de produção de brinquedos, por exemplo. (Meira, 2010; Sousa, et al, 2023; Marengo et al, 2024; Nihart et al, 2025; Martins & Nonnenberg, 2025).

Em uma pesquisa de preferência e aceitação envolvendo seis tipos de brinquedos feitos de madeira de poda de três espécies comuns no Estado de SP, para crianças de 2 a 7 anos de idade, concluiu-se que a maioria escolheu os objetos com tintas coloridas em detrimento dos dotados de tons naturais do material (91%) e neste percentual houve preferência subdividida em: vermelho - 38% ; azul - 20% ; verde - 15% ; preto - 15% ; e amarelo - 12% (Bispo et al, 2020). Apesar da experiência não especificar o tipo de pintura, aponta potencialidades para tingimentos, como os atóxicos/naturais tratados neste artigo, visto que tais usuários podem levar à boca tais objetos durante a interação, aumentando os riscos à saúde em caso de tintas sintéticas (Inmetro, 2021).

Os corantes sintéticos são os mais usados industrialmente em setores como o alimentício e têxtil, tendo substituído os de origem natural, visto sua superior estabilidade, capacidade de tingimento e baixo custo de produção. No entanto, os corantes azo, que representam a maior parcela dos sintéticos, têm efeitos danosos ao meio ambiente e à integridade física, inclusive podendo ter efeito carcinogênico nos organismos vivos, tendo alguns o uso banido em diversos países. Já a respeito do uso de corantes naturais, apresentam uma série de vantagens, como a sua origem renovável, seu baixo impacto ambiental e à saúde dos seres vivos, e seu potencial de contribuição com a transição para um modelo de economia circular quando derivados de resíduos ou fontes renováveis (Bhute, 2012; Stahel, 2019; Vespignani et al., 2023).

Por fim, para o desenvolvimento adequado de pesquisas e projetos de design de produto que usem a madeira de poda urbana, é fundamental que os responsáveis se atentem às suas respectivas características organolépticas, relativas aos cinco sentidos. No entanto, raramente se encontram amostras e xilotecas específicas, visto que são materiais pouco estudados — somente 21 estudos encontrados em uma revisão sistemática global — ou explorados



comercialmente, apesar do seu grande potencial de impacto social e econômico (Ashby & Johnson, 2013; Vásquez-correa, 2017; Barata et al., 2021; Souza & Sousa, 2024).

2. Referencial teórico

O referencial teórico se divide no estudo de: tingimentos naturais e das xilotecas, a fim de orientar a produção das mesmas em laboratório.

O entendimento da produção de tingimentos naturais demanda a compreensão da estrutura macromolecular da madeira, que se dá principalmente pela celulose, lignina e hemicelulose. Em certas estruturas lignocelulósicas, os compostos fenólicos com coloração presentes na matéria já estão imobilizados no substrato e, portanto, têm potencial para o tingimento natural. Embora haja métodos industriais de coloração a partir de plantas em aplicações teóricas, há pouca aplicação de modo generalizado no setor produtivo. Dentre os agentes de tingimento sustentáveis mais utilizados, estão os taninos, que podem ser encontrados em chás, madeiras, e cascas de árvores, como o carvalho (*Quercus sp.*), de forma que quando a casca ou madeira entram em contato com o ferro, geram escurecimento nas partes (Weigl, 2009). Enquanto os revestimentos coloridos selam a superfície da madeira, protegendo-a dos raios solares e umidade, esta pode estar sujeita ao descascamento e aos riscos, já a superfície tratada com tingimento permite o equilíbrio de umidade com o ambiente e, dependendo da dureza da madeira, pode oferecer maior resistência à abrasão superficial do que as tintas convencionais (Jones et al., 2017).

As xilotecas por sua vez, são repositórios científicos de importância internacional no âmbito pedagógico, na identificação e comparação de espécies nas áreas de botânica e tecnologia da madeira, e consequentemente beneficiam também projetos de engenharia, design de produto e arquitetura. Como exemplo local de referência na área de projeto de produto sustentável, há o designer Pedro Petry, que tem realizado um trabalho pioneiro de quase quatro décadas, produzindo objetos de grande variedade de tipologias e escalas feitos de madeira de poda. Para exemplificar e compilar o seu trabalho e o potencial de tais madeiras, Petry montou uma xiloteca em seu atelier na cidade de Itu-SP, contabilizando mais de 300 espécies empregadas em canetas, um acervo relevante desse tipo de material no país (Vásquez-correa, 2017; Barata et al, 2021).

3. Procedimentos Metodológicos

O processo partiu da abordagem exploratória de experimentação de materiais (*tinkering*) advinda do método *Material Driven Design* (MDD), desenvolvido por Karana et al. Seus princípios consistem em considerar o material como força motriz do processo de design. Sendo assim, a eventual adoção em larga escala de novos materiais ou materiais alternativos, mesmo que se demonstrem melhores que os usuais sob aspectos funcionais, é em grande parte determinada por fatores outros que não os estritamente utilitários, muitas vezes intangíveis e ligados não ao que esses materiais são, mas ao que podem ser e fazer, e ao que suscitam nos seus usuários por meio das experiências que proporcionam. As caracterizações e experimentações exploratórias destes materiais e tinturas partem do tangível ao abstrato, com investigação de suas possibilidades de uso e o que suscitam, de forma que sirvam de subsídio às etapas subsequentes, em que se parte do intangível ao concreto, elegendo caminhos que moldem o material e as intenções de projeto e de experiência de usuário, concretizados como produtos (Karana et al, 2015).

3.1 Procedência das matérias-primas utilizadas

O material utilizado para a xiloteca e para os testes de tingimento é, em sua maioria, proveniente do manejo arbóreo da área da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira (CUASO) da Universidade de São Paulo, obtido do depósito feito em meados de 2021 em uma área cedida pela Prefeitura do Campus Butantã para os professores coordenadores do laboratório Poda Lab da FAU-USP. O resíduo, advindo do trabalho de equipes terceirizadas, estava misturado em pilhas, o que demandou a triagem por tipo e estado de degradação da madeira. O armazenamento foi irregular, sobre um gramado e sob ação das intempéries, por mais de 18 meses. As melhores peças foram destinadas para uma empresa, na cidade de Campinas-SP, onde foram: a) destopadas; b) secas em estufa; c) desdobradas; d) aparelhadas; e) descupinizadas; f) entablicadas em uma área coberta da Seção Técnica de Modelos, Ensaios e Experimentações Construtivas - STMEEC-FAU-USP. O restante das amostras foi cedido por instituições parceiras, como a Serraria Ecológica da Prefeitura do município de Guarulhos-SP e o Laboratório de Árvores, Madeiras e Móveis – LAMM do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo-IPT-SP.

3.1.1 Experimentos preliminares de tingimento da madeira

As experimentações com tinturas naturais foram iniciadas numa oficina conduzida por um dos autores para uma disciplina da graduação em design (Materiais e Processos de Produção II-AUT 2520). As cores produzidas na oficina foram obtidas por meio dos seguintes misturas: a) **amarelo**: romã + álcool ou cúrcuma + álcool; b) **laranja**: cúrcuma + poinsétia + álcool; c) **vermelho**: poinsétia + álcool; d) **vermelho-escuro**: poinsétia + álcool + ebanizador*; e) **verde**: espirulina + álcool; f) **marrom**: café + água; g) **preto**: casca da romã + ebanizador* (*vinagre + esponja de lã de aço).



Figuras 1: a, b - Oficina de tinturas naturais; c - Produção de tintura de amora; d - Manacá-da-serra, poinsétia, quaresmeira e lambari roxo. Fonte: elaborado pelos autores.

Na oficina, os testes de cor foram feitos em pedaços diversos de madeira de Tipuana (*Tipuana tipu*), de cor clara para evidenciar as cores. As peças foram lixadas e divididas para as pinturas. Após a oficina, foram produzidos mais testes, usando insumos alimentícios, de modo a minimizar uma eventual toxicidade da mistura, e também flores e folhas. Assim, foram feitos testes com: a) amora; b) beterraba; c) semente de urucum; d) folha de lambari roxo; e) flor de primavera bougainvillea vermelha; f) flor de quaresmeira (violeta); g) flor de manacá-da-serra (rosa), como descrito na Tabela 1. Nos três primeiros casos, a produção foi feita triturando o insumo; colocando-o numa panela; adicionando álcool 90% ou álcool isopropílico; fervendo a mistura até que a tintura fosse liberada no álcool (~10 min); e coando em filtro de papel. Enquanto que para as demais amostras, de folhas e flores, a produção foi feita secando e pressionando as flores e folhas entre papéis por três dias; desidratadas na estufa a 40°C por aproximadamente uma hora; trituradas com *mixer* numa solução de álcool 90%.

Tabela 1: Tinturas preparadas.

Relação das amostras de tingimentos naturais		
Nome popular (<i>científico</i>)	Solvente	Agentes de tingimento
Amoreira (<i>Morus nigra</i>)	Álcool 92,8%	Antocianina
Beterraba - (<i>Beta vulgaris</i> L)		Betalaina
Cafê - (<i>Coffea Canephora</i>)		Melanoidina
Quaresmeira - (<i>Tibouchina granulosa</i>)	Álcool 92,8%	Antocianina
Cúrcuma - (<i>Curcuma longa</i>)		Curcumina
Espirulina - (<i>Arthrospira platensis</i>)		Ficocianina
Lambari - (<i>Tradescantia zebrina</i>)	Álcool 70%	Antocianina
Manacá-da-serra - (<i>Tibouchina mutabilis</i>)		Antocianina
Poinsetia - (<i>Euphorbia pulcherrima</i>)		Antocianina
Primavera vermelha - (<i>Bougainvillea glabra</i>)		Betalaina
Romã - (<i>Punica granatum</i>)	Álcool Isopropílico	Granatonina
Urucum - (<i>Bixa orellana</i>)		Carotenóide

Fonte: Elaborado pelos Autores.



Figuras 2: Mostruário com as tinturas produzidas. Fonte: elaborado pelos autores.

3.1.2 Experimentos finais de tingimento da madeira

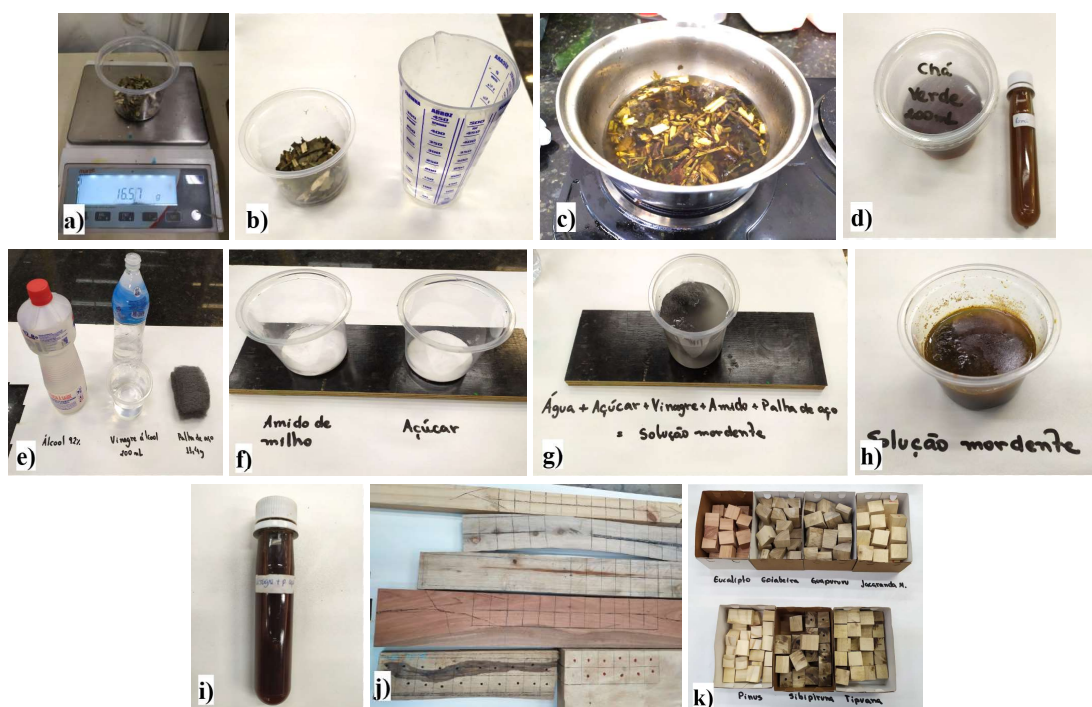
As últimas experimentações realizadas envolveram um controle maior de procedimentos e quantidades, assim como de registro destas informações em relação às feitas até então, de forma indutiva. Os elementos empregados são discriminados a seguir:

a) chá verde (*Camellia sinensis*) in natura, seco à granel; b) ebanizador; c) mordente composto de acetato de ferro. Para o ensaio do chá verde foram utilizados: 16,5g de folhas e galhos e 200mL de água, fervidos durante 15 minutos. Já no ebanizador foram utilizados: 11,4g de esponja de lã de aço com 200mL de vinagre de álcool, em dissolução por sete dias. Para o mordente de acetato de ferro, a combinação seguiu os ingredientes dados por Ferreira (2005), mantendo a proporção entre eles, mas usando mais da mistura líquida com relação ao metal, para que permanecesse imerso no líquido, assim, foram utilizados: 12,3g de esponja de lã de aço, 125mL de água, 62,5mL de vinagre de álcool, 3g de açúcar e 6g de amido de milho. O mordente foi usado três dias após a mistura dos ingredientes. Também foi utilizada a tintura de romã desenvolvida nos primeiros experimentos.

Manipulando substâncias naturais e suas reações podemos obter diferentes cores e tonalidades de tinturas, de forma mais flexível do que aplicar mais camadas de corante nas peças de madeira:

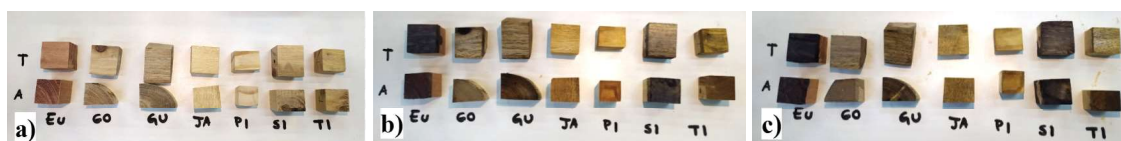
Indicadores visuais são substâncias capazes de mudar de cor dependendo das características físico-químicas da solução na qual estão contidos, em função de diversos fatores, tais como pH, potencial elétrico, complexação com íons metálicos e adsorção em sólidos. (Terci, D. B. L.; Rossi, A. V., 2002)

Dessa forma, o tanino reage com o acetato de ferro, do mordente e ebanizador, gerando variações tonais do marrom ao preto, e até tons azulados, de acordo com a variação dos dois componentes, sendo que o resultado preto se deve à maior concentração de tanino natural em algumas espécies de madeira (Thompson, 2023), ou manipulada com a adição de casca de romã, e chás tanínicos na madeira. De forma similar, outras substâncias oriundas de flores e frutos reagem às variações de acidez e alcalinidade no seu ambiente: a antocianina cria cores que vão do rosa ao azul, já a betalaína varia de roxo a amarelo. (Terci; Rossi, 2002; Khan; Liu, 2022). Assim, foram feitos dois testes de variação de pH: no extrato de amora e no de beterraba, usando vinagre para redução de pH e carbonato de sódio para aumentá-lo. Ambos foram dissolvidos em água na mesma proporção, mas não houve um controle da quantidade relativa à tintura ou medição do pH da mistura.



Figuras 3: a, b, c, d - Sequência da tintura de chá verde; e, f, g, i - Sequência do mordente; j, k - amostras das espécies de madeira. Fonte: elaborado pelos autores.

Para os testes de tingimento, foram utilizadas amostras de 1" cúbica (2,54 cm³) de sete espécies de resíduos arbóreos: eucalipto grande, goiabeira, guapuruvu, jaqueira, pinus, sibipiruna e tipuana. Para cada aplicação foram utilizadas duas amostras de cada espécie de modo a analisar tanto a face tangencial como a axial.



Figuras 4: a, b, c - Amostras sem tintura e aplicações de ebanizador e mordente 18h antes da aplicação final. Fonte: elaborado pelos autores.

3.1.3 Produção de xiloteca de resíduos lenhosos arbóreos urbanos

A coleção foi iniciada com o objetivo de auxiliar na identificação de madeiras brutas advindas de atividades de poda, posteriormente utilizadas nas atividades do grupo de pesquisa, por isso, a casca foi mantida sempre que possível. Foram feitos também testes de trabalhabilidade: perfurações com furadeira de bancada, com três diferentes tamanhos de brocas de aço rápido (10, 6 e 2 mm). Nos furos feitos no chapéu-de-sol e jacarandá-mimoso, foi observado bom acabamento, já o ficus-benjamim; pau-jacaré; guapuruvu e jaqueira apresentaram farpas nas bordas, necessitando de acabamento, o restante das espécies apresentou resultado regular. Depois foram lixados os cantos das amostras em lixadeira estacionária, a fim de observar como as amostras se comportam e também como seria o seu aspecto com um raio de curvatura no canto.

4. Resultados

4.1 Tinturas naturais

Para a tintura de urucum com álcool isopropílico, obteve-se um resultado alaranjado, enquanto que a amora e beterraba resultaram em um tom rosado, sendo o da última mais avermelhado. Porém, após oito meses as tinturas perderam a coloração. Outros experimentos sequer produziram coloração (flores de quaresmeira e manacá da serra e folhas de lambari). Após o período, a maioria das amostras de tipuanas tingidas desbotaram, e só duas amostras, com café e com acetato de ferro, mantiveram a coloração. Segundo Vespignani et al. (2023) essa degradação ocorre devido à exposição à luz solar, que quebra as ligações químicas dos pigmentos; à oxidação, ao estar em contato com o oxigênio; e também devido à umidade. Na figura 5 é nítido o desbotamento do tingimento das amostras, sendo elas: a) açafrão (álcool 70%); b) primavera vermelha (álcool 70%); c) primavera vermelha (álcool 92,8%); d) chá verde; e) açafrão (álcool 92,8%); f) espirulina; g) urucum; h) ebanizador; i) colorífico; j) poinsettia; k) romã; l) café. Na figura 6 é possível ver o efeito da variação de pH nos extratos de beterraba e amora, que são reagentes naturais, o carbonato de sódio teve resultados mais expressivos do que o vinagre de cozinha. O corante de beterraba assumiu uma cor amarela quando exposto ao meio alcalino e o de amora, um azul escuro.

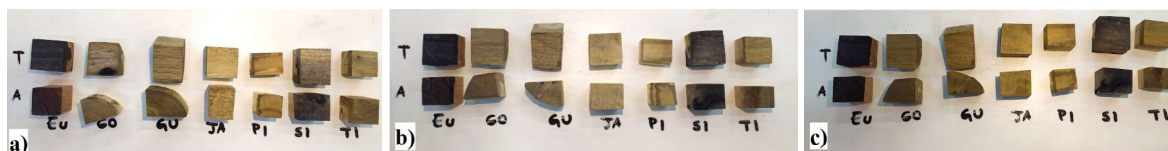


Figura 5: a, b, c - Descoloração das amostras após cerca de oito meses; 6 - experimento com variação de pH - reagentes naturais. Fonte: elaborado pelos autores.

4.2 Tingimento tanínico

As amostras foram imersas por cerca de 5 segundos, na 1ª aplicação (figura 7a), foi utilizado o ebanizador, na 2ª, a solução de mordente (figura 7b), na 3ª, chá verde com mordente (figura 7c), na 4ª, tintura de romã (figura 8a), na 5ª, tintura de romã com ebanizador (figura 9a) e na 6ª, tintura de romã com mordente (imagem 9c). As aplicações tiveram duas

imersões, com 18h entre si, com exceção da 6ª que foi imersa na tinta de romã e seca com soprador térmica a 300°C e em seguida, imersa na solução de mordente de acetato de ferro, e seca novamente. A 3ª aplicação, de chá verde com mordente, levou uma segunda imersão de chá após as 18h, que foi então seca com 300°C para assim ser imersa no mordente. As amostras do item 3.1.2 foram pintadas uma semana antes de serem fotografadas, o que não possibilitou checar o efeito dos mordentes na durabilidade.



Figuras 7: Aplicação de ebanizador, mordente e chá verde. Fonte: elaborado pelos autores.

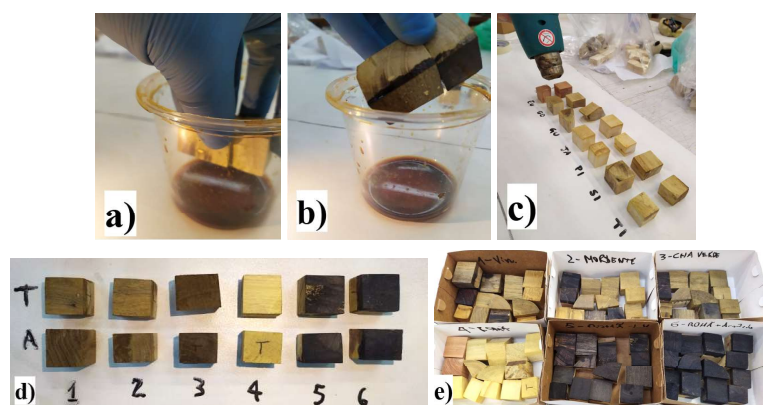


Figuras 8: Aplicação de romã, romã + ebanizador e romã (úmido). Fonte: elaborado pelos autores.



Figuras 9: Aplicação de ebanizador no romã, romã e mordente no romã. Fonte: elaborado pelos autores.

Para se aproximar do nível real de iluminação das amostras, os registros fotográficos tiveram brilho aumentado digitalmente em 15% , para efeito de comparação, o fundo usado foi de um MDF com revestimento branco.



Figuras 10: a, b - Imersão da amostra nas soluções por 5s; c - Secagem do romã; d - Aplicações em tipuana; e - Todos os seis tipos de aplicação nas amostras. Fonte: elaborado pelos autores.

4.3 Xiloteca e registro macroscópico

A preparação de peças de diferentes espécies de madeira e as suas fotos ampliadas contribuem com esforços prévios de formulação de fichas técnicas e caracterização das espécies trabalhadas pelo grupo de pesquisa. As fotos, posteriormente adicionadas à plataforma digital, compõem um repositório para a identificação da madeira, inclusive em

outros contextos, auxiliando nas pesquisas futuras. A Tabela 2 a seguir contém os dados das amostras da xiloteca produzida, bem como um *hiperlink* para as fichas técnicas realizadas pelo Poda Lab-USP.

Tabela 2: Informações sobre amostras da xiloteca de madeiras urbanas de poda.

Caracterização das amostras da xiloteca			
Nome popular (<i>científico</i>) e ficha técnica	Origem e data	Foto	Observações
Cedro Rosa (<i>Cedrela fissilis</i> V.)	IPT-SP - 2022		Cerne
Chapéu-de-sol (<i>Terminalia catappa</i>)	Serraria de Guarulhos-SP - 2023		Alburno
Cinamomo (<i>Melia azedarach</i>)	Campus-Butantã – SP - 2021		
Eucalipto grande (<i>Eucalyptus grandis</i>)	IPT-SP - 2022		Alburno e casca
Ficus-benjamim (<i>Ficus benjamina</i>)	Campus-Butantã – SP - 2021		Alburno
Goiabeira (<i>Psidium guajava</i>)	Campus-Butantã – SP - 2021		Alburno
Guapuruvu (<i>Schizolobium parahyba</i>)			
Jacarandá-mimoso (<i>Jacaranda mimosifolia</i>)	Serraria de Guarulhos-SP - 2023		Alburno com casca
Jambolão (<i>Syzygium cumini</i>)	Campus-Butantã – SP - 2021		Alburno
Jaqueira (<i>Artocarpus heterophyllus</i>)			Alburno com casca

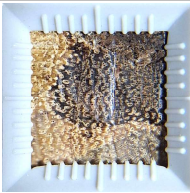
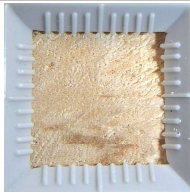
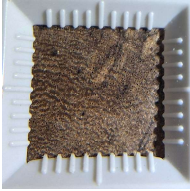
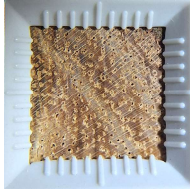
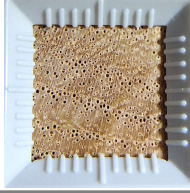
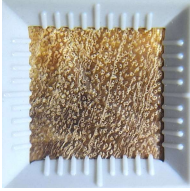
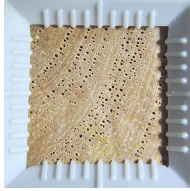
Paineira (<i>Ceiba speciosa</i>)	Serraria de Guarulhos- SP - 2023		Alburno
Pau-jacaré (<i>Piptadenia gonoacantha</i>)			Alburno
Sibipiruna (<i>Caesalpinia peltophoroides</i>)	Campus-Butantã – SP - 2021		Alburno com casca
Tipuana (<i>Tipuana tipu</i>)			

Fonte: Elaborado pelos autores. Adaptado de *website* Poda Lab/ FAU USP, 2022.

A caracterização macroscópica das espécies de madeira foi realizada com lupa conta-fios de 10 aumentos, com base no método de chaves de identificação (Zenid; Ceccantini, 2007), e as fotografias foram feitas sobre a lente com smartphone (Tabela 3). Em breve, os registros serão incorporados às fichas técnicas das espécies arbóreas do *website* do Poda Lab-USP.

Tabela 3: Registro macroscópico de peças da xiloteca.

Amostras da xiloteca			
Nome popular (<i>científico</i>)	Fotomacrografia do topo (10x)	Nome popular (<i>científico</i>)	Fotomacrografia do topo (10x)
Cedro Rosa (<i>Cedrela fissilis</i> V.)		Chapéu-de-sol (<i>Terminalia catappa</i>)	
Cinamomo (<i>Melia azedarach</i>)		Eucalipto grande (<i>Eucalyptus grandis</i>)	
Ficus-benjamim (<i>Ficus benjamina</i>)		Goiabeira (<i>Psidium guajava</i>)	

Guapuruvu (<i>Schizolobium parahyba</i>)		Jacarandá-mimoso (<i>Jacaranda mimosifolia</i>)	
Jambolão (<i>Syzygium cumini</i>)		Jaqueira (<i>Artocarpus heterophyllus</i>)	
Paineira (<i>Ceiba speciosa</i>)		Pau-jacaré (<i>Piptadenia gonoacantha</i>)	
Sibipiruna (<i>Caesalpinia peltophoroides</i>)		Tipuana (<i>Tipuana tipu</i>)	

Fonte: Elaborado pelos autores.

5. Discussões

Como a maioria dos tingimentos desenvolvidos foram feitos somente com a adição de solvente (ex: álcool), é necessário realizar mais experimentações com a adição de mordentes (ex: acetato de ferro) a fim de analisar a permanência e alterações de tons que a adição destes causam a cada pigmento, assim como as interações que têm com diferentes extratos, como quando alteram o pH da solução e o corante reage a essa mudança. Outro fator observado foi que as amostras de pinus apresentaram alta dificuldade de absorção na 2ª imersão no mordente. A respeito da fotomicrografia da xiloteca, a amostra de jacarandá-mimoso apresentou alta dificuldade para receber um corte limpo que evidenciasse os poros da madeira, uma vez que a madeira é mais macia e suas fibras colapsam com facilidade, isso se deve também a falta de ferramentas especializadas para tal.

6. Considerações Finais*

Por não se tratarem de pigmentos submetidos a processos rígidos de engenharia química, algumas misturas podem acabar não correspondendo às relações do círculo cromático, como no caso do romã (amarelado) que ao ser misturado com o acetato de ferro, fez com que a solução se tornasse negra em razão da concentração de tanino. Apesar das limitações de durabilidade dos pigmentos naturais explorados inicialmente, dispomos de uma imensa biodiversidade botânica no Brasil, o que aponta para o potencial de desenvolvimento da área de tingimentos sustentáveis e expõem a necessidade de pesquisas que investiguem essas espécies, bem como a extração e uso dos corantes naturais assim como potencialidades de uso no processo projetivo orientado pelo material. A respeito da xiloteca, a sua produção e expansão facilitarão o estudo das características de resíduos lenhosos urbanos, dando mais robustez e materializando o acervo virtual do site Poda Lab com peças padronizadas, que devem ser acessíveis na oficina (Lame) da Faculdade.



*O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

BARATA, Tomás Queiroz Ferreira et al. Management of waste from the pruning of urban greenery. Experiences in São Paulo, Brazil. **AGATHÓN| International Journal of Architecture, Art and Design**, v. 9, p. 232-243, 2021. Doi: <https://doi.org/10.19229/2464-9309/9232021>.

BHUTE, Aniket. **Plant based dyes and mordant: A Review**. Journal of Natural Products and Plant Resources., 2012.

BISPO, Luiz Fernando Pereira et al. Aceitação de brinquedos de madeira fabricados com resíduos da arborização urbana. **Anais do 13º Seminário Internacional NUTAU 2020**, p. 55-61, 2020.

BRAUNGART, Michael; MCDONOUGH, William. **Cradle to cradle**. Random House, 2009.

FERREIRA, Eber Lopes. **Tingimento Vegetal: teoria e prática sobre tingimento com corantes naturais**. Comissão Pró-Índio de São Paulo, 2005.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. Portaria nº 302, de 12 de julho de 2021. **Aprova o Regulamento Técnico da Qualidade e os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Brinquedos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 jul. 2021. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002801.pdf>. Acesso em: 9 março de 2025.

JONES, Frank N.; NICHOLS, Mark E.; PAPPAS, Socrates Peter. **Organic coatings: science and technology**. John Wiley & Sons, 2017.

KARANA, Elvin et al. Material driven design (MDD): **A method to design for material experiences**. **International journal of design**, v. 9, n. 2, p. 35-54, 2015.

KHAN, Mohammad Imtiyaj, LIU, Jun. **Plant betalains: Recent applications in food freshness monitoring films**, Food Packaging and Shelf Life, Volume 34, 2022.

MARENGO, José A. et al. **O maior desastre climático do Brasil: chuvas e inundações no estado do Rio Grande do Sul em abril-maio 2024**. Estudos Avançados, v. 38, n. 112, p. 203-228, 2024.

MARTINS, Michelle Márcia Viana; NONNENBERG, Marcelo José Braga. **Geoeconomia e protecionismo: novas configurações do comércio internacional** (Publicação Expressa). 2025.



MEIRA, A. M. **Gestão de resíduos da arborização urbana**. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2010.

NIHART, Alexander J. et al. **Bioaccumulation of microplastics in decedent human brains**. Nature Medicine, p. 1-6, 2025.

PODA LAB / FAU USP. **Madeira de poda: matéria-prima para cidades sustentáveis**, c2022. Página inicial. Disponível em: <https://sites.usp.br/podalab/>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2025.

STAHEL, Walter R. **The circular economy: A user's guide**. Routledge, 2019.

SOUSA, C. S. M. et al. **Urban forests management. Design-driven technological routes for wood waste valuing**. AGATHÓN-International Journal of Architecture, Art and Design, v. 13, p. 291-300, 2023.

TERCI, D. B. L.; ROSSI, A. V.. **Indicadores naturais de pH: usar papel ou solução?**. Química Nova, v. 25, n. 4, p. 684–688, jul. 2002.

THOMPSON, Robert. **Iron acetate solution prepared from steel wool and vinegar for ebonizing wood**. Journal of Wood Science, 2023.

VÁSQUEZ-CORREA, Ángela María. Xilotecas, importantes colecciones de referencia. **Colombia forestal**, v. 20, n. 2, p. 192-201, 2017.

VESPIGNANI, L., Bonanni, M., Marradi, M., Pizzo, B., Bianchini, R., & Goli, G. (2023). **Naturalized Dyes: A New Opportunity for the Wood Coloring**. Polymers, 15(17), 3632. <https://doi.org/10.3390/polym15173632>

VOIGT, J. and Lentner, A. (2007) **Direct multi-color printing on wood and wood composite panels**, in. Proceedings of the Interior Surface Conference, Amsterdam, 28–29 March 2007.

WEIGL, Martin et al. **Application of Natural Dyes. Handbook of natural colorants**, v. 8, p. 277, 2009.

ZENID, Geraldo José e CECCANTINI, Gregório C. T. **Identificação macroscópica de madeiras**. Educação continuada. São Paulo, SP: IPT, 2007. Disponível em: <http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Apostila-Identifica%E7%E3o%20de%20madeiras.pdf>. Acesso em: 24 de janeiro de 2022.