



ARTIGO ORIGINAL

Cláudia da Costa Cardoso¹
Victor Hugo Pereira Moutinho^{1*}
Lia de Oliveira Melo¹
Luciana Karla Valéria dos Santos Sousa¹
Mario Rabelo de Souza²

¹Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA,
Rua Vera Paz, s/n, Salé, 68035-110,
Santarém, PA, Brasil

²Serviço Florestal Brasileiro – SFB,
Laboratório de Produtos Florestais – SCEN,
Av. L4 Norte, Ed. Sede do IBAMA,
Asa Norte, 70818-900, Brasília, DF, Brasil

Autor Correspondente:

*E-mail: victor.ctmadeira@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE

Qualea
Nectandra
Swartzia
Propriedades físico-mecânicas da madeira

KEYWORDS

Qualea
Nectandra
Swartzia
Physicomechanical properties of wood

Caracterização físico-mecânica de madeiras amazônicas com aptidão tecnológica para comercialização

Physical and mechanical characterization of Amazon wood with technological potential for marketing

RESUMO: Apesar da grande diversidade existente na Amazônia, o mercado madeireiro apresentou um aumento na demanda por espécies de maior valor econômico. Este fator refletiu-se no estoque madeireiro, o qual tendeu a se reduzir com o passar dos anos, levando essas espécies ao risco de extinção. Assim, este estudo objetivou caracterizar tecnologicamente as propriedades da madeira das espécies *Qualea dinizii* Ducke. (mandioqueira), *Nectandra dioica* Mez. (louro-preto) e *Swartzia laurifolia* Benth. (gombeira), não comercializadas, mas com alta abundância, frequência e dominância na FLONA Tapajós-PA, visando a introduzi-las no mercado madeireiro. Abateram-se cinco árvores por espécie, coletando-se material botânico para identificação científica. Para cada árvore, retiraram-se duas toras de 1,80 m, uma da base e outra na sequência do fuste, para a confecção de corpos de prova para os testes físico-mecânicos: densidade básica; retratibilidade total; flexão estática; compressão paralela e perpendicular; tração perpendicular; dureza Janka e cisalhamento. As comparações foram realizadas pelos testes Scott-Knott e de Mann-Whitney, ambos a 5% de probabilidade. Quanto à densidade e à retratibilidade, foram observados dois grupos distintos, em que *S. laurifolia* obteve as maiores médias em comparação às outras espécies estudadas. Para a análise mecânica, verificou-se que *Q. dinizii* e *N. dioica* podem ser indicadas para a confecção de peças para móveis e materiais de acabamento, assim como para esquadrias, e que a espécie *S. laurifolia* pode ser utilizada na construção civil, na montagem de treliças, conexões, encaixes e em atividades de impacto.

ABSTRACT: Despite the great diversity in the Amazon forest, the timber market has shown an increase in demand for species of higher economic value, a factor reflected in the timber stock that tended to decrease over the years leading to risk of extinction. Thus, the purpose of this research was to characterize the technological properties of wood species *Qualea dinizii* Ducke. (Mandioqueira), *Nectandra dioica* Mez. (Louro-preto) and *Swartzia laurifolia* Benth. (Gombeira), which are not marketed, but present high abundance, frequency and dominance in the 'Tapajos' National Forest – State of Para, with the intention to introduce them to the timber market. Five trees per species were sampled and botanical material was collected for scientific identification. Two 1.80 m logs per tree were cut at breast height (dbh) and along the tree for the preparation of specimens for physicomechanical tests (basic density, total shrinkage, static bending, parallel and perpendicular compression, perpendicular traction, hardness and shear strength) and comparisons made through the Scott-Knott and Mann-Whitney tests, both at 5% probability. Regarding density and shrinkage, it was possible to observe two distinct groups, where *S. laurifolia* presented the highest average in comparison to the other species. Concerning the mechanical analysis, it was possible to notice that *Q. dinizii* and *N. dioica* can be suitable for the production of furniture parts, finishing materials and frames, and *S. laurifolia* can be used in construction, assembly of trusses, connections and fittings, and high impact applications.

1 Introdução

Em decorrência da exploração tradicional e da escassez de estudos científicos sobre as características da madeira, o mercado madeireiro tornou-se restrito a poucas espécies, colocando algumas em risco de extinção.

Para Sobral et al. (2002), a atividade de exploração madeireira da Amazônia apresenta um paradoxo, pois, quando efetuada de maneira predatória, pode ocasionar danos severos na floresta e empobrecer, em longo prazo, a economia da região. Em contrapartida, se for manejada, poderá conciliar geração de renda e emprego, e ao mesmo tempo garantir a manutenção da floresta. Entretanto, quando se trata de floresta Amazônica, a cautela tem de ser maior, pois são recursos provenientes de ecossistemas heterogêneos, complexos e frágeis (HIGUCHI et al., 1998).

Em razão desses aspectos, torna-se necessária a criação de alternativas, como a abertura de mercado para novas espécies, o que, para Carvalho (1996), poderá contribuir substancialmente para solucionar o problema, ressaltando-se que seriam necessários estudos que viabilizassem o conhecimento sobre as propriedades tecnológicas dessas espécies, de maneira a determinar seus prováveis usos. Araújo (2007) ratifica que as propriedades físicas e mecânicas da madeira são fundamentais para a preconização adequada de suas aplicações de maneira que, relacionando-as a outros fatores, como resistência, economia, estética, entre outros, permita a classificação destas de acordo com o uso mais adequado, em forma de peças estruturais em ambientes internos e externos de habitações, móveis, painéis e embalagens.

Nesse contexto e considerando-se que toda a madeira é nobre (GONZAGA, 2006), é importante viabilizar estudos sobre espécies ainda comercialmente desconhecidas, com o intuito de possibilitar a inserção das mesmas no mercado, proporcionando informações sobre suas características tecnológicas de maneira a diminuir a intensa exploração sobre espécies já tradicionalmente comercializadas, buscando-se a substituição destas por outras com características semelhantes. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi caracterizar tecnologicamente as propriedades da madeira de três espécies arbóreas de alta densidade populacional na Floresta Nacional do Tapajós, visando à sua comercialização.

2 Material e Métodos

O estudo foi realizado em uma área situada na Floresta Nacional do Tapajós, no Km 83 da Rodovia Santarém-Cuiabá - BR163, na porção central da Floresta Amazônica, localizada entre as coordenadas 2° 45' e 4° 10' S e 54° 45' e 55° 30' W.

A seleção de espécies para a caracterização tecnológica foi efetuada utilizando-se inventários florísticos realizados nesta área por meio de um projeto de manejo florestal desenvolvido por comunitários da Floresta Nacional do Tapajós.

Os critérios para a seleção das espécies foram: abundância, frequência, dominância na área de estudo e inexistência de estudo prévio na área de tecnologia da madeira, sendo selecionadas as espécies gombeira (*Swartzia laurifolia* Benth.), louro-preto (*Nectandra dioica* Mez.) e mandioqueira-rosa (*Qualea dinizii* Ducke) (Tabela 1).

As coletas foram realizadas em novembro de 2009, quando foram abatidas cinco árvores por espécie, selecionadas aleatoriamente na floresta. Foi coletado material botânico de cada árvore e encaminhado para o herbário da Universidade Federal Rural da Amazônia, em Belém, para a confirmação da identificação da espécie. Foi coletado material lenhoso de cada uma das 15 árvores para a confecção de corpos de prova.

As análises físicas da madeira foram realizadas no Laboratório de Tecnologia da Madeira – LTM da Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, enquanto que os ensaios mecânicos ocorreram no Laboratório de Produtos Florestais – LPF/SFB, em Brasília-DF.

Para o preparo dos corpos de prova dos testes, foram seguidas as diretrizes estabelecidas pelas normas COPANT 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 555 e 743 (1972a-j, 1975), sendo confeccionados em diferentes dimensões, conforme o teste realizado, de modo a obter um mínimo de dez amostras por espécie para a realização de cada teste, com exceção da espécie *Swartzia laurifolia*, em que o mínimo adotado foi de cinco amostras (Tabela 2).

Antes da realização dos testes, as amostras foram mensuradas com o auxílio de um paquímetro digital 200 mm, de acordo com os planos direcionais da madeira, quantificando altura, largura e espessura, e foi feita a observação da direção dos anéis de crescimento. Note-se que, para a realização dos testes secos, as amostras foram submetidas a uma pré-secagem em forma de pilha, e algumas amostras foram selecionadas e marcadas para a realização do controle de umidade. A massa de cada amostra foi obtida diariamente por meio da pesagem em balança digital até a sua estabilização, sendo as amostras posteriormente repassadas à câmara de climatização até que atingissem um teor de umidade de equilíbrio (TUE) de 12%. Para os testes mecânicos das amostras verdes, as peças foram retiradas dos tanques, lavadas para eliminação do odor e retirado o excesso com pano, para posterior realização do ensaio.

Os testes foram realizados nas máquinas de ensaio universal INSTRON modelo 1115 com capacidade de 10.000 kgf,

Tabela 1. Espécies estudadas com seus respectivos valores absolutos de abundância (Ab - n° indivíduos), frequência (Fr - %) e dominância (Do - m²)*.

Nome vulgar	Nome científico	Família	Ab (n)	Fq (%)	Do (m²)
Mandioqueira	<i>Qualea dinizii</i> Ducke	Vochysiaceae	0.60	0.60	0.09
Louro-preto	<i>Nectandra dioica</i> Mez	Lauraceae	6.96	6.89	0.41
Gombeira	<i>Swartzia laurifolia</i> Benth.	Leg. papilionoideae	0.85	0.85	0.02

*Dados do projeto Estudo fitossociológico e tecnológico de novas espécies madeireiras em três áreas de manejo florestal sustentável em assentamentos agrários na região de Santarém-PA (OLIVEIRA et al., 2011).

possuindo um software que proporciona dados de carga máxima, tensão e deslocamento do material, e na INSTRON modelo 1127, com capacidade de 20.000 kgf.

Na análise e na avaliação dos ensaios físicos, foi empregado o teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) e as interações foram detectadas como significativas pelo teste de F ($p \leq 0,05$). Contudo, para a análise dos ensaios mecânicos, foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney ($p \leq 0,05$), em função da heterocedasticidade dos dados.

3 Resultados e Discussão

Analisando-se a densidade e o comportamento dimensional das espécies estudadas (Tabela 3), pode-se observar que *S. laurifolia* apresentou densidade mais elevada quando comparada às outras duas espécies em estudo, diferenciando-se também para as contrações tangenciais, radiais e volumétricas. Para *N. dioica* e *Qualea dinizii*, não se verificou diferença estatística entre as variáveis estudadas. Quanto ao coeficiente

de anisotropia, *S. laurifolia* apesar de obter o menor valor entre as espécies estudadas, não apresentou diferenças estatísticas.

Ao comparar as características físicas das espécies estudadas com as espécies comercializadas na Amazônia (Tabela 4), podem-se observar semelhanças entre as propriedades físicas de densidade e contração volumétrica. *S. laurifolia* apresenta valores físicos de densidade básica similares aos das espécies comerciais *Dipterix odorata* Willd., *Aniba canelilla* (H.B.K.) Mez. e *Zollernia paraensis* Huber., as quais apresentam resultados de densidade básica que variam de 0,91 a 0,97 g cm⁻³ (MARQUES, 1997; IBDF; Dpq; LPF, 1988) (Tabela 4).

Segundo Lupe (2007), *Aniba canelilla* (H.B.K.) Mez. possui madeira de ótima qualidade com destinação para a construção civil e a confecção de móveis. Esses resultados também são semelhantes aos encontrados por Mainieri e Chimello (1989), ao trabalharem com o gênero *Aspidosperma* sp., um dos mais empregados na construção civil. Segundo Gonzaga (2006), a madeira de *Dipterix odorata* é estável e com alta densidade, com empregabilidade na construção naval e civil, sendo

Tabela 2. Dimensões e quantidade dos corpos de provas produzidos conforme o ensaio realizado nas condições de 12% de umidade (Seca) e em condições úmidas (Saturadas).

Tipo de ensaio físico-mecânico	Dimensões (cm)	Condição seca			Condição úmida		
		<i>S. laurifolia</i>	<i>N. dioica</i>	<i>Q. dinizii</i>	<i>S. laurifolia</i>	<i>N. dioica</i>	<i>Q. dinizii</i>
Flexão estática	5 × 5 × 75	10	10	10	15	10	10
Compressão paralela	5 × 5 × 20	24	20	20	12	20	20
Compressão perpendicular	5 × 5 × 20	10	10	10	5	10	10
Dureza Janka	5 × 5 × 15	6	10	10	7	10	10
Densidade e retratibilidade	2 × 2 × 10	11	20	20	11	20	19
Cisalhamento	5 × 5 × 6,5	12	20	20	22	20	20
Tração perpendicular	5 × 5 × 2,5	6	10	10	12	20	20

Tabela 3. Densidade e comportamento dimensional das espécies analisadas.

Espécie	Densidade básica (g cm ⁻³)	Contração volumétrica total (%)				
		Tangencial	Radial	Longitudinal	Volumétrica	C.A.
<i>S. laurifolia</i>	0,97 b	8,87 b	5,95 b	0,22 a	16,86 b	1,55 a
<i>Q. dinizii</i>	0,55 a	6,90 a	3,75 a	0,20 a	11,85 a	1,82 a
<i>N. dioica</i>	0,54 a	7,37 a	4,17 a	0,22 a	13,02 a	2,1 a

C.A. – Coeficiente de anisotropia. Médias seguidas de mesma letra na coluna não apresentaram diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott ($\alpha = 5\%$).

Tabela 4. Propriedades físicas de algumas madeiras comerciais.

Grupo	Espécie	Densidade básica (g cm ⁻³)	Contração linear total (%)			C. A.
			Radial	Tangencial	Volumétrica	
Cumarú	<i>Dipterix odorata</i>	0,91	5,4	8,4	13,5	1,60
Pau-Santo	<i>Zollernia paraensis</i>	0,97	5,0	9,6	16,8	1,90
Preciosa	<i>Aniba canelilla</i>	0,92	6,4	8,2	13,6	1,30
Ucubarana	<i>Osteophloeum platyspermum</i>	0,50	3,6	7,4	10,8	2,06
Louro-Cunuaru	<i>Ocotea</i> sp.	0,59	4,3	6,9	9,9	1,60
Espinheiro-preto	<i>Acacia polyphylla</i>	0,60	4,9	10,1	14,0	2,06

C.A. – Coeficiente de anisotropia. Fonte: Marques (1997); IBDF, Dpq e LPF (1988).

considerada madeira nobre em razão de características como resistência e aspecto. Comparando-se os valores de densidade com a classificação proposta por Camara e Rocha (1992) para uso da madeira na construção civil pesada, *S. laurifolia* tem densidade alta, sendo indicada para esse uso.

De acordo com as análises do comportamento dimensional de *S. laurifolia*, as contrações lineares, radial e tangencial, foram de 5,95 e 8,87%, respectivamente; para a contração volumétrica, o valor foi de 16,86%, com coeficiente de anisotropia de 1,55%. Os resultados demonstraram que a madeira de *S. laurifolia* é moderadamente estável dimensionalmente, semelhante aos resultados encontrados por Mori et al. (2003), com angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina* (Benth) Speng.). Mendes, Martins e Marques (1998) relatam que as espécies conhecidas como angico-vermelho apresentam moderada tendência ao torcimento forte e pouca tendência ao encanoamento médio e às rachaduras de topo forte.

Q. dinizii e *N. dioica* apresentaram propriedades físicas semelhantes às das espécies *Osteophloeum platyspermum* (A.DC.) Warb., *Ocotea* sp. e *Acacia polyphylla* A.DC. (Tabela 4). *Osteophloeum platyspermum* apresenta densidade média, textura média e contração volumétrica baixa (MARQUES, 1997). Conforme Zenid (2009), madeiras do gênero *Ocotea*, a exemplo do louro-canela, podem ser utilizadas na construção civil, em forma de tábuas e pontaltes, para andaimes, escoramento e fôrmas para concreto, bem como de maneira decorativa, utilizando-a para painéis, forros, guarnições, além de esquadrias. Para IBAMA (2010), a espécie *Acacia polyphylla* DC., popularmente conhecida como espinheiro, pode ser usada na marcenaria, no torno e em obras internas. Sendo assim, *Q. dinizii* e *N. dioica* foram indicadas para a confecção de peças para móveis e materiais de acabamento, assim como para esquadrias.

As espécies *Q. dinizii* e *N. dioica* não apresentaram diferenças significativas em suas contrações, sendo observados valores de contração volumétrica e coeficiente de variação oscilando entre 11,85 e 13,02%, e 1,82 e 2,1%, respectivamente. Este fenômeno pode ser elucidado pelas angulações das microfibrilas de celulose na parede celular, as

quais influenciam no comportamento dimensional da madeira que, de acordo com Silva (1992), acaba por exercer influência sobre as fibras e as propriedades da madeira.

Comparando-se cada espécie em relação aos parâmetros seco e saturado dos ensaios mecânicos, *S. laurifolia* apresentou diferença significativa em comparação a todos os testes analisados (Figura 1). Contudo, notou-se que, no teste de tração perpendicular, a mesma exibiu valores divergentes, apresentando resultado saturado maior do que o seco. Todavia, *S. laurifolia* apresentou, no teste de flexão estática, notável resistência com módulo de ruptura (MOR) de 2.163 kgf cm⁻² para o ensaio na condição seca e 1.533 kgf cm⁻² para a condição saturada; apresentou, ainda, tensão máxima no limite de elasticidade de 1.826 kgf cm⁻², sendo que os resultados do ensaio de compressão paralela também foram altos, com MOR de até 1.114 kgf cm⁻².

Embora os testes em estado seco, geralmente, apresentem valores maiores que em condição úmida, *S. laurifolia* exibiu resultados do teste de tração perpendicular maiores em condições saturadas do que em condição seca (Figura 1). Observa-se, também, que as espécies estudadas apresentaram valores de tração perpendicular às fibras na condição saturada superiores aos da condição seca, semelhante ao relatado por IBDF, DPq e LPF (1988) para outras espécies da Floresta Amazônica (Tabela 5). Segundo Pfeil e Pfeil (2003), esse comportamento pode acontecer em função de a espécie apresentar madeira com grã do tipo reversa, que diminui a resistência em virtude dos efeitos das tensões de tração que agem sobre a peça de madeira e geram uma força de tração transversal às fibras, separando-as e ocasionando fendas. Essa resistência é pequena, considerando esse tipo de teste, e o resultado irá depender da resistência de materiais ligantes como a lignina.

S. laurifolia também apresentou no teste de dureza Janka (Kgf) maiores valores, tanto na condição úmida quanto na seca, nas faces, quando comparados aos extremos das amostras. IBDF, DPq e LPF (1988) apresenta espécies, como *Diploon venezuelana* Aubrév. e *Dipterix odorata*, com valores úmidos para extremos e faces inferiores aos observados para

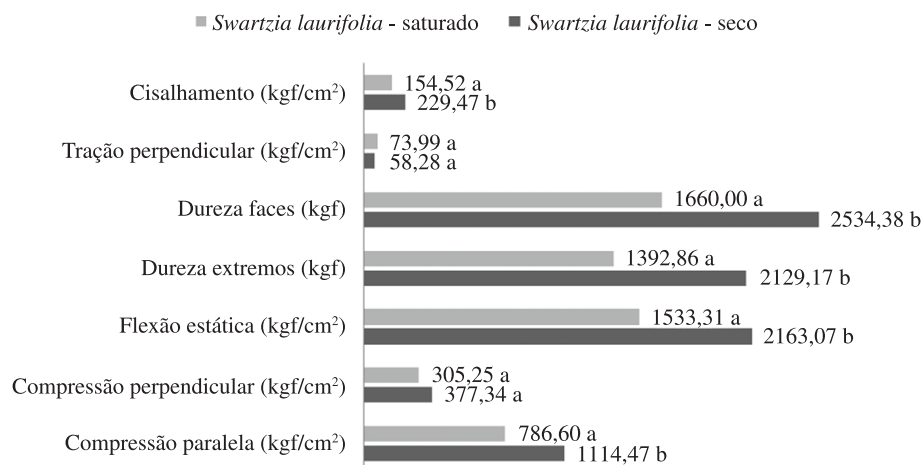


Figura 1. Comparações dos testes mecânicos seco e saturado da espécie *Swartzia laurifolia*, com base no teste estatístico Mann-Whitney. Médias seguidas de mesma letra na coluna não apresentaram diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott ($\alpha = 5\%$).

as amostras secas, de forma semelhante ao observado neste estudo.

N. dioica apresentou MOR de até 979 kgf cm⁻² para o teste de flexão estática e tensão de até 731 kgf cm⁻² no limite proporcional, de forma que, neste momento, a deformação de elástica passou a ser plástica. Foram observadas diferenças significativas nos testes mecânicos, em condições seca e saturada, de tração perpendicular, flexão estática, compressão perpendicular, compressão paralela e cisalhamento. Entretanto, nos ensaios de dureza Janka, apesar de apresentar maiores valores na condição seca em comparação à condição úmida, o que é considerado dentro dos padrões, não apresentou diferença significativa segundo o teste estatístico realizado, sendo os valores obtidos considerados semelhantes (Figura 2).

Analisando-se os testes mecânicos, *Q. dinizii* apresentou MOR de até 896 kgf cm⁻² e a tensão no limite de elasticidade de até 661 kgf cm⁻², durante o teste de flexão estática. Na relação seco/saturado da referida espécie, a mesma apresentou diferenças significativas para os testes de flexão estática, compressão perpendicular, compressão paralela e cisalhamento (Figura 3). Com relação aos testes de tração perpendicular e dureza Janka nos extremos, estes apresentaram valores na condição úmida maiores do que em condição seca. Entretanto, tanto no teste de tração quanto no de dureza dos extremos e

das faces, não foram observadas divergências significativas em relação às condições seco e saturado.

Na elucidação do resultado do teste de tração, toma-se como argumento o mesmo empregado à espécie *S. laurifolia* com relação ao mesmo teste, o qual demonstra que podem ocorrer eventos nesse ensaio, em que valores úmidos apresentam-se maiores que os secos.

Os resultados do teste de dureza Janka podem ser justificados observando-se a espécie *Q. dinizii* estudada por Marques (1997), em que não há grande diferença entre o valor úmido e o seco, mostrando resultados de 270 kgf para o teste de dureza nas faces úmidas e 271 kgf em estado seco, e *Q. lancifolia* (IBDF, 1981), que apresenta resultados de 507 kgf para dureza nos extremos no estado úmido e 586 kgf para as condições secas. Supõe-se, então, que esses valores submetidos a testes estatísticos não sejam considerados significativos.

Com base na norma COPANT 30: 1-020 (1974), *S. laurifolia* foi classificada como extremamente pesada e com contração volumétrica muito grande; *Q. dinizii* como pesada, a partir do valor da densidade básica, com contração volumétrica moderadamente grande, e *N. dioica* foi classificada como pesada e com contração volumétrica moderadamente grande.

De maneira geral, houve uma redução nos valores de resistência da madeira com presença de água (saturada),

Tabela 5. Teste de Tração Perpendicular às fibras em *Dipterix odorata*, *Goupia glabra*, *Qualea brevipedicellata*, *Manilkara amazonica* e *Aniba canelilla*, em condições saturada e seca.

Nome vulgar	Espécies	Tração perpendicular (kg cm ⁻²)	
		Saturado	Seco
Cumaru	<i>Dipterix odorata</i> Willd	64	49
Cupiúba	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	66	42
Mandioqueira-áspera	<i>Qualea brevipedicellata</i> Stafleu	54	23
Maçaranduba	<i>Manilkara amazonica</i> (Huber) Standley	60	57
Preciosa	<i>Aniba canelilla</i> (H.B.K.) Mez.	59	29

Fonte: IBDF, Dpq e LPF (1988).

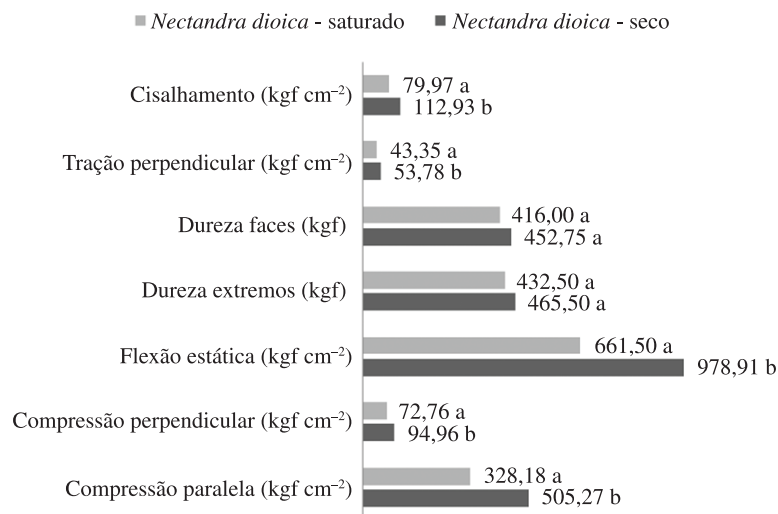


Figura 2. Comparações dos testes mecânicos seco e saturado da espécie *Nectandra dioica*, com base no teste estatístico Mann-Whitney. Médias seguidas de mesma letra na coluna não apresentaram diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott ($\alpha = 5\%$).

sendo que estes diferiram significativamente entre si a 5%, pelo teste de Mann-Whitney. Stangerlin et al. (2010), em seus resultados de resistência e elasticidade para *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch., relatam que a modificação desses valores nas condições seca e úmida ocorre de forma diferenciada, de acordo com o tipo de teste mecânico, e que, elevando-se o teor de umidade até o ponto de saturação das fibras, há a redução das propriedades da madeira.

Pode-se verificar que *S. laurifolia* apresentou valores significativos quanto à resistência se comparados aos de *Zollernia paraensis* Huber. e *Dipterix odorata* Willd. *Qualea dinizii* exibiu dados semelhantes aos de *Erismia uncinatum* Warm. e de *Parkia oppositifolia* Benth. e *Nectandra dioica*, com resultados análogos ao de *Couratari oblongifolia* Ducke & R. Knuth. e *Stryphnodendron pulcherrimum* (Willd.) Hochr. (Tabela 6).

De acordo com a comparação de médias relacionadas aos testes mecânicos a 12% de umidade, pode-se observar que *S. laurifolia* se destacou como a espécie com os maiores valores de resistência, superando valores encontrados por Marques (1997) e Sousa et al. (2002) para *Dipterix odorata* Willd e *Zollernia paraensis* Huber, espécies conhecidas por sua utilização na construção civil, como vigas posicionadas horizontal e verticalmente, na montagem de treliças, conexões, encaixes e sobreposição de peças, e na atividade de impacto, na fabricação de pisos e assoalhos; pode, assim, essa espécie ter aplicação semelhante.

Q. dinizii e *N. dioica* apresentaram valores aproximados em todos os testes mecânicos realizados, sendo que, com base nestes fatores, estas podem ser indicadas para a construção civil, no estabelecimento de conexões, encaixes, treliças e, principalmente, na sobreposição de peças. Esta indicação ocorreu com base na comparação entre as espécies estudadas e as espécies trabalhadas por Marques (1997) e Sousa et al. (2002), segundo os quais *Erismia uncinatum* Warm. e *Parkia oppositifolia* Spruce ex Benth podem ser equiparadas à *Q. dinizii* e as espécies *Couratari oblongifolia* Ducke & R. Knuth. e *Stryphnodendron pulcherrimum* (Willd.) Hochr., à espécie *N. dioica*, comumente usadas para tais finalidades.

Conforme a comparação de médias relacionadas aos testes mecânicos saturados realizados, *S. laurifolia* obteve valores análogos aos de *Dipterix odorata* Willd e *Zollernia paraensis* Huber (Tabela 7) e as espécies *Q. dinizii* e *N. dioica* exibiram valores aproximados aos de *Erismia uncinatum* Warm., *Parkia oppositifolia* Spruce ex Benth., *Couratari oblongifolia* Ducke & R. Knuth. e *Stryphnodendron pulcherrimum* (Willd.) Hochr., de acordo com Marques (1997) e Sousa et al. (2002).

Para Rocha, Paula e Siqueira (1988), o teor de umidade é um dos fatores que mais influenciam as propriedades físico-mecânicas da madeira, sendo que uma das maneiras de se elevar a resistência mecânica da madeira é por meio do processo de secagem, pois, com a saída da água livre das paredes celulares da madeira, a mesma contrai-se, aproximando as microfibrilas; essa aproximação confere maior resistência à madeira, de forma que, acima do ponto de saturação das fibras, não há diferenças significantes quanto à resistência da madeira. De forma geral, as espécies apresentaram valores de ensaios mecânicos saturados inferiores ao encontrados na condição seca.

Rocha, Paula e Siqueira (1988), em seu trabalho sobre o teste de flexão estática, encontraram valores de MOR de 1.376, 661 e 577 kgf cm⁻² para *Manilkara huberi* (maçaranduba), *Carapa guianenses* (andiroba) e *Nectandra rubra* (louro-gamela), respectivamente, em suas devidas condições saturadas; tais resultados podem ser equiparados, quando comparados separadamente, aos encontrados para de *S. laurifolia*, *Q. dinizii* e *N. dioica*.

Segundo Gomes, Silva e Melo (2005), *Manilkara huberi* (Chevalier) foi classificada como muito durável, podendo ser indicada no uso de cercas, postes e assoalhos, entre outros. Para Zenid (2009), *Nectandra rubra* (Mez.) é moderadamente resistente ao ataque de xilófagos, indicando utilização em movelaria e na construção civil, como batentes, portas, janelas, painéis, lambris e forros. *Carapa guianensis* (andiroba) é uma espécie que apresenta resistência ao apodrecimento, estabilidade e versatilidade; de madeira moderadamente

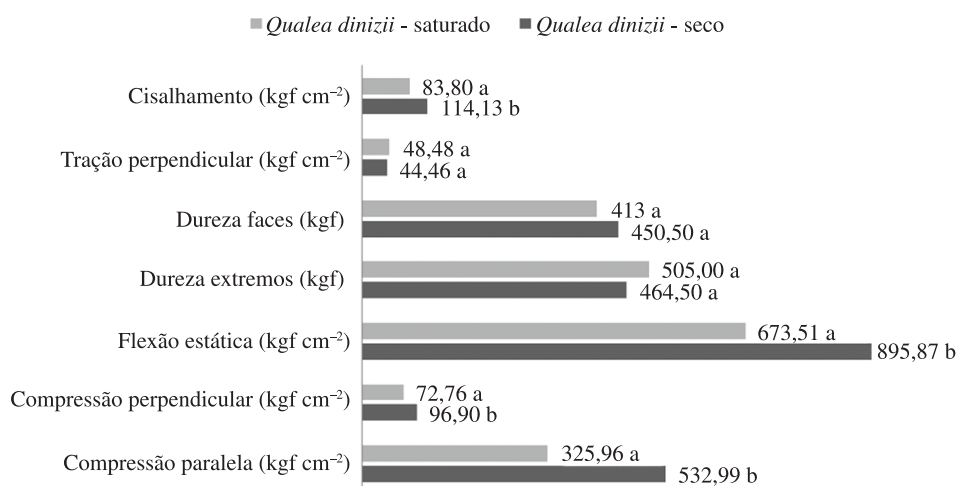


Figura 3. Comparações dos testes mecânicos seco e saturado da espécie *Qualea dinizii*, com base no teste estatístico Mann-Whitney. Médias seguidas de mesma letra na coluna não apresentaram diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott ($\alpha = 5\%$).

Tabela 6. Médias dos testes realizados nas espécies *Zollernia paraenses* Huber, *Dipterix odorat* Willd, *Erisma uncinatum* Warm., *Couratari oblongifolia* Ducke & R. Knuth., *Parkia oppositifolia* Spruce ex Benth e *Stryphnodendron pulcherrimum* (Willd.) Hochr. a 12% de umidade (MARQUES, 1997; SOUSA et al., 2002).

Testes realizados	<i>Zollernia paraensis</i>	<i>Dipterix odorata</i>	<i>Erisma uncinatum</i>	<i>Couratari oblongifolia</i>	<i>Parkia oppositifolia</i>	<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i>
Flexão-MOR (kgf cm ⁻²)	1.915	1.764	878	905	836	905
Compressão-MOR Perpendicular (kgf cm ⁻²)	275	210	61	62	56	62
Compressão-MOR Paralela (kgf cm ⁻²)	974	987	525	477	355	477
Tração-MOR Perpendicular (kgf cm ⁻²)	47	49	29	37	32	37
Dureza Janka – Extremos (kgf)	1.490	1.601	399	380	291	380
Dureza Janka – Faces (kgf)	1.479	1.339	573	542	413	542
Cisalhamento (kgf cm ⁻²)	188	224	89	87	96	125

Tabela 7. Médias dos testes realizados nas espécies *Zollernia paraenses* Huber, *Dipterix odorat* Willd, *Erisma uncinatum* Warm., *Couratari oblongifolia* Ducke & R. Knuth., *Parkia oppositifolia* Spruce ex Benth e *Stryphnodendron pulcherrimum* (Willd.) Hochr. (MARQUES, 1997; SOUSA et al., 2002), em condição saturada de umidade.

Testes realizados	<i>Zollernia paraensis</i>	<i>Dipterix odorata</i>	<i>Erisma uncinatum</i>	<i>Couratari oblongifolia</i>	<i>Parkia oppositifolia</i>	<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i>
Flexão-MOR (kgf cm ⁻²)	1.487	1.364	590	589	460	642
Compressão-MOR Perpendicular (kgf cm ⁻²)	142	160	33	46	42	37
Compressão-MOR Paralela (kgf cm ⁻²)	688	693	300	227	220	300
Tração-MOR Perpendicular (kgf cm ⁻²)	47	64	27	33	36	32
Dureza Janka – Extremos (kgf)	1193	1.292	384	380	331	442
Dureza Janka – Faces (kgf)	1336	1.393	324	356	279	365
Cisalhamento (kgf cm ⁻²)	188	224	89	87	96	92

pesada, pode ser usada em móveis, peças decorativas, na construção naval e civil, como esquadrias, caibros, rodapés, venezianas, lambris e forros (GONZAGA, 2006).

4 Conclusões

Swartzia laurifolia apresentou maior resistência em comparação às demais, sendo indicada para atividades de impacto, como fabricação de pisos e assoalhos, e na construção civil; as espécies *Qualea dinizii* e *Nectandra dioica* exibiram características de resistência medianas, sendo classificadas como pesadas, com indicações para a confecção de peças para móveis e materiais de acabamento, assim como de esquadrias.

Referências

ARAÚJO, H. J. B. Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. *Revista Floresta*, Curitiba, v. 37, n. 3, set./dez. 2007.

CAMARA, V. M. O.; ROCHA, J. S. Caracterização tecnológica de madeiras amazônicas para a construção pesada. *Acta Amazonica*, v. 22, n. 3, p. 479-482, 1992.

CARVALHO, M. S. P. Influência do espaçamento nas características físico-mecânicas da madeira de *Bagassa guianensis* Aubl. (Tatajuba), no planalto de Belterra, Pará. 1996. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1996.

COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS – COPANT. *COPANT 458*: Seleção de amostras. COPANT, 1972a.

COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS – COPANT. *COPANT 459*: Acondicionamento das madeiras destinadas aos ensaios físicos e mecânicos. COPANT, 1972b.

COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS – COPANT. *COPANT 460*: Método de determinação da umidade. COPANT, 1972c.

COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS – COPANT - *COPANT 461*: Método de determinação do peso específico aparente. COPANT, 1972d.

COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS – COPANT. *COPANT 462*: Método de determinação da contração. COPANT, 1972e.

COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS – COPANT. *COPANT 463*: Método de determinação do cisalhamento. COPANT, 1972f.

COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS – COPANT. *COPANT 464*: Método de determinação da compressão paralela. COPANT, 1972g.

COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS – COPANT. *COPANT 465*: Método de determinação da dureza. 1972h.

- COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS – COPANT. *COPANT 466*: Método de determinação da compressão perpendicular. COPANT, 1972i.
- COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS – COPANT. *COPANT 555*: Método de ensaio de flexão estática. COPANT, 1972j.
- COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS – COPANT. *COPANT 30:1-020*: Anteprojeto 1º da norma. Classificação das madeiras a partir de suas características físico-mecânicas. COPANT, 1974.
- COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS – COPANT. *COPANT 743*: Método de ensaio de tração perpendicular. COPANT, 1975.
- GONZAGA, A. L. *Madeira: Uso e Conservação*. Brasília: IPHAN/MONUMENTA, 2006. 246 p. (Cadernos Técnicos; n. 6).
- GOMES, J. I.; SILVA, E. M. A.; MELO, A. T. S. *Durabilidade de 15 espécies de madeiras amazônicas em contato com o solo em ambiente sombreado*. Belém: EMBRAPA, 2005. (Comunicado técnico, n. 148).
- HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. *Acta Amazonica*, v. 28, n. 2, p. 153-166, 1998.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL - IBDF. *Madeiras da Amazônia*: Características e utilização. Floresta Nacional do Tapajós. Brasília: IBDF, 1981. v. 1.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL – IBDF. DEPARTAMENTO DE PESQUISA – Dpq. LABORATÓRIO DE PRODUTOS FLORESTAIS – LPF. *Madeiras da Amazônia*: Características e utilização. Estação experimental de Curuá-Una. Brasília: IBDF, 1988. v. 2.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. *Centro de sensoriamento remoto*: Sistema compartilhado de informações ambientais. Licenciamento. IBAMA, 2010. Anexo 10. XI_A. Estudo de Relação das espécies botânicas registradas na área de entorno e área diretamente afetada durante os estudos da flora e vegetação da mina do alemão. RT-019_089-515-5012_00-J.
- LUPE, F. A. *Estudo da composição química de óleos essenciais de plantas aromáticas da Amazônia*. 2007. 103 f. Dissertação (Mestrado em Química)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.
- MAINIERI, C.; CHIMELLO, J. *Fichas de características das madeiras brasileiras*. 2. ed. São Paulo: IPT, 1989.
- MARQUES, M. H. B. (Coord.). *Madeiras da amazônia: características e utilização*. *Amazônia oriental*. Brasília: IBAMA/DIRPED/LPF, 1997. v. 3, p. 110.
- MENDES, A. S.; MARTINS, V. A.; MARQUES, M. H. B. *Programas de secagem para madeiras brasileiras*. Brasília: LPF/IBAMA, 1998.
- MORI, C. L. S. O.; MORI, F. A.; MENDES, L. M.; SILVA, J. R. M. Caracterização da madeira de angico-vermelho [*Anadenanthera peregrina* (Benth) Speng] para confecção de móveis. *Brasil Florestal*, v. 22, p. 29-35, 2003.
- OLIVEIRA, L. M.; SOUSA, L. K. V. S.; MOUTINHO, V. H. P.; SILVA, U. C. S.; AGUIAR, J. O. R.; CARVALHO, J. O. P.; MELO, M. S. *Estudo fitossociológico e tecnológico de novas espécies madeireiras em três áreas de manejo florestal sustentável em assentamentos agrários na região de Santarém, PA*. CNPq, 2011. 143 p. Relatório técnico.
- PFEIL, W.; PFEIL, M. *Estruturas de madeira*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.
- ROCHA, J. S.; PAULA, E. V. C. M.; SIQUEIRA, M. L. Flexão estática em pequenas amostras livres de defeitos. *Acta Amazonica*, v. 18, n. 1-2, p. 147-162, 1988.
- SILVA, A. C. Nota sobre ângulo microfibrilar no xilema de *Andira parviflora* Ducke e *Saccoglottis guianensis* Benth da Amazônia. *Acta Amazonica*, v. 22, n. 3, p. 479-482, 1992.
- SOBRAL, L.; VERÍSSIMO, A.; LIMA, E.; AZEVEDO, T.; SMERALDI, R. *Acertando o alvo 2*: consumo de madeira e certificação florestal no estado de São Paulo. Belém: Imazon, 2002. p. 17-20.
- SOUSA, M. H.; MAGLIANO, M. M.; CAMARGOS, J. A. A.; SOUZA, M. R. *Madeiras topicais brasileiras*. 2. ed. Brasília: LPF/IBAMA, 2002.
- STANGERLIN, D. M.; MELO, R. R.; GATTO, D. A.; CADEMARTORI, P. H. G. Propriedades de flexão estática da madeira de *Carya illinoensis* em duas condições de umidade. *Ciência da madeira*, v. 01, n. 02, p. 70-79, 2010.
- ZENID, G. J. *Madeira: uso sustentável na construção civil*. 2. ed. São Paulo: IPT, 2009. p. 14-15.