



Características tecnológicas da *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. e alternativas para o uso racional

Juáres J. Gomes¹, Romildo D. Toledo Filho², José W. B. do Nascimento³, Valneide R. da Silva³ & Marcilene V. da Nóbrega³

RESUMO

Objetivando contribuir para maior conhecimento sobre as essências arbóreas existentes no nordeste brasileiro, buscou-se através deste trabalho determinar as características tecnológicas da algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC) e indicar alternativas de uso de sua madeira para construções rurais. A caracterização da espécie foi feita conforme valores, referentes à condição padrão de umidade (12%), obtidos em ensaios realizados de acordo com a NBR 7190 da Associação Brasileira de Norma Técnicas. Foram realizados ensaios de densidades básica e aparente, teor de umidade e de resistência à compressão paralela, tração paralela e cisalhamento, paralelo às fibras. Os resultados foram analisados pela comparação dos valores obtidos com aqueles encontrados na literatura, para outras madeiras. De acordo com os resultados, conclui-se que a madeira da algaroba se equipara em resistência e rigidez, às madeiras tradicionalmente utilizadas nas construções, no Brasil.

Palavras-chave: algaroba, propriedades físicas e mecânicas, construções rurais

Technological characteristics of *Prosopis juliflora* (sw.) DC. and alternatives for its rational use

ABSTRACT

This work was carried out with the objective of increasing the knowledge on the existing wild trees species in north-eastern Brazil. The main purpose was to determine the technological characteristics of the *Prosopis juliflora* (Sw.) DC and to indicate alternative use of its wood for agricultural constructions. The procedures adapted for the characterization of the species were in agreement with the Brazilian Norm 7190 of Brazilian Association of Technical Norms referring to the standard conditions moisture content of 12%. Tests of basic and apparent densities were carried out, moisture content and parallel fibers resistance to compression, traction and shear, were measured. The results were analyzed through the comparison of the values obtained with those found in literature for other kinds of wood. In agreement with the results, it was concluded that the *Prosopis juliflora's* wood can be compared with other traditional kinds of wood used in Brazil.

Key words: *Prosopis juliflora*, physical properties and mechanical properties, rural buildings

¹ UFRPE. Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife. Fone: (81) 96041807. E-mail: juarescodaipeufr@zipmail.com.br

² COPPE/UFRJ. CP 68506, CEP 21945-9701, Rio de Janeiro. Fone: (21) 2562-8479. E-mail: toledo@labest.coc.ufrj.br

³ UEAG/UFCG. Fone: (83) 3310-1482. E-mail: wallace@deag.ufcg.edu.br; rval707@gmail.com; marcilene@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Utilizada, freqüentemente em conjunto e empregada pelo homem desde épocas pré-históricas, a madeira foi responsável pela construção de majestosas e importantes obras de engenharia. Porém, para seu uso racional na construção civil é imprescindível o conhecimento de suas propriedades físicas e mecânicas.

O Brasil é um dos países com maior diversidade produtoras de madeira. As regiões norte e centro-oeste são os grandes centros fornecedores de madeira para as regiões sul e sudeste, grandes pólos consumidores; no entanto, o País dispõe de outras áreas onde a disponibilidade de matas nativas ainda não despertou o interesse de grupos econômicos para uma exploração racional e sustentada (Nascimento, 2003).

O Nordeste 56% de sua superfície coberta com uma vegetação denominada Caatinga, que se caracteriza por uma baixa produtividade madeireira e pequena diversidade de espécies em relação à floresta tropical úmida. Nessa região, predominam os tipos climáticos árido e semi-árido, com um período seco de aproximadamente nove meses, sendo as precipitações anuais de 250 a 1000 mm. A temperatura média é de 25 °C, não apresentando grandes variações; os solos são, em geral, rasos e de baixa fertilidade (Pires & Kageyama, 1985).

A Caatinga do nordeste do Brasil é região de espécies de madeira com grande potencial de manejo e desenvolvimento a curto espaço de tempo; as árvores, ainda que tortuosas já oferecem, a partir de 7 anos, condições de uso (Maia, 2004); dentre essas espécies se destacam: angico (*Anaderanthera colubrina* var. *cebil*), a jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) e algaroba (*Prosopis juliflora*). Com relação a algaroba, é perfeitamente possível admitir que um planejamento florestal, conduzido com base nas mais recentes técnicas silviculturais, garanta a sustentabilidade para vários usos (Farias Sobrinho, 2003)

A algaroba, pertencente à família *Mimosaceae* é uma árvore que atinge 18 m de altura (Mendes, 1987), de tronco curto e tortuoso, podendo atingir 8 m (Braga, 1976) e diâmetro de até 0,8 m (Azevedo, 1984; Souza & Tenório, 1982); sua madeira é elástica, pesada, compacta e dura (Braga, 1976), mas apresenta facilidade de ser trabalhada, recebendo bem tintas e vernizes; além dessas características, Gomes (1999) e Karlin & Ayerza (1982) citam que a madeira tem boa textura, grã direita, boa durabilidade natural e apresenta estabilidade dimensional, sendo madeira de boa qualidade para carpintaria e marcenaria, sendo empregada para confecção de móveis rústicos, dormentes, postes, mourões, (Braga, 1976; Mendes, 1987), lenha e carvão (Barbosa, 1986).

A escolha de madeira de uma determinada espécie lenhosa para um determinado emprego somente poderá ser feita, com economia e segurança, com o conhecimento dos valores que definem o seu comportamento, tanto do ponto de vista físico como de sua resistência, quando submetida a esforços mecânicos.

Para conhecimento sobre uma madeira é necessária a re-

alização de ensaios de qualificação. As características da madeira são condicionadas por uma estrutura anatômica e, exatamente por isso, devem-se distinguir as suas propriedades mecânicas com relação à orientação das fibras, como também distinguir estes valores a diferentes classes de umidade, conforme NBR 7190 (ABNT, 1997), que enquadra as madeiras em classes de resistência.

Um dos motivos do atraso no desenvolvimento da indústria madeireira é o desconhecimento das características própria da matéria-prima (madeira) e os problemas relacionados com sua produção, sendo varias as espécies produtoras de madeira, sobre as quais pouco se conhece, em termos de características tecnológicas, dentre elas a algarobeira (Gomes, 1999).

Sabendo-se que o conhecimento sobre as características da madeira é fator fundamental para sua correta utilização, objetivou-se com este trabalho determinar as características tecnológicas da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.) para indicar alternativas de uso nas construções rurais.

MATERIAL E MÉTODOS

Seleção do povoamento e das árvores e identificação das espécies

Escolheu-se, para a realização deste trabalho, um povoamento de algarobeiras, situado no Município de Coxixola, latitude: 7° 37' 36" S e longitude: 36° 36' 21" W na microrregião dos Cariris Velhos, PB. A precipitação pluviométrica média local para o ano de 2005 foi de 788,6 mm, com temperatura média anual de 25 °C e altitude 475 m. Na classificação de Köppen o clima é o Bsh árido, muito seco, com chuvas escassas; a vegetação caatinga varia de herbácea a arbustiva. Os solos predominantes da região são os Planossolos e Podzólicos (que ocorrem nas superfícies planas a levemente onduladas) e os solos Litólicos que ocorrem nas elevações (Beltrão et al., 2005).

Foram selecionadas, no povoamento 5 árvores, das quais se escolheram materiais botânicos, como folhas, flores, frutos e sementes, com os quais foi feita a identificação botânica, após análise da literatura concluiu que a espécie é *Prosopis juliflora* (Sw.) D.C. (*Leguminosae Mimosoideae*)*.

A idade das árvores foi estimada 10,8 anos, por intermédio da contagem dos anéis de crescimento e confirmada por informações fornecidas pelo administrador da propriedade, Senhor Manoel Constantino.

Confecção dos corpos-de-prova

Coletaram-se 10 toras que foram submetidas ao processo de cubagem, consistindo na medição direta de comprimento da circunferência da base, meio e topo de cada tora; foi posteriormente determinado o diâmetro médio das toras que variou de 14,0 a 29,0 cm e o comprimento das mesmas que foi de 1,60 a 3,80 m. Estas foram transformadas em peças de comprimento variáveis 1,00 a 2,50 m e

* Comunicado pessoal. Prof. A. Laurêncio, UFRPE

dimensões variáveis de 25 x 10 cm de seção transversal, para a confecção dos corpos-de-prova, os quais foram extraídos de posições intermediárias das peças, distanciadas a pelo menos 30 cm de suas extremidades, conforme determinações da NBR 7190 (ABNT, 1997).

As peças contendo defeitos como nós, rachaduras e peças encurvadas ou porções de alborno foram descartadas.

Determinação das propriedades físico-mecânicas

As propriedades físicas da madeira foram determinadas seguindo-se a metodologia descrita na Norma NBR 7190 (ABNT, 1997), através de ensaios de teor de umidade, densidade básica e aparente e da retratibilidade da madeira.

As características mecânicas da madeira foram determinadas por meio da resistência a compressão paralela às fibras, resistência a tração paralela às fibras e da resistência ao cisalhamento; utilizou-se a máquina de ensaio universal, com capacidade para 30 t, conforme recomendações da NBR 7190 (ABNT, 1997), 12 corpos-de-prova foram testadas para cada propriedade avaliada.

Determinação do teor de umidade

Utilizaram-se 21 corpos-de-prova de 2 x 3 x 5 cm, com a maior dimensão na direção das fibras, com vistas à determinação das massas dos corpos-de-prova através de uma balança com precisão de 0,01 g. As medições das faces transversais e do comprimento das amostras foram executadas com paquímetro digital com precisão de 0,001 mm e, para a secagem dos corpos-de-prova, utilizou-se uma estufa com circulação de ar, a temperatura regulada para 103 ± 2 °C, até massa constante.

Determinação da densidade básica e aparente e da retratibilidade da madeira

Quanto à determinação da densidade básica utilizaram-se 42 corpos-de-prova, de 2 x 3 x 5 cm, com a maior dimensão na direção das fibras. O volume saturado dos corpos-de-prova foi determinado ao se medir suas dimensões; após terem sido saturados em água, após a determinação do volume, os corpos-de-prova foram mantidos em estufa a uma temperatura de 103 ± 2 °C, até massa constante.

Para determinação da densidade aparente trabalhou-se com 21 corpos-de-prova, que tiveram suas massas e volumes determinados e, colocados em estufa, mantida sob condições já descritas. A cada três horas, as amostras eram retiradas e colocadas em um dessecador e, em seguida, eram pesadas e medidas. Este procedimento foi realizado até os corpos-de-prova a terem massa constante. Assim, determinou-se o teor de umidade dos corpos-de-prova em vários estágios, desde sua condição de úmidos a completamente secos. O volume de cada corpos-de-prova também foi determinado para as mesmas condições. De posse do volume da amostra em cada teor de umidade e do volume seco, determinaram-se a retração volumétrica em cada condição de umidade e a densidade aparente a um teor de umidade próximo de 12%.

Para se determinar a densidade a 12% utilizou-se a Eq. 2, recomendada pela MB-26 (ABNT, 1940).

$$D_{12} = D_n + D_n (0,01 - \delta_v) (12 - u) \quad (2)$$

em que:

D_{12} – Densidade aparente a 12% de umidade, kg m⁻³

D_n – Densidade aparente na umidade corrente, g cm⁻³

δ_v – Coeficiente de retratibilidade volumétrica,

u – Umidade do corpo-de-prova, %

Determinação da resistência a compressão paralela às fibras

Foram ensaiados 12 corpos-de-prova de 5,0 x 5,0 x 15,0 cm, maior a dimensão na direção das fibras, para obtenção da tensão da ruptura e do módulo de elasticidade da algaroba.

Para determinação das deformações nas amostras, utilizaram-se relógios comparadores, com precisão de 0,001 mm, fixados aos corpos-de-prova. Os registros das deformações foram feitos por dois operadores e para cada um dos pontos correspondentes à carga aplicada. Os relógios comparadores foram retirados a 70% da carga de ruptura estimada.

Determinação da resistência à tração paralela às fibras

O ensaio foi determinado após testados 12 corpos-de-prova de 45,0 x 5,0 x 2,0 cm, maior dimensão na direção das fibras, a região central exposta ao esforço de tração foi de 18 x 5,0 x 0,5 cm. Para as deformações se empregaram os mesmos equipamentos e metodologias já descritos.

Determinação da resistência ao cisalhamento paralelo às fibras

O ensaio foi determinado em 12 corpos-de-prova de 5,0 x 5,0 x 6,35 cm com maior dimensão na direção das fibras. Para a aplicação da carga de cisalhamento, foi utilizada uma rótula para aplicação de carga axial.

Determinação da rigidez, valor característico, condição padrão de referência

Para estas determinações foi utilizada a metodologia descrita na NBR 7190 (ABNT, 1997).

O valor da rigidez da madeira foi medido pelo valor médio do módulo de elasticidade, determinado na fase do comportamento elástico. Já o valor característico da resistência à tração paralela às fibras foi estimado pelo mesmo estimador e procedimento do ensaio de compressão.

Os valores especificados para as propriedades de resistência e rigidez da madeira são os correspondentes à classe I de umidade, com umidade relativa do ar ambiente de $65 \pm 5\%$ e temperatura de 25 ± 2 °C, que constitui a condição padrão de referência, estando a madeira com teor de umidade de equilíbrio de 12%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características físico-mecânicas da madeira de algaroba

O teor de umidade em base seca médio da madeira de algaroba foi de 19,96%, com coeficiente de variação (CV) de 4,73%.

Encontrou-se, para a densidade básica, o valor médio de 932,14 kg m⁻³ e um CV de 4,97%, enquanto para a densidade aparente o valor foi de 1.068,58 kg m⁻³ e CV de 6,60%. Ao comparar a densidade aparente da algaroba com a de 23

espécies (Calil Júnior et al., 2000), verifica-se que a algaroba apresentou valor superior a 70% (Tabela 1). Isto demonstra que algaroba produz madeira com condições de ser utilizada como material de construção e na produção de móveis.

Tabela 1. Médias das densidades aparentes (ρ_{ap} kg m⁻³) de várias madeiras

| Nome vulgar | Nome científico | (ρ_{ap} kg m ⁻³) |
|----------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Catiúba | <i>Qualea paraensis</i> | 1.221,00 |
| Angelim Ferro | <i>Hymenolobium spp</i> | 1.170,00 |
| Maçaranduba | <i>Manilkara spp</i> | 1.143,00 |
| Sucupira | <i>Diplotripsis spp</i> | 1.106,00 |
| Cumarú | <i>Dipteryx odorata</i> | 1.090,00 |
| Eucalipto paniculata | <i>Corymbia paniculata</i> | 1.087,00 |
| Jatobá | <i>Hymenaea spp</i> | 1.074,00 |
| Algaroba* | <i>Prosopis juliflora (Sw.) DC.</i> | 1.068,58 |
| Ipê | <i>Tabebuia serratifolia</i> | 1.068,00 |
| Eucalipto citriodora | <i>Corymbia citriodora</i> | 999,00 |
| Eucalipto punctata | <i>Eucalyptus punctata</i> | 948,00 |
| Tatajuba | <i>Bagassa guianensis</i> | 940,00 |
| Eucalipto maculata | <i>Corymbia maculata</i> | 931,00 |
| Eucalipto microcorys | <i>Eucalyptus microcorys</i> | 929,00 |
| Guaruaia | <i>Peltophorum vogelianum</i> | 919,00 |
| Garapa roraima | <i>Apuleia leiocarpa</i> | 892,00 |
| Canafístula | <i>Cassia ferrugina</i> | 871,00 |
| Mandioqueira | <i>Qualea spp</i> | 856,00 |
| Cupiúba | <i>Goupia glabra</i> | 838,00 |
| Guaiaçara | <i>Luetzelburgia spp</i> | 825,00 |
| Eucalipto cloeziana | <i>Corymbia cloeziana</i> | 822,00 |
| Castelo | <i>Gossypiospermum praecox</i> | 759,00 |
| Oiticica amarela | <i>Clarisia racemosa</i> | 756,00 |
| Angelim pedra | <i>Dinizia excelsa</i> | 694,00 |

Fonte: Calil Júnior et al. (2000)

* Presente estudo

Embora a densidade aparente da madeira de algaroba tenha ficado próxima à de outras madeiras, Calil Júnior (1997) afirmam que madeiras de densidades praticamente iguais não possuem, necessariamente, as mesmas características mecânicas, uma vez que suas estruturas anatômicas podem ser diferentes e exercer influências sobre as suas propriedades.

Estudo comparativo da relação resistência a tração paralela às fibras e da compressão paralela às fibras em função da densidade, para algumas espécies citadas por Calil Júnior (1997), as quais possuem densidade comparáveis às da algaroba, confirma que a estrutura anatômica exerce influência sobre as propriedades da madeira (Tabela 2).

Tabela 2. Propriedades* da algaroba e outras madeiras

| Nome Vulgar | $f_{wt,0}$ (MPa) | $f_{wc,0}$ (MPa) | ρ_{ap} (kg m ⁻³) | $f_{wt,0}/\rho_{ap}$ | $f_{wc,0}/\rho_{ap}$ |
|---------------|------------------|------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|
| Algaroba** | 146,7 | 86,6 | 1068,6 | 137,3 | 81,1 |
| Jatobá | 157,5 | 93,2 | 1074,0 | 146,6 | 86,6 |
| E. paniculata | 147,4 | 72,7 | 1087,0 | 135,6 | 66,8 |
| Maçaranduba | 138,5 | 82,9 | 1143,0 | 121,2 | 72,5 |
| Cumarú | 133,5 | 93,2 | 1090,0 | 122,3 | 85,5 |
| Sucupira | 123,4 | 95,2 | 1106,0 | 111,3 | 86,1 |

Fonte: Calil, Júnior et al. (2000)

* $f_{wt,0}$ – resistência à tração, $f_{wc,0}$ – resistência a compressão, ρ_{ap} – densidade aparente

** Presente estudo

Resistência à compressão paralela às fibras

Segundo Dinwoodie (1981) as deformações de compressão assumem a forma de dobras diminutas na estrutura microfibrilar da madeira conduzindo, eventualmente, a flambagem lateral das paredes das células. Quando as tensões e deformações aumentam, as dobras se tornam proeminentes e aumentam numericamente, na ruptura. Estas dobras são visíveis, como representadas nas Figuras 1A e B.

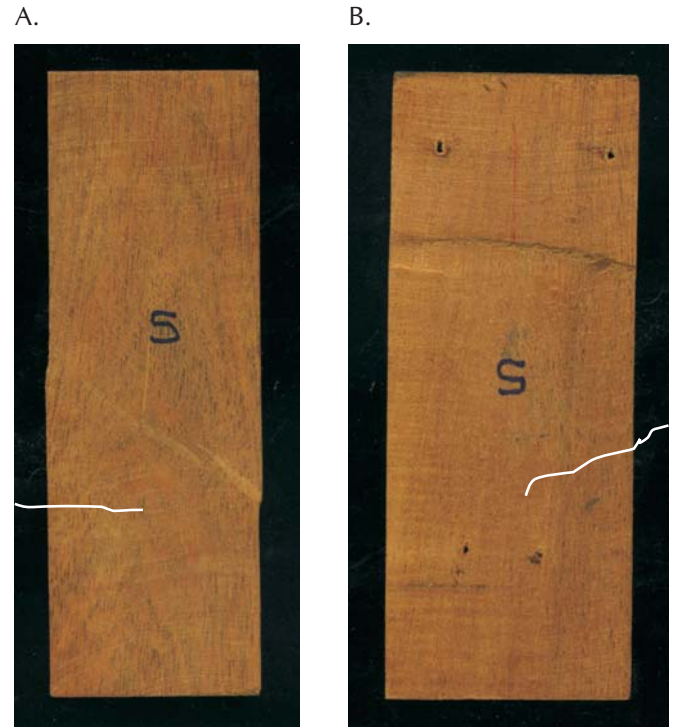


Figura 1. Ruptura dos corpos-de-prova no ensaio de resistência à compressão paralela às fibras: (A) plano tangencial, (B) plano radial

No plano radial as dobras se manifesta ao longo de uma linha horizontal e, no plano tangencial entre os ângulos de 45 e 60° com o eixo vertical, por sua vez, a deformação pode ser observada nas faces dos corpos-de-prova da algaroba quando submetidos ao ensaio de compressão paralela às fibras (Figura 1A e B). A ruptura em compressão é um processo lento de plastificação em que ocorrem mudanças estruturais progressivas na madeira. Segundo Dinwoodie (1981) embora mudanças estruturais já se manifestem a tensões tão baixas quanto 25% da tensão de ruptura ($f_{c,0}$), as mudanças mais marcantes ocorrem a partir de tensão aproximadamente de 60% de $f_{c,0}$, que marca o fim do trecho linear-elástico da curva tensão deformação (Figura 2); ainda se nota na figura, o fim da linearidade entre as tensões e deformações a uma tensão de 47 MPa, que corresponde a aproximadamente 66% da tensão de ruptura.

Nos estudos realizados por Pereira et al. (1976), para a determinação da resistência a compressão paralela as fibras da algaroba, o valor médio obtido ajustado para a umidade de 12% foi de 93,77 MPa; comparando-se este valor com o valor médio da resistência obtido no presente estudo, vê-se que a diferença é de apenas 8%.

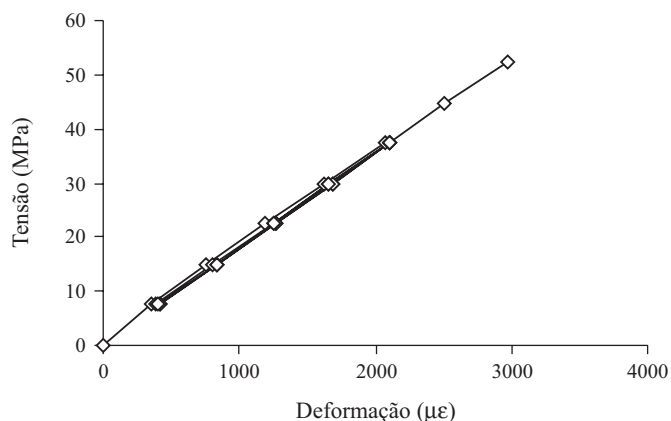


Figura 2. Curva de tensão x deformação da algaroba, obtida no ensaio de compressão paralela às fibras

No módulo de elasticidade o valor obtido ($E_{c0} = 22,33$ GPa) indica que a algaroba possui rigidez comparável à de madeiras como o jatobá (*Hymenaea courbaril*) ($E_{c0} = 23,6$ GPa), sucupira (*Bowbichia nitida*) ($E_{c0} = 21,7$ GPa) e angelim ferro (*Dinizia excelsa*) ($E_{c0} = 20,8$ GPa) estudadas por (Calil Júnior et al., 2000). Com relação às espécies roxinho e maçaranduba, estudadas por Azevedo (1999), a algaroba apresentou valor superior a cerca de 7 a 10%, para o módulo de elasticidade.

Resistência à tração paralela às fibras

Na Tabela 4 se acham os resultados do ensaio da resistência à tração paralela às fibras da madeira de algaroba e outras espécies.

Tabela 3. Valores médios da resistência à tração paralela às fibras da algaroba, comparandos-se a outras madeiras estudadas

| Nome Vulgar | Nome Científico | $f_{wt,0}$ (MPa) |
|----------------------|------------------------------|------------------|
| Jatobá | <i>Hymenaea sp.</i> | 157,5 |
| Eucalipto paniculata | <i>Eucalyptus paniculata</i> | 147,4 |
| Algaroba* | <i>Prosopis juliflora</i> | 146,7 |
| Maçaranduba | <i>Manilkara sp.</i> | 138,5 |
| Cumaru | <i>Dipteryx odorata</i> | 133,5 |
| Sucupira | <i>Diplotripsis sp.</i> | 123,4 |

Fonte: Calil Júnior et al. (2000)
* Presente estudo

A resistência à tração paralela às fibras da algaroba foi em torno de 70% da observada no ensaio de compressão. Nos ensaios realizados com jatobá e maçaranduba (Calil Júnior et al., 2000), obtiveram-se relações de 1,69 e 1,67, respectivamente, que estão próximas, tal comportamento pode ser explicado em termos da microestrutura da madeira, considerando-se que as tensões de tração atuantes tendem a se alongar. A Figura 3 apresenta o ensaio de resistência à tração paralela às fibras.

As rupturas ocorreram no trecho central dos corpos-de-prova, em função desta seção ter dimensões inferiores às seções transversal das extremidades dos corpos-de-prova. Para rigidez ($E_{wt,0}$) na tração paralela às fibras o valor médio do módulo de elasticidade foi determinado na fase do comportamento linear-elástico, de 20,62 GPa com um coefi-

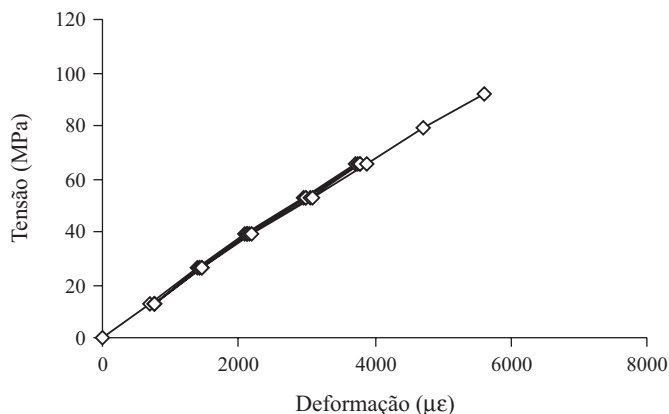


Figura 3. Curva de tensão-deformação obtidas no ensaio de tração paralela às fibras

ciente de variação de 11,74%. Ao se comparar esse valor obtido no ensaio de compressão paralela às fibras, observa-se que a diferença foi de $\pm 9\%$, o que demonstra uma boa relação entre os mesmos.

Na curva tensão deformação o trecho linear-elástico se estende até próximo de 10 MPa, quando então começa a ocorrer a perda de linearidade; este nível de tensão corresponde ao fenômeno de achatamento das fibras, descrito por (Young et al., 1998). Nas curvas tensão deformação obtidas para a madeira de algaroba, as tensões ocorrem na faixa de 7-12 MPa. As deformações plásticas começam a ser observadas a partir desta tensão. No caso da curva tensão deformação apresentada na Figura 2 uma deformação plástica acentuada pode ser observada quando do primeiro descarregamento dos ciclos de carga-descarga realizados na tensão de 16,5 MPa.

Resistência ao cisalhamento paralelo às fibras

O valor médio da resistência ao cisalhamento paralelo às fibras da madeira de algaroba foi de 25,75 MPa, com CV de 12,37%, Pereira et al. (1976) encontraram o valor médio de 24,99 MPa. Ao se comparar esses valores com os da Tabela 5, verifica-se uma diferença de apenas 3,0%. A algaroba apresentou valor superior ao das madeiras tradicionais utilizadas em construções.

Tabela 4. Valores da resistência ao cisalhamento paralelo às fibras ($f_{wt,0}$) algaroba e de outras madeiras

| Nome Vulgar | Nome Científico | $f_{wt,0}$ (MPa) |
|----------------------|------------------------------|------------------|
| Algaroba* | <i>Prosopis juliflora</i> | 25,75 |
| Jatobá | <i>Hymenaea spp</i> | 15,70 |
| Eucalipto paniculata | <i>Eucalyptus paniculata</i> | 12,40 |
| Maçaranduba | <i>Manilkara sp</i> | 14,90 |
| Cumaru | <i>Dipteryx odorata</i> | 10,70 |
| Sucupira | <i>Diplotripsis sp.</i> | 11,80 |

Fonte: Calil Júnior et al. (2000)
* Presente estudo

Os tipos de ruptura observados nos corpos-de-prova utilizados no ensaio de cisalhamento paralelo às fibras, onde envolvem o deslizamento das microfibrilas paralelas nos seus próprios eixos, provocou ruptura principalmente em ligações secundárias.

CONCLUSÕES

1. A madeira de algaroba, no que diz respeito às suas características tecnológicas, é de boa qualidade, equiparando-se às tradicionais e conceituadas madeiras de uso comum na construção civil.

2. Em função dos valores de resistência a compressão paralela às fibras, resistência ao cisalhamento paralelo às fibras, módulo de elasticidade a compressão paralela às fibras, densidade básica e aparente, a madeira de algaroba se aproxima daquelas classificadas como pertencentes à classe C60.

3. A única propriedade que ficou abaixo dos valores estabelecidos pela classe C60 foi o módulo de elasticidade que, mesmo assim, atingiu 90,2% do valor estipulado pela NBR 7190, para essa classe de resistência.

LITERATURA CITADA

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. MB-26. Ensaios físicos e mecânicos de madeiras. Rio de Janeiro: ABNT, 1940. 8p
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 7190. Projeto de estruturas de madeira. Anexo B – Determinação das propriedades das madeiras para projetos de estruturas. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 107p
- Azevedo, M. A. Estrutura de madeira para cobertura de aviários no estado da Paraíba. Campina Grande: UFPB, 84p. 1999. Dissertação Mestrado
- Azevedo, N. V. As mil e uma utilidades da algaroba. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v.3, n.13, p.24, 1984
- Barbosa, J. A. Avaliação qualitativa e quantitativa do carvão e dos condensados produzidos na carbonização da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* DC.). Viçosa: UFV, 1986. 52p. Dissertação Mestrado
- Braga, R. Plantas do Nordeste: Especialmente do Ceará. 4.ed. Natal: ESAM, 1976. 540p.
- Beltrão, B. A.; Morais, F. de.; Mascarenhas, J. de C.; Miranda, J. L. F. de.; Souza Junior, L. C. de.; Mendes, V. A. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea diagnóstico do município de Coxixola, Estado da Paraíba. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 20p.
- Calil Júnior, C. Estruturas de madeiras, São Carlos: EESP/USP, 1997. 406p. Notas de aulas
- Calil Júnior, C.; Baraldi, L. T.; Stamato, G. C.; Ferreira, N. dos S. S. Set 406 – Estruturas de madeiras. São Carlos: EESC/USP, 2000. 102p.
- Dinwoodie, J. M. Timber its nature and behaviour. Princes Risborough Laboratory. Building Research Establishment. New York: Van Nostrand Reinhold Company Ltd., 1981. 190p.
- Farias Sobrinho, D. W. de. Viabilidade técnica e econômica do tratamento preservativo da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) D.C.), pelo método de substituição da seiva. Campina Grande: UFPB, 2003. 53p. Dissertação Mestrado
- Gomes, J. J.; Características tecnológica da algarobeira (*Prosopis juliflora* D.C.): Contribuição para seu uso racional. Campina Grande: UFPB, 1999, 118p. Dissertação Mestrado
- Karlin, U. O.; Ayerza, H. R. O programa da algaroba na República Argentina. In: Simpósio Brasileiro sobre a Algaroba, 1. 1982, Natal. Anais... Natal: EMPARN, 1982, p.146-197.
- Maia, G. N. Caatinga: Arvores e arbustos e suas utilidades. São Paulo: D&Z Computação Gráfica e Editora, 2004, 413p.
- Mendes, A. S.; Alves, M. V. S. A degradação da madeira e sua preservação. Brasília: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1987. 57p.
- Nascimento, M. F. do. Chapas de partículas produzidas com madeira da caatinga do Nordeste. *Revista da Madeira*. n.71, ano 13, 2003.
- Pereira, A. J. do R.; Vasconcelos, J. M. C. de.; Tavares, S.; Características tecnológicas de madeiras do Nordeste do Brasil: Nova contribuição. Recife: SUDENE. 1976. 40p. Recursos Vegetais 6
- Pires, I. E.; Kageyama, P. Y. Caracterização da base genética de uma população de algaroba – *Prosopis Juliflora* (Sw) DC – existente na região de Soledade – PB. Piracicaba: IPEF, 1985, p.29-36.
- Souza, R. F.; Tenório, Z. Potencialidades da algaroba no Nordeste. In: Simpósio Brasileiro sobre Algaroba, 1, 1982, Natal. Anais... Natal: EMPARN, 1982. p.198-216.
- Young, J. F.; Mindess, S.; Gray, R. J.; Bentur, A. The science and technology of civil engineering materials, Prentice Hall, 1998. 384p.