III CBCTEM
Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

MOLHABILIDADE DA MADEIRA DE Khaya ivorensis TERMORRETIFICADA

Lucas Avellar Arantes Vieira[1]
Thalita Stevens[1]
Rosilei Aparecida Garcia[1]
Alexandre Miguel do Nascimento[2]

[1] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro / Dep. de Produtos Florestais
[2] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

MOLHABILIDADE DA MADEIRA DE *Khaya ivorensis* TERMORRETIFICADA

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo, avaliar a molhabilidade da superfície radial e tangencial da madeira natural de mogno africano (*Khaya ivorensis)* e da madeira termorretificada estudando também a variação no sentido medula-casca. A termorretificação das amostras foi realizada em um forno mufla elétrico laboratorial, nas temperaturas de 130°C e 190°C. As propriedades da gota foram mensuradas com goniômetro DSA100, pelo método da gota séssil. As propriedades da gota consideradas foram: ângulo de contato entre a gota e a superfície da madeira, área de contato, dimensão da base da gota e seu volume. Avaliou-se também o efeito do tempo de contato da gota com a superfície da madeira durante período de 90 segundos. As amostras apresentaram diferenças significativas quanto ao ângulo de contato e diâmetro da base da gota, entre as faces tangencial e radial, apresentando a face tangencial, maiores valores de ângulo e menores valores de base. O equilíbrio entre o ângulo da gota e a superfície da amostra ocorreu mais rapidamente nas amostras termorretificadas a 190°C. O ângulo de contato diminui no sentido da medula para a casca, na madeira não tratada. O efeito da termorretificação foi notado em todas as propriedades da gota estudadas e que os tratamentos térmicos a 130°C e 190°C diminuem a molhabilidade da madeira.

Palavras-chave: ângulo de contato, goniômetro, medula-casca, face radial e tangencial.

MOLHABILITY OF THE WOOD OF *Khaya ivorensis* THERMAL-RECTIFICATION

Abstract: The present study aimed to analyze the weeting surface radial and tangential of African mahogany (Khaya ivorensis) natural wood and thermal-rectification wook studyng variation pith-bark too. The thermo-rectification of samples was performed in laboratory muffle electric to 130^{0}C and 190^0 C. The properties of the drop were measures with the aid os goniometer DSA100 by the sessile drop method. The drop properties considered were: angle os contact between the drop and the surface os the wood, contact area, size of the base of the drop and its volume. It was also evaluated the effect of the contact time of the drop with the surface of the wood during a period of 90 seconds. The samples showed significant differences in the contact angle and diameter of the base of the drop, between the tangential and radial faces, presenting the tangential face, higher angle values and lower base values. The equilibrium between the drop angle and the sample surface occurred more rapidly in the thermal-rectification at 190^{0}C. The contact angle decreases pith-bark in the untreated wood. The effect of thermal-rectification was observed in all studied drop properties and that the thermal-rectification at 130^{0}C and 190^{0}C decrease the wettability of the wood.

Keywords: contact angle, goniometer, pith-bark, radial and tangential faces.

1. INTRODUÇÃO

O emprego do material madeira está relacionado com suas propriedades físicas, químicas e mecânicas que possibilitam inúmeros usos onde a durabilidade é fator central na aplicação do material. A durabilidade é função da degradação da madeira, que ocorre por

diversos fatores, tais como a umidade, ph, fungos, ação de insetos, temperatura, entre outros. O estudo da molhabilidade se dá na intenção de descrever a interação entre a superfície da madeira e a água, uma vez que a degradação superficial pode afetar as propriedades do material, causando danos, por exemplo, as características organolépticas, depreciando a madeira e sua durabilidade. É possível, através desses estudos, relacionar às propriedades físicas e químicas, ás características anatômicas e por fim aos impactos tecnológicos, colaborando na formulação de tecnologias que aumentem a durabilidade da madeira.

A termorretificação é uma técnica de aplicação de calor, sendo utilizadas diversas metodologias, com temperaturas e tempos distintos, dependendo do uso que se deseja ao material termorretificado, Gohar e Guyonnet (1998), citados por Pincelli (2002), afirmam que o tratamento deve ser previamente muito bem avaliado em relação á espécie de madeira e a uma série de parâmetros. Segundo Machinery Business Society (1997), a termorretificação modifica as propriedades da superfície da madeira melhorando sua compatibilidade com componentes orgânicos, como por exemplo, resinas ou polímeros, facilitando as operações de impregnação, aderência e o uso de produtos para revestimento de superfície.

Quando tratada termicamente, a durabilidade natural da madeira pode apresentar melhoria GARCIA (2012) e, além disso, pode melhorar a prevenção a ataque de xilófagos, aumenta a perda de massa, traz alterações químicas, e aumenta a capacidade de isolamento térmico, com o beneficio de não necessitar da utilização de produtos químicos, enriquecendo o material do ponto de vista ambiental KAMDEM (2002).

Numa análise comparativa entre faces da madeira é necessário ressaltar que a madeira é um material poroso e heterogêneo. A heterogeneidade da madeira pode ser observada nas diferenças entre as faces de corte (radial e tangencial). Isso ocorre graças à disposição dos elementos anatômicos, uma vez que folhosas, apresentam células especializadas nas funções que exercem, acarretando assim, resultados diferentes de ângulos de contato com esses elementos, uma vez que as células possuem entre si, tamanhos e estruturas diferentes.

A molhabilidade é a tendência de um determinado fluido espalhar-se ou aderir-se sobre uma superfície sólida e é avaliada pelo ângulo de contato do líquido com a superfície, quanto menor o ângulo de contato maior a molhabilidade, isto é, mais o líquido molha a superfície sólida e quanto maior o ângulo de contato, menor é a molhabilidade do sólido.

Deste modo, o objetivo deste artigo foi estudar o efeito da termorretificação na molhabilidade da madeira de mogno africano, nas faces radial-longitudinal e tangencial-longitudinal, com amostras retiradas no sentido medula-casca.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram utilizadas três árvores da espécie *Khaya ivorensis* (mogno africano), de indivíduos localizados no município de Seropédica – Rio de Janeiro. As arvores apresentaram diâmetro a altura do peito - dap - aproximado entre 90 e 100 cm e idade em torno de 30 anos de idade.

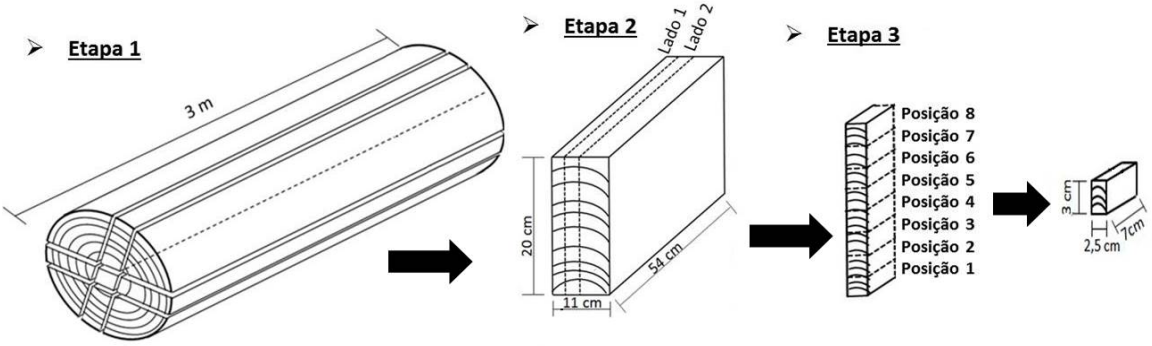

Figura 1. Preparação dos corpos de prova de *Khaya ivorensis*.

As toras foram provenientes dos três primeiros metros das árvores e foram processadas no Laboratório de Processamento Mecânico e Usinagem do Departamento de Produtos Florestais, do Instituto de Florestas, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, de onde foram retirados pranchões radiais por tora/individuo como mostra a Figura 1.

Dos pranchões resultantes do desdobro, foram selecionados três, um de cada árvore que continham parte da medula até o alburno. Foram então retirados tábuas com 2,5 cm de espessura de cada pranchão selecionado, garantindo que os planos radiais e tangenciais estivessem muito bem definidos. No sentido medula-casca as tábuas foram divididas em oito posições, sendo a primeira posição mais próxima a medula e a ultima posição mais próxima a casca. Deste modo os corpos de prova finalizaram com as dimensões de 2,5 x 3,0 x 7,0 cm (espessura, largura e comprimento).

2.1 Termorretificação

As amostras foram divididas em 3 lotes, tratadas termicamente a temperaturas de 130°C e 190°C e outro lote não recebeu tratamento, de modo que amostras de todas as oito posições radiais, estivessem representados nos tratamentos descritos acima. As amostras antes de ser termorretificadas foram colocadas em ambiente climatizado a 20°C +/- 2°C e umidade relativa de 65% até peso constante.

O tratamento de termorretificação foi realizado em um forno mufla elétrico laboratorial, da marca Linn Elektro Therm, com dimensões de 600 x 600 x 700 mm, equipado com um sistema de controle de temperatura em função do tempo. O tratamento de termorretificação foi realizado em quatro etapas, sendo selecionadas duas diferentes temperaturas. As quatro etapas do tratamento foram: (1) aquecimento das amostras até 100°C: período correspondente à 2 horas; (2) aumento da temperatura de 100°C até a temperatura de termorretificação: período correspondente à 2 horas (3) tempo de tratamento na temperatura de termorretificação desejada: período correspondente à 2 horas e (4) resfriamento do material até a temperatura chegar a 60°C.

2.2 Determinação do ângulo de contato

Após o tratamento térmico, as amostras foram climatizadas em ambiente com temperatura de 20°C e umidade relativa de 65% e após obterem peso constante, foram submetidas à determinação do ângulo de contato através do método da gota séssil.

Cada amostra recebeu, em cada uma das quatro faces, 3 gotas de água destilada e deionizada, onde foram mensuradas o ângulo de contato, a dimensão da base da gota, o volume da gota e a área de contato da base da gota com a superfície da madeira, sendo os registros destas propriedades realizados a cada 10 segundos durante 90 segundos, desprezando a primeira marcação no instante zero para evitar dados errôneos causados por histerese.

Com goniômetro DSA100, foram determinadas as propriedades da gota séssil que utiliza agulha para gerar o gotejamento do liquido sob a superfície da madeira, padronizado a distância entre o final da agulha e a superfície da madeira. Para medição das propriedades da gota, o equipamento usa uma câmera capacitada com ajuste de foco para filmar as alterações da gota com o decorrer do tempo. As medições foram acompanhadas pelo software DSA1, que a partir do momento em que a gota é gerada e precipitada por ação da gravidade sob a madeira, aciona o cronômetro, gerando resultados numa tabela onde são calculados: ângulo de contato, volume da gota, ângulo da gota, base da gota e o instante da marcação.

As medições foram posteriormente exportadas para o Software Microsoft Office EXCEL para futura analise dos dados. O ambiente onde o experimento foi efetuado estava numa temperatura de 25°C e 65% de umidade relativa.

2.3 Análise estatística

As variáveis estudadas foram submetidas à verificação de normalidade e da heterocedasticidade, pressupostos para aplicação da análise de variância e para tal usou-se o método de Kolmogorrov-Smirnov e Levene, respectivamente, ao nível de 5% de significância. Quando a variável dependente estudada não atendeu aos pressupostos, foi aplicado teste não paramétrico de Kruscall-Wallis ou Mann-Whitney. Quando diferenças entre tratamentos foram detectadas no campo paramétrico e não paramétrico, usou o teste de Tukey e teste de Dunn, respectivamente, ao nível de 5% de significância, para diferenciar as médias ou médias dos postos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ângulo de contato da gota séssil

Na Figura 2, estão representados os resultados dos ângulos de contato, com as superfícies radial e tangencial da madeira de *Khaya ivorensis*, quando não tratadas e tratadas termicamente em diferentes temperaturas, independentemente da posição radial.

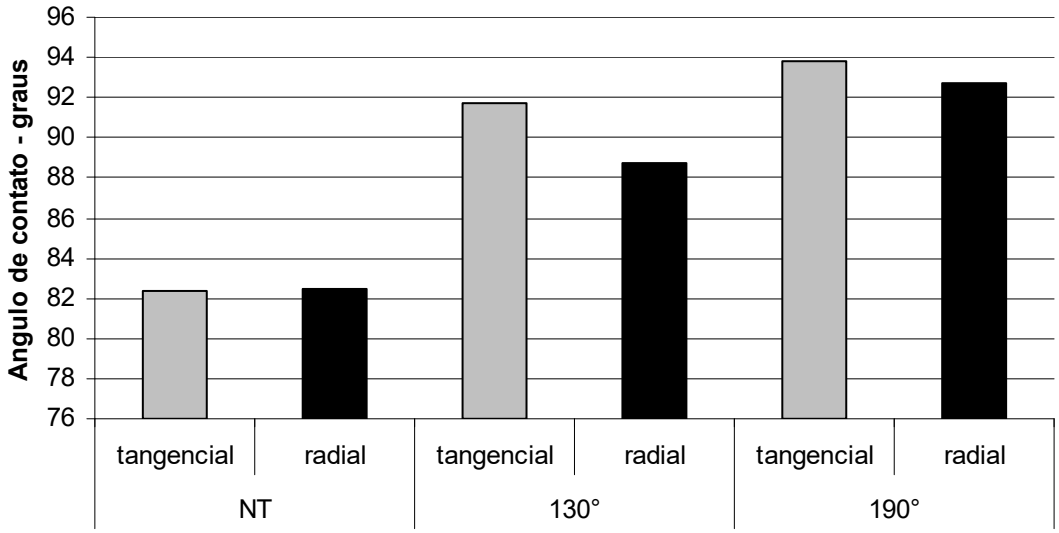

Figura 2. Comportamento do ângulo de contato na face radial e tangencial, da madeira não tratada e tratada a 130°C e 190°C.

Quando não tratadas termicamente as amostras apresentaram os menores valores de ângulo tanto na face radial quanto na face tangencial. Houve um aumento do valor do ângulo de contato quando as amostras receberam a termorretificação na temperatura de 130°C. Quando tratadas a 190°C os valores do ângulo aumentaram quando comparados aos tratamentos anteriores. A face tangencial, sempre apresentou maiores ângulos quando comparada a face radial.

O equilíbrio entre a superfície de contato e a gota séssil, foi observado acompanhando os valores do ângulo durante 90 segundos de medição. Os ângulos apresentaram valores decrescentes com o passar do tempo até se tornarem praticamente constantes (Figura 3).

De acordo com Melo (2012), após a fase de espalhamento, a redução do ângulo se dá lentamente, até que seja atingido o equilíbrio, etapa conhecida como fase de difusão.

Observou-se que as amostras que não receberam tratamento término, após o ciclo de 90 segundos apresentaram os menores ângulos de contato quando comparadas as demais tratadas (130^0C e 190^0C), além de demorarem mais tempo para atingir o equilíbrio.

As amostras que receberam tratamento de 190°C apresentam os maiores ângulos de contato, ou seja, são superfícies menos molháveis e alcançaram mais rápido o equilíbrio descrito por Melo (2012).

Quando comparadas às faces radial e tangencial observou-se que a face tangencial tem maiores ângulos de contato, sendo menos molhável que a face radial, como pode ser visto Figura 3.

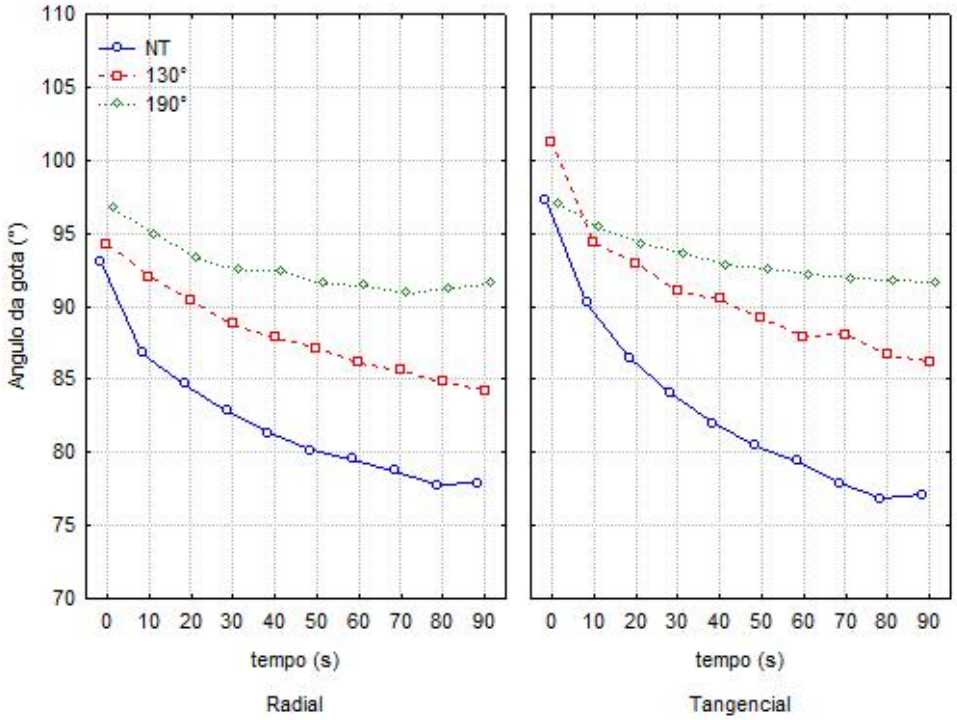

Figura 3. Comportamento do ângulo de contato nas faces radial e tangencial, nas madeiras tratadas e não tratadas, em função do tempo de exposição.

Na madeira não tratada termicamente, foi observado a tendência do ângulo de contado da gota formado com a superfície, aumentar no sentindo da medula para a casca, sendo a posição 1 mais próxima da medula e a posição 8 mais próxima a casca. Nas amostras tratadas a 130°C, os maiores valores de ângulo de contato foram obtidos nas amostras retiradas na região central, entre a medula e a casca. Na tabela 1 é possível observar, de forma geral, que as posições próximas à medula apresentaram os menores valores. Sendo possível afirmar que as amostras retiradas mais próximas á medula são menos molháveis que as amostras mais próximas á casca.

Tabela1. Variação do ângulo de contato das posições de coleta 1 a 8. Nas amostras não tratadas, tratadas a 130°C e tratadas a 190°C. Nas faces radiais e tangenciais

Posição	NT		130°		190°	
	tangencial	radial	tangencial	radial	tangencial	Radial
1	77,8	74,1	80,2	76,8	91,2	88,1
2	80,3	81,0	85,9	80,5	95,2	93,6
3	69,9	75,9	96,2	94,3	89,5	93,5
4	82,4	82,3	93,6	89,4	93,8	90,3
5	93,4	85,1	103,2	101,1	103,8	90,4
6	72,5	81,8	93,1	91,5	91,4	98,0
7	96,0	94,1	98,0	90,4	95,6	92,9
8	86,9	85,6	83,4	86,1	90,3	94,3
Média	82,4	82,5	91,7	88,7	93,8	92,7

Amostra denominada 1 é a mais próxima da medula e a amostra 8 é a mais próxima a casca.

3.2. Análise Estatística

Na Tabela 2 estão as analises estatísticas com propriedades da gota séssil, comparando as madeiras tratadas e não tratadas termicamente.

Tabela 2. Valores médios das propriedades da gota séssil, nas amostras não tratadas e tratadas a 130°C e 190°C

Tratamento	Volume Ul	Área mm^2	Base da gota mm	Ângulo – graus
Não tratado	15,1 (6457)[a]	23,9 (6568)[a]	4,2(6577)[a]	81,4 (3654)[c]
130°C	13,2 (4724)[b]	21,7 (4756)[b]	3,8(4594)[b]	81,7 (4982)[b]
190°C	11,2 (3245)[c]	19,2 (3106)[c]	3,4(3263)[c]	92,3 (5594)[a]

Letras minúsculas distintas mostram diferenças entre as médias dos postos, pelo teste de Dunn, ao nível de 5% de significância. Valores entre parêntesis são as médias dos postos cálculos pelo teste de Kruskal-Wallis.

Observaram-se diferenças significativas entre os valores médios das propriedades da gota (volume, área de contato, diâmetro da base da gota e ângulo) entre os diferentes tratamentos. Podendo-se concluir que os tratamentos térmicos influenciaram nas propriedades da gota séssil (volume, área, base da gota e ângulo) e que o tratamento aumentou o ângulo de contato, reduziu a base da gota e sua área de contato com a superfície da madeira e reduziu mais rapidamente o volume médio da gota após 90 segundos.

Comparações entre as faces tangencial e radial, das propriedades da gota, estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Comparação entre a face radial e tangencial, dos valores médios das propriedades da gota, usando-se o teste de Mann-Whitney

Propriedades da gota	Face Tangencial	Face Radial	Z ajustado
Volume	13,11	13,06	-0,45764
Área	21,7	21,6	-0,21396
Base	3,78	3,81	**5,12147***
Ângulo	88,5	87,2	**-9,09077***

*Valores de Z em negrito são significativos ao nível de 5% de significância

Aplicando-se o teste de Mann-Whitney, encontraram-se diferenças significativas entre as diferentes faces, para a variável base da gota e ângulo de contato. As variáveis denominadas volume e área da gota, não apresentaram diferenças significativas entre os valores médios obtidos na face tangencial e radial.

4. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados demonstram que a termorretificação diminui a molhabilidade da madeira especialmente nas temperaturas mais elevadas. (190^0C)

O equilíbrio da gota, em função do tempo, foi alcançado mais rapidamente nas amostras termorretificadas.

Os ângulos de contato entre a gota do líquido e a superfície foram menores na face radial quando comparados à face tangencial independentemente da temperatura de termorretificação.

O ângulo de contato da madeira não tratada diminui no sentido medula-casca, indicando que a região da medula é menos molhável.

Sendo assim, é possível concluir que tratamentos térmicos de 130°C e 190°C diminuem a molhabilidade da madeira.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MACHINERY BUSINESS SOCIETY. The perdure wood. Saint-Claire, p.12, 1997.

PINCELLI, et al. Avaliação da termorretificação sobre a colagem na Madeira de Eucalyptus saligna e Pinus caribaea var. hondurensis, SCIENTIA FLORESTALIS n. 61, p 122-132, 2002.

GARCIA, R. A. et al. Nondestructive evaluation of heattreated *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden wood using stress wave method, WOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY, New York, v.46, p. 41-52, 2012.

GOHAR. P; GUYONNET, R. Developmet of Wood retification processa t the industrial stage. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL, 4, Canners, 1998.

MELO, R. R. DE; Avaliação de variáveis tecnológicas na produção de painéis LVL confeccionados com paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke). 2012. Dissertação (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

KAMDEM, D. P.; PIZZI, A.; JERMANNAUD, A. Durability of heat-treated wood. Holz als Roh- und Werkstoff, Berlin, v.60, p. 1-6, 2002.