

## Schedules drying based score defects for tropical species

*<sup>1</sup>Gilson Roberto Vasconcelos dos Santos*

<sup>1</sup>Wood Norte Consultoria Florestal, Rua Moura Tapajós 47, São Raimundo, 69460-027, Manaus-AM, Brasil.

### Original Article

**\*Corresponding author:**  
gilson.sat.am@gmail.com

### Keywords:

Schedules drying

Wood quality

Grouping

### Palavras-chave:

Programa de secagem

Qualidade da madeira

Grupamentos

### Received in

2024/07/12

### Accepted on

2025/02/2025

### Published in

2025/03/31

DOI:

<http://dx.doi.org/10.34062/jnsxyj45>



**ABSTRACT:** Knowledge of the heterogeneity of forest species is important for the drying process. The drastic drying test methodology at 100° C was used on samples of 10 x 50 x 100 mm, relating defects such as cracking to the drying speed in samples of 17 forest species from the Amazon region, obtaining at the end of the test the initial temperature, final temperature and drying potential, necessary for the preparation of drying programs. The results presented values of drying parameters with the possibility of dividing the species into four groups, by similarity of drying speed and development of defects, equal to or close to, above and below fiber saturation point (FSP).

## Programas de secagem baseados em escore de defeitos para espécies tropicais

**RESUMO:** O conhecimento da heterogeneidade das espécies florestais é importante para o processo de secagem. Foi utilizada a metodologia de ensaio de secagem drástica a 100° C, em amostras de 10 x 50 x 100mm, relacionando defeitos como rachadura a velocidade de secagem em amostras de 17 espécies florestais da região amazônica, obtendo-se ao final do ensaio temperatura inicial, temperatura final e potencial de secagem, necessários para elaboração de programas de secagem. Os resultados apresentaram valores de parâmetros de secagem com possibilidade de divisão das espécies em quatros grupos, por similaridade da velocidade de secagem e desenvolvimento de defeitos, iguais ou próximo, acima e abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF).

## Introdução

A eficiência técnica e econômica dos processos de transformação dos recursos florestais pela indústria é fator básico para sua sobrevivência.

Pesquisas sobre o processo de secagem necessitam ser melhoradas, devido às demandas de mercado e incrementos de espécies de madeira e produtos.

Kollmann e Kotê (1968); Rosen (1983); Jankowsky (1995) fazem a descrição do processo de secagem para materiais porosos.

Somente com a aprendizagem dos fenômenos físicos da secagem e sua aplicação conjunta com as propriedades e características da madeira, tais como permeabilidade, difusão e transferência de calor, é possível desenvolver novas técnicas ou combinação das existentes.

Pesquisas neste campo são de grande ajuda para a indústria madeireira, uma vez que o processo de secagem industrial sempre necessita ser melhorado.

Para espécies conhecidas, a indicação de programas pode ser feita com base nas informações contidas na literatura de autores como Rasmussen (1968); Hildebrand (1970); Pratt (1974); Boone et al. (1988); Mendes et al. (1998).

Para espécies não conhecidas é necessário estudar previamente o seu comportamento.

Uma das alternativas é a metodologia do ensaio de secagem drástica a 100°C, observando diferentes graus de rachaduras de topo, superfícies, colapso, e relacionando com tempo do ensaio.

Obtendo no final parâmetros como a temperatura inicial, temperatura final, bem como o potencial de secagem de um programa de secagem mais adequado.

Eleotério et al. (2015), destacam a necessidade de relacionar massa específica na metodologia para condução do processo.

Para Hildebrand (1970) os programas existentes são para uma primeira operação, baseados em uma velocidade de ar de 2 m/s e condições de secagem aplicadas em peças com 30mm, para peças mais espessas, condições mais suaves, gerando gradiente de secagem menos acentuados, devem ser empregados, com modificações em função da experiência obtida.

Brandão (1989) frisa que com a metodologia de ensaio a 100°C são obtidos programas para peças com espessura de até 28 mm, para espessuras maiores, os parâmetros devem ser mais suaves.

Soares et al. (2019) utilizando a metodologia em amostras de madeira juvenil e adulta de *E. Citriodora*, relatam madeira juvenil com taxa de secagem 26% maior e tempo de secagem 21% menor que madeira adulta. Com comprimento e espessura menor das fibras, vasos com maior frequência e menor diâmetro associados à taxa de secagem total durante a adsorção de água.

O agrupamento de espécies por similaridade de secagem é uma alternativa viável, principalmente para região amazônica, pois muitas vezes um secador fica inativo por semanas até completar carga para secagem, fazendo com que as empresas aumentem a produção em função da demanda da secagem, aumentando muitas vezes a quantidade de secadores, devido a variação de espécies utilizadas. Para Oliveira (2003) a vantagem de uma seleção prévia traz benefícios através do melhor aproveitamento da estufa, de logística e avaliação de formas de aumentar a produção e sem aumentar e comprometer a qualidade do produto final.

Modelos estatísticos para agrupamento de espécies tropicais foram desenvolvidos por Simpaon e Baah (1989); Simpson e Sagoe (1991), por similaridade de tempo de secagem e relacionando densidade básica e teor de umidade, respectivamente, fazendo um grupamento aproximado de espécies tropicais.

Mendes e Verrill (1995) desenvolveram um agrupamento de madeiras tropicais baseado por estimativa de tempo de secagem, utilizando no experimento seis espécies tropicais. Andrade (2000) utilizando a metodologia da secagem drástica a 100 °C, conclui que é possível fazer grupamento de espécies em um mesmo programa, devendo ser considerados características como teor de umidade inicial, velocidade de secagem e tendências aos defeitos, o citado autor agrupou oito espécies em dois programas básicos.

Para Soares et al. (2016) a compreensão das características da madeira durante retirada de água, é um fator importante quanto a classificação da madeira serrada.

Para Jankowsky et al. (2003), a velocidade de secagem depende mais das características da madeira do que da temperatura ou umidade relativa do ambiente.

Barbosa et al. (2005) sugerem características anatômicas, que exercem influência durante processo de secagem. Em geral, madeiras com pontuações aspiradas e/ou de pequeno diâmetro, obstrução dos vasos por tiloses, paredes espessas e lúmens pequenos secam mais lentamente e têm mais propensão a defeitos.

Eloy et al. (2021) relatam perdas maiores de umidade durante todo o período de secagem, sendo maior durante os estágios iniciais, com parâmetros anatômicos de diâmetro da fibra, diâmetro do lúmen e espessura da parede celular os fatores que mais influenciam na taxa de secagem.

O teor de umidade varia de espécies para espécie, e de acordo com a quantidade de tempo que o material está em espera para o processamento Para Ponce e Watai (1985) espécies mais densas demoram mais para secar, com maiores tendências as rachaduras. Essa interação de fatores contribui

pra uma maior ou menor retirada de umidade da madeira, e consequentemente, no desenvolvimento de defeitos, como rachaduras e colapso, devido a movimentação da umidade durante o processo de secagem.

Soares et al. (2016) relatam a heterogeneidade observada na direção medula-casca, como fator importante para classificar madeira serrada, e pela possibilidade de secar cargas separadas.

Devido a estes fatores, torna-se imprescindível a realização de ensaios experimentais quando se estudam determinadas espécies, ou mesmo repetir o ensaio, tendo em atenção as diferentes origens que as espécies podem ter, visto que fornecem informações sobre o comportamento da madeira a ser seca, como a saída mais ou menos rápida de água por unidade de tempo. Comprovando o interesse para este tipo de tema pelos inúmeros trabalhos realizados.

Desta maneira o presente trabalho teve o objetivo de determinar parâmetros necessários para o desenvolvimento de programas de secagem, temperatura inicial, temperatura final e potencial de secagem, para 17 espécies tropicais, contribuindo dessa forma na tomada de decisões no processo de secagem das espécies.

## Materiais e Métodos

As amostras para o ensaio de secagem drástica a 100 °C foram obtidas conforme Figura 1, tirando-se de cada peça cinco amostras nas dimensões 10 x 50 x 100 mm (utilizadas para o ensaio de secagem a 100 °C) e dez amostras nas dimensões 10 x 50 x 50 mm (cinco para determinação do teor de umidade inicial e cinco para densidade básica). A relação com as espécies consta na Tabela 1.

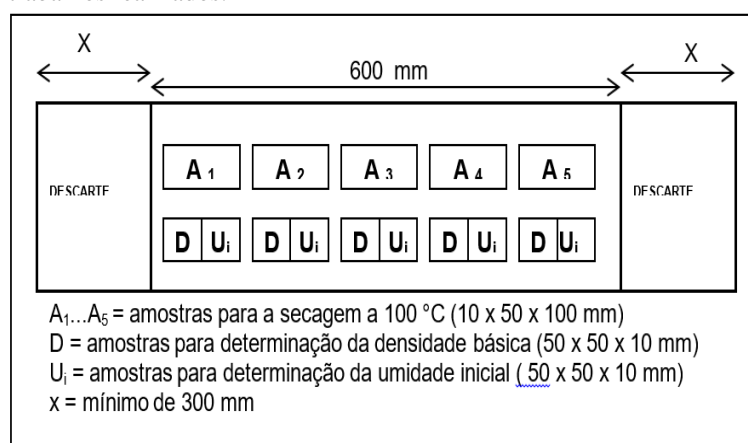


Figura 1. Retirada das amostras para ensaio (adaptado Andrade, 2000).

Tabela 1. Listagem das espécies utilizadas.

Nome comum	Nome científico
Angelim pedra	<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke
Angelim vermelho	<i>Dinizia excelsa</i> Ducke
Arurá vermelho	<i>Iryanthera grandis</i> Ducke.
Breu branco	<i>Protium tenuifolium</i> (Engl) Engl
Castanha vermelha	<i>Cariniana micrantha</i> Ducke.
Cedrinho	<i>Erismia uncinatum</i> Warrns.
Cedrorana	<i>Cedrelinga catenaeformis</i> Duck.
Cupiúba	<i>Goupia glabra</i> Aubl.
Cumaru	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Wild.
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.
Faveira	<i>Parkia</i> spp.
Paricá	<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke.
Piquiá	<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.
Tachi	<i>Tachigalia myrmecophilla</i> (Ducke) Ducke.
Tauari	<i>Couratari stellata</i> A. C. Smith.
Tauari vermelho	<i>Couratari oblongifolia</i> Ducke & R. Knuth.
Uchi branco	<i>Vantanea parviflora</i> Lam.

Para determinação do teor de umidade inicial foi utilizado o método gravimétrico, no qual as amostras úmidas são submetidas à secagem em estufa a 103±2 °C, até alcançarem massa constante.

O teor de umidade inicial estimado, possibilitou estimar perda de umidade ao longo do ensaio.

A densidade básica foi determinada pelo método da balança hidrostática, descrito por

Barrichello (1983), obtidos de peças demonstradas na Figura 1

A indicação preliminar dos parâmetros de programas de secagem adotou a metodologia descrita por Santos (2002); Andrade (2000); Ciniglio (1998). Baseada na hipótese de que, pequenas amostras de madeira, quando submetidas a secagem drástica, apresentarão comportamentos

proporcionais aos que possivelmente ocorrerão na secagem convencional.

As amostras de 10 x 50 x 100 mm foram submetidas a secagem drástica (100 °C), em estufas de laboratório, sem sistema de circulação de ar, até o teor de umidade atingir cerca de 5%. Atribuindo Notas conforme Tabela 2.

Tabela 2. Escores atribuídos aos defeitos de secagem.

Escore	Rachadura de Topo	Colapso
Nota 1	AUSENTE	AUSENTE
Nota 2	CR < 5,0 e LR < 0,5	$\Delta e < 0,25$
Nota 3	CR > 5,0 e LR < 0,5	$0,25 > \Delta e < 0,5$
Nota 4	CR < 5,0 e 0,5 > LR > 1,0	$0,5 > \Delta e < 1,0$
Nota 5	CR > 5,0 e 0,5 > LR < 1,0	$\Delta e > 1,0$
Nota 6	CR > 5,0 e LR > 1,0	—

Onde: CR = Comprimento da rachadura (mm); LR = Largura da rachadura (mm);  $\Delta e$  = Variação da espessura da amostra (mm)

A partir das dimensões do comprimento e largura das rachaduras foram atribuídas notas, empregando o escores Nota 1, ausência de defeitos, a Nota 6, desenvolvimento de defeito mais drástico. O mesmo escore foi atribuído a rachadura de superfícies e tendência ao colapso.

As velocidades de secagem foram calculadas de acordo com as equações (1) a (3).

$$V_1 = \frac{m_v - m_5}{100T_1} \quad (1)$$

Em que  $V_1$  é a velocidade de secagem até 5% de umidade (g/cm<sup>2</sup>.hora),  $m_v$  a massa da amostra úmida (umidade inicial) (g),  $m_5$  a massa da amostra a 5% de umidade (g),  $T_1$  o tempo de secagem da umidade inicial até 5% (h) e 100 corresponde a área superficial da amostra (cm<sup>2</sup>).

$$V_2 = \frac{m_v - m_{30}}{100T_2} \quad (2)$$

No qual  $V_2$  é a velocidade de secagem até 30% de umidade (g/cm<sup>2</sup>.hora),  $m_v$  a massa da amostra úmida (umidade inicial) (g),  $m_{30}$  a massa da amostra a 30% de umidade (g),  $T_2$  o tempo de secagem da umidade inicial até 30% (h).

$$V_3 = \frac{m_{30} - m_5}{100T_3} \quad (3)$$

Em que  $V_3$  é a velocidade de secagem de 30 a 5% de umidade (g/cm<sup>2</sup>.hora),  $m_{30}$  a massa da amostra a 30% de umidade (g),  $m_5$  a massa da amostra a 5% de umidade (g),  $T_3$  o tempo de secagem de 30 a 5% de umidade (h) e 100 corresponde a área superficial da amostra (cm<sup>2</sup>).

Com os valores médios das variáveis de tempo de secagem ( $T_2$ ), velocidades de secagem ( $V_1$ ,  $V_2$  e  $V_3$ ), rachaduras de topo (R1, R2 e R3) foram definidos os principais parâmetros dos programas de secagem, ou seja, a temperatura inicial ( $T_i$ ), a temperatura final ( $T_f$ ) e o potencial de secagem (PS), através das equações mostradas na Tabela 3.

Tabela 3. Equações para estimativa dos parâmetros de secagem.

Parâmetro	Equação			
$T_i =$	27,9049 +	0,7881 $T_2$ +	419,0254 $V_1$ +	1,9483 $R_2$
$T_f =$	49,2292 +	1,1834 $T_2$ +	273,8685 $V_2$ +	1,0754 $R_1$
PS =	1,4586 -	30,4418 $V_3$ +	42,9653 $V_1$ +	0,1424 $R_3$

Fonte: Ciniglio (1998); Santos (2003).

## Resultados e Discussão

A Tabela 4 relaciona variáveis obtidas do ensaio a 100 °C. Os resultados para densidade básica estão de acordo com os valores encontrados na literatura, espécies com menor porosidade, apresentam densidades maiores, e espécies conhecidamente mais leves, com densidades

menores, Cumarú (*D. odorata* (Aubl.) Wild) e Faveira (*Parkia spp*), respectivamente.

Foi constatado variação no teor de umidade, espécies com teores próximo de 30% de umidade, e espécies apresentando valores acima de 100% de umidade. A variação apresentada tem relação com densidade, mais densa, por apresentar menos

espaços vazios e menor quantidade de água livre, menores valores.

As peças das amostras foram retiradas durante o processamento das toras, com possibilidade de algumas espécies estarem algum tempo abatidas, com exposição, inicia a evaporação da água livre.

Para Kollmann e Cotê (1968), o tempo de secagem é influenciado pela diferença entre a umidade inicial e final da madeira, quanto maior esta diferença maior será o tempo de secagem. Já

Hart (1996), salienta o tempo de secagem aumentando com o aumento do teor de umidade inicial, tanto para madeiras permeáveis, quanto impermeáveis. A duração do tempo de ensaio foi maior para espécies com maior teor de umidade inicial, e não estando relacionado apenas com maior valor da densidade básica, visto que ocorreram espécies com densidade nos dois extremos, mesmo assim tiveram tempos de secagem aproximados.

Tabela 4. Valores médios das variáveis do ensaio a 100°C.

Espécie	Ui (%)	Db (g/cm <sup>3</sup> )	T2 (h)	V1 (g/cm <sup>2</sup> .h)	V2 (g/cm <sup>2</sup> .h)	V3 (g/cm <sup>2</sup> .h)	R1 (Un.)	R2 (Un.)	R3 (Un.)
ANG PDR	54,13	0,67	5,0	0,0363	0,0641	0,0243	1,8	1,8	1,8
ANG VERM	64,42	0,86	6,0	0,0228	0,0189	0,0228	2,3	2,4	2,9
AR VRM	57,02	0,70	3,0	0,0478	0,0772	0,0374	1,4	1,4	1,3
BR BRC	44,26	0,53	3,9	0,0325	0,0741	0,0248	1,0	1,2	1,1
CAS VERM	69,63	0,65	13,10	0,0177	0,0302	0,0088	1,3	1,2	2,2
CEDN	100,02	0,53	17,83	0,0180	0,0274	0,0086	1,8	2,1	1,6
CEDRN	76,21	0,57	6,56	0,0119	0,0264	0,0059	3,5	3,5	3,0
CMR	68,30	0,93	5,0	0,0183	0,0148	0,0175	3,1	3,1	2,3
CPB	35,05	0,70	4,0	0,0493	0,0596	0,0478	2,3	2,3	1,9
FVR	73,68	0,45	8,64	0,0169	0,0271	0,0091	1,0	1,0	1,0
JTB	61,75	0,87	4,0	0,0474	0,0619	0,0505	1,6	1,6	1,6
PRC	114,13	0,31	5,0	0,0398	0,0689	0,0154	1,2	1,2	1,1
PQA	60,38	0,70	7,00	0,0361	0,0645	0,0261	1,2	1,2	1,2
TUR	56,09	0,68	4,05	0,0148	0,0254	0,0069	3,7	3,1	3,5
TUR VEM	43,53	0,54	8,0	0,0144	0,0372	0,0100	1,0	1,0	1,0
TCH	47,05	0,57	4,0	0,0416	0,0846	0,0376	1,5	1,5	1,5
UCH BRC	30,61	0,93	8,82	0,0154	0,0213	0,0147	2,2	2,3	2,7

Onde: ANG PDR= Angelim Pedra; ANG VER= Angelim Vermelho; AR VRM= Arurá Vermelho; BR BR= Breu Branco; CAS VER= Castanha Vermelha; CEDN= Cedrinho; CRN= Cedrorana; CMR= Cumarú; CPB= Cupiúba; FVR= Faveira; JTB= Jatobá; PRC= Paricá; PQA= Piquiá; TR= Tauari; TR VEM= Tauari Vermelho; TCH= Tachi; UCH BRC= Uchi Branco. Ui=Umidade Inicial; Db=Densidade Básica; Vi=Velocidade de secagem Ui a 5%; V2=Velocidade de secagem Ui a 30%; V3=Velocidade de secagem 30% a 5%; R1=Rachadura de topo Ui a 5%; R2=Rachadura de topo Ui a 30%; R3=Rachadura de topo 30 a 5%.

Todas as espécies possuem característica de baixa velocidade de secagem, independente da densidade básica e teor de umidade inicial. Mostrando que a cinética de movimentação é quase nula no início do processo e vai-se acentuando, levando a uma razoável diferença no tempo necessário do teor de umidade inicial até atingir o teor de umidade de 5%, no final do ensaio.

Conforme Rosen (1983), a evaporação para o ar da umidade existente na superfície pode ser razoavelmente justificada e prevista pelas teorias habituais de transferência de calor e massa, quanto ao mecanismo de migração da umidade no interior é diferente devido a sua complexidade estrutural. Colaborando a heterogeneidade relatada por Soares et al. (2016), e Eloy et al. (2021) que associaram diâmetro da fibra, diâmetro de lúmen e espessura da parede celular como parâmetros anatômicos que mais influenciam na secagem.

Quanto ao movimento de líquido por capilaridade, é usual ser o mecanismo primordial na fase inicial de secagem, quando o teor de umidade é elevado, em especial durante um período de fluxo constante. Não sendo constatando a afirmativa de Simpson (1991) quanto maior a temperatura da madeira, mais rapidamente a umidade se movimenta do interior para superfície, embora seja de conhecimento que devido à forte contração superficial no início do processo, ocorrem tensões internas de compressão, que favoreceriam a saída da fase líquida ou de vapor.

Quando a umidade existente na superfície desaparece, a madeira está aparentemente seca, iniciando assim uma nova fase, ocorrendo uma desaceleração do fluxo de evaporação, formando um gradiente acentuado de umidade entre o interior e a superfície do material.

Os mecanismos de transporte de água são controlados por suas características interiores, que passam a controlar o processo, deixando de ser relevante as características externas do meio, isto é perceptível na faixa de umidade de 30% a 5%, onde as espécies apresentaram valores de velocidades de secagem mais lentas e próximas para várias espécies. Essa diferença já era esperada pois quanto maior densidade, menor porosidade e a perda de umidade.

Na faixa de umidade inicial até 30% são constatados valores próximos de velocidade de secagem, tanto para espécies com valores de densidade menores e mais elevada, denotando dois grupos distintos, um com velocidades maiores e um segundo com velocidades menores.

Valores de velocidades de secagem maiores na fase inicial do processo de ensaio (V2), com teor de umidade elevado, no qual foi obtido Tachi (*T. myrmecophilla* (Ducke) Ducke.) com velocidade de 0,0846 g/cm<sup>2</sup>.h e Angelim Vermelho (*D. Ducke*) obtendo velocidade de 0,0189 g/cm<sup>2</sup>.h, na faixa de umidade inicial até 30%, verificando a diminuição da velocidade no final do processo, indicando dificuldade de retirada água na faixa de umidade de 30 a 5%.

Relacionando os resultados obtidos com o aparecimento de defeitos, Figuras 2, 3 e 4, percebe-se que a maioria das espécies apresentaram pouca tendência de desenvolvimento de rachaduras de topo, visto que os escores iam de ausente (escore com Nota 1) e médio (escore com Nota 3), com número menor de espécies obtendo o escore máximo (escores com Notas 5 e 6), embora não tenha sido comprovado o relatado por Ponce e Watai (1985), que espécies com maior densidade,

apresentam maiores tendências ao desenvolvimento de defeitos como rachaduras e colapso.

Na faixa de umidade inicial até 30, os escores ficaram escore com Nota 1 (ausente) para a maioria das espécies, com maior tendência ao desenvolver rachaduras de topo para as espécies Breu Branco (*P. tenuifolium* (Engl) Engl), Angelim Vermelho (*D. excelsa* Ducke), Uchi Branco (*V. parviflora* Lam.) e o Angelim Pedra, com o escore máximo.

Já na faixa de umidade de 30 a 5%, a maioria das espécies ficaram escore com Nota 1, pouca tendência ao desenvolvimento desse defeito, tendo classificação média e com maior tendência para Breu Branco (*P. tenuifolium* (Engl) Engl), Uchi Branco (*V. parviflora* Lam.), Angelim Vermelho (*D. excelsa* Ducke) e Cumarú (*D. odorata* (Aubl.) Wild.), mas ficando com notas 2 e 3, na média de tendência

Visualiza-se na Figura 3 a tendência das espécies ao desenvolvimento de colapso. O defeito aparece acima do Ponto de Saturação das Fibras (PSF), podendo estar associado com o aparecimento de rachaduras e colapso (Ponce e Watai, 1985), devido a dificuldade de movimentação na fase líquida da umidade.

Os valores maiores foram constatados para as espécies Castanha Vermelha (*C. micrantha* Ducke.), Cedrinho (*E. uncinatum* Warrns.), Tauari Vermelho (*C. oblongifolia* Ducke & R. Knuth.) e Uchi Branco (*V. parviflora* Lam.), implicando em uma maior tendência ao desenvolvimento desse defeito.

As demais espécies se mantiveram com valores médios 2, podendo ser considerando para um desenvolvimento do defeito moderado.

Escore

Faixa de Umidade inicial até 30%

Faixa de Umidade 30-5%

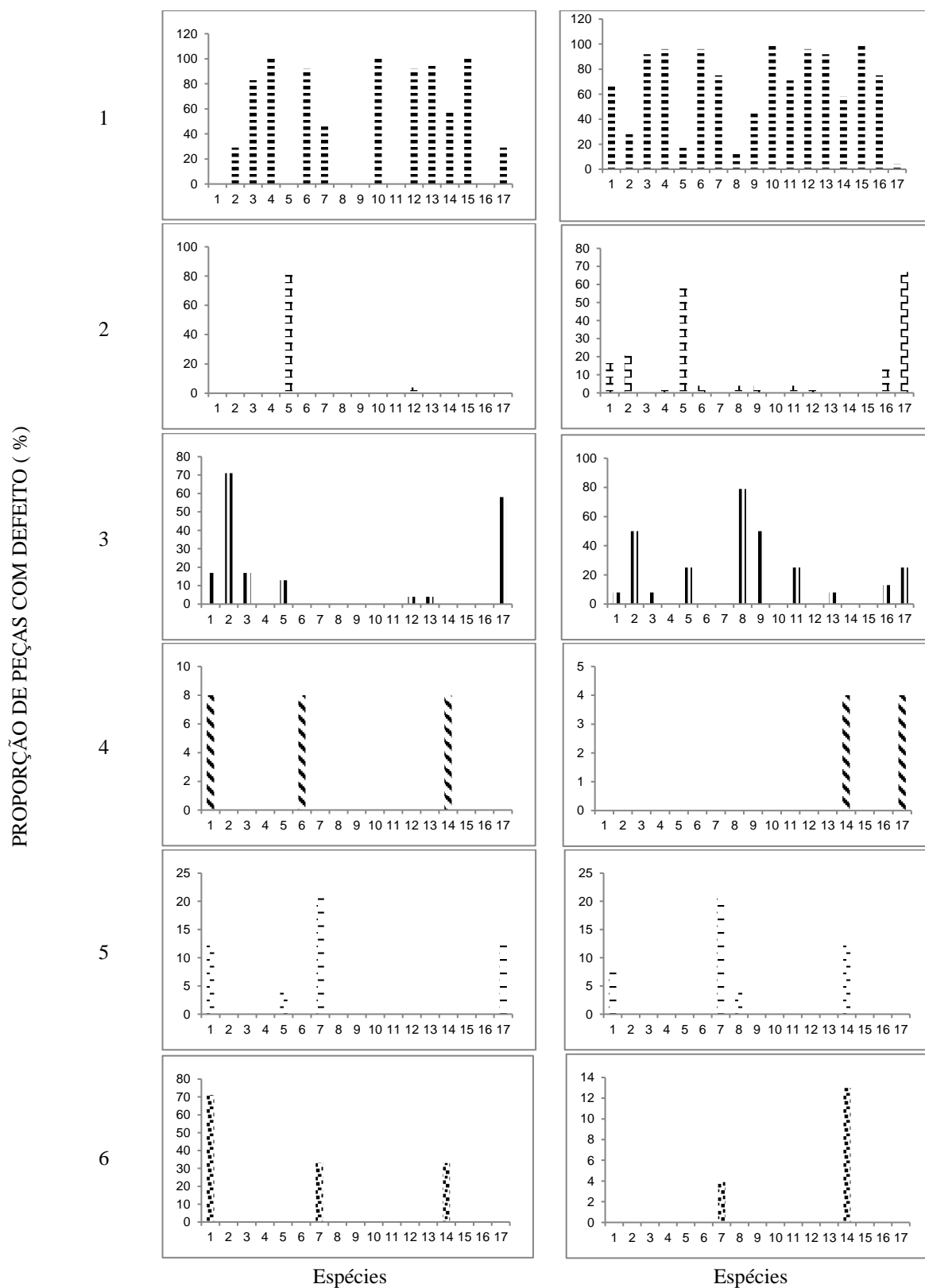


Figura 2. Rachadura de topo na faixa capilar e higroscópica. Onde: 1= Angelim Pedra; 2= Angelim Vermelho; 3= Arurá Vermelho; 4= Breu Branco; 5= Castanha Vermelha; 6= Cedrinho; 7= Cedrorana; 8= Cumarú; 9= Cupiúba; 10= Faveira; 11= Jatobá; 12= Paricá; 13= Piquiá; 14= Tauari; 15= Tauari Vermelho; 16= Tachi; 17= Uchi Branco.

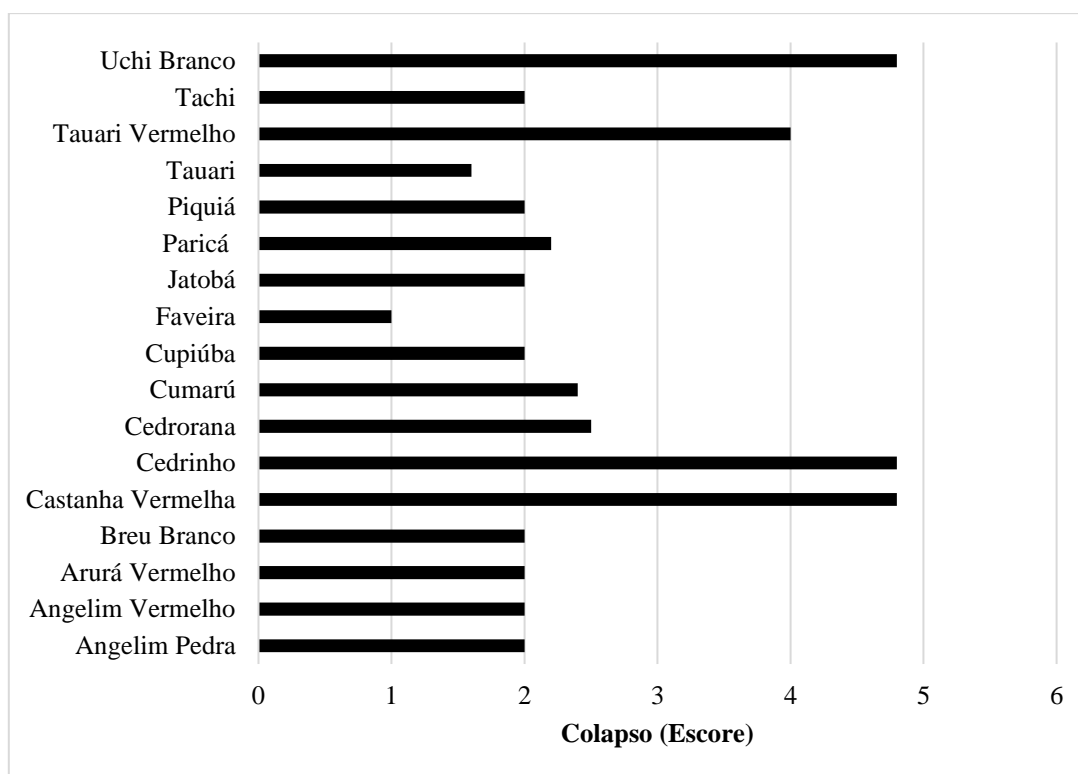


Figura 3. Tendência ao desenvolvimento de colapso.

Tabela 5. Parâmetro dos programas de secagem.

Espécies	TI (°C)	TF (°C)	PS
Angelim-pedra	48,0	70,0	2,5
Angelim-vermelho	43,0	58,0	2,0
Arurá-vermelho	53,0	73,0	2,6
Breu Branco	44,0	72,0	2,3
Castanha Vermelha	42,0	65,0	2,3
Cedrinho	54,0	85,0	1,8
Cedrorana	45,0	68,0	2,2
Cumarú	41,0	51,0	2,0
Cupiúba	53,0	68,0	2,4
Jatobá	50,0	67,0	2,2
Faveira	39,0	61,0	2,1
Paricá	49,0	72,0	2,9
Piquiá	47,0	73,0	2,4
Tauari	42,0	65,0	2,3
Tauari-vermelho	37,0	61,0	1,9
Tachí	48,0	74,0	2,3
Uchi branco	39,0	58,0	2,0

Onde: TI = Temperatura Inicial; TF= Temperatura Final; PS = Potencial de Secagem.



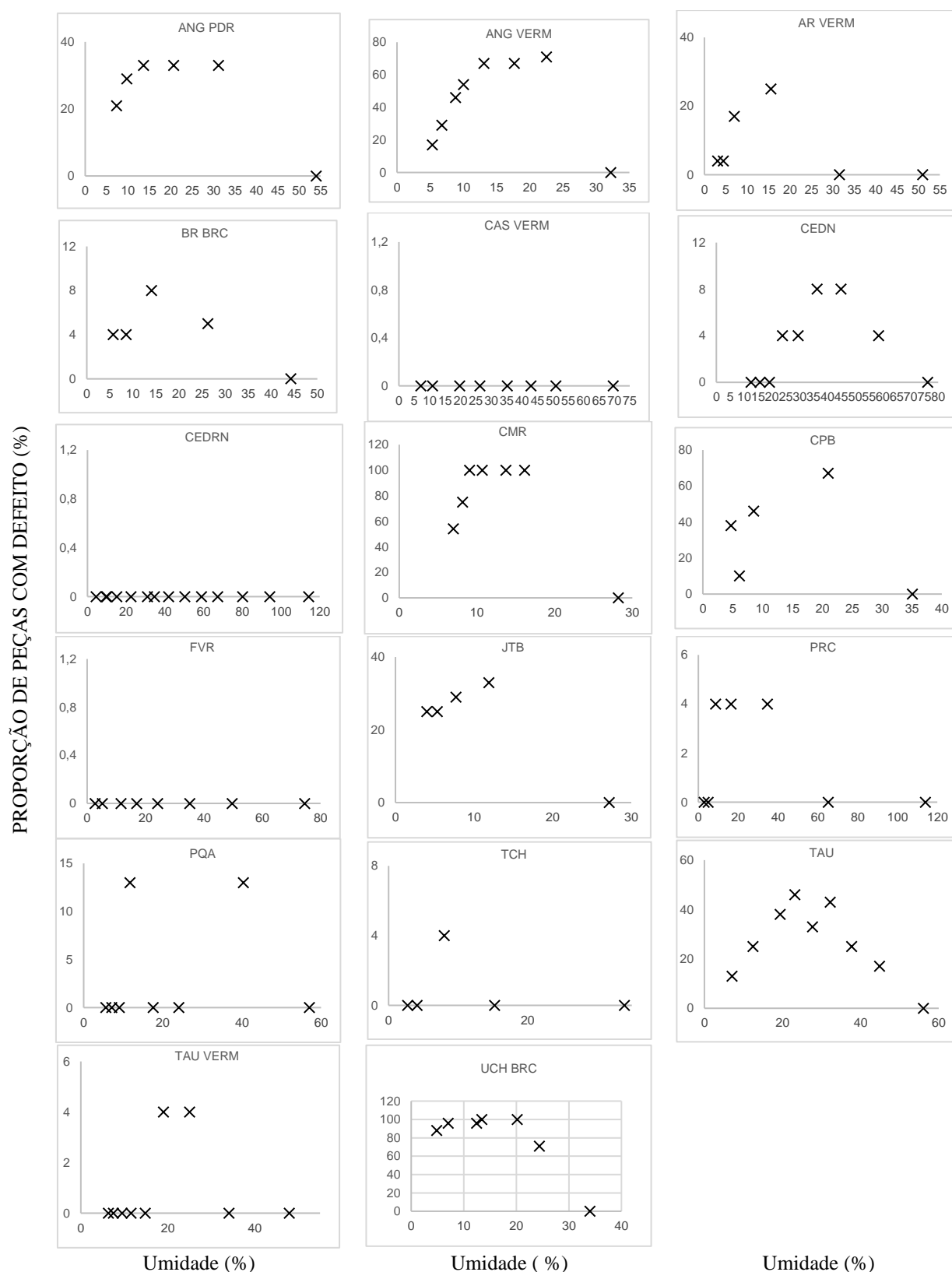


Figura 4. Desenvolvimento de rachaduras de superfície durante o ensaio. Onde: ANG PEDRA=Angelim Pedra; ANG VERM=Angelim Vermelho; AR VERM=Arurá Vermelho; BR BRC=Breu Branco; CAS VERM=Castanha Vermelha; CEDN=Cedrinho; CEDRN=Cedrorana; CMR= Cumarú; CPB=Cupiúba; FVR=Faveira; JTB=Jatobá; PRC=Paricá; PQA=Piquiá; TCH=TACHI; TAU=Tauari; tau verm= Tauari Vermelho; UCH BRC=Uchi Branco.

## Conclusões

Com os resultados é sugerido um agrupamento de espécies em três grupos, baseado nos potenciais de secagem, temperatura inicial, final e tendência a defeitos.

As espécies mostraram dificuldade de retirada de umidade tanto na faixa de umidade capilar, quanto na faixa higroscópica, verificado pela velocidade de secagem, independente de densidade básica, comprovando que características internas influenciam no processo de secagem.

Os parâmetros para montagem dos programas de secagem mostraram-se conservadores e coerentes com a literatura, potenciais de secagem maiores para espécies com maior facilidade de secagem, e menores para as de maior dificuldade.

## Agradecimentos

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pelo suporte na coleta de material.

## Referências

- Andrade A (2000) Indicação de programas para secagem convencional de madeira. (Mestrado em Ciências e Tecnologia da Madeira) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 72p.
- Barbosa CG, Lima JT, Rosado SCS, Trugilho PF (2005) Elaboração de programa de secagem para madeiras de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp. *Cerne*, 11(1):40-48. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74411105>
- Barrichello LEG (1983) Densidade básica: subsídios para determinação (1ª parte). Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Silvicultura (Informações SQCE 3). 6p.
- Brandão ATO (1989) Determinação de metodologia para a indicação de programas de secagem de madeiras. (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 100p.
- Boone RS, Kozlik CJ, Bois PJ, Wengert EM (1988) Dry kiln schedules for commercial wood: temperate and tropical. Madison: USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory. 158p.
- Ciniglio G (1998) Avaliação da secagem de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*. (Mestrado em Ciências e Tecnologia da Madeira) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 73p.
- Eleotério JR, Bagattoli TR, Homburg KF, Silva CMK (2015) Secagem drástica de madeiras de *Eucalyptus* e *Corymbia* fornece informações para a elaboração de programas de secagem. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 35(84):451-457. doi: 10.4336/2015.pfb.35.84.696
- Eloy E, Trevisan R, Piecha TS, Fontoura MR, Costa HWD, Caron BO (2021) Anatomy and drying of wood of four species from an agroforestry system. *Floresta*, 51(4):910-917. doi: 10.5380/rev.v51i4.74061
- Hart CA (1996) The drying of wood. Raleigh: North Carolina Agricultural Extension Service. 24p.
- Hildebrand R (1970) Kiln drying of sawn timber. Nuertingen: R.H. Maschinenbau GmbH. 198p.
- Jankowsky IP (1995) Equipamentos e processos para a secagem de madeiras. In: *Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria*, Piracicaba, IPEF. p. 109-118.
- Jankowsky IP, Santos GRV, Andrade A (2003) Secagem da madeira serrada de eucalipto. *Circular Técnica (IPEF)*, 199:1-14.
- Kollmann FFP, Cotê WA (1968) Principles of wood science and technology. Berlin: Springer-Verlag. v.1, 592p.
- Mendes AS, Martins VA, Marques MHB (1998) Programas de secagem para madeiras brasileiras. Brasília: IBAMA. 114p.
- Mendes AS, Verril SP (1995) Laboratory test for grouping tropical species for kiln drying. *Wood Science and Technology*, 29:352-362.
- Pratt GH (1974) Timber drying manual. London: Department of the Environment, Building Research Establishment. 152p.
- Ponce RH, Watai LT (1985) Manual de secagem da madeira. São Paulo: STI/IPT. 70p. (Série Documentos, 22).
- Rasmussen EF (1968) Drying kiln operator's manual. Madison: USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory. 197p.
- Rosen HN (1983) Recent advances in the theory of drying lumber. In: *IUFRO Division V Conference*, Madison. Proceedings: Wood Drying Working Party. Carbondale: Southern Illinois University; USDA. p. 32-62.

Santos GRV (2002) Otimização da secagem da madeira de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden). (Mestrado em Ciências e Tecnologia da Madeira) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 70p.

Santos GRV, Jankowsky IP, Andrade A (2003) Curva característica de secagem para madeira de *Eucalyptus grandis*. *Scientia Forestalis*, 63:214-220.

Simpson WT (1991) Dry kiln operator's manual. Madison: USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory. 188p.

Simpson WT, Sagoe JA (1991) Relative drying times of 650 tropical woods: estimation by green moisture content, specific gravity, and green weight density. Madison: Forest Products Laboratory. 27p.

Simpson WT, Baah CK (1989) A method for grouping mixtures of tropical species for kiln drying. *Res. Note FPL-RN-0256*. Madison, WI: USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory. 14p.

Soares CD, Lima JT, Silva JRM (2016) Analysing the drying behavior of juvenile and mature *Eucalyptus saligna* wood in drastic drying test for optimal drying schedule. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 18(4):543-554. doi: 10.4067/S0718-221X2016005000047

Soares BCD, Lima JT, Rocha MFV, Araújo ACC, Veiga TRLA (2019) Behavior of juvenile and mature *Eucalyptus cloeziana* wood subjected to drastic drying. *Floresta e Ambiente*, 26(3). doi: 10.1590/2179-8087.087217