

AVALIAÇÃO DA COR DOS LENHOS JUVENIL E ADULTO DE CEDRO POR MEIO DO MÉTODO CIEL $*a*b*$

Rafael de Avila Delucis ¹

Vinicius Cenci Taborda ²

Leonardo Weinert Correa ³

Roger de Avila Veja ²

Darci Alberto Gatto ⁴

Resumo

O presente estudo visou caracterizar o perfil radial da madeira de cedro (*Cedrela fissilis*) por meio da técnica de colorimetria. Foram selecionadas três árvores com aproximadamente 100 anos no município de Canguçu, Rio Grande do Sul. De cada árvore derrubada, foram retirados discos na altura do peito (1,3 m) com espessura de 20 cm e posteriormente segmentadas amostras centímetro a centímetro no sentido medula-casca. As amostras foram condicionadas a um teor de umidade de equilíbrio em 12%, a partir do qual foi realizada a avaliação da cor com o auxílio de um colorímetro portátil da marca Konica Minolta, em conformidade com o método CIEL $*a*b*$. Para a determinação da posição de segregação dos lenhos juvenil e adulto foi empregado como parâmetro a massa específica aparente a 12% ($\rho_{a12\%}$). Com a análise colorimétrica, verificou-se que a luminosidade, a coordenada cromática verde-vermelho e o ângulo de tinta apresentaram íntima relação com a transição dos lenhos juvenil e adulto. Já a coordenada cromática azul-amarelo e a cromaticidade apresentaram uma tendência aproximadamente linear no sentido medula-casca.

Palavras-chave: Qualidade da madeira; Sentido medula-casca; END; Colorimetria.

EVALUATION OF COLOR OF THE JUVENILE AND MATURE CEDAR WOOD BY MEANS OF CIEL $*a*b*$ METHOD

Abstract

The present study aimed to characterize the radial profile of cedar wood (*Cedrela fissilis*) by the colorimetric technique. Three different trees of approximately 100 years old were selected in Canguçu, Rio Grande do Sul. From each felled tree, discs were removed at breast height (1,3 m) with a thickness of 20 cm and subsequently samples were segmented in centimeter lengths from pith to bark. The samples were conditioned at equilibrium moisture content of 12%, to carry out the colour evaluation with a portable colorimeter Konica Minolta brand in accordance with the CIEL $*a*b*$ method. To determine the segregation of juvenile and mature woods position was employed the apparent specific gravity to 12% ($\rho_{a12\%}$) as a parameter. With colorimetric analysis, it was found that the lightness, the green-red coordinate and hue angle presented intimate relation with the transition from juvenile and adult logs. Has a result of blue-yellow coordinate and chromaticity showed approximately a linear trend in pith-bark direction.

Keywords: Wood quality; Pith-bark direction; NDT; Colorimetry.

¹Engenheiro Industrial Madeireiro, Mestrando em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Pelotas – UFPEL, Pelotas, RS, Brasil. E-mail: r.delucis@hotmail.com

²Engenharia Industrial Madeireira, Acadêmico do curso de Engenharia Industrial Madeireira. Universidade Federal de Pelotas – UFPEL, Pelotas, RS, Brasil. E-mail: vinicius476@hotmail.com; rogervega_@hotmail.com

³Engenharia de Produção, Acadêmico do curso de Engenharia de Produção. Universidade Federal de Pelotas – UFPEL, Pelotas, RS, Brasil. E-mail: leu_weinert@hotmail.com

⁴Engenheiro Florestal, Professor Doutor do Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas – UFPEL, Pelotas, RS, Brasil. E-mail: darcigatto@yahoo.com

I INTRODUÇÃO

O cedro (*Cedrela fissilis*) é uma espécie nativa, encontrada em todas as regiões do país, incluindo a Amazônia, o Cerrado e a Mata atlântica [1]. Sua madeira tem sido bastante empregada por empirismo para fins considerados nobres, como por exemplo, na construção civil (esquadrias, molduras, guarnições, forros, entre outros), móveis decorativos, chapas compensadas, embalagens, instrumentos musicais, embarcações, entre outros [2]. De modo que na atualidade, essa madeira configura-se como uma das espécies nativas de maior importância econômica no mercado nacional [3].

Dessa maneira, estudos mais aprofundados acerca das características tecnológicas da madeira de cedro tornam-se necessários, a fim de que seu emprego passe a ser norteado por parâmetros técnicos confiáveis e não como têm acontecido, a partir de um plano de tentativa e erro (uso empírico). Nesse contexto, as propriedades da madeira são examinadas considerando-se os direcionamentos radial e/ou axial, no entanto, em razão da maior heterogeneidade de características, a direção radial merece mais consideração e por esse motivo um volume maior de trabalhos científicos têm sido desenvolvidos com esse intuito.

Na direção radial da madeira, o lenho juvenil corresponde à região central da árvore (próximo à medula), possui uma forma aproximadamente cilíndrica e estende-se desde sua base até o topo. Por sua vez, o lenho adulto é formado a partir da fase de amadurecimento do cambio da árvore, posicionando-se posteriormente ao lenho juvenil, nas proximidades da casca [4].

Durante todo o desenvolvimento do vegetal, a formação do lenho juvenil está associada às suas células de meristema apical. Não obstante, na medida em que se dá o crescimento em altura da árvore, sua base vai gradativamente experimentando uma diminuição do efeito das células de meristema apical, as quais progressivamente vão concentrando-se em posições axiais mais altas. Esse mecanismo fisiológico acaba por ocasionar o amadurecimento do cambio vascular, a partir do qual o efeito do meristema apical vai desaparecendo na base e assim tem início a formação do lenho adulto [5].

Portanto, fixando-se uma determinada posição axial, é possível entender que no sentido medula-casca, as propriedades do lenho juvenil vão gradativamente assumindo as características do lenho adulto, sendo que essa característica varia conforme a espécie e as condições ambientais [6].

Para qualificar de maneira efetiva os lenhos juvenil e adulto, se faz necessário demarcar com precisão as regiões respectivas a cada um desses lenhos, uma tarefa difícil visto que a formação do lenho adulto externamente ao lenho juvenil ocorre gradualmente ao longo dos anos [7].

Em observação aos últimos avanços tecnológicos do setor madeireiro, verifica-se como forte tendência na caracterização da madeira, o objetivo de estimar a exatidão dos métodos não destrutivos (END's). Dentre esses END's, o procedimento colorimétrico conforme o método CIEL*a*b* configura-se como o principal método de avaliação quantitativa da cor, sendo estudado ostensivamente no meio científico que tange a tecnologia da madeira, a fim de ser aplicado em procedimentos industriais.

O sistema de CIEL*a*b* de colorimetria é recomendado pela *Comission International de L'Eclairage* (CIE) e avalia a cor de um material segundo três parâmetros numéricos: a luminosidade (L^*), numericamente denotada entre 0 e 100 e as coordenadas cromáticas verde-vermelho (a^*) e azul-amarelo (b^*), as quais são indicadas entre os números 0 e 60. A análise conjunta dessas três componentes cromáticas básicas permite o cálculo de outros elementos da cor, como a cromaticidade (C^*) e o ângulo de tinta (h). Dessa maneira, são inúmeros os tratamentos que podem ser empregados aos dados obtidos por meio dessa técnica, conferindo assim um elevado nível de confiabilidade ao seu resultado final.

A avaliação da cor da madeira permite que sejam traçados planos de triagem para madeiras serradas ou laminadas, a fim de que sejam obtidos produtos de madeira sólida com qualidades homogêneas. Além disso, é possível destacar o valor estético desses produtos madeireiros, o qual pode ser aferido por sua cor [8].

Além de características da madeira *in natura*, o método CIEL*a*b* de colorimetria tem sido aplicado qualificando produtos acabados, avaliando o mecanismo de biodegradação ou biodeterioração, de fotodegradação, como também analisando as modificações oriundas de um tratamento preservativo [9-12]. A cor de uma peça de madeira tem base em suas características anatômicas e químicas, mas sofre modificações ao longo de sua vida útil, em função do tipo de exposição a qual está sujeita [13].

O crescimento diametral do tronco de indivíduos arbóreos ocorre através das células de meristema cambial, que estão localizadas na fronteira entre o xilema secundário (madeira) e o floema (casca) [5]. Diante disso, é possível traçar um paralelismo entre a cor e as características químicas da madeira no sentido medula-casca, pois na medida em que ocorre o incremento em diâmetro, sucessivas camadas de células vão morrendo a partir da medula e nestas acumulam-se compostos fenólicos, os quais caracterizam a coloração desse material, bem como em longo prazo, conduzem à formação de cerne no tronco [14]. O presente estudo visou determinar as características colorimétricas dos lenhos juvenil e adulto de cedro por meio do método CIEL*a*b* de colorimetria.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Obtenção e Preparação das Amostras

Foram coletadas três árvores em torno de 100 anos de idades, localizadas em uma floresta nativa licenciada pela Secretária Estadual do Meio Ambiente, no município de Canguçu, estado do Rio Grande do Sul (31°25'52.22"S 52°40'36.21"O). A idade do material foi determinada através da contagem dos anéis de crescimento, os quais se apresentaram visíveis a olho nu na madeira avaliada nesse estudo. A seleção dos indivíduos arbóreos ocorreu a partir da avaliação de seu fuste (árvores com boa forma florestal) e a escolha de árvores com diâmetro à altura do peito (DAP; 1,3 m) entre 20 e 40 cm, conforme o procedimento D5536-94 da American Society for Testing and Materials - ASTM [15].

De cada árvore derrubada, foi retirada uma tora basal com 2 m de comprimento, as quais foram encaminhadas ao laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Posteriormente, foram retirados discos no DAP com espessura de 20 cm, dos quais foi segmentado um total de 125 amostras, centímetro à centímetro, com as dimensões de 1 cm x 1 cm x 20 cm (largura x espessura x comprimento, respectivamente), de maneira à representar a extensão radial do tronco.

Para a caracterização, foram descartadas amostras com defeitos de crescimento como a presença de nós e grã irregular. A seguir, as amostras foram acondicionadas em câmara climatizada sob as condições de 20°C de temperatura e 65% de umidade relativa do ar até a estabilização de seu teor de umidade de equilíbrio em 12%.

2.2 Delimitação dos Lenho Juvenil e Adulto

A definição do ponto de delimitação dos lenhos juvenil e adulto foi realizada com base na variabilidade radial da massa específica aparente a 12% ($\rho_{a12\%}$). Dessa maneira, o volume e a massa das amostras ($V_{12\%}$ e $m_{12\%}$) foram medidos com o uso de paquímetro digital com 0,01 mm de resolução e balança analítica com resolução de 0,01 g, respectivamente. Por fim, a $\rho_{a12\%}$ foi calculada para cada amostra por meio da razão entre a $m_{12\%}$ e o $V_{12\%}$.

A fim de determinar o ponto de segregação dos lenhos juvenil e adulto da madeira de cedro, foram ajustados modelos matemáticos por meio de análises de regressão, uma para a parte ascendente da distribuição de pontos no gráfico e outra para a parte em que a nuvem de pontos mostrou um padrão de variação aproximadamente constante, as variáveis dependente e independente utilizadas foram a $\rho_{12\%}$ e o número de anel de crescimento, respectivamente [3]. A posição radial de cada amostra foi obtida pela contabilização dos anéis de crescimento.

2.3 Avaliação das Características Colorimétricas

Os parâmetros colorimétricos foram avaliados em triplicata (três vezes em cada amostra) nas faces radial e tangencial de cada uma das 125 amostras, totalizando 375 leituras em cada face. Durante a avaliação da cor, não foram levadas em consideração as regiões respectivas ao cerne e alborno. Assim, foram determinados os parâmetros cromáticos: a luminosidade (L^*), as coordenadas cromáticas verde-vermelho (a^*) e azul-amarelo (b^*), a cromaticidade (C^*) e o ângulo de tinta (h). Para tal, utilizou-se um colorímetro portátil Konica Minolta, modelo CR-400 com abertura de sensor de 8 mm. O equipamento foi adaptado para utilização de fonte de luz (iluminante) D65 e ângulo de observação de 10°, de acordo com padrões estabelecidos pela CIEL*a*b*.

Para denotar o padrão da variabilidade dos parâmetros colorimétricos no sentido medula-casca, foram ajustados modelos matemáticos polinomiais por meio de análises de regressão simples. Para validação dos modelos propostos, foram realizados testes de heterogeneidade de variância, normalidade e independência dos erros pelos testes White, Shapiro-Wilk e Durbin-Watson, respectivamente.

A fim de verificar os efeitos dos fatores tipo de lenho e face na variabilidade dos parâmetros colorimétricos, bem como a interação entre os mesmos, foi empregado um planejamento experimental totalmente casualizado no esquema fatorial. Dessa maneira, a partir da análise de variância multifatorial, foram direcionados os desdobramentos mais adequados a cada variável, os quais foram realizados por meio de análises de variância simples (ANOVA's).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Delimitação dos Lenhos Juvenil e Adulto

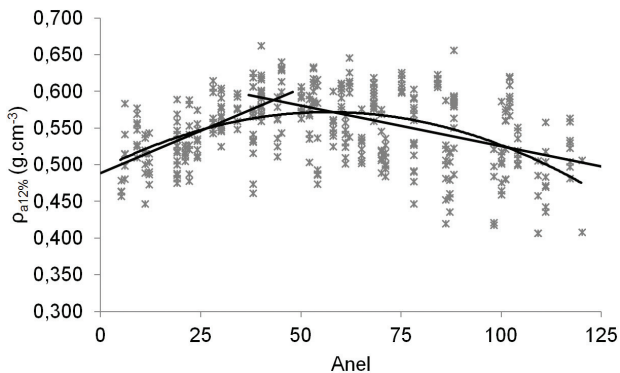
Os modelos ajustados para a predição da massa específica aparente a 12% ($\rho_{a12\%}$) em função de seu anel de crescimento correspondente (Tabela 1) denotaram-se estatisticamente significativos. Quanto aos modelos lineares, o primeiro (lenho juvenil) apresentou maior precisão de ajuste. Já, o padrão de variação da $\rho_{a12\%}$ (Figura 1) indicou que a partir da medula, os valores aumentaram paulatinamente (~entre os anéis 0 e 45), após houve uma estabilização nos valores médios (~entre os anéis 45 e 70), e posteriormente os valores tenderam a um declínio até as proximidades da casca do vegetal.

A intersecção das retas de regressão indicou que a segregação dos lenho juvenil e adulto de cedro examinado nesse estudo ocorreu aproximadamente no anel de crescimento de número 43, ou seja, em média, a partir do anel 44 teve início a formação do lenho adulto nos materiais estudados.

Tabela I. Modelos matemáticos propostos para a determinação do ponto de segregação dos lenhos juvenil e adulto de cedro

	Equação	R ²	Syx	Teste F
a	$\rho_{a12\%} = 0,488973 + 0,00229874 \cdot \text{Anel}$	36,7	0,0338351	75,44**
b	$\rho_{a12\%} = 0,635601 - 0,00110304 \cdot \text{Anel}$	15,3	0,0497418	39,79**
c	$\rho_{a12\%} = 0,493869 + 0,00274366 \cdot \text{Anel} - 2,41536E-4 \cdot \text{Anel}^2$	21,3	0,0443365	50,55**

Em que: $\rho_{a12\%}$ - massa específica aparente a 12% ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$); Anel - anel de crescimento (anel); a - primeiro modelo matemático proposto para a segregação dos lenhos juvenil e adulto; b - segundo modelo matemático proposto para a segregação dos lenhos juvenil e adulto; c - modelo matemático polinomial; R² - coeficiente de determinação (%); Syx - erro médio padrão (anel); F - valor de F calculado; ** - significativo em 1% de probabilidade de erro.

**Figura I.** Padrão radial de variação da massa específica aparente a 12% de umidade.

As três árvores selecionadas apresentaram os diâmetros (sem casca) de 28,75, 24,1 e 23,5 cm e os números totais de anéis de crescimento de 118, 112 e 104 anéis, respectivamente. Estimou-se que o anel de crescimento determinado (± 43) como ponto de delimitação dos lenhos juvenil e adulto correspondeu a uma distância média até a medula de 12,03 cm. De modo semelhante, outros autores, avaliando a variabilidade da massa específica no sentido medula-casca de distintas madeiras de folhosas identificaram as três zonas anteriormente mencionadas, intitulando-as como lenho juvenil, zona de transição e lenho adulto, respectivamente [3,16].

Em consulta a literatura, é possível asseverar que esse comportamento da $\rho_{a12\%}$ está relacionado às características anatômicas dessas madeiras, especialmente a espessura e o comprimento de fibras [17], sendo que em trabalhos antecedentes, esse segundo parâmetro anatômico foi avaliado com êxito na determinação da idade de segregação da madeira de outras espécies de folhosas [18-20].

A variabilidade da massa específica se fundamenta na produção hormonal das árvores durante seu crescimento. Por sua vez, a taxa de produção de hormônios possui inúmeras variáveis, incluindo características endógenas (procedência da semente, entre outras) e exógenas (parâmetros climatológicos, condições de solo, manejo florestal, entre outros) [21]. Em termos de valores médios, os valores de $\rho_{a12\%}$ denotaram-se dentro dos limites obtidos em outros estudos, para outras folhosas nativas [16,22].

3.2 Parâmetros Colorimétricos

Os modelos obtidos para a predição das propriedades colorimétricas em razão da idade (anel de crescimento) da madeira de cedro indicam o padrão radial de cada um desses parâmetros (Tabela 2 e Figura 2).

Em consideração a luminosidade (L^*), a Figura 2 denota que a partir da medula, tanto na face radial, quanto na tangencial, os níveis mantiveram-se constantes até aproximadamente o anel 70. Após, verificou-se uma tendência de aumento da L^* , indicando que a partir dessa idade (70 anos), a madeira produzida pelo vegetal foi gradativamente tornando-se mais clara. Tal região mais clara nas proximidades da casca (a partir do anel 70) se deve a presença de albúrnio, de modo que no material utilizado, verifica-se que o cerne ocupou quase toda a extensão radial do tronco.

Nesse contexto, sabe-se que as características dos extrativos que condicionam a variabilidade da cor entre os lenhos juvenil e adulto são intrínsecas a cada espécie [14]. De maneira geral, os compostos extraíveis são formados pelas células parenquimáticas, após são gradativamente exsudados às células adjacentes, concentrando-se principalmente na parede celular das células vasculares e de parênquima axial [23].

Do ponto de vista da coordenada cromática verde-vermelho (a^*), a partir do início da extensão radial da madeira, houve uma leve tendência ao aumento dos níveis até aproximadamente a posição do anel de número 40. Após isso, os níveis de a^* foram diminuindo de modo mais abrupto, chegando às proximidades da casca em níveis mais baixos do que os verificados próximos à medula. Esse comportamento infere uma elevada heterogeneidade dessa propriedade no sentido medula-casca.

Como já mencionado, o período de segregação dos lenhos juvenil e adulto da madeira desse estudo ocorreu aproximadamente os 40 anos de idade. Portanto, é possível verificar que no lenho juvenil, a madeira desse estudo foi adquirindo gradativamente tonalidades mais avermelhadas. Posteriormente, na região contida pelo lenho adulto, a tendência foi de que essa tonalidade adquirida foi sendo atenuada a uma taxa maior do que a modificação ocorrida no lenho juvenil.

Tabela 2. Modelos matemáticos propostos para a predição dos parâmetros colorimétricos dos lenhos juvenil e adulto de cedro em função de seus respectivos anéis de crescimento

	Equação	R ²	Syx	Teste F
Face radial	$L^* = 60,8536 - 0,0673474 \cdot \text{Anel} + 0,000866944 \cdot \text{Anel}^2$	8,79	3,7622	18,04**
	$a^* = 12,3764 + 0,0448159 \cdot \text{Anel} - 0,000587164 \cdot \text{Anel}^2$	19,28	1,7126	45,04**
	$b^* = 25,1467 - 0,0199152 \cdot \text{Anel} + 0,00012876 \cdot \text{Anel}^2$	1,64	1,0914	3,14*
	$C^* = 28,0518 + 0,00252343 \cdot \text{Anel} - 0,000139487 \cdot \text{Anel}^2$	5,92	1,4041	11,86**
	$h = 63,7863 - 0,100484 \cdot \text{Anel} + 0,00122517 \cdot \text{Anel}^2$	22,31	3,0105	54,00**
Face tangencial	$L^* = 60,136 - 0,029949 \cdot \text{Anel} + 0,000575853 \cdot \text{Anel}^2$	8,94	3,5336	18,46**
	$a^* = 12,3474 + 0,039269 \cdot \text{Anel} - 0,000571167 \cdot \text{Anel}^2$	22,67	1,6402	55,29**
	$b^* = 24,6262 + 0,000547335 \cdot \text{Anel} - 0,0000519066 \cdot \text{Anel}^2$	1,19	1,2791	2,27 ^{ns}
	$C^* = 27,6221 + 0,014923 \cdot \text{Anel} - 0,000268256 \cdot \text{Anel}^2$	7,22	1,6267	14,68**
	$h = 63,4143 - 0,0763306 \cdot \text{Anel} + 0,0010887 \cdot \text{Anel}^2$	29,27	2,6287	77,61**

Em que: L* - luminosidade; a* - coordenada cromática verde-vermelho; b* - coordenada cromática azul-amarelo; C* - saturação da cor; h - ângulo de tinta; * - significativo em 5% de probabilidade de erro; ** - significativo em 1% de probabilidade de erro; R² - coeficiente de determinação; Syx - erro padrão da estimativa.

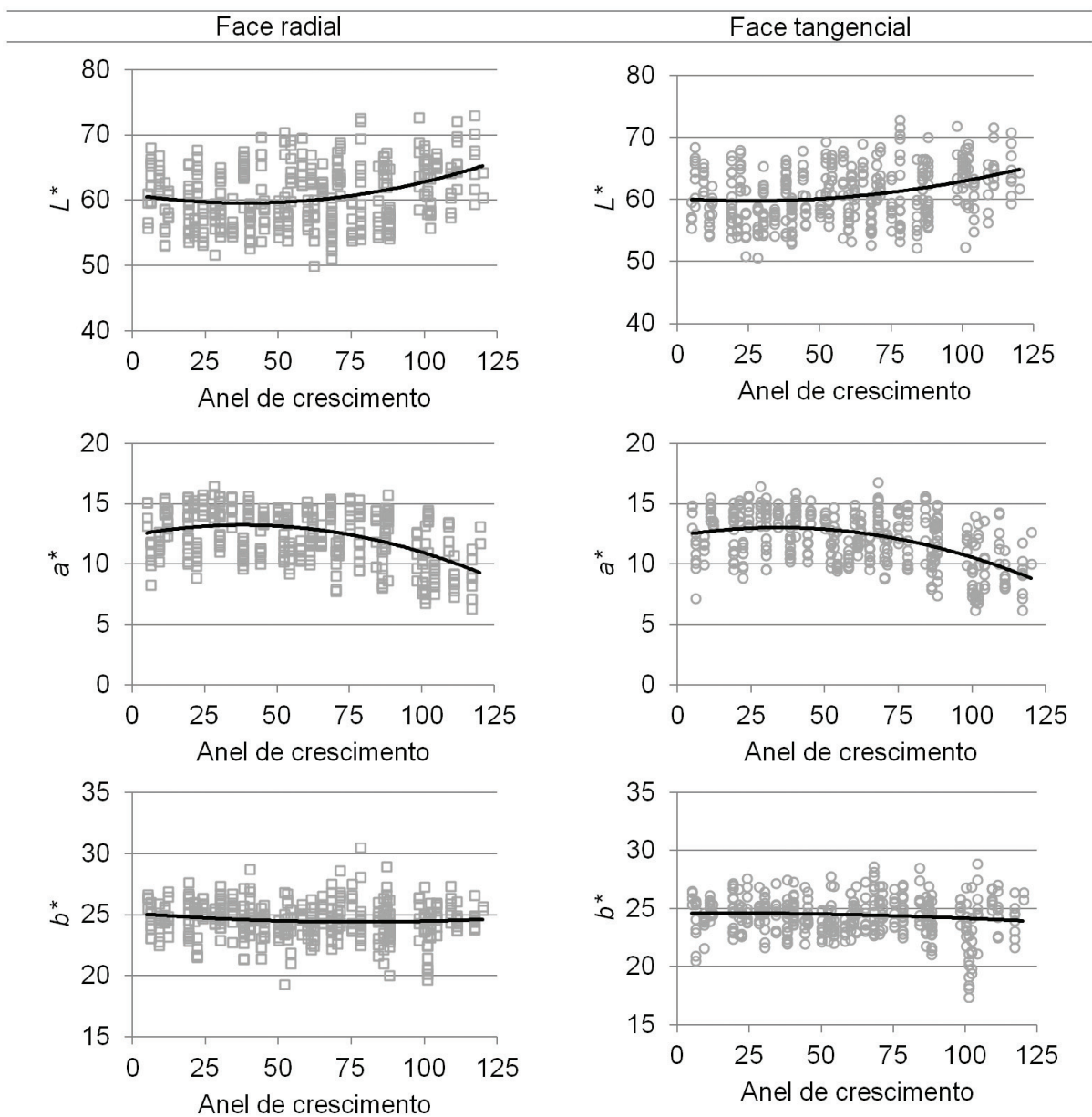


Figura 2. Padrão radial de variação dos parâmetros colorimétricos.

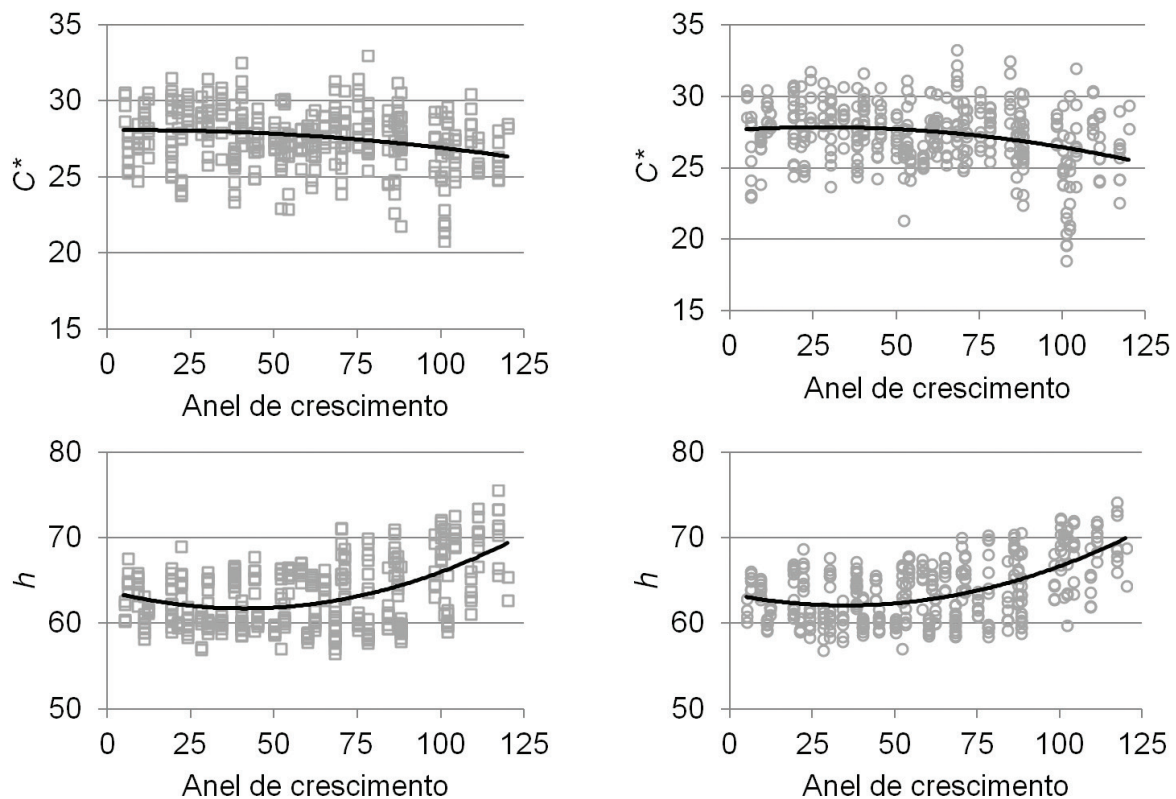


Figura 2. Continuação...

Contudo é oportuno levantar a hipótese de que essa taxa de modificação da coloração na comparação entre os lenhos juvenil e adulto esteja vinculada a proporção entre esses lenhos. Dessa maneira, como a segregação ocorreu em média a uma distância de 12,03 cm e o diâmetro das árvores amostradas possuiu um valor médio de 38,66 cm, verifica-se uma maior proporção de lenho adulto.

Tanto na face radial, quanto na tangencial, a b^* e a cromaticidade (C^*) sofreram uma tendência aproximadamente retilínea ao declínio no sentido medula-casca, ou seja, é possível verificar que na medida em que a madeira do presente estudo desenvolveu-se diametralmente, sua coloração foi adquirindo tons menos amarelados e mais opacos.

A tendência do padrão radial de variação do ângulo de tinta (h) foi inversa à verificada para a a^* . Dessa maneira, desde a medula, até a região da transição entre os lenhos juvenil e adulto, os níveis desse parâmetro sofreram um declínio levemente pronunciado, logo após, a tendência foi de aumento abrupto dos valores, acabando por chegar ao fim do lenho adulto em níveis mais elevados do que os verificados nas proximidades da medula.

Portanto, no lenho juvenil, a partir da medula a cor sai de uma coloração mais voltada aos tons de vermelho e vai a uma cor mais próxima à cor amarela, chegando à zona de transição entre os lenhos juvenil e adulto, onde ocorre o máximo nível da tonalidade amarela. Após, a cor novamente vai adquirindo uma coloração mais aver-

melhada, chegando à casca com os níveis máximos dessa tonalidade. Ainda em relação à h , verificou-se pela ANOVA multifatorial (Tabela 3) que o fator face não interferiu na variabilidade de seus níveis, assim como ocorreu para as demais propriedades colorimétricas, as quais sofreram um efeito significativo somente do fator tipo de lenho.

Quanto à comparação entre as faces radial e tangencial, os resultados apresentados na Tabela 3 ratificam o comportamento dos parâmetros colorimétricos visualizado na Figura 2. Portanto, quando são comparados os parâmetros cromáticos entre as faces radial e tangencial, não são verificadas características peculiaridades, as quais possam indicar uma distinção entre essas faces.

Quanto ao fator tipo de lenho, os resultados contidos na Tabela 4 dão conta de que na comparação com o lenho juvenil, o lenho adulto denotou-se mais claro e opaco, além de que sua coloração mostrou-se mais amarelada. Além disso, com a análise do h , verifica-se que o lenho adulto apresentou uma coloração com tonalidades mais voltadas ao amarelo do que ao vermelho, já no lenho juvenil essa tonalidade mais amarela do que vermelha não foi verificada com tanta intensidade.

O padrão heterogêneo de variabilidade dos níveis de a^* verificado com a observação da Figura 2 foi ratificado pelos maiores níveis de coeficiente de variação verificados na Tabela 4 (14,13 e 19,03 para os lenhos juvenil

Tabela 3. ANOVA multifatorial para os parâmetros colorimétricos em razão dos fatores lenho e face

	FV	SQ	GL	QM	Teste F
L*	A: Lenho	740,621	1	740,621	37,72**
	B: Face	2,67236	1	2,67236	0,14 ^{ns}
	A x B	17,8707	1	17,8707	0,91 ^{ns}
	Resíduos	14744,6	751	19,6333	
a*	A: Lenho	263,229	1	263,229	58,62**
	B: Face	11,1308	1	11,1308	2,48 ^{ns}
	A x B	2,26716	1	2,26716	0,50 ^{ns}
	Resíduos	3390,12	755	4,49022	
b*	A: Lenho	27,3029	1	27,3029	11,12**
	B: Face	3,22999	1	3,22999	1,32 ^{ns}
	A x B	0,126502	1	0,126502	0,05 ^{ns}
	Resíduos	1851,73	754	2,45587	
C*	A: Lenho	136,533	1	136,533	34,11**
	B: Face	11,2415	1	11,2415	2,81 ^{ns}
	A x B	0,332205	1	0,332205	0,08 ^{ns}
	Resíduos	3022,35	755	4,00311	
h	A: Lenho	700,92	1	700,92	53,04**
	B: Face	23,2388	1	23,2388	1,76 ^{ns}
	A x B	12,644	1	12,644	0,96 ^{ns}
	Resíduos	9937,59	752	13,2149	

Em que: L* - luminosidade; a* - coordenada cromática verde-vermelho; b* - coordenada cromática azul-amarelo; C* - cromaticidade; h - ângulo de tinta; FV= fonte de variação; SM= soma dos quadrados; GL= número de graus de liberdade; QM= quadrado médio; F= valor de F calculado; * = significativo a 5% de probabilidade de erro; ** = significativo a 1% probabilidade de erro; ns = não significativo.

Tabela 4. Valores médios e respectivos coeficientes de variação dos parâmetros colorimétricos em razão dos lenhos juvenil e adulto

	Lenho juvenil	Lenho adulto	Teste F
L*	59,480 (6,84)	61,532 (7,50)	37,16**
a*	13,078 (14,13)	11,852 (19,03)	58,22**
b*	24,755 (5,48)	24,354 (6,85)	11,38**
C*	28,029 (6,65)	27,141 (7,63)	34,27**
h	62,193 (4,22)	64,195 (6,36)	52,39**

Em que: L* - luminosidade; a* - coordenada cromática verde-vermelho; b* - coordenada cromática azul-amarelo; C* - cromaticidade; h - ângulo de tinta; ** = significativo a 1% de probabilidade de erro.

e adulto, respectivamente), o que indica que entre todos os parâmetros avaliados pelo método CIEL*a*b*, esse é o que apresenta os maiores índices de heterogeneidade na comparação entre os lenhos juvenil e adulto.

Em seu estudo, Mori e colaboradores avaliando a madeira de clones de *Eucalyptus* spp. com idades entre 7,5 e 13,5 anos, obtiveram correlação significativa e negativa entre a C* e o comprimento de fibras [24]. Com base nesta informação, é possível presumir que o lenho juvenil apresente valores mais elevados de C*, já que suas fibras são significativamente mais curtas do que as do lenho adulto [18,20]. Esta hipótese é concordante com os resultados reportados na Tabela 4, os quais indicam que o lenho juvenil apresentou um valor médio de C* mais elevado do que o lenho adulto, ou seja, o lenho juvenil denotou-se mais vivo e isso possivelmente se deve a geometria de suas fibras.

De modo geral, a análise feita acerca da cor da madeira indica a sensibilidade do método CIEL*a*b*, bem como a importância de que estudos desse calibre sejam mais efetuados, pois os resultados apresentados indicam que a cor da madeira é uma característica com padrão de variabilidade peculiar no sentido medula-casca, de modo que sua análise é uma tarefa que demanda um conhecimento bastante específico. Além disso, nessa avaliação os dados são de fácil e rápida obtenção.

4 CONCLUSÕES

- Em nenhum dos parâmetros colorimétricos foi verificada diferença atribuída à comparação entre as faces radial e tangencial;
- A transição entre os lenhos juvenil e adulto esteve vinculada ao padrão radial de variação da luminosidade (L*), da coordenada cromática verde-vermelho (a*) e do ângulo de tinta (h), dessa maneira verifica-se que esses parâmetros possuem uma variabilidade no sentido medula-casca semelhante a da massa específica;
- A variação da radial da cromaticidade (C*) e da coordenada cromática azul-amarelo (b*) apresentaram uma tendência aproximadamente linear ao longo do diâmetro da madeira;

- Comparado ao lenho juvenil, o lenho adulto apresentou coloração mais clara e opaca, bem como teve uma variabilidade mais abrupta de L^* , a^* e h .
- A partir do anel de número 70, a coloração da madeira foi atribuída à fronteira de formação de cerne e albúneo.

REFERÊNCIAS

- REFLORA. Programa REFLORA/CNPQ. Rio de Janeiro; 2014. [atualizada em 5 jul. 2014; acesso em 7 maio 2014]. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br>.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Informações sobre madeira. São Paulo; 2014 [atualizada em 5 jul. 2014; acesso em 7 maio 2014]. Disponível em: http://www.ipt.br/consultas_online/informacoes_sobre_madeira.
- Delucis RA, Gatto DA, Stangerlin DM, Cademartori PHG, Correa LW, Vega RA. Segregação e variação radial de propriedades físicas da madeira juvenil e adulta de cedro (*Cedrela fissilis* Vellozo). *Scientia Forestalis*. 2013;41(4):435-566.
- Nughoro WD, Marsoem SN, Yasue K, Fujiwara T, Nakajima T, Hayakawa M, et al. Radial variations in the anatomical characteristics and density of the wood of *Acacia mangium* of five different provenances in Indonesia. *Journal of Wood Science*. 2012;58(3):185-194. <http://dx.doi.org/10.1007/s10086-011-1236-4>
- Evert RF. *Esau's plant anatomy: meristems, cells, and tissues of the plant body: their structure, function, and development*. 3rd ed. New Jersey: John Wiley & Sons; 2006. <http://dx.doi.org/10.1002/0470047380>
- Vidaurre G, Lombardi LR, Oliveira JTS, Arantes MDC. Lenho juvenil e adulto e as propriedades da madeira. *Floresta e Ambiente*. 2011;18(4):469-480. <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2011.066>
- Gatto DA, Cademartori PHG, Stangerlin DM, Calegari L, Trevisan R, Denardi L. Proportion of juvenile wood of açoita-cavalo, pecan and London plane wood. *International Wood Products Journal*. 2013;4(1):33-36. <http://dx.doi.org/10.1179/2042645312Y.0000000001>
- Stangerlin DM. Monitoramento de propriedades de madeiras da Amazônia submetidas ao ataque de fungos apodrecedores [tese de doutorado]. Brasília: Universidade de Brasília; 2012.
- Atik C, Candan Z, Unsal O. Colour characteristics of pine wood affected by thermal compressing. *Ciência Florestal*. 2013;23(2):475-479. <http://dx.doi.org/10.5902/198050989291>
- Cademartori PHG, Schneid E, Gatto DA, Stangerlin DM, Beltrame R. Thermal modification of *Eucalyptus grandis* wood: variation of colorimetric parameters. *Maderas. Ciencia y Tecnología*. 2013;15(1):57-64.
- Mattos BD, Cademartori PHG, Lourençon TV, Gatto DA. Colour changes of brazilian eucalypts wood by natural weathering. *International Wood Products Journal*. 2013;5(1):33-38. <http://dx.doi.org/10.1179/2042645313Y.0000000035>
- Stangerlin DM, Costa AF, Gonzalez JC, Pastore TCM, Garlet A. Monitoramento da biodeterioração da madeira de três espécies amazônicas pela técnica da colorimetria. *Acta Amazonica*. 2013;43(4):429-438. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672013000400004>
- Huang X, Kocaefe D, Kocaefe Y, Boluk Y, Pichete A. A spectrophotometric and chemical study on color modification of heat-treated wood during artificial weathering. *Applied Surface Science*. 2012;258(14):5360-5369. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2012.02.005>
- Rowell RM, Pettersen R, Han JS, Rowell JS, Tshabalala, MA. *Handbook of wood chemistry and wood composites*. New York: CRC Press; 2005.
- American Society for Testing and Materials. ASTM D5536-94: standard practice for sampling forest trees for determination of clear wood properties. Philadelphia; 2010.
- Peres ML, Gatto DA, Stangerlin DM, Calegari L, Beltrame R, Haselein CR, et al. Idade de segregação do lenho juvenil e adulto pela variação da massa específica de açoita-cavalo. *Ciência Rural*. 2012;42(9):1596-1602. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012000900013>
- Valente BMRT, Evangelista WV, Silva JC, Della Lucia RM. Variabilidade radial e longitudinal das propriedades físicas e anatômicas da madeira de angico-vermelho. *Scientia Forestalis*. 2013;41(4):485-496.
- Lara Palma HA, Leonello EC, Ballarin AW. Demarcação da madeira juvenil e adulta de *Corymbia citriodora*. *Cerne*. 2010;16(Suplemento):141-148.
- Ferreira AL, Severo ETD, Calonego FW. Determination of fiber length and juvenile and mature wood zones from *Hevea brasiliensis* trees grown in Brazil. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2011;69(4):659-662. <http://dx.doi.org/10.1007/s00107-010-0510-2>
- Kiaei M, Bakhshi R, Veylaki S. Determination of fiber length and juvenile and mature wood zones in *Acer velutinum* Boiss. trees grown in Iran. *Forestry Studies in China*. 2012;14(4):323-326. <http://dx.doi.org/10.1007/s11632-012-0406-9>

- 21 Panshin AJ, De Zeeuw C. Textbook of wood and technology. New York: McGraw-Hill; 1970.
- 22 Eloy E, Caron BO, Trevisan R, Schmidt D, Zanon MLB, Behling A, et al. Variação longitudinal e efeito do espaçamento na massa específica básica da madeira de *Mimosa scabrella* e *Ateleia glazioviana*. Floresta. 2013;43(2):327-334. <http://dx.doi.org/10.5380/rev.v43i2.29266>
- 23 Dünisch O, Richter HG, Koch G. Wood properties of juvenile and mature heartwood in *Robinia pseudoacacia* L. Wood Science and Technology. 2010;44(2):301-313. <http://dx.doi.org/10.1007/s00226-009-0275-0>
- 24 Mori CLSO, Mori FA, Lima JT, Trugilho PF, Oliveira AC. Influência das características tecnológicas na cor da madeira de eucaliptos. Ciência Florestal. 2004;14(2):123-132.

Recebido em: 15 Mar. 2014

Aceito em: 21 Jul. 2014