

Propriedades físicas e químicas da madeira de cerne e alburno de *Cryptomeria japonica*

*Physical and chemical properties of heartwood and sapwood of *Cryptomeria japonica**

Ana Paula Namikata Fonte*, Rosilani Trianoski, Setsuo Iwakiri e Rui André Maggi dos Anjos

Recebido em 05/08/2016 / Aceito em 14/03/2017

RESUMO

O estudo das propriedades físicas e a composição química da madeira são de grande importância por estarem relacionadas à transformação industrial, bem como à sua aptidão as mais variadas formas de utilização. Com base nisto, o presente estudo objetivou avaliar as propriedades químicas e físicas da *Cryptomeria japonica* nas porções do lenho referentes ao cerne e alburno. Foram coletadas 200 árvores, as quais foram seccionadas em toras para o desdobro, sendo então, amostradas 55 tábuas provenientes das 1ª e 2ª toras. A partir das tábuas foram separadas amostras da região do cerne e do alburno para a avaliação das propriedades químicas e físicas. As propriedades químicas foram determinadas de acordo com a norma TAPPI, sendo elas: teor de extrativos, teor de lignina, teor de materiais inorgânicos e potencial hidrogeniônico (pH). Já as propriedades físicas avaliadas foram a massa específica e estabilidade dimensional, ambas de acordo com a norma COPANT. De maneira geral, ambas as porções do lenho apresentaram propriedades químicas compatíveis com a literatura para a *Cryptomeria japonica*, com menores valores na porção do alburno. Em relação às propriedades físicas, a espécie apresentou massa específica de baixa a média, sendo ela semelhante para ambas as porções do lenho, e boa estabilidade dimensional. Com base nas pequenas variações encontradas entre as diferentes porções, principalmente nas propriedades físicas, acredita-se que haverá pouca influência desta variabilidade sobre o processamento e uso da madeira de *Cryptomeria japonica*.

PALAVRAS-CHAVE: massa específica, retratibilidade, anisotropia, extrativos.

ABSTRACT

The study of the physical properties and chemical composition of the wood are of great importance for being related to industrial transformation as well as its aptness the most varied forms of use. On this basis, this study aimed to evaluate the chemical and physical properties of *Cryptomeria japonica* in wood samples for the heartwood and sapwood. The chemical properties of the content of extractives, lignin and inorganic materials content and hydrogenic potential (pH) were determined. The physical properties related to determination of density and dimensional stability, were evaluated by using 951 samples. In general, both wood samples presented chemical properties compatible with the literature for *Cryptomeria japonica*. For both samples a low content of extractives was obtained, being lower in the sapwood. The results indicated that the species presented density from low to medium; it is similar to both wood samples. Regarding the dimensional stability *Cryptomeria japonica* was rated as good stability.

KEYWORDS: wood density, dimensional stability, extractives.

INTRODUÇÃO

A madeira de cada espécie florestal é um material com características específicas no que se referem as propriedades físicas e químicas, diferenças também registradas entre porções de uma mesma árvore em função de sua idade, porcentagem de lenho tardio e juvenil, massa específica, ângulo de grã, a presença de lenho de reação, condições climáticas dos plantios, entre outros fatores.

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

*Autor para correspondência <ana.namikata@gmail.com>

De acordo com TSOUMIS (1991) e NISGOSKI (1999), as propriedades químicas estão relacionadas aos componentes da madeira, como: celulose, hemiceluloses, lignina e componentes acidentais como cinzas e extrativos, sendo que estes últimos são constituintes que, embora possam atuar no aumento da durabilidade natural da madeira, exercem grande influência sobre certos processos industriais, dificultando o processamento a partir do empastamento das ferramentas de corte, interferindo na colagem e na aplicação de acabamentos superficiais, portanto, podem ser considerados indicadores de conformidade da madeira para esses processos (PANSIN & DE ZEEW 1980).

CAIXETA (2000) e LIMA et al. (2007) mencionam que os componentes acidentais podem exercer efeitos também sobre a linha de cola, como a sua migração para a superfície de contato da colagem reagindo com o adesivo, o que implica na redução da resistência da linha de cola, ou ainda impede a penetração do adesivo na madeira. Segundo LIMA et al. (2007), a influência dos componentes acidentais depende de sua quantidade e natureza. Como exemplo, as resinas encontradas em algumas espécies podem influenciar a qualidade da usinagem, além de poderem aderir à ferramentas de corte (NÉRI 2003).

O teor de cinzas deve se apresentar em torno ou abaixo de 0,5%, e pode exercer influência sobre a usinagem, visto que este pode acarretar desgaste nas ferramentas devido às substâncias inorgânicas como os óxidos, um exemplo que pode ser citado é a sílica (PANSIN & DE ZEEUW 1980, IWAKIRI 2005).

As propriedades físicas mais importantes são a massa específica, e a retratibilidade. Em função disso, é relevante conhecer o comportamento de cada espécie para que todas as operações que envolvam a madeira, como processamento, secagem, colagem e aplicação de acabamentos, resultem em peças de qualidade elevada (DOWNES 1997, SILVA 2002, DIAS JÚNIOR et al. 2013).

Em relação à massa específica, observa-se frequentemente que quanto maior a sua magnitude, maior será o valor de retratibilidade, e conseqüentemente mais difícil será a usinagem, colagem e aplicação de acabamentos nessa peça (STEWART & POLAK 1985, SILVA 2002, SOUZA et al. 2009).

A instabilidade dimensional e os elevados coeficientes de anisotropia, segundo TRIANOSKI (2012), são características que limitam as aplicações

da madeira, e, portanto, requerem técnicas apropriadas de processamento para se obter o máximo de aproveitamento com a melhor qualidade possível. De acordo com DURLO & MARCHIORI (1992), madeiras com coeficiente de anisotropia de até 1,5 são consideradas madeiras muito estáveis (de excelente qualidade), madeiras com coeficiente de anisotropia de 1,6 até 2,0 são consideradas de média a baixa (qualidade normal), de 2,1 a 2,5 são classificadas como média a alta (qualidade média baixa) e acima de 2,6 são madeiras muito instáveis (baixa qualidade).

Para DOWNES (1997), as propriedades da madeira variam no sentido da medula à casca, e sua intensidade se altera de acordo com a espécie e a idade da árvore. Os estudos sobre a variação da posição radial podem proporcionar melhor aproveitamento, como na secagem, colagem, acabamento e nas operações de usinagem (SILVA et al. 2009).

A *Cryptomeria japonica* tem sido estudada como uma espécie alternativa, possuindo grande potencial para plantio e diversidade de utilização nas indústrias madeireiras (PEREIRA et al. 2003). Nota-se que poucos estudos abordam os aspectos tecnológicos dessa espécie, o que leva a necessidade de estudos sobre suas propriedades, especialmente das propriedades físicas e químicas, e a variabilidade das propriedades entre cerne e alburno.

Essa espécie é considerada a maior conífera japonesa existente (SHIBUTANI et al. 2007). De acordo com GURGEL FILHO (1964), PEREIRA et al. (2003) e PINTO (2011), sua madeira apresenta massa específica considerada leve a média, alta estabilidade dimensional, boa trabalhabilidade, grã direita a levemente inclinada, presença de nós, textura fina a grosseira, seu cerne apresenta cor avermelhada e o alburno coloração clara.

A partir disto, o presente estudo objetivou comparar as propriedades químicas e físicas da madeira de *Cryptomeria japonica* nas porções de cerne e alburno.

MATERIAL E MÉTODOS

A madeira de *Cryptomeria japonica* avaliada na presente pesquisa foi proveniente de plantios experimentais localizados na Estação Experimental da Universidade Federal do Paraná, na cidade de Rio Negro, PR. O teste de procedência de *C. japonica* foi instalado entre fevereiro e abril de 1980 e os exemplares, no momento da coleta, apresentavam

aproximadamente 35 anos de idade. Foram coletadas 200 árvores, as quais foram seccionadas em toras para o desdobro, sendo então, amostradas 55 tábuas com dimensões de 3,5 m de comprimento, largura variando entre 16 e 30 cm e espessura de 2,6 cm, provenientes das 1ª e 2ª toras. A partir das tábuas foram separadas amostras da região do cerne e do alburno para a avaliação das propriedades químicas e físicas.

Determinação da composição química

Das extremidades das tábuas foram extraídas amostras de 1 cm, e a partir desse material foram separados manualmente entre cerne e alburno, com o auxílio de um formão, para a determinação das propriedades químicas.

A composição química quantitativa da madeira foi avaliada mediante a determinação do teor de extrativos em água fria e quente; em hidróxido de sódio a 1%, e em etanol-tolueno, extrativos totais, teor de lignina e teor de cinzas e pH, conforme as normas TAPPI 207 (1999), TAPPI 212 (2002), TAPPI 211 (2002), TAPPI 264 (1997), TAPPI 252 (2002), respectivamente.

Determinação das propriedades físicas

Para determinação das propriedades físicas, as tábuas foram seccionadas, obtendo-se amostras de 35 cm de comprimento e largura variando entre 26 e 35 cm, conforme a Norma COPANT 458 (1972) - Maderas – selección y colección de muestras. As amostras foram orientadas, segundo o plano de corte, e posteriormente imersas em água até completa saturação. Após isto foram confeccionados os corpos de prova para a avaliação da massa específica básica e da retratibilidade, seguindo, os procedimentos da Norma COPANT 461(1972) - Método de determinación del peso específico aparente, e da Norma COPANT. 462(1972) – Método de determinación de la contracción.

Análise estatística

Os resultados dos ensaios foram submetidos à análise estatística, para obtenção dos valores médios, mínimos e máximos, bem como foram submetidos ao Teste de Grubb's para avaliar a ocorrência de *outliers*, Teste de Bartlett para verificar a homogeneidade de variância, e análise de variância. Quando a Anova indicou a ocorrência de diferença estatística significativa em alguma das propriedades avaliadas, procedeu-se o teste de comparação de médias de

Tukey. Todos os testes foram efetuados a partir do pacote estatístico “Statgraphics Centurion XVI”, a 95% de confiabilidade.

Determinaram-se também, as correlações de Spearman entre as propriedades de densidade e retratibilidade da madeira. Essas correlações foram testadas pelo teste F a 5% de significância e realizadas no software “Statgraphics Centurion XVI”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação das propriedades químicas

Os valores médios da composição química da madeira de *Cryptomeria japonica* são apresentados na Tabela 1.

Com exceção do potencial hidrogeniônico (pH) e do teor de lignina, as madeiras de cerne e alburno diferiram estatisticamente quanto aos teores de extrativos e cinzas, sendo as maiores porcentagens registradas para a madeira de cerne.

O maior teor de extrativos presentes na madeira de *C. japonica*, pode ser relacionado, segundo FENGEL & WEGENER (1989) e KOFUJITA et al. (2002) à presença de ferruginol, o qual é um extrativo classificado como diterpeno, responsável pelo odor agradável presente na madeira encontrado na madeira de *C. japonica*. Além disso, durante a formação do cerne, são depositados taninos, óleos essenciais e substâncias fenólicas que aumentam a durabilidade natural da madeira (PANSWIN & DE ZEEW 1980).

O valor médio para o teor de extrativos em água fria para a espécie, o qual foi obtido de acordo com os valores encontrados para as porções de cerne e alburno, foi de 0,95%, sendo que cerne apresentou valor médio de 1,58% e o alburno 0,32%. Este resultado indica que o cerne possui uma maior quantidade de sais, açúcares simples, polissacarídeos, e algumas substâncias fenólicas.

Já o valor médio obtido para o teor de extrativos em água quente foi de 2,49% para a espécie, e de 3,19% para o cerne e 1,81% para o alburno. Nessa etapa pode ocorrer a solubilização de outros compostos fenólicos (HILLIS 1971).

Para o teor de componentes solúveis em hidróxido de sódio (NaOH), o qual pode ser um indicativo da presença de biodeterioração da madeira pela ação de agentes xilófagos, verificou-se um valor médio para a espécie de 9,35%, e de 11,02% para o cerne e 7,65% para o alburno. Visualmente, não foram perceptíveis sinais de deterioração nas amostras,

Tabela 1. Resultados médios das propriedades químicas da madeira de *Cryptomeria japonica*.
 Table 1. Average results of the chemical properties of *Cryptomeria japonica*.

Propriedades químicas	Média	Cerne	Alburno
Teor de extrativos em água fria, %.	0,95	1,58 a (9,95)	0,32 b (11,14)
Teor de extrativos em água quente, %	2,49	3,19 a (2,64)	1,81 b (3,25)
Teor de extrativos em NaOH, %	9,35	11,02 a (1,10)	7,65 b (2,02)
Teor de extrativos em etanol tolueno, %	3,27	5,31 b (3,74)	1,23 a (3,92)
Teor de extrativos totais, %	3,77	5,58 b (3,42)	1,96 a (5,07)
pH	5,73	5,68 a (0,90)	5,77 a (1,61)
Teor de lignina, %	35,46	35,88 a (0,83)	35,04 a (1,02)
Teor de cinzas, %	0,39	0,67 a (1,29)	0,31 b (4,91)

Médias seguidas de mesma letra na mesma linha são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação em percentual.

como manchas e outras injúrias.

Logo, estes valores podem ser explicados devido à solubilização (degradação) da lignina e das hemiceluloses, o que pode aumentar a quantidade de componentes solúveis neste reagente, sem a madeira apresentar realmente a degradação.

Os extrativos em etanol-tolueno demonstraram que a *Cryptomeria japonica* apresenta valor médio para a espécie de 3,27%. A madeira localizada na região do cerne possui valor consideravelmente maior que o alburno, 5,31% e 1,23%, respectivamente. Essa etapa consiste na extração de ácidos graxos e ésteres (FENGEL & WEGENER 1989, MARRA 1992).

Os extrativos totais quantificam todos os compostos extraídos da madeira, os quais, no presente estudo, foram de 3,77% para a espécie, 5,58 % para o cerne e 1,96% para o alburno. O cerne apresentou valores mais elevados do que o alburno, possivelmente, devido a *C. japonica* apresentar no cerne, as substâncias oleosas 1-epi-cubenol, δ -cadinene, cubenol, trans-calamenene, α -eudesmol e α -muurolene, sendo 52% de sesquiterpenos (HO et al. 2010). SHIBUTANI et al. (2007) citam que nesta região ocorre uma concentração de cryptomeriol, ferruginol e outras substâncias com propriedades antifúngicas e antimicrobianas.

A quantidade de extrativos totais da madeira, segundo NURMI (1992), varia de 3,5 a 5,4% para coníferas. FENGEL & WEGENER (1989),

NISGOSKI (1999) e TRIANOSKI (2010, 2012) complementam que o teor de extrativos para madeira de coníferas está na faixa de 2 a 10%. A *C. japonica* utilizada neste estudo apresentou valores médios de extrativos totais para as porções de cerne e alburno semelhantes aos valores encontrados por NURMI (1992) para *Pinus abies*, *P. sylvestris*, *P. pubescens*, *P. pendula*, *P. incana*, *P. glutinosa* e *P. tremula*.

Os baixos teores de extrativos na madeira são desejados, tendo em vista o efeito negativo destes componentes sobre diversos processos e produtos. Por outro lado, também apresentam alguns benefícios, conforme o uso final. De acordo com CAIXETA (2000) e LIMA et al. (2007), os extrativos da madeira que interferem sobre a utilização da madeira se referem a alterações na coloração, aumento de durabilidade e danos ao desempenho da linha de cola.

Em relação à colagem, o alto teor de extrativos pode afetar negativamente a linha de cola, pois pode resultar em uma pré-cura dos adesivos quando este entra em contato com os extrativos (TSOUMIS 1991).

É importante observar o tipo dos extrativos e sua quantidade na madeira, pois podem exercer interferência nas reações de polimerização do adesivo ou gerar uma reação entre o extrativo da madeira e o adesivo (HILLIS 1971, LIMA et al. 2007).

O baixo teor de extrativos encontrado neste estudo pode ser uma vantagem para realizar a colagem, tanto lateral quanto de topo, pois de acordo

com TSOUMIS (1991), provavelmente não haverá influência na polimerização do adesivo, e nem na aderência à madeira.

Em relação ao processo produtivo da celulose, DEMUNER (2011) menciona que a presença de extrativos pode dificultar o procedimento de branqueamento da massa celulósica, além de dificultar a impregnação do licor de cozimento na madeira (DIAS & SIMONELLI 2013).

No caso da aplicação de produtos de acabamento, GHOFRANI et al. (2016) relatam o efeito da presença de extrativos na madeira, mencionando que estas substâncias podem reduzir a compatibilidade e a força de adesão dos vernizes. Por sua vez, HILLIS (1971) menciona que alguns tipos de extrativos podem conferir aderência ao acabamento e estabilidade dimensional à madeira, outros são absorvedores de luz ultravioleta e aumentam a estabilidade dos vernizes.

Os valores médios do pH variaram de 5,68 a 5,77, não sendo constatada diferença estatística significativa entre as diferentes posições radiais. Segundo descrições de JOHNS & NIAZI (1980) e TRIANOSKI (2010, 2012), o pH do alburno encontra-se geralmente em torno de 5 a 6, e o pH do cerne pode alcançar os valores entre 3 e 4. Porém, no presente estudo, o valor para o alburno se apresentou dentro da faixa indicada por esses mesmos autores, e o valor para o cerne foi superior.

O valor médio de lignina na espécie foi de 35,46%, cuja variação entre as posições radiais de cerne e alburno foi de 35,88% e 35,04%, respectivamente, não sendo constatadas diferenças estatísticas significativas. Em análise do teor de lignina da *C. japonica*, SUDIYANI et al. (1999) encontraram um teor de 29,1% para árvores com 20 anos de idade, valores menores do que os obtidos por este estudo. Em compensação, EHARA et al. (2002) obtiveram valor médio de 33,6%, e COLODETTE (1982), encontrou valor de 32% de lignina contida na madeira, ou seja, resultados semelhantes ao valor resultante dessa análise, o que possivelmente ocorreu por serem utilizadas árvores mais velhas no presente estudo.

O teor de cinzas obtido foi de 0,39% para a espécie, 0,67% para o cerne e de 0,31% para o alburno, sendo constatada diferença estatística significativa entre as duas regiões estudadas. Segundo PANSIN & DE ZEEW (1980), na formação do cerne são produzidos os extrativos, mas também as cinzas, as

quais são provenientes da deposição de substâncias no cerne, como cálcio, potássio e magnésio.

Os valores obtidos no presente estudo, tanto os valores de teor de cinzas para o cerne, como para o alburno, se encontram dentro da faixa descrita por FENGEL & WEGENER (1989), os quais descreveram teores de cinzas para coníferas na faixa de 0,1 a 1,0% em base seca. Este resultado indica que o material estudado não apresenta grande quantidade de substâncias inorgânicas que possa exercer influência nos processos ligados a transformação da madeira.

Avaliação das propriedades físicas

Os valores médios das propriedades físicas da madeira de *Cryptomeria japonica*, bem como de suas respectivas posições radiais são apresentados na Tabela 2.

Observa-se que a massa específica a 0% de umidade (anidra), a massa específica básica e a massa específica verde foram estatisticamente maiores no alburno do que no cerne, e para ambas os coeficientes de variação foram baixos, esses resultados podem estar associados à presença de madeira adulta na porção que engloba a madeira de alburno.

Em relação ao valor médio para a massa específica básica, pode-se observar que tanto para o cerne quanto para o alburno, os valores médios apesar de apresentarem diferenças estatísticas, apresentaram valores próximos, de 0,42 e 0,43 g cm⁻³, respectivamente.

Para a contração tangencial o valor médio encontrado para a espécie foi de 6,93%, 6,69% para o cerne e 7,20% para o alburno, para a contração radial o valor médio da espécie foi de 3,86%, 3,13% para o cerne e 4,36% para o alburno. E por fim, a contração longitudinal, que não apresentou valores expressivos, de 0,17% para a espécie, 0,16% para o cerne e 0,17% para o alburno. No que tange a contração volumétrica, o valor médio obtido para a espécie foi de 10,63%, sendo 9,65% para o cerne e 11,40% para o alburno. Nota-se que as contrações observadas para a madeira de alburno, com exceção da contração linear no sentido longitudinal, foram estatisticamente superiores na madeira de alburno.

Os valores encontrados para a anisotropia foram mais elevados para o cerne, qualificando a madeira de *C. japonica* como madeira de baixa qualidade para o cerne (2,11) e normal para o alburno (1,69), com anisotropia de 1,87 para a espécie. Segundo a classificação de DURLO & MARCHIORI (1992), os

Tabela 2. Resultados médios das propriedades físicas da madeira de *Cryptomeria japonica*.
 Table 2. Average results of the physical properties of *Cryptomeria japonica*.

Propriedades físicas	Espécie ¹	Cerne	Alburno
Massa específica verde, g cm ⁻³	0,76 (15,52)	0,68 a (10,73)	0,81 b (14,70)
Massa específica aparente 0%, g cm ⁻³	0,48 (10,63)	0,47 a (8,85)	0,50 b (8,94)
Massa específica básica, g cm ⁻³	0,43 (9,99)	0,42 a (10,60)	0,43 b (9,41)
Contração volumétrica, %	10,63 (16,40)	9,65 a (19,76)	11,40 b (11,08)
Contração tangencial, %	6,93 (12,85)	6,69 a (14,65)	7,20 b (9,72)
Contração radial, %	3,86 (30,02)	3,13 a (38,92)	4,36 b (18,64)
Contração longitudinal, %	0,17 (39,80)	0,16 a (46,77)	0,17 a (36,18)
Coefficiente de Anisotropia	1,87 (21,25)	2,11 b (16,31)	1,69 a (13,00)

¹Valor médio para a espécie. Massa específica verde é determinada com a madeira na condição de saturação máxima. Médias seguidas de mesma letra na mesma linha são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação em percentual.

valores indicam, de maneira geral, que a madeira desta espécie possui qualidade normal, boa estabilidade e boa trabalhabilidade, o que pode significar uma facilidade para executar as operações de usinagem.

No estudo de CARNEIRO et al. (2009) foram utilizadas árvores de 14 anos da espécie em questão, encontraram massa específica básica média de 0,255 g cm⁻³, inferior a registrada no presente estudo, o qual apresentou massa específica básica de 0,422 g cm⁻³ para o cerne e 0,436 g cm⁻³ para o alburno, para indivíduos de 35 anos. Esta diferença nos valores de massa específica pode estar associada às diferenças de idade entre as árvores analisadas, visto que no presente estudo foram avaliados indivíduos de 35 anos. Em relação as contrações tangencial, radial e volumétrica, os autores citados anteriormente obtiveram, respectivamente, valores de 6,59%, 2,96% e 9,96%, todas inferiores aos valores do presente estudo. Por fim, em relação ao coeficiente de anisotropia médio, o estudo citado apresentou um valor de 2,54, valor superior ao obtido neste estudo, que foi de 1,87.

PEREIRA et al. (2003) encontraram valores médios para massa específica básica de 0,360 g cm⁻³ em árvores de 22 anos de idade, valor inferior ao presente estudo, provavelmente devido à diferença de idade das árvores. Em relação aos índices de contração tangencial, radial e volumétrica, eles obtiveram, respectivamente, 7,26%, 3,09% e 11%,

sendo que os valores para as contrações tangencial e a volumétrica são compatíveis com os obtidos para a madeira de alburno do presente estudo. Por outro lado, o coeficiente de anisotropia destes autores também foi superior (de 2,7) em relação ao encontrado neste experimento.

A massa específica básica média de toras de *C. japonica* encontrada por MATSUMURA et al. (2013) foi de 0,310 g cm⁻³ para o cerne e de 0,276 g cm⁻³ para o alburno, valores inferiores aos encontrados no presente trabalho, por sua vez HASEGAWA et al. (2012) obtiveram valores médios de 0,429 g cm⁻³ para o cerne e 0,421 g cm⁻³ para o alburno, ambos valores compatíveis com os obtidos nesta pesquisa. ISHIGURI et al. (2003) obtiveram valor de 0,360 g cm⁻³ também foi inferior ao valor encontrado no presente estudo e YANG et al. (2008) apresentaram valor de 0,520 g cm⁻³ o único que encontrou um valor superior a *Cryptomeria japonica* deste estudo.

Correlações entre massa específica e retratibilidade

A Tabela 3 apresenta as correlações entre a massa específica básica e a retratibilidade da madeira de *Cryptomeria japonica*.

A correlação encontrada para a massa específica básica média da espécie é classificada, segundo PALLANT (2007), como de média intensidade (valores concentrados entre 0,30 a 0,49 ou -0,30

Tabela 3. Correlação entre massa específica básica, e os valores de contração tangencial, radial, volumétrica e anisotropia da madeira de *Cryptomeria japonica*.

Table 3. Correlation between mass specific basic, and values for contraction tangential, radial, volumetric and anisotropy of *Cryptomeria japonica* wood.

ME/ Posição	Ct	Cr	Cv	Anisotropia
Espécie	0,37*	0,47*	0,48*	- 0,36*
Cerne	0,24*	0,21 ^{ns}	0,30*	- 0,05 ^{ns}
Alburno	0,46*	0,73*	0,66*	- 0,64

ME - Massa específica; Posição - Posição radial; Ct - Contração tangencial; Cr - Contração radial; Cv - Contração volumétrica; ^{ns}Não significativo a 95% de probabilidade; * significativos a 95% de probabilidade; sinal negativo (-) indica que a propriedade está inversamente correlacionada a massa específica.

a -0,49) para as variáveis de contração tangencial radial, volumétrica e para a anisotropia, e todas consideradas estatisticamente significativas. Entre as variáveis massa específica e contração tangencial, radial, volumétrica, os coeficientes de correlação demonstraram-se positivos, ou seja, a medida que a massa específica aumenta, maiores são os valores de contração. Em contrapartida, para a anisotropia as correlações com a massa específica foram negativas, ou seja, a anisotropia está inversamente correlacionada com a massa específica, sendo que quanto menos a massa específica mais instável é a madeira. O resultado encontrado está de acordo com os relatos de KOLLMANN et al. (1975), os quais corroboram que quanto maior a massa específica, maior a contração da parede celular. Isso significa que 48% (Tabela 3) da variação da contração volumétrica da espécie pode ser explicada pela variação da sua massa específica.

Para o cerne, foram encontradas correlações de baixa intensidade, as quais foram significativas para a contração tangencial e volumétrica, e não significativa para as demais propriedades estudadas. Essas relações apresentadas não foram tão fortes, possivelmente, devido ao teor de extrativos no cerne ser mais elevado do que no alburno. CHOONG et al. (1989) e TRIANOSKI (2012) mencionam que tais extrativos inibem a contração por ocuparem a região amorfa na celulose da parede celular.

O alburno apresentou correlações mais fortes, todas classificadas de acordo com PALLANT (2007), como de alta intensidade (faixa de concentração entre 0,50 a 1,0 ou -0,50 a -1,0), com exceção da contração tangencial. Todas as correlações foram significativas. Isso explica que 73% da variação da contração radial no alburno pode ser explicada pela variação da massa específica dessa mesma posição radial.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, é possível afirmar que:

A madeira de cerne apresenta valores médios superiores para as propriedades químicas;

A madeira de *C. japonica* é classificada como leve ou de baixa massa específica;

A avaliação da massa específica em relação à porção de cerne e alburno indica que o alburno apresenta valor médio ligeiramente superior ao cerne.

A madeira do alburno apresenta-se mais estável que a madeira do cerne.

REFERÊNCIAS

- CAIXETA RP. 2000. Propriedades da madeira de Eucalyptus: classificação e seleção de genótipos utilizando marcador molecular e análise multivariada. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Lavras: UFLA. 89p.
- CARNEIRO ME et al. 2009. Qualidade da madeira de *Cryptomeria japonica* D. Don. Floresta 39: 913-920.
- CHOONG DJ et al. 1989. Effect of cultural treatment and wood-type on some physical properties of longleaf and slash pine wood. Wood and Fiber Science 21: 193-206.
- COLODETTE JL. 1982. Estudo das características da madeira e da polpa kraft da *Cryptomeria japonica* D. Don. In: Congresso Anual da Associação Brasileira de Celulose e Papel, 15. Anais.... São Paulo. Associação Brasileira de Celulose e Papel. p. 139-153.
- COPANT – Comissão Panamericana de Normas Técnicas. 1972. Copant 458. Maderas – Selección y colección de muestras.
- COPANT – Comissão Panamericana de Normas Técnicas. 1972. Copant 461. Determinación del peso específico aparente.
- COPANT – Comissão Panamericana de Normas Técnicas. 1972. Copant 462 – Método de determinación de la

contracção.

DIAS OA & SIMONELLI G. 2013. Qualidade da madeira para a produção de celulose e papel. *Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer* 9: 3632-3646.

DIAS JÚNIOR AF et al. 2013. Caracterização da madeira de quatro espécies florestais para uso em movelaria. *Revista Ciência da Madeira* 4: 93-107.

DOWNES GM. 1997. Sampling plantation *Eucalyptus* for wood and fibre properties. Collingwood: CSIRO Publishing. 132p.

DURLO MA & MARCHIORI JNC. 1992. Tecnologia da madeira: Retratibilidade. Santa Maria: CEPEF/FATEC. 33p. (Série técnica, 10)

EHARA K et al. 2002. Characterization of the lignin-derived products from wood as treated in supercritical water. *Journal of Wood Science* 48: 320-325.

FENGEL D & WEGENER G. 1989. Wood: chemistry, ultrastructure, reactions. Berlin: Walter de Gruyter. 612p.

GHOFRANI M. et al. 2016. Effects of extractives removal on the performance of clear varnish coatings on boards. *Journal of Composite Materials* 50: 3019-3024.

GURGEL FILHO OA. 1964. O comportamento florestal das coníferas exóticas. *Silvicultura em São Paulo* 3: 129-188.

HASEGAWA M et al. 2012. Prospects for within-tree variation of the acoustoelastic behaviors in Japanese cedar. *NDT and E International* 49: 57-63.

HILLIS WE. 1971. Distribution, Properties and Formation of Some Wood Extractives. *Wood Science and Technology* 5: 272-289.

HO C et al. 2010. Compositions and antioxidant activities of essential oils of different tissues from *Cryptomeria japonica* D. Don. *Forestry Research Quarterly* 32: 63-76.

ISHIGURI F et al. 2003. Extractives relating to heartwood color changes in sugi (*Cryptomeria japonica*) by a combination of smoke-heating and UV radiation exposure. *Journal Wood Science* 49: 135-139.

IWAKIRI S. 2005. Painéis de madeira reconstituída. Curitiba: FUPEF. 247p.

JOHNS WE & NIAZI KA. 1980. Effect of pH and buffering capacity of wood on the relation time of urea formaldehyde resin. *Wood and Fiber Science* 12: 255-263.

KOFUJITA H et al. 2002. A diterpene quinone from the bark of *Cryptomeria japonica*. *Phytochemistry* 61: 895-898.

KOLLMANN FP et al. 1975. Principles of wood science and technology. Springer Verlag. p.154-283.

LIMA CKP et al. 2007. Características anatômicas e química da madeira de clones de *Eucalyptus* e sua influência na colagem. *Cerne* 13: 123-129.

MARRA AA. 1992. Technology of Wood bonding: principles and practice. Nova York: Van Nostrand Reinhold. 454p.

MATSUMURA Y et al. 2013. Application of the wood properties of large-diameter Sugi (*Cryptomeria japonica*)

logs to sorting logs and sawing patterns. *Journal of Wood Science* 59: 271-281.

NÉRI AC. 2003. Parâmetros de corte na usinagem de madeiras de reflorestamento. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Campinas: UNICAMP. 154p.

NISGOSKI S. 1999. Identificação e caracterização anatômica macroscópica das principais espécies utilizadas para laminação na região de Curitiba - PR. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Curitiba: UFPR. 113p.

NURMI J. 1992. Measurement and evaluation of wood fuel. *Biomass and Bioenergy* 2: 157-171.

PALLANT J. 2007. SPSS survival manual. *Journal of Advanced Nursing* 36: 478-478.

PANSHIN AJ & DE ZEEUW C. 1980. Textbook of wood technology. New York: McGraw-Hill Book. 722p.

PEREIRA JCD et al. 2003. Propriedades da Madeira do Cedrinho Japonês. Colombo: Embrapa Florestas. 4p. (Comunicado técnico 88).

PINTO JA. 2011. Análise da viabilidade do uso da madeira de "*Cryptomeria japonica*" para laminação e produção de painéis compensado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Curitiba: UFPR. 92p.

SHIBUTANI S et al. 2007. Quantitative comparisons of antitermite extractives in heartwood from the same clones of *Cryptomeria japonica* planted at two different sites. *Journal of Wood Science* 53: 285-290.

SILVA JRM. 2002. Relações da usinabilidade e aderência do verniz com as propriedades fundamentais do *Eucalyptus grandis* hill ex. Maiden. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Curitiba: UFPR. 204p.

SOUZA MOA et al. 2009. Avaliação da madeira de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake em ensaios de usinagem, visando a produção moveleira. *Revista Árvore* 33: 751-758.

STEWART HA & POLAK DJ. 1985. Relating specific gravity and mechanical properties of hardwoods to machining defects. *Forest Products Journal* 35: 69-72.

SUDIYANI Y et al. 1999. Chemical characteristics of surfaces of hardwood and softwood deteriorated by weathering. *Journal of Wood Science* 45: 348-353.

TAPPI – Technical Association Of The Pulp And Paper Industry. 1997. TAPPI 264. Preparation of wood for chemical analysis. Atlanta.

TAPPI - Technical divisions And Committees - TAPPI test methods: T 264 cm-97: preparation of wood for chemical analysis. Atlanta: Tappi Technical Divisions and Committees, 1997. 3p.

TAPPI – Technical Association Of The Pulp And Paper Industry. 1999. TAPPI 207. Water solubility of wood and pulp. Atlanta.

TAPPI - Technical divisions And Committees - TAPPI test methods: T 264 cm-97: preparation of wood for chemical analysis. Atlanta: Tappi Technical Divisions and Committees, 1997. 3p.

- TAPPI – Technical Association Of The Pulp And Paper Industry. 2002. TAPPI 211. Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 525°C. Atlanta.
- TAPPI – Technical Association Of The Pulp And Paper Industry. 2002. TAPPI 212. One percent sodium hydroxide solubility of wood and pulp. Atlanta.
- TAPPI – Technical Association Of The Pulp And Paper Industry. 2002. TAPPI 252. pH and electrical conductivity of hot water extracts of pulp, paper, and paperboard. Atlanta.
- TAPPI - Technical Association Of The Pulp And Paper Industry – 2002a. TAPPI 252: pH and electrical conductivity of hot water extracts of pulp, paper, and paperboard. Atlanta.
- TRIANOSKI R. 2012. Avaliação da qualidade da madeira de espécies de *Pinus* tropicais por meio de métodos convencionais e não destrutivos. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Curitiba: UFPR. 554p.
- TRIANOSKI R. 2010. Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas, de rápido crescimento, para produção de painéis de madeira aglomerada. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Curitiba: UFPR. 262p.
- TSOUMIS G. 1991. Science and technology of wood. Structure, properties, utilization. New York: Van Nostrand Reinhold. 494p.
- YANG TH et al. 2008. Evaluation of the mechanical properties of Douglas-fir and Japanese cedar lumber and its structural glulam by nondestructive techniques. Construction and Building Materials 22: 487-493.