

Caracterização da Variação da Espessura dos Anéis de Crescimento em Pinheiro Bravo

Marta Margarido¹, Isabel Pinto², Helena Pereira³, Arto Usenius², Ofélia Anjos^{1,3}

¹Escola Superior Agrária de Castelo Branco, 6001 - 909 Castelo Branco, Portugal

²VTT Technical Research Centre of Finland, P.O. Box 1806, FIN-02044 VTT

³Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, 1349-017 Lisboa, Portugal

Sumário. Com este trabalho pretende-se dar um contributo para o estudo dos factores de variação radial e axial da espessura dos anéis de crescimento de pinheiro bravo. O trabalho foi desenvolvido com base em técnicas de análise de imagem e tem como objectivo final incluir a variação dos anéis de crescimento na qualidade dos produtos finais serrados da madeira desta espécie.

A informação para o estudo da variação das camadas de crescimento baseou-se numa amostra de tiras radiais e de discos nos níveis de altura 0, 5, 10, 15, 17 e 20 m de árvores de quatro estações em Portugal. A amostragem em discos permitiu a medição das camadas de crescimento em várias direcções e a posterior criação de um modelo tridimensional do tronco com base nos anéis de crescimento.

A variação das camadas de crescimento foi analisada em sequência vertical, onde se analisam os anéis de crescimento em cada nível, obtendo-se assim o crescimento das árvores e quais as suas variações ao longo do tempo, e em sequência oblíqua onde se pode analisar o comportamento dos 13 anos terminais ao longo da árvore. Efectuou-se uma análise de variância para diferentes factores onde se contabilizou a percentagem de variação correspondente a cada um desses factores. Verificou-se que a maior parte da variação se deve à variação lenho juvenil/lenho adulto.

O modelo tridimensional do tronco foi desenvolvido numa interface que permite observar a variação das camadas de crescimento nas diferentes secções transversais a níveis de altura especificados. De futuro este modelo será integrado na reconstrução tridimensional já desenvolvida para o Pinheiro bravo e que descreve a geometria do tronco e os anéis internos. O objectivo final será o uso da informação sobre as camadas de crescimento em programas de simulação de serração de forma a constituir mais um parâmetro de qualidade dos produtos finais.

Palavras chave: Pinheiro bravo, camadas de crescimento, Pinhal de Leiria, sequência vertical, sequência oblíqua, modelos 3D do tronco

INTRODUÇÃO

A variação da qualidade da madeira dentro do tronco, e entre árvores da mesma espécie, afecta a qualidade da matéria prima para serração, bem como o rendimento em peças de boa qualidade.

Um dos modos de se poder estudar algumas das características que afectam o crescimento das árvores, é analisando os seus anéis de crescimento. A variabilidade das camadas dos anéis de crescimento influencia as diferentes características físico-químicas e mecânicas o que em termos de utilização da madeira na indústria poderá implicar diferentes aplicações do produto final. Assim é de elevada importância o conhecimento e caracterização da variabilidade dos anéis de crescimento.

Sabe-se que um dos factores que mais influencia as camadas dos anéis de crescimento é o clima (Callado, 2001; Wimmer, 2000), uma vez que os factores climáticos irão contribuir para o maior ou menor crescimento das camadas de Primavera e Outono, assim como a sua densidade. Os anéis de crescimento são camadas concêntricas de tecido. Cada camada de

crescimento corresponde à madeira produzida pelo câmbio numa única estação de crescimento. Assim, os anéis de crescimento serão, compostos por uma camada de Primavera e uma camada de Outono (Desch, 1996).

Estes anéis são particularmente visíveis nas plantas lenhosas das regiões de clima temperado, em que o crescimento se processa de forma descontínua, por períodos de crescimento vegetativo. A parte do anel anual formada no início do processo vegetativo é designada por lenho de início de estação, lenho inicial ou de Primavera e é constituída, nas resinosas, por traqueídeos e fibras lenhosas menos abundantes e de paredes menos espessas do que as que integram o lenho de fim de estação, final ou de Outono (Palma, 1996).

Quanto à sua formação, inicialmente, a árvore é composta por lenho juvenil, mas à medida que se vai desenvolvendo tem formação simultânea dos dois tipos de lenho, juvenil e adulto. Fisiologicamente, lenho juvenil é todo aquele que é formado sob a influência e proximidade dos meristemas primários da copa, onde a produção de hormonas afecta o funcionamento do meristema secundário (câmbio) situado na sua proximidade (Louzada, 1999). O lenho adulto, por sua vez, como já não se encontra sob a influência directa da copa, é considerado um lenho que apresenta uma maior estabilidade estrutural, e das suas propriedades.

A formação do lenho é, no entanto, de um sistema contínuo, não existindo uma demarcação nítida entre o lenho juvenil e o lenho adulto, sendo esta passagem feita gradualmente de um tipo para o outro (Zobel e Buijtenen, 1989).

Para se determinar a idade da árvore, procede-se então à contagem dos anéis, mas muitas vezes, devido aos factores que influenciam o crescimento e a estrutura, formam-se os anéis que são denominados por falsos anéis, que segundo Zimmermann, 1971) são anéis adicionais, formado no Verão, seguido de um período húmido dando mais suporte ao conceito do relacionamento directo entre a humidade do solo que afecta a formação dos anéis de crescimento.

Segundo Savva, 2002, existem três factores que influenciam o crescimento e a estrutura da madeira: o ambiente, a idade e a hereditariedade. Os anéis de crescimento integram complexos processos da formação da madeira, que são influenciados, por um lado, por factores genéticos, e por outro, por factores ambientais. Devido aos factores mencionados anteriormente dever-se-á proceder a análises densiométricas, análises essas que deverão ser consideradas como uma ferramenta para a evolução do controlo genético nos anéis de crescimento sob uma corrente de condições ambientais. A formação dos anéis é afectada indirectamente por um conjunto de factores ambientais impostos (intensidade da luz, temperatura e desfoliação) e, por isso, altera a formação da madeira (Morey, 1973).

Com este trabalho pretende-se dar um contributo para o estudo dos factores de variação radial e axial da espessura dos anéis de crescimento de pinheiro bravo. O trabalho foi desenvolvido com base em técnicas de análise de imagem e tem como objectivo final incluir a variação dos anéis de crescimento na qualidade dos produtos finais serrados da madeira desta espécie. Para isso, foi desenvolvido um modelo tridimensional do tronco incluindo a variação das camadas de crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem

O estudo foi baseado numa amostragem de 35 árvores seleccionadas aleatoriamente em 4 estações em Portugal: 20 em Leiria (S1) e 5 em Mação (S2), Alpiarça (S3) e Marco de Canaveses (S4). Dados relativos à estação, povoamento e biometria das árvores encontram-se pormenorizados em Pinto (2004). As árvores de Leiria tinham 83 anos de idade e um DAP

médio de 47,8 cm. Nas outras estações, a idade das árvores variava entre 42 e 55 anos e tinham um DAP médio entre 38,9 e 42,7 cm.

As árvores foram cortadas em toros e estes em tábuas, da base de cada toro amostrado, foram recolhidas rodela (S2 a S4) ou uma tira da tábua central (S1) contendo a medula, exceptuando no último toro, que era o que se encontrava imediatamente antes da bicada, onde se procedeu ao corte em ambos os topos do toro.

De todas as árvores foram retiradas 5 rodela (ou tiras) dos diferentes níveis, onde o nível 00 correspondia ao nível de base, retirado do cepo (0m), o nível 05 (5m) ao topo do 1º toro, o nível 10 (10m) ao topo do 2º toro ou base do 3º, o nível 15 (15m) ao topo do 3º toro ou base do 4º e o nível 20 (20m) ao topo do 4º toro. Em algumas árvores das estações S2-S4 a secção comercial do tronco não atingiu os 20 m pelo que o último toro foi cortado até ao nível de 17,5 m (toro de 2,5 de comprimento). O estudo da variação dos anéis de crescimento incidiu sobre uma sub-amostra de 8 árvores da estação S1 (mata de Leiria). Nas rodela obtidas dos toros das estações S2-S4 foi possível a medição dos anéis em 8 direcções. Nas Tiras foram medidas duas direcções. Estes dados serviram então de suporte a reconstrução tridimensional do tronco incluindo as camadas de crescimento. Segundo Pinto, 2004, foram recolhidos os dados do talhão 279, de Leiria, onde se pode observar que a idade do povoamento era em média de 83 anos, tendo este uma área basal de 25,1 m²/ha e uma densidade de 171 árv./ha. A altura dominante era de 23,6m e o DAP dominante de 47 cm. Foram efectuados desbastes, e as desramações foram feitas até uma altura de 2m.

Estudo das camadas de crescimento

No estudo da variação das espessuras das camadas de crescimento de Primavera e de Outono, foram utilizadas ANOVAs, para poderem ser avaliadas e estudadas as variâncias e significâncias estudadas entre árvores, níveis, exposições, camadas de crescimento, e as interacções subsequentes, obtendo-se assim resultados quantitativos e qualitativos, podendo-se, deste modo, proceder à sua análise.

O programa utilizado para elaboração das ANOVAs foi o Statistics versão 6.0. Para a comparação entre médias, efectuou-se o Teste de Duncan.

Reconstrução tridimensional do tronco

Para se proceder à reconstrução virtual e visualização tridimensional do tronco, incluindo os anéis de crescimento, foi criado um algoritmo denominado Rings2002.

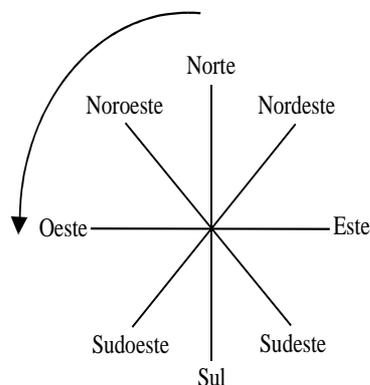


Figura 1 – Esquema do modo de leitura dos valores.

Como input, foram utilizados os dados referentes às oito direcções, Norte; Noroeste; Oeste; Sudoeste; Sul; Sudeste; Este e Nordeste (Figura 1). Após a recolha dos dados, estes são

organizados de forma a fornecer informação sobre o nível da amostra, a posição da medula, o número de anéis, os crescimentos anuais e lenho de Primavera, sendo os valores lidos pelo programa na sequência acima indicada.

Numa secção transversal, num plano xy, é determinada uma circunferência com oito pontos (um para cada direcção), mais um ponto central que é a medula. As coordenadas xy destes pontos são determinadas tendo como origem o ponto da direcção Norte. Este procedimento é efectuado para todos os anéis do mesmo nível, sendo assim calculada uma circunferência para cada anel.

Após se obter esta circunferência, o programa calcula vectores entre a medula e esses pontos, posteriormente, por extrapolação obtêm 24 vectores, que permitem uma descrição mais exacta da secção transversal.

Para o cálculo da coordenada z de cada ponto, o algoritmo une os diferentes níveis, para o mesmo anel e a mesma direcção (Figura 2), obtendo-se assim, o desenvolvimento do anel ao longo da altura da árvore. Neste sistemas de coordenadas xyz a origem passa a ter como referência os pontos que definem a medula.

Como output, é obtida uma imagem tridimensional do tronco incluindo os anéis de crescimento. O programa permite também uma visualização, para qualquer altura no tronco, dos anéis de crescimento em secção transversal.

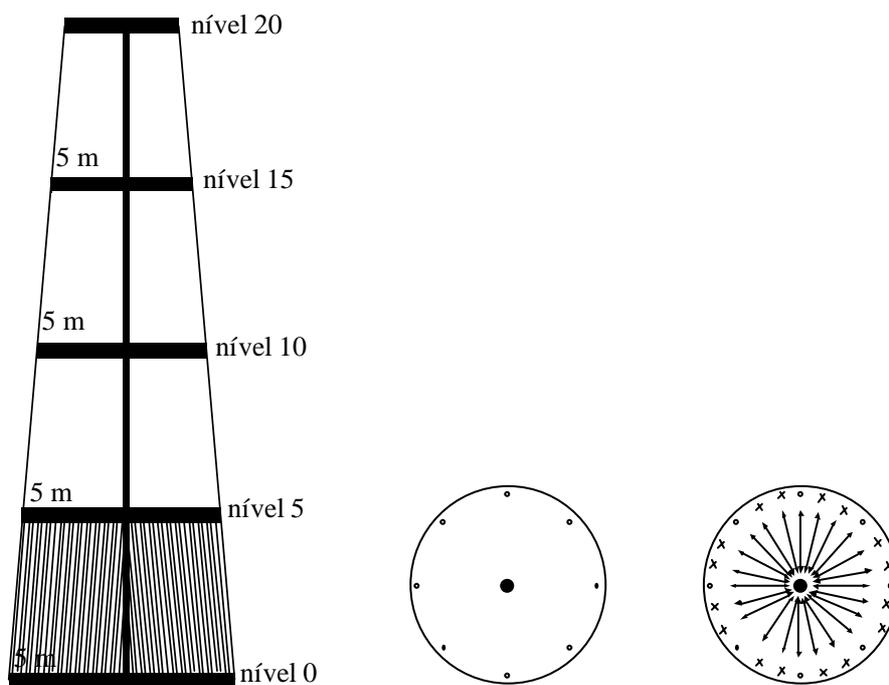


Figura 2 – Esquema representativo dos passos efectuados pelo programa de simulação de união dos anéis de crescimento.

RESULTADOS E DISCUÇÃO

Variação das camadas de crescimento

Na Tabela 1 estão representados os valores máximos, mínimos e médios da largura das camadas de crescimento de Primavera e de Outono, totais e anuais, para os níveis estudados, obtidos para as 8 árvores.

Tabela 1 – Quadro informativo dos valores máximos, mínimos e médios da largura das camadas de crescimento de Primavera e de Outono, totais e anuais, nas 8 árvores.

Nível		Crescimento (mm)		Camada de Primavera (mm)			Camada de Outono (mm)			CP %	CO %
		Total	Anual	Média	Min	Max	Média	Min	Max		
0	E	195,71	2,41	1,69	0,48	4,97	0,72	0,56	5,13	70,09	29,91
	W	197,22	2,43	1,72	0,18	2,33	0,71	0,81	2,56	70,62	29,38
5	E	156,42	2,13	1,56	0,45	5,21	0,57	0,39	6,77	73,06	26,94
	W	175,14	2,39	1,76	0,14	1,47	0,62	0,16	1,68	73,61	26,39
10	E	146,37	2,25	1,75	0,46	4,93	0,50	0,38	5,29	77,68	22,32
	W	152,65	2,34	1,78	0,14	1,32	0,56	0,13	1,64	75,03	24,97
15	E	129,89	2,55	2,09	0,55	4,85	0,46	0,48	5,78	82,00	18,00
	W	143,21	2,81	2,25	0,15	1,08	0,56	0,14	1,79	80,17	19,83
20	E	117,03	3,57	2,93	1,11	5,75	0,64	0,86	5,06	82,31	17,69
	W	100,87	3,08	2,58	0,21	1,27	0,50	0,18	1,08	83,72	16,28

CP – camada de Primavera; CO – camada de Outono

Pode verificar-se, em termos médios que não existem grandes diferenças entre as camadas de crescimento para as duas direcções (Este-Oeste). As camadas de Primavera são, em média de largura superior à observada para a camada de Outono, estando essa variação compreendida entre os 70,09% e os 83,72%. A percentagem de lenho de Primavera cresce da base para o topo do tronco. Na parte superior do tronco existem menos camadas de crescimento e uma maior percentagem de lenho juvenil, caracterizado por apresentar anéis mais largos e consequentemente com maior percentagem de lenho de Primavera. Dado que a amplitude entre o valor máximo e mínimo observado para a espessura das camadas de crescimento é muito grande, leva a prever, uma grande variabilidade de valores observados para a espessura das camadas de crescimento individuais de cada árvore.

Na Figura 3 pode observar-se o desenvolvimento das camadas de crescimento de uma árvore, para as duas direcções, Oeste, ao longo dos 5 níveis que foram analisados, nível 0, 5, 10, 15 e 20.

Pela análise da Figura 3 pode verificar-se, que a camada de Outono, em todos níveis que foram estudados, é mais uniforme e regular que a camada de Primavera. Esta forma-se o período vegetativo em que se dá a extensão do internó e o alongamento das agulhas e normalmente durante uma fase de grande actividade cambial. Assim, pequenas alterações de fotoperíodo, temperatura e disponibilidades hídricas provocam alterações no crescimento. A camada de Outono forma-se durante um período de actividade vegetativa inferior, por isso, pequenas alterações dos factores anteriormente mencionados, vão provocar alterações da espessura da camada de Outono inferiores. Daí a variabilidade observada para a camada de Outono ser inferior á observada para a camada de Primavera.

No nível 0, o crescimento das duas camadas, Primavera e Outono, é constante, principalmente para a camada de Outono, não havendo uma diferença muito significativa entre as duas camadas, o que mostra existir uma maior quantidade de lenho adulto.

No nível 5, começa a existir uma maior diferenciação entre a camada de Primavera e de Outono junto à medula.

À medida que se vai verificando o aumento dos níveis, observa-se que começa a existir uma maior diferença entre as espessuras das duas camadas, sendo essa diferença mais notória na zona central, onde a camada de Primavera é caracterizada por camadas de crescimento mais largas.

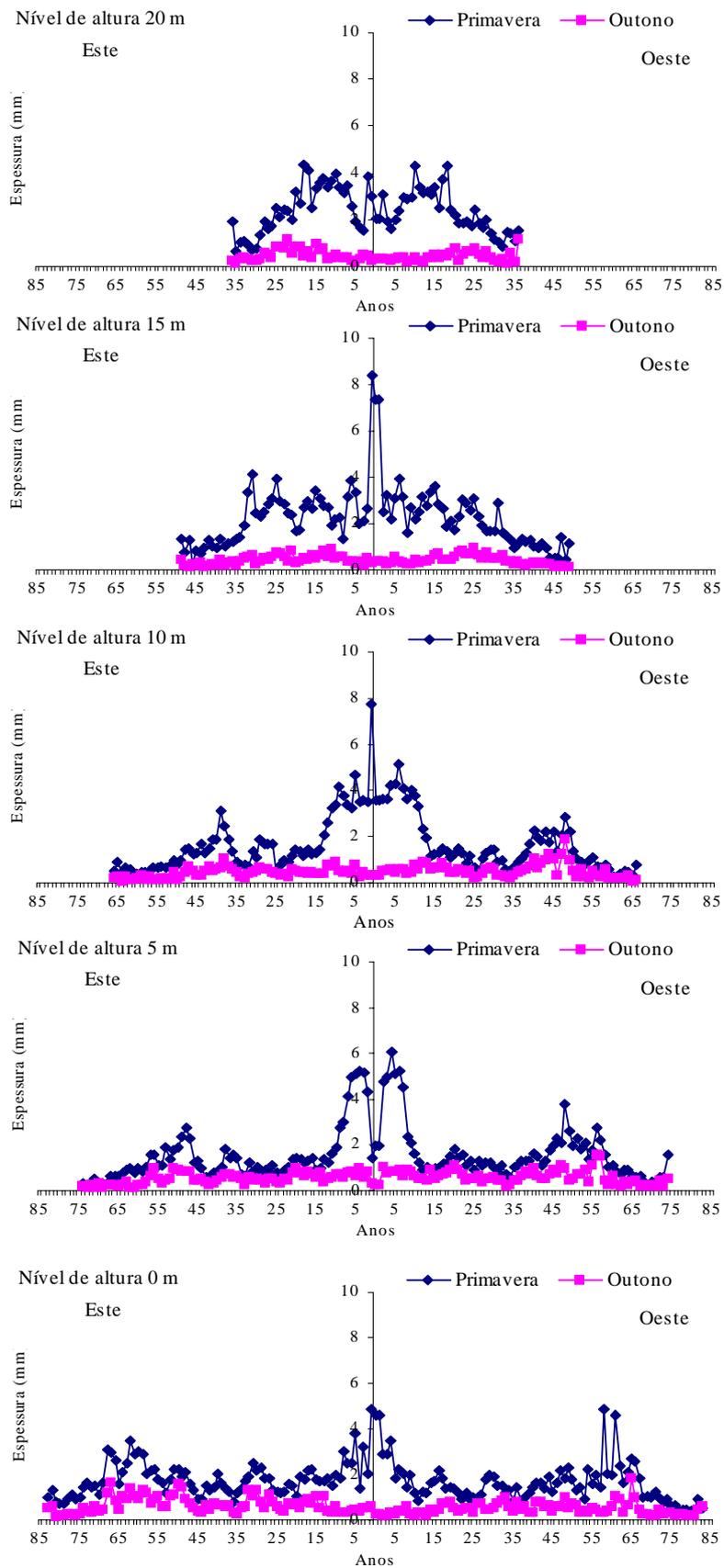


Figura 2 – Variação anual das camadas de Primavera e Outono, nas duas direcções, Este e Oeste, ao longo dos diferentes níveis estudados.

No último nível analisado, o nível 20, verifica-se que a diferença entre as duas camadas é elevada, isso deve-se principalmente a, no topo da árvore, esta ser constituída unicamente por lenho juvenil. Os resultados estão de acordo com os observados por Larson, 1960, que afirma que as verdadeiras camadas de Outono não ocorrem no lenho juvenil, tendo também em conta o que é dito por Smith, 1986, que refere que existe pouca formação da camada de Outono na lenho juvenil.

Estudos semelhantes sobre a variação de crescimento foram feitos por Savva, 2002, para diferenças locais, com *Pinus sylvestris*, L., que tal como para este trabalho, verificou o mesmo tipo de comportamento a nível da variabilidade individual das árvores.

Seguidamente procedeu-se à análise das sequências, vertical ao longo dos níveis e das 8 árvores estudadas, e oblíqua, para os primeiros 13 anos de formação.

SEQUÊNCIA VERTICAL

Na Figura 4 está representada a variação da espessura média, das 8 árvores estudadas, para a camada de Primavera e de Outono. Numa primeira análise de variância efectuada verificou-se que a variabilidade encontrada era sobretudo devida ao efeito das camadas de Primavera e de Outono (53,6%), uma vez que a variação entre as duas é muito grande, separadas. De facto pela análise da Figura 4, verifica-se que a espessura da camada de primavera é sempre superior à observada para a camada de Outono e esse valor aumenta, com o nível de altura devido à influência da copa e à maior percentagem de lenho juvenil.

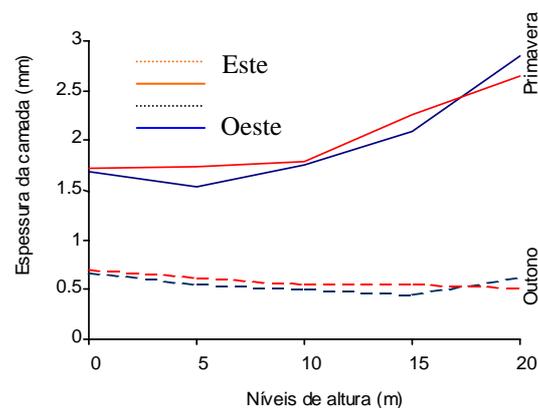


Figura 4 - Variação da espessura média das camadas de Primavera e Outono em função do Nível de altura, numa sequência vertical.

Numa nova análise de variância efectuada com a camada de primavera e de Outono separadas, verificou-se que o efeito dos níveis de altura na espessura das camadas de crescimento é altamente significativo, no entanto, para a camada de Outono, explica 41% da variação encontrada e para a camada de Primavera apenas explica 11%, o que se deve à idade fisiológica do câmbio. Embora se esteja a estudar a relação existente nas árvores e para as mesmas épocas de crescimento, está a ser produzida madeira adulta ao nível da base da árvore e, ao mesmo tempo, madeira com características de lenho juvenil no topo desta ou em toda a zona sob a influência da copa.

A variação entre árvores, embora altamente significativo, apenas explica 1,7% e 9,2% da variação observada, respectivamente para a camada de Primavera e a camada de Outono. Esta diferença é explicada pelo facto de, para a camada de Primavera a variabilidade natural ser muito elevada (85% da variação total).

O efeito da exposição não é significativo para as duas camadas de crescimento, pelo que, os crescimentos são semelhantes para as duas direcções.

Posteriormente, efectuou-se o teste de comparação múltipla, teste de Duncan a 95% de confiança, para verificar se existiam diferenças significativas entre os grupos de factores. Verificou-se que existiam diferenças significativas entre os valores médios da espessura das camadas de crescimento entre algumas árvores, devido à variabilidade natural das mesmas. Embora a espécie seja a mesma e as condições edafoclimáticas semelhantes existem sempre diferenças de indivíduo para indivíduo. Para o valor médio da espessura das camadas de crescimento de Primavera, nos diferentes níveis, verifica-se que os três níveis mais baixos são semelhantes, apresentando o nível de 15m e de 20m diferenças significativas. Na camada de Outono apenas os níveis 10m e 15m são semelhantes.

SEQUÊNCIA OBLÍQUA

Posteriormente procedeu-se ao mesmo tipo de análise, mas numa sequência oblíqua, onde se analisaram os 13 anos iniciais, ao longo dos diversos níveis estudados. Verifica-se que contrariamente ao que se verificou na sequência vertical, onde se observa que a variabilidade encontrada foi devido ao efeito das camadas, no caso da sequência oblíqua podemos observar que a maior variabilidade é devido à exposição, esta variabilidade poderá ser justificada devido às condições climáticas durante esses 13 anos. Podemos também verificar que o efeito dos níveis contribui com uma elevada significância, justificando 11% da variância existente, esta variância poderá ser devido, mais uma vez, às condições climáticas, podendo também ser justificadas devido à idade fisiológica do câmbio nesses 13 anos em cada um dos níveis (Figura 5).

O efeito dos níveis, é um valor que contribui com 11% da variação encontrada, sendo um valor altamente significativo.

Por sua vez, a interacção entre os níveis e a exposição, apresenta uma variância considerável, explicando assim 8% sendo também um valor altamente significante.

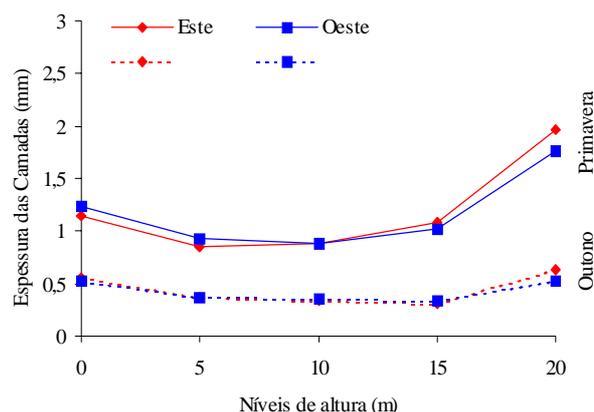


Figura 5 - Variação da espessura média das camadas de Primavera e Outono em função do Nível de altura, dos 13 anéis iniciais.

Através do teste de Duncan verificou-se que os valores observados para algumas árvores eram estatisticamente diferentes entre si e observaram-se diferenças significativas entre as duas exposições (Este-Oeste).

Modelo tridimensional do tronco

Os dados recolhidos através de um sistema de análise de imagem e posteriormente introduzidos no programa de reconstrução Rings2002 foram agrupados no input do programa, de modo a obter-se a imagem do toro ou tronco, consoante, forem postos os valores de um toro isoladamente, ou dos vários toros que constituem o tronco.

Na Figura 6, podemos observar um exemplo da interface do output do programa de reconstrução rings2002. Na imagem obtida podemos observar a forma do tronco, assim como, os anéis de crescimento.

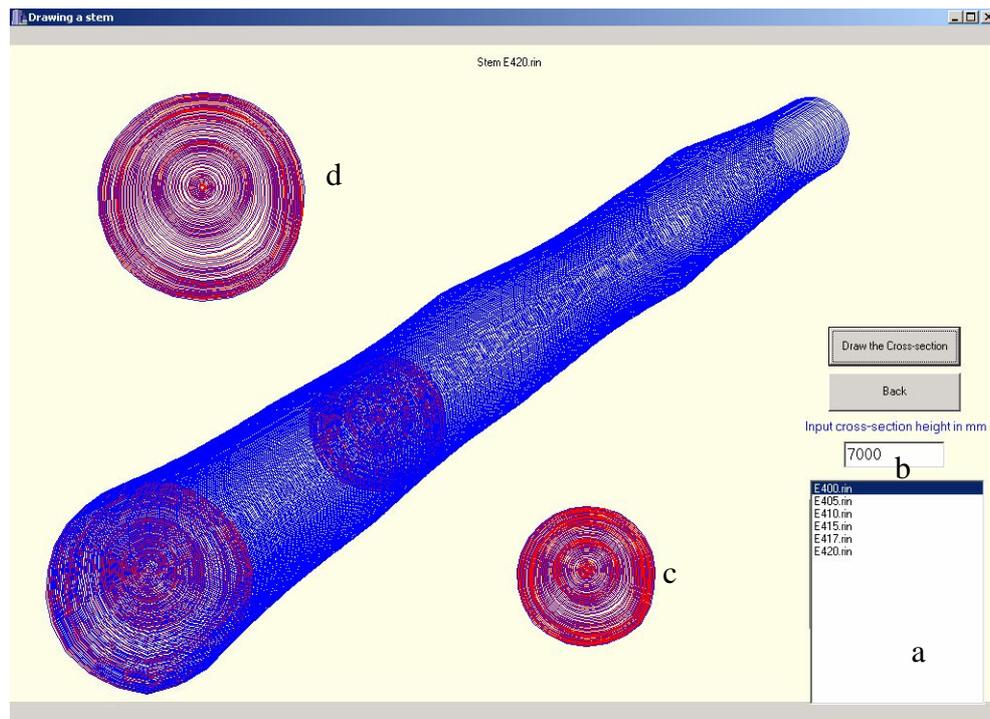


Figura 6 – Imagem explicativa do resultado final da reconstrução virtual do tronco de uma das árvores estudadas.

Os níveis de amostra base para a árvore em cuja interface se pretende explorar são indicados em "a" Uma vez reconstruído todo o tronco, é possível, saber a qualquer nível de altura, as secções transversais que permitem a visualização dos anéis de crescimento e respectivas camadas de Primavera e Outono. Em seguida, em **b**, é colocado o nível de altura que se pretende saber, obtendo assim uma rodela, em corte transversal (representada em **c**), onde se pode observar os anéis existentes. Em **d**, está sempre representada a rodela de base. Os anéis são representados a duas cores, o vermelho e o azul, de modo consecutivo, embora pareça que as cores utilizadas nas rodela são o roxo e o vermelho, isto mostra que os anéis estão muito próximos, dando assim outra tonalidade. Podemos assim ter a idéia da visualização das zonas onde os anéis são mais apertados e onde estes se encontram com maior largura.

No caso desta Figura, podemos observar o nível de altura a 7m, mas é possível obter qualquer outro nível de altura, desde que esteja compreendido entre a altura do tronco. Em Anexo 5, podemos observar outras duas imagens que apresentam diferentes níveis de altura escolhidos.

Este modelo de reconstrução será futuramente integrado, no toro virtual do Pinheiro bravo, já desenvolvido (Pinto 2004), podendo-se assim, saber a determinado nível pretendido,

qual a quantidade de anéis de crescimento lá existentes e qual a sua forma, a quantidade de cerne, e também se existem nós e de que tipo.

Deste modo, poderá servir de input para programas de simulação de serração e processamento de folheado, passando assim, os anéis de crescimento a serem mais uma variável em análise destes programas, de modo a avaliar a qualidade dos seus outputs, o mesmo quer dizer, do produto obtido, no caso, de peças serradas e folheados.

Poder-se-á também, obter um potencial para futura aplicação on-line desta reconstrução e dos programas de simulação. Para a determinação dos anéis, e caso sejam desenvolvidos novos programas, com sistemas de scan dos topos dos toros e análise de imagem, podendo assim obter uma reconstrução automática on-line. Por este motivo, é importante a existência de uma base de dados de imagem, para este trabalho, foi feita a digitalização de todas as rodela analisadas, não só para se poder observar a imagem o mais real possível, caso existisse algum problema com a rodela “real”, mas também porque estas imagens poderão servir para validar este programa e comprovar a sua potencial aplicação ou não on-line.

CONCLUSÕES

Tendo em conta um dos objectivo deste trabalho, estudo da variação das camadas de crescimento, verificou-se, após a análise de todas as árvores escolhidas como amostra que estas apresentam um comportamento idêntico de crescimento.

Os níveis mais próximos da base, apresentam espessuras das camadas de crescimento médios, com valores aproximados das duas camadas, sendo a de Primavera maior, em média, mas à medida que o nível estudo se situa mais próximo da copa existe uma maior diferenciação entre estas duas camadas. A diferença observada é devido à idade fisiológica do câmbio e ao facto de níveis mais próximos da copa apresentarem uma maior percentagem de lenho Juvenil. Por sua vez, a variação observada da largura da camada de crescimento é devido às diferentes espessuras da camada de Primavera.

A variabilidade existente entre a espessura das camadas para os diferentes anos de crescimento é devido aos factores ambientais.

O efeito da exposição, na maioria dos caso não é significativo, pelo que os crescimentos são semelhantes para as várias direcções estudadas, tanto para as árvores de Leiria, para Este e Oeste. Em condições em que não se desenvolva lenho de reacção a exposição não é um factor de variação para a espessura das camadas de crescimento.

Não existe correlação entre a espessura da camada de Outono e a espessura da camada de Primavera.

Existe correlação significativa para a espessura da camada de crescimento de Primavera para todas as direcções medidas, Oeste em função de Este e Sul em função de Norte.

BIBLIOGRAFIA

- Callado, C. H., Neto S. J. S., Scarano, F. R., Costa, C. G., 2001. Periodicity of growth rings in some flood-prone trees of the Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. *Trees* **15**:492-497.
- Desch, H. E., Dinwoodie J. M., 1996. *Timber Structures, Properties, Conversion and Use 7th edition*. Macmillan Press Ltd, London.
- Larson, P. R., 1960, A Physiological consideration of the springwood-summerwood transition in the red pine. *For. Sci.* **6**:110-122.

- Louzada, J. L. P. C., 1999. *Variação fenotípica e genética em características estruturais na madeira de Pinus pinaster Ait. O comprimento das fibras e a densidade até aos 80 anos de idade das árvores. Parâmetros genéticos na evolução juvenil-adulto das componentes da densidade da madeira*. Tese de doutoramento. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real.
- Morey, P. R., 1973. *How trees grow*. London.
- Palma, A., 1996. *Influência da idade na forma do perfil do tronco em pinheiro bravo (Pinus pinaster Aiton) Dunas do litoral português*. Mestrado em Produção Vegetal, UTL - Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 115 pp.
- Pinto, I., 2004. Raw material characteristics of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) and their influence on simulated sawing yield. Doctoral thesis. Espoo VTT Publications 533. 51p. + 69p.
- Savva, Y., Schweingruber, F., Milyutin, L., Vaganov, E., 2002. Genetic and environmental signals in tree rings from different provenances of *Pinus sylvestris* L. planted in the southern taiga, central Siberia. *Trees* **16**: 313-324.
- Smith, W. R. e Briggs, D. G., 1986, Juvenile wood: has it come of age? In Proceedings of a Cooperative Technical Workshop: Juvenile wood- what does it mean to forest products?. Oregon, October 17 e Washington, November 7, 1985, U.S.A. 5-12 pp.
- Zimmermann, M. H., Brown, C. L., 1971. *Trees Structure and Function*. New York.
- Zobel, B. J. and Buijtenen, J. P., 1989. *Wood Variation. Its causes and control*. T.E. Timell, New York.

Anexo

Imagens explicativas do resultado final da reconstrução virtual do tronco de uma das árvores estudadas, a diferentes alturas.

