



Hinc patriam sustinet

**Instituto Superior de Agronomia**  
**Universidade Técnica de Lisboa**



## **Análise de Características da Cortiça Amadia Relevantes para a sua Qualidade Industrial**

**Henrique Duarte Vieira**

Dissertação para obtenção do grau de Mestre  
**Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais**

Orientador: Doutor José Afonso Rodrigues Graça

### **Júri:**

Presidente: - Doutora Maria de Fátima Cerveira Tavares, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: - Doutor José Afonso Rodrigues Graça, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

- Doutor José Carlos Carvalho Rodrigues, Investigador Auxiliar do Instituto de Investigação Científica Tropical;

- Doutora Maria Augusta Fernandes Pereira da Costa de Sousa, Investigadora Auxiliar do Instituto Nacional de Recursos Biológicos.

Lisboa, 2009

## Agradecimentos

Desejo agradecer às seguintes pessoas a ajuda que me deram durante o meu percurso académico:

- ❖ *Aos meus Pais pelo afecto e apoio que sempre me deram.*
- ❖ *Aos meus colegas e amigos do ISA, em particular à Andreia Silva e ao Tiago Bergano pelo espírito de camaradagem e amizade desde o primeiro dia de aulas neste Instituto.*
- ❖ *Ao Professor José Graça, pela confiança e pela motivação que me transmitiu durante a elaboração deste trabalho.*
- ❖ *À Fundação João Lopes Fernandes, e ao Eng. Pedro Pacheco Marques, as amostras de cortiça disponibilizadas e a colaboração prestada no planeamento e execução da sua colheita, na Herdade do Rosal, Lavre, em Julho de 2008.*

## **Resumo**

Neste trabalho procurou-se estudar a qualidade da cortiça do ponto de vista industrial. Cozeu-se um conjunto de cortiças, donde resultou um aumento médio em espessura de 12,5%. Estudou-se a morfologia dos principais defeitos das cortiças, nomeadamente o “prego” e os canais lenticulares. Mediu-se a porosidade das cortiças cozidas com recurso a um *software* de análise de imagem considerando apenas os poros de área superior a 300 pixels ( $1,15\text{mm}^2$ ) e de seguida considerando apenas os poros de área superior a 1000 pixels ( $3,84\text{mm}^2$ ). As cortiças de melhor qualidade foram as mais afectadas pela alteração da área mínima detectável. Procurou-se encontrar uma relação entre a porosidade nos planos tangencial e não-tangencial, quando a área mínima detectável dos poros foi 200, 400, 600, 800 e 1000 pixels. A correlação entre aquelas variáveis mostrou-se ser muito baixa para qualquer um dos crivos utilizados. No entanto, a relação entre o coeficiente de porosidade na secção não-tangencial e a área média dos poros na secção tangencial foi a que apresentou os melhores valores de  $R^2$ . Também foi criado um algoritmo que pretende quantificar a qualidade da cortiça em termos do coeficiente de porosidade, área média dos poros e frequência dos poros.

**Palavras-chave:** *Quercus suber* L.; análise de imagem; classificação da cortiça; porosidade da cortiça; qualidade da cortiça.

## **Abstract**

In this work it was studied the quality of cork from the industrial point of view. A group of cork planks was boiled during one hour, and it resulted in an average thickness increase of 12,5%. It was studied the morphology of the main defects that cork generally presents, as the “nail” and lenticular chanel. Porosity was measured by means of an image analysis software, first considering only pores larger than 300 pixels ( $1,15\text{mm}^2$ ) and then considering pores larger than 1000 pixels ( $3,84\text{mm}^2$ ). Porosity measurement of corks with higher quality showed to be more affected by the minimum area considered as a pore. It was tried to find a relation between porosity in tangencial and non-tangencial sections, for each one of the following minimum pore areas: 200, 400, 600, 800 and 1000 pixels. No significant correlation was found. Nevertheless, the best correlation results were obtained when the porosity coefficient in non-tangencial section was plotted against the pores average area in tangencial section. It was also created an expression with the objective to quantify cork quality in terms of its porosity coefficient, pores average area and pores frequency.

**Key words:** *Quercus suber* L.; image analisys; cork classification; cork porosity; cork quality.

## Extended Abstract

The goal of this work was to study the cork quality from the industrial point of view. A group of twelve samples of cork was boiled in a 100°C heated bath of water during one hour. As a consequence the cork samples registered an average thickness increase of 12,5%. The main defects that affect cork quality were reviewed in literature and studied in this particular group of corks. The defects more commonly observed were those called "nail", pores and fungi spots. The nail was seen to be composed of tissues that are identical to those that make up the secondary phloem, with portions of sclerenchymatous cells and large phloem rays, and it generally occurred on every cork in the first and second growth-rings as tiny bits. However, in some cases the nail can occur along the entire thickness of the cork plank, as bits ranging from less than 1mm<sup>2</sup> to up to 1cm<sup>2</sup>. Pores were studied in their longitudinal section and in transversal section near the earliest surface of the cork plank. It was found on every sample straight and thin pores, typically found in the best corks, and irregular and large pores, typically found in corks of poor quality. The fungi spots were very frequent as well.

Forwards, it was studied the cork porosity in tangential section of the twelve boiled samples, using an image analysis software *Leica Q – win*. Porosity was studied considering first only pores larger than 300 pixels (1,15mm<sup>2</sup>) and then only pores larger than 1000 pixels (3,84mm<sup>2</sup>). It was measured the following parameters: porosity coefficient, the average area of pores and the frequency of pores per area on the tangential section. The aim of this procedure was to observe the effect of the minimum area detected over cork porosity classification. The less porous samples, with higher quality, were the ones that presented the biggest differences on their porosity parameters, when the smallest area of pores detected was changed from 300 pixels to 1000 pixels.

A second step of this work was to test a possible relation between porosity in tangential and in non-tangential sections of cork. Ten samples of cork planks were used. Again, the effect of pores smallest area detection was studied, this time using a 200, 400, 600, 800 and 1000 pixels filter. For each filter it was tested the relation between the porosity coefficient, in non-tangential section, and the porosity coefficient, average area of pores and frequency of pores in tangential section. No significant correlation between tangential and non-tangential porosity parameters was found. Nevertheless, the exclusion of some samples which were remarkably distinct from the rest of the samples, concerning quality in terms of porosity, showed some improvements at the correlation coefficient R<sup>2</sup> values. The parameters that showed best correlation results were the porosity coefficient in non-tangential section and the average area of pores in the tangential section, specially when using the filter of 400 pixels. Finally it was created a mathematical expression to classify cork quality in terms of an

entire number ranging from 1 to 6, the smallest the result the better the quality of cork. This expression considered the porosity coefficient, the average area of pores and the pores frequency. The effect of filtering the smallest pores from 300 pixels to 1000 pixels was once again observed for the initial twelve boiled samples using this expression.

**Key words:** *Quercus suber* L.; image analysis; cork classification; cork porosity; cork quality.

# Índice

<b>Lista de Quadros.....</b>	<b>i</b>
<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>ii</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1 Objectivos.....	1
1.2 Enquadramento geral e importância do problema.....	2
1.3 Estado da arte.....	3
1.3.1 A estrutura da cortiça.....	3
1.3.2 Cozedura da cortiça.....	5
1.3.3 A qualidade da cortiça.....	8
1.3.4 Classificação da qualidade da cortiça por análise de imagem.....	15
1.4 Estrutura do trabalho.....	16
<b>2. Material e Métodos.....</b>	<b>17</b>
2.1 A cozedura das cortiças.....	17
2.1.1 Medição da espessura das cortiças antes da cozedura.....	17
2.1.2 Cozedura e variação da espessura na direcção radial após a cozedura.....	17

2.1.3	Determinação do teor de humidade após a cozedura.....	18
<b>2.2</b>	<b>Caracterização qualitativa dos defeitos da cortiça.....</b>	<b>18</b>
2.2.1	Caracterização do prego e da costa.....	19
2.2.2	Caracterização dos canais lenticulares.....	19
<b>2.3</b>	<b>Análise de imagem.....</b>	<b>19</b>
<b>2.4</b>	<b>A porosidade no plano tangencial – efeito da área mínima detectável.....</b>	<b>20</b>
2.4.1	Medição dos poros de área superior a 300 pixeis.....	21
2.4.2	Medição dos poros de área superior a 1000 pixeis.....	22
<b>2.5</b>	<b>Comparação entre a porosidade medida no plano tangencial e nos planos não-tangenciais (transversal e radial).....</b>	<b>22</b>
<b>2.6</b>	<b>Quantificação da porosidade – o Algoritmo <math>Q_{cor}</math>.....</b>	<b>26</b>
<b>3.</b>	<b>Resultados e Discussão.....</b>	<b>27</b>
<b>3.1</b>	<b>Efeitos da cozedura.....</b>	<b>27</b>
<b>3.2</b>	<b>Defeitos da cortiça.....</b>	<b>29</b>
3.2.1	Os canais lenticulares.....	29
3.2.1.1	O perfil da secção longitudinal dos canais lenticulares.....	29
3.2.1.2	Forma dos canais lenticulares junto à barriga das pranchas.....	29



3.2.2 O “prego”.....	32
3.2.3 O marmoreado.....	34
<b>3.3 A porosidade no plano tangencial.....</b>	<b>34</b>
<b>3.4 Relação entre a porosidade nos planos tangencial e não-tangencial.....</b>	<b>39</b>
<b>3.5 Quantificação da qualidade da cortiça – O Algoritmo <math>Q_{cor}</math>.....</b>	<b>43</b>
<b>4. Conclusão.....</b>	<b>46</b>
<b>5. Referências bibliográficas.....</b>	<b>48</b>



## Lista de Quadros

Quadro 1 – Variação dimensional resultante da cozedura de um conjunto de 12 cortiças. Destacadas a negrito estão as amostras cuja classificação, segundo as dimensões referidas pela NP 298 (1993), variou depois da cozedura. Em termos absolutos, as cortiças mais espessas sofrem uma variação de calibre mais acentuada. Assim, as cortiças “Grossa” aumentaram em média 5,9mm, as cortiças “Marca” aumentaram 4,5mm, as cortiças “Meia-Marca” aumentaram 3,7mm e as cortiças “Delgadinha” aumentaram 2,5mm.....**27**

Quadro 2 – Parâmetros de porosidade das cortiças utilizando apenas os objectos detectados na imagem de área superior a 1,15mm<sup>2</sup>. A vermelho encontram-se as amostras de pior qualidade e a azul a amostra de melhor qualidade, no que diz respeito à porosidade.....**36**

Quadro 3 – Parâmetros de porosidade das cortiças utilizando apenas os objectos detectados na imagem de área superior a 3,84mm<sup>2</sup>. A vermelho encontram-se as amostras de pior qualidade e a azul a amostra de melhor qualidade, no que diz respeito à porosidade.....**36**

Quadro 4 – Variação do valor dos parâmetros da porosidade das doze amostras da Herdade do Rosal quando a área mínima detectada foi alterada de 300pixeis para 1000pixeis. O coeficiente de porosidade é o parâmetro cuja variação em função da área mínima detectada tem maior amplitude, apresentando maior variação nas cortiças de melhor qualidade. A variação dos parâmetros de porosidade foi calculada usando os valores da área mínima de 1000 pixeis como base, de acordo com a seguinte expressão:

$[(V_{1000} - V_{300}) / V_{1000}] * 100$ , onde  $V_{300}$  representa os valores de cada parâmetro considerando a área mínima detectada igual a 300 pixeis e  $V_{1000}$  representa os valores de cada parâmetro considerando a área mínima detectada igual a 1000 pixeis.....**37**

Quadro 5 – Cálculo do valor de  $Q_{cor}$  para uma área mínima detectada de 1,15mm<sup>2</sup> e para uma área mínima de 3,84mm<sup>2</sup>.....**44**

## Lista de Figuras

- Figura 1 – A estrutura celular da cortiça vista no plano tangencial (a) e transversal (b). Fortes *et al.* (2004).....**3**
- Figura 2 – Representação esquemática da estrutura das paredes celulares da cortiça, de acordo com o modelo descrito por Sitte (1962). Cada parede celular é composta por três camadas de diferente natureza, uma camada celulósica mais interna, uma camada intermédia e mais espessa de suberina, e uma camada externa de lenhina que se funde com a camada de lenhina das células adjacentes. Duas cavidades celulares de células vizinhas encontram-se assim separadas por seis camadas.....**4**
- Figura 3 – Fungo de micélio esbranquiçado que surge na costa das cortiças alguns dias após o cozimento. O aparecimento deste fungo é conhecido na indústria como “sezão” (Graça *et al.*, 1986).....**7**
- Figura 4 – O *enguiado*, manifesta-se como sulcos orientados longitudinalmente na costa da prancha. Estes sulcos podem atingir as primeiras camadas de crescimento; nesta imagem pode-se observar que as primeiras cinco camadas anuais de crescimento foram afectadas no local onde se originou a fenda. Este fenómeno é uma das causas de perda de qualidade das cortiças, sendo causado por tensões tangenciais. A sua extensão depende do crescimento em espessura do xilema e da própria cortiça, da relação entre a espessura da cortiça e o diâmetro do tronco, e ainda da espessura da camada do entrecasco da árvore e da costa da cortiça (Liese *et al.*, 1983; Natividade, 1950).....**12**
- Figura 5 – Defeito conhecido como *prego*. Consiste em inclusões de tecidos esclerenquimatosos e de raios floémicos no tecido suberoso devido a um funcionamento irregular da felogene, levando à inclusão de porções de entrecasco no tecido suberoso.....**14**
- Figura 6 – Cada prancha foi cortada com cerca de 20x20cm e, de seguida, as duas faces transversais e as duas faces radiais foram polidas numa lixadeira de bancada P100 e cortadas com uma espessura aproximada de 1cm. Assim, as amostras tangenciais tiveram sempre no mínimo 15x15cm, e as amostras não-tangenciais um comprimento igual ou superior a 15cm.....**23**
- Figura 7 – Plano tangencial da cortiça. Os canais lenticulares surgem em secção transversal, apresentando diversas formas, predominantemente circulares ou ovais, os últimos dos quais orientados longitudinalmente. Nesta superfície cada poro corresponde a um e só um canal lenticular, o que torna possível a contagem do número de poros por unidade de área e a medição da área média dos poros.....**25**

**Figura 8** – Plano não-tangencial (aqui uma imagem de um corte transversal) da cortiça. Neste plano os canais lenticulares surgem frequentemente fragmentados uma vez que alguns troços da lenticula não são seccionados no corte. Isto leva a que um objecto como um canal lenticular, seja interpretado pelo *software* de análise como sendo dois ou mais objectos. Consequentemente, a medição da frequência dos poros e da área média perdem significado. Já o coeficiente de porosidade, englobando todos os objectos detectados num só, a área total dos objectos, é o parâmetro mais informativo nos planos não-tangenciais.....**25**

**Figura 9** – Aspecto da costa da mesma cortiça, antes e depois da cozedura. Aqui pode observar-se que a amplitude das fendas da costa diminuiu. Nesta imagem também se pode observar o *sezão* que aparece na costa das cortiças alguns dias após a cozedura.....**28**

**Figura 10** – Após a cozedura, as fendas podem reduzir sensivelmente a sua largura devido ao endireitamento da cortiça.....**28**

**Figura 11** – Aspecto dos principais tipos de canais lenticulares que se observaram nas 12 cortiças estudadas. (a) Canal lenticular fino, com menos de 1mm de espessura em todo o seu comprimento. (b) Canal lenticular característico das cortiças terrentas, de secção aproximadamente cónica e preenchido com tecido de enchimento pulverulento que lhe confere uma cor avermelhada. (c) Canal lenticular característico das cortiças frouxas, apresentando o seu perfil deformado devido à incapacidade do tecido suberoso para resistir às tensões que se geram tangencialmente como resultado do crescimento da cortiça. Estes três exemplos de lenticulas surgem frequentemente na mesma cortiça.....**30**

**Figura 12** – Exemplo do perfil das lenticulas junto à barriga das pranchas. (a) poro característico de uma cortiça preguenta; (b) poro característico de uma cortiça terrenta; (c) poro característico de uma cortiça de escolha. Apesar de cada um destes tipos de perfil das lenticulas junto à barriga ser característico de um tipo específico de cortiça, estes podem ser geralmente encontrados em simultâneo numa amostra.....**31**

**Figura 13** – Aspecto da secção transversal dos canais lenticulares junto à barriga, de alguns tipos de cortiça Natividade (1934): a) Lenticulas de cortiças madeirentas; b) lenticulas de cortiças terrentas; c) lenticulas de cortiças de qualidade elevada.....**31**

**Figura 14** – Periderme parcial na primeira camada de crescimento produzida. Segundo Natividade (1950), o aparecimento destas pequenas porções de entrecasco nas primeiras camadas de crescimento, após a extracção da cortiça, deve-se à insuficiência da fina camada suberosa produzida para proteger a felogene no período do Verão. Assim, pontualmente, a felogene perde a sua actividade e regenera-se novamente no floema inactivo subjacente, deixando pequenas camadas de entrecasco inclusas na cortiça (a). Nesta imagem também se pode observar o corte transversal da costa da cortiça, constituído essencialmente por raios floémicos largos esclerificados (b) e por tecidos esclerenquimatosos (c) (Graça & Pereira, 1993; Graça & Pereira, 1995).....**33**

**Figura 15** – Amostra de uma cortiça *madeirenta*. (a) Canal lenticular cuja função fisiológica de troca de gases foi, por alguma razão, interrompida, tendo-se regenerado nova camada de felogene no tecido floémico que lhe estava subjacente que a partir daí começou a produzir células de cortiça normais em vez do tecido pulverulento que vinha a produzir. (b) Ainda se pode ver como nestas cortiças, o prego, devido à interrupção do funcionamento da felogene, ocorre até nas camadas de crescimento mais recentes, junto à barriga da cortiça.....**33**

**Figura 16** – Aspecto do *marmoreado* da cortiça em corte tangencial. Este defeito é causado pela contaminação da cortiça por um fungo (*Meliophia ophiospora*) que entra e se expande na cortiça através dos canais lenticulares (Liese *et al.*, 1983).....**34**

**Figura 17** – a) representação das áreas dos poros amostra mais porosa (B1); b) representação das áreas dos poros na amostra menos porosa (C8). Todos os poros que se encontram seleccionados, com cor azul ou verde, são poros que ocupam uma área superior ou igual a 300 pixeis. No entanto, apenas os poros que estão seleccionados a verde têm uma área igual ou superior a 1000 pixeis. Os poros que não foram preenchidos nem a azul nem a verde são aqueles de área inferior a 300 pixeis.....**38**

**Figura 18** – Representação gráfica, para cada crivo (200, 400, 600, 800 e 1000pixeis), do coeficiente de porosidade na secção tangencial (Tg), em função do coeficiente de porosidade na secção não-tangencial (Tr&R). Assinalados a vermelho encontram-se as cortiças que se destacam do restante conjunto.....**41**

**Figura 19** – Representação gráfica, para cada crivo (200, 400, 600, 800 e 1000pixeis), da área média dos poros na secção tangencial (Tg), em função do coeficiente de porosidade na secção não-tangencial (Tr&R). Assinalados a vermelho encontram-se as cortiças que se destacam do restante conjunto.....**41**

**Figura 20** – Representação gráfica, para cada crivo (200, 400, 600, 800 e 1000pixeis), da frequência dos poros na secção tangencial (Tg), em função do coeficiente de porosidade na secção não-tangencial (Tr&R). Assinalados a vermelho encontram-se as cortiças que se destacam do restante conjunto.....**41**

**Figura 21** – Representação gráfica, para cada crivo (200, 400, 600, 800 e 1000pixeis), do coeficiente de porosidade na secção tangencial (Tg), em função do coeficiente de porosidade na secção não-tangencial (Tr&R). Agora excluindo as amostras A10 e A19.....**42**

**Figura 22** – Representação gráfica, para cada crivo (200, 400, 600, 800 e 1000pixeis), do coeficiente de porosidade na secção tangencial (Tg), em função da área média dos poros na secção não-tangencial (Tr&R). Foi excluída a amostra A15.....**42**

**Figura 23** – Representação gráfica, para cada crivo (200, 400, 600, 800 e 1000pixeis), do coeficiente de porosidade na secção tangencial (Tg), em função da frequência dos poros na secção não-tangencial (Tr&R). Foi excluída a amostra A19.....**48**

# **1 Introdução**

## **1.1 Objectivos**

Este trabalho tem como principal objectivo a caracterização qualitativa e quantitativa dos defeitos que desvalorizam comercialmente as cortiças amadias.

Assim, numa primeira fase será analisado o efeito que a cozedura tem sobre a espessura de um conjunto de amostras. Depois de cozidas, irão ser analisados qualitativamente os defeitos que essas amostras apresentam, com particular atenção para o “prego” e para a porosidade. Pretende-se caracterizar os tecidos que constituem o prego e também qual a extensão da sua ocorrência ao nível da espessura de uma prancha de cortiça. O estudo da porosidade nesta fase, terá como objectivo a caracterização morfológica dos canais lenticulares em três aspectos distintos: em secção longitudinal, em secção transversal a meio da espessura das pranchas, e em secção transversal junto à parte interna das pranchas – a barriga. Outros defeitos como as fendas, que derivam do crescimento em espessura, e manchas causadas por fungos também serão objecto de estudo.

Numa segunda fase, será feito um estudo de carácter quantitativo da porosidade. Utilizando um conjunto de cortiças amadias cozidas, vai-se medir a porosidade nas secções tangencial, radial e transversal, recorrendo a um *software* de análise de imagem. A partir daqui procurar-se-á relacionar os resultados obtidos por análise de imagem com o aspecto visual das amostras, e discutir as dificuldades que daí resultem. Também se pretende averiguar a existência de uma relação entre a porosidade medida na secção tangencial com a porosidade medida nas secções não-tangenciais.

Outro objectivo deste trabalho será ainda criar uma expressão que, baseada na porosidade, devolva um número inteiro consoante a qualidade das cortiças.

## **1.2 Enquadramento geral e importância do problema**

A cortiça, revestimento exterior do tronco e ramos do Sobreiro (*Quercus suber* L.), é um produto natural que pelas suas propriedades físicas, mecânicas e químicas, desde há muitos séculos atrás despertou o interesse das pessoas para diversos fins. As aplicações dadas à cortiça são muito variadas e vão desde bóias para a pesca, cortiços para abelhas e material de construção utilizado como isolante térmico e acústico, até à sua aplicação mais conhecida no caso das rolhas para garrafas de vinho. Esta última aplicação tornou-se dominante a partir da segunda metade do século XVIII, primeiro na província da Catalunha, em Espanha, e a seguir no nosso País (Natividade, 1950).

O Sobreiro é uma espécie que pertence às zonas de clima mediterrânico, tendo grande desenvolvimento na Península Ibérica, especialmente nas regiões de influência atlântica. Aqui, o Sobreiro afirma-se como a espécie arbórea dominante, formando sistemas semi-naturais de uso múltiplo, designados por *montados* (Silva, 2007).

Em regiões onde os usos alternativos que se podem dar à terra são escassos, devido aos longos períodos de secura no período estival e à baixa produtividade dos solos, a viabilidade económica dos montados de sobreiro depende em muito da exploração da cortiça dos sobreiros, destinada maioritariamente à indústria rolheira (Natividade, 1950; Graça *et al.*, 1985). Actualmente, Portugal é o líder mundial na produção de cortiça e na indústria dos seus produtos derivados. A cortiça apresenta um peso muito elevado nas exportações do mercado português do comércio internacional de produtos florestais, ultrapassando as exportações os 800 milhões €/ano, o que representou em 2005 2,73% do total das exportações nacionais, e 2,04% do PIB português (AFN, 2007; Silva 2007). Por estas razões, o estudo deste produto reveste-se de grande importância para a defesa e valorização da cortiça, face a outros polímeros recentemente sintetizados, bem como para a valoração dos montados onde a cortiça é produzida.

É importante estudar e caracterizar a qualidade das cortiças do ponto de vista industrial porque disso depende a qualidade dos produtos de cortiça como as rolhas.

São as rolhas de classes de boa qualidade, como 2º, 1º e superior que justificam economicamente a produção industrial das rolhas, e estas classes de qualidade dependem totalmente da qualidade da prancha de cortiça enquanto matéria-prima. Uma matéria-prima enriquecida em qualidade permite conseqüentemente a produção de produtos com maior valor no mercado (Graça *et al.*, 1985).



## **1.3 Estado da arte**

### **1.3.1 A estrutura da cortiça**

O felema, termo botânico para designar a cortiça, é produzido por uma camada de células que possuem actividade meristemática, designada por felogene ou câmbio subero-felodérmico, diferenciada normalmente a partir da primeira camada de células subjacentes à epiderme. A felogene é constituída por uma camada de espessura unicelular, com células todas do mesmo tipo, e que por sucessivas divisões periclinais origina para o interior um tecido denominado feloderme e para o exterior o tecido suberoso, vulgarmente designado por cortiça (Natividade, 1950; Graça & Pereira, 1993).

A cortiça é constituída por células citoplasmaticamente mortas e sem espaços vazios entre si, dispostas topo a topo em fiadas contínuas orientadas radialmente. Cada célula tem geralmente uma forma prismática, com 14 faces. Em cortes feitos radial e transversalmente as células da cortiça apresentam-se praticamente iguais, como polígonos de 4 a 6 lados. Nestas duas secções também se observa que os topos das células, em fiadas diferentes, estão desencontrados, estando cada célula em contacto com 14 células vizinhas. Em corte tangencial, as células exibem uma estrutura semelhante a um favo-de-mel, em que cada célula tem em geral 5 a 7 lados (Figura 1a). Como se pode ver na Figura 1b) as paredes laterais estão frequentemente enrugadas devido à compressão a que as células estão sujeitas durante o crescimento em espessura (Natividade, 1938; Pereira *et al.*, 1987).

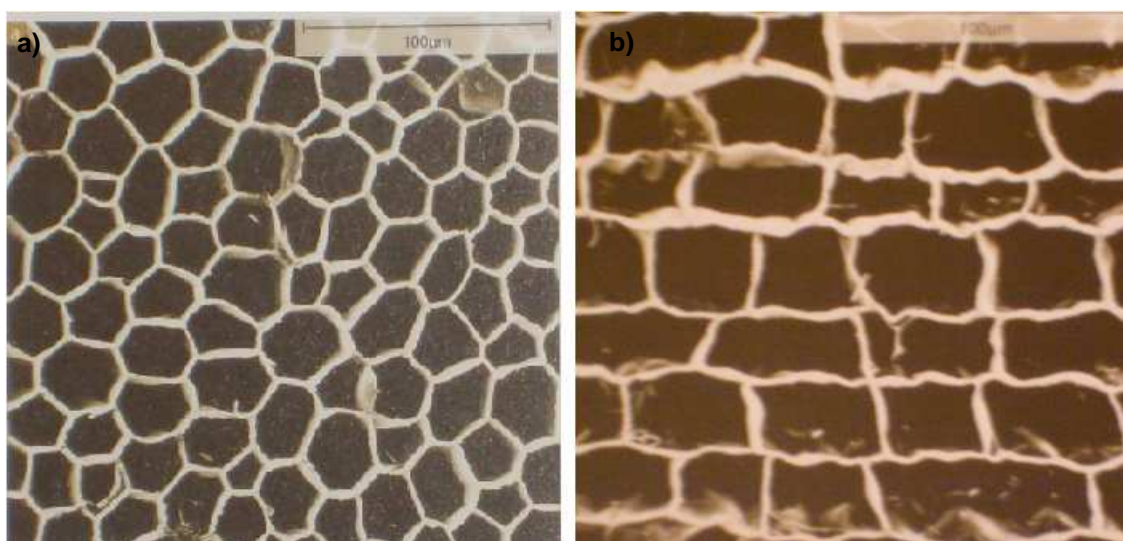


Figura 1: A estrutura celular da cortiça vista no plano tangencial (a) e transversal (b). Fortes *et al.* (2004).

Cada célula, após finalizada a sua diferenciação, fica praticamente reduzida apenas à sua parede celular, sendo o conteúdo do protoplasto celular maioritariamente absorvido durante o processo de suberificação.

É ao nível da estrutura e composição química da parede que residem algumas das principais características que tornam a cortiça num material tão interessante do ponto de vista tecnológico. Cada parede celular é constituída por três camadas; a parede primária, constituída por polissacáridos e lenhina, a parede secundária mais espessa, constituída por suberina e polifenóis associados, e uma parede terciária fina, constituída de polissacáridos e lenhina (Figura 2) (Natividade, 1938; Sitte, 1962).

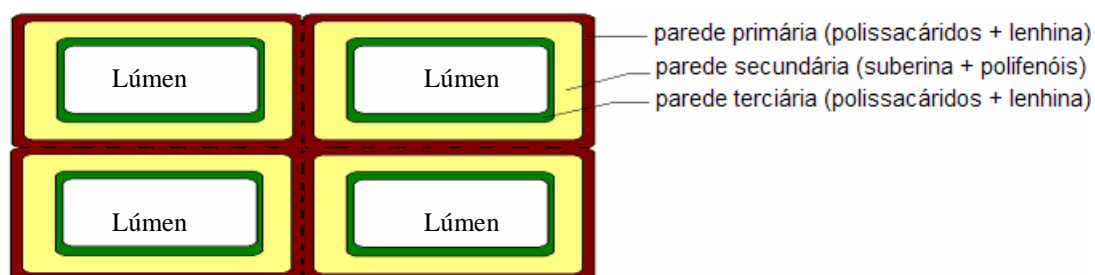


Figura 2: Representação esquemática da estrutura das paredes celulares da cortiça, de acordo com o modelo descrito por Sitte (1962). Cada parede celular é composta por três camadas de diferente natureza, uma camada celulósica mais interna, uma camada intermédia e mais espessa de suberina, e uma camada externa de lenhina que se funde com as camadas de lenhina das células adjacentes. Duas cavidades celulares de células vizinhas encontram-se assim separadas por seis camadas.

Deste modo, os lúmens de duas células contíguas estão separados por seis camadas, pese embora o facto de as duas camadas exteriores lenhificadas serem praticamente indistinguíveis, constituindo a lamela média composta, pelo que também se pode dizer que as paredes que separam os espaços intracelulares são constituídas não por seis mas por cinco camadas (Natividade, 1934; Natividade, 1938).

Neste aspecto importa sobretudo salientar a importância da camada intermédia suberosa. Esta camada, sendo a mais espessa, é também aquela que tem maior influência sobre as propriedades das paredes celulares, e em última análise sobre o comportamento das cortiças. É à custa desta camada que se dá o espessamento das paredes celulares que distingue o crescimento de princípio de estação, com células de paredes mais delgadas, do crescimento de fim de estação, com células de paredes mais espessas (Natividade, 1934).

Um outro atributo que singulariza esta camada intermédia é a sua composição química, a suberina, principal constituinte das paredes. Segundo Graça (2000), cerca de 15% da massa da cortiça são extractivos e 85% são componentes estruturais entre os quais aproximadamente 50% é suberina. A suberina é um biopolímero de carácter lipídico, com uma estrutura poliéster composto principalmente por glicerol,  $\alpha,\omega$ -Diácidos saturados, insaturados e com grupos epóxido e diol, e ainda  $\omega$ -Hidroxiácidos substituídos (Graça & Pereira, 2000).

A suberina desempenha um papel fundamental nas notáveis características que este material apresenta especialmente no que diz respeito à sua impermeabilidade, propriedades físicas e químicas (Fortes *et al.*, 2004).

### **1.3.2 Cozedura da cortiça**

Toda a cortiça amadia destinada ao processamento industrial, nomeadamente para o fabrico de rolhas, deve ser sujeita a uma fase de preparação cujo objectivo principal é melhorar as características mecânicas bem como a forma das pranchas. Isto é conseguido principalmente através da cozedura da cortiça (Graça *et al.*, 1986).

Quando as pranchas de cortiça chegam a uma unidade industrial são deixadas ao ar livre, entre 3 meses e 1 ano de acordo com a capacidade dos industriais para manter um *stock*. Este tempo de repouso tem por objectivo permitir uma secagem lenta das pranchas para estabilização dimensional e secagem do “verde”, defeito que é caracterizado um pouco mais à frente neste trabalho (último parágrafo da página 11). Ao final do período de estabilização, antes da cozedura, as cortiças são separadas em fardos de acordo com a sua espessura e qualidade (Graça *et al.*, 1986).

Tradicionalmente a cozedura da cortiça é feita em caldeiras com água em ebulição durante cerca de 1 hora. Nos últimos anos algumas empresas desenvolveram outros processos de cozedura, nomeadamente sob pressão com temperaturas superiores a 100°C, eventualmente podendo reduzir o tempo de cozedura. O tempo de cozedura é um dos principais aspectos a ter em conta nesta operação, porque condiciona não só os gastos energéticos do processo mas também a própria eficiência dos resultados que se pretendem atingir (Graça *et al.*, 1986). Pode ainda ser feita uma segunda cozedura, denominada de “escalda” da cortiça. A escalda é feita também a 100°C, mas por um período de tempo de 30-40 minutos, duas ou três semanas após a primeira cozedura e entre 24 – 48h antes de se iniciar o processamento industrial. O objectivo da escalda é conferir às pranchas o teor de humidade adequado (15 – 18%) para o processo de brocagem (Costa & Pereira, 2004).

Alguns dias após a cozedura é frequente que surja sobre a parte externa das pranchas – a costa das pranchas, um fungo de micélio esbranquiçado (Figura 3), fenómeno a que se chama “ganhar *sezão*”. Oliveira *et al.* (2003) e Pereira *et al.* (2006) referem que este micélio se deve principalmente à presença da espécie *Chrysonilia sitophila*, embora seja cada vez mais frequente o aparecimento de outros fungos tais como *Mucor plumbeus*, *Penicillium glabrum*, *Penicillium olsonii*, *Trichoderma longibrachiatum* e ainda *Aspergillus sp.* e *Cladosporium sp.* Estes fungos são facilmente encontrados no solo e em plantas, assim como em frutas, vegetais e madeiras em decomposição.

De acordo com Graça *et al.* (1986), os industriais não são unânimes quanto aos efeitos do aparecimento deste fungo. Alguns industriais consideram benéfico o aparecimento deste fungo, sob o pretexto de que tal contribui para o fecho dos poros e é sinal de que as pranchas estão prontas para serem laboradas. Todavia, para outros industriais este fungo nada traz de vantajoso, sendo prejudicial para a saúde dos trabalhadores e para a própria qualidade das rolhas.

Aos trabalhadores, a inalação destes fungos pode causar problemas respiratórios (Graça *et al.*, 1986). Quanto à qualidade das rolhas, os fungos podem degradar os principais constituintes das paredes celulares da cortiça, a suberina e a lenhina, e afectar negativamente algumas propriedades mecânicas das rolhas tais como a sua elasticidade (Pereira *et al.*, 2006). Outro inconveniente bem conhecido que resulta do desenvolvimento dos fungos é a produção de derivados do 2,4,6-tricloroanisol (TCA), principal agente de gostos e aromas que desvalorizam o vinho, especialmente na presença de cloro ou de compostos clorados (Pereira & Gil, 2006).

No entanto, sobre estes inconvenientes importa referir o trabalho de Oliveira *et al.* (2003), de acordo com os quais, o micélio esbranquiçado que surge após a cozedura pode, de facto, ser benéfico para a indústria. É que este micélio é produzido pela espécie *C. sitophila*, que não só não produz TCA como também parece restringir o desenvolvimento de fungos do género *Penicillium*, estes últimos produtores de TCA.

Além do que foi dito, Oliveira *et al.* (2003) também indicam que a espécie *C. sitophila* também não é susceptível de causar grandes problemas respiratórios aos trabalhadores, já que os esporos deste fungo são maiores que os esporos das outras espécies e por isso têm menor capacidade para serem conduzidos pelas vias respiratórias até aos pulmões.

A cozedura da cortiça é uma etapa muito importante na preparação das pranchas pois permite eliminar fungos, insectos e sujidades que surgem na costa das pranchas; endireita as pranchas pela libertação de tensões tangenciais; reduz o diâmetro dos poros e a amplitude das fendas tornando a cortiça mais compacta; melhora as

características físico-mecânicas como a elasticidade e a compressibilidade; permite obter um ganho em espessura por expansão na direcção radial (Graça *et al.*, 1986; Fortes *et al.*, 2004).

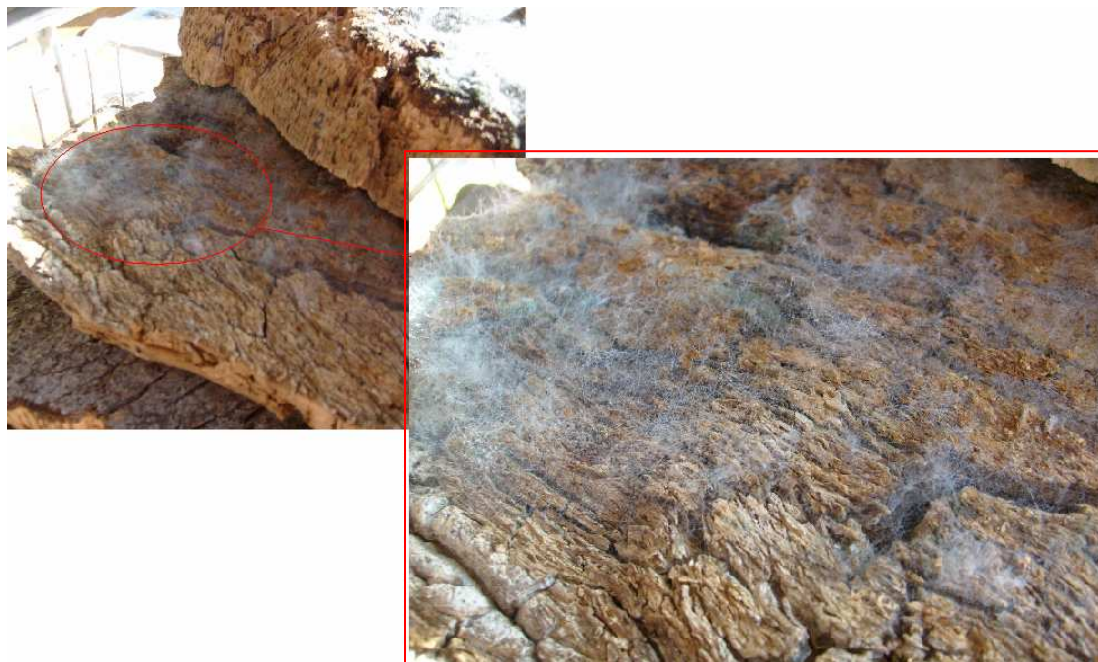


Figura 3: Fungo de micélio esbranquiçado que surge na costa das cortiças alguns dias após o cozimento. O aparecimento deste fungo é conhecido na indústria como “sezão” (Graça *et al.*, 1986).

De acordo com Fortes *et al.* (2004) o aumento do calibre das pranchas após a cozedura deve-se principalmente à diminuição da amplitude das ondulações das paredes celulares e consequentemente ao seu endireitamento. Os mesmos autores adiantam ainda uma explicação para este endireitamento das paredes celulares quando a cortiça é aquecida em água. O aquecimento funciona como uma fonte de energia que vai tornar as ligações entre as moléculas poliméricas das paredes celulares mais flexíveis, permitindo que as mesmas deslizem umas sobre as outras, reduzindo-se deste modo as tensões internas, e consequentemente torna-se possível uma expansão na direcção radial. Este fenómeno de endireitamento ocorre possivelmente de forma sinérgica uma vez que o endireitamento de uma célula poderá facilitar o endireitamento das células vizinhas (Fortes *et al.*, 2004).

Outro fenómeno que pode contribuir para o endireitamento das paredes celulares e para o ganho em espessura das pranchas consiste no aumento da pressão interna, devido ao aumento da temperatura, que os gases no lúmen das células exercem sobre as paredes. Assim, o aumento do volume de uma célula, multiplicado por milhares de

células na massa da cortiça, pode levar a ganhos consideráveis ao nível do calibre de uma prancha, que podem ultrapassar as 4 linhas<sup>x</sup> de espessura (Graça *et al.*, 1986).

A porosidade de uma prancha pode igualmente beneficiar com a operação da cozedura. Após a cozedura a porosidade da cortiça na secção transversal pode reduzir-se até 50% devido à diminuição do diâmetro médio dos canais lenticulares.

No entanto, nem todos os poros respondem da mesma forma à cozedura; os poros de perfil muito linear e finos, chamados “poros agulha” e aos quais estão associadas as cortiças de melhor qualidade, têm boa resposta, fechando com a cozedura, enquanto os poros mais largos e de perfil cónico são menos beneficiados com este tratamento, podendo inclusivamente abrir (Graça *et al.*, 1986; Fortes *et al.*, 2004).

### **1.3.3 A qualidade da cortiça**

Sendo a cortiça um material natural, apresenta por isso uma acentuada variabilidade no que diz respeito à sua qualidade. Como forma de classificar comercialmente o tecido suberoso, dividem-se usualmente as cortiças de escolha nas seguintes classes de qualidade: *Flor*, 1<sup>o</sup> ou *Superior*, 2<sup>o</sup> ou *Boa*; 3<sup>o</sup> ou *Média*; 4<sup>o</sup>; 5; 6<sup>o</sup>; e por último *Refugo*, nos casos em que os defeitos, independentes ou associados na mesma prancha, adquirem uma grande intensidade (Natividade, 1934; Graça *et al.*, 1985).

Esta classificação, que tem nas primeiras quatro classes de qualidade as melhores cortiças, encontra-se dependente fundamentalmente de três factores (Natividade, 1950):

- Calibre ou espessura – a espessura da cortiça, produzida num intervalo de criação de nove anos, encontra-se antes de mais dependente da taxa de crescimento derivada da actividade meristemática do felogene. Esta, por sua vez, dependente de factores externos, relacionados com as condições climáticas, e com factores internos à própria árvore relacionados com a estrutura celular.

Entre os factores externos que influenciam a taxa de crescimento da cortiça contam-se a temperatura e a precipitação. O crescimento é especialmente favorecido em anos em que o Inverno anterior foi ameno e a precipitação total superior a 500mm, sendo igualmente importantes as chuvas que ocorrem no final da Primavera referente a um determinado ano de crescimento radial (Costa *et al.*, 2003; Fortes *et al.*, 2004).

---

<sup>x</sup> 1linha ≈ 2,256mm

A um nível mais geral e regular, as condições climáticas das zonas temperadas onde Portugal se insere, também imprimem à cortiça outra característica que tem influência sobre a espessura do felema ao fim de um novénio, e cujos efeitos se manifestam facilmente à vista desarmada; trata-se da existência de anéis de crescimento anuais que, tal como no tecido lenhoso, são compostos por um período de *crescimento de Primavera* ou de *início de estação*, região mais espessa e de cor mais clara, e por outro período de *crescimento de Outono* ou de *fim de estação*, mais delgado que o crescimento de Primavera e de cor mais escura.

Em geral, desde os fins de Outubro ou princípios de Novembro, até meados ou final de Abril, a camada meristemática interrompe a sua actividade, não havendo portanto qualquer crescimento secundário (Natividade, 1950). Deste modo, a felogene apenas se mantém activa durante cerca de 6 a 7 meses em cada ano, apresentando o período de maior actividade fisiológica entre meados de Maio, princípio de Junho, até ao final de Agosto.

Entre os factores internos que influenciam o crescimento radial das cortiças temos a espessura das células, a dimensão das células na direcção radial e o número de camadas de células em cada anel de crescimento anual.

A espessura das paredes celulares é maior no crescimento de fim de estação, onde apresentam uma espessura entre 1,5 – 2,5 $\mu$ m, e menor no crescimento de início de estação, onde essa espessura está geralmente entre 1 – 1,5 $\mu$ m (Fortes *et al.*, 2004). Segundo Natividade (1934), o maior espessamento celular que se verifica no crescimento de fim de estação é, como já foi referido, feito à custa da camada secundária da parede celular, cujo principal constituinte é a suberina, o que confere a esta última camada de crescimento uma cor mais escura.

Também o comprimento radial das células denota uma clara diferença entre o crescimento de início e de final de estação. As células de início de estação são mais longas, medindo entre 30 – 40 $\mu$ m, enquanto as células de fim de estação são mais curtas, medindo entre 15 – 20 $\mu$ m (Fortes *et al.*, 2004). No entanto, as diferenças de espessura que se manifestam nos sucessivos crescimentos anuais das pranchas de cortiça resultam sobretudo de diferenças no número de camadas de células que os compõem, sendo pouco influenciadas pelo maior ou menor tamanho e espessura dessas células (Natividade, 1934; Pereira *et al.*, 1992; Graça & Pereira, 1993).

Em particular, o ganho de espessura radial, em cada anel de crescimento anual, é determinado pelo número de células de início de estação que pode variar apreciavelmente, entre 20 a 200 células numa fiada radial, e muito menos pelo crescimento de fim de estação que, na generalidade dos casos, não ultrapassa 2 a 4 fiadas de células de espessura (Fortes *et al.*, 2004).

Esta proporção entre a espessura do crescimento de início de estação e a espessura do crescimento de fim de estação, além de condicionar em muito o crescimento anual das pranchas em espessura, e assim ao final de um período de criação, influencia também uma das mais valiosas propriedades da cortiça – a elasticidade – em virtude do diferente espessamento que apresentam as paredes celulares (Natividade, 1934).

Para fins comerciais, as cortiças de escolha (flor, superior, boa e média) podem ser classificadas quanto à espessura da seguinte forma (NP 298, 1993)<sup>2</sup>:

- Delgadinha – $14\text{mm} < d \leq 22\text{mm}$	[6,2 – 9,8 linhas[
- Delgada – $22\text{mm} < d \leq 27\text{mm}$	[9,8 – 12,0 linhas[
- Meia Marca – $27\text{mm} < d \leq 32\text{mm}$	[12,0 – 14,2 linhas[
- Marca – $32\text{mm} < d \leq 40\text{mm}$	[14,2 – 17,7 linhas[
- Grossa – $40\text{mm} < d \leq 54\text{mm}$	[17,7 – 23,9 linhas[
- Triângulo – $d \geq 54\text{mm}$	$\geq 23,9$ linhas

- Porosidade – o “poro” é a secção transversal dos canais lenticulares e a porosidade refere-se à forma, dimensões e distribuição dos poros em cortes executados tangencialmente nas pranchas, perpendicularmente ao eixo dos canais lenticulares. A porosidade merece especial destaque pela importância quase decisiva que tem na qualidade da cortiça (Natividade, 1950; Fortes *et al.*, 2004). Do ponto de vista fisiológico, os canais lenticulares são fundamentais para permitir a comunicação dos tecidos vivos da árvore com o ambiente externo, porém do ponto de vista tecnológico são um factor desvalorizante (Natividade, 1950).

Nas cortiças amadidas, de certo modo, a produção de lentículas está relacionada com a profundidade de regeneração do felogene, com a espessura do entrecasco e com a espessura da raspa na medida em que estes factores condicionam a facilidade com que se dão as trocas gasosas dos tecidos internos com a atmosfera, e daí a necessidade de produção de mais ou menos lentículas em conformidade (Natividade, 1950).

Porém, acima destes factores referidos, pensa-se que a abundância e disposição dos canais lenticulares seja um factor de origem predominantemente genética como refere Natividade (1934): «(...) o arranjo lenticular dos sobreiros parece ser um carácter susceptível de segregação e recombinação factorial, sendo em última análise determinada geneticamente.».

---

<sup>2</sup> De acordo com a NP 298 (1993), industrialmente também é costume expressar o calibre das pranchas em termos de «linhas», sendo o factor de conversão o seguinte: 1 linha  $\approx 2,256\text{mm}$ .



A abundância dos poros pode ser expressa como um coeficiente de porosidade P, que calcula a área de poros como percentagem da área total analisada. Devido à irregularidade que o perfil dos canais lenticulares apresenta, sugere-se que se efectuem secções microtómicas em diferentes camadas anuais de cada amostra, medindo-se a porosidade relativa a uma superfície de 100cm<sup>2</sup> para cada secção microtómica, e que se extraia a média dos valores obtidos (Natividade, 1950).

Todavia, mais do que o número de lenticulas, são as dimensões destas que mais interferem na porosidade. Assim, a porosidade expressa desta forma não traduz em absoluto a qualidade da cortiça, uma vez que uma cortiça pode ter numerosos canais lenticulares mas de diâmetro reduzido e por isso pouco prejudiciais tecnologicamente, ou poucos canais lenticulares mas de grandes dimensões, situação esta mais desvalorizante que a anterior, e no entanto o valor da porosidade pode ser igual em ambos os casos. Por esta razão, Natividade (1950) sugere que a porosidade seja expressa por dois números, um dos quais seria relativo ao número de lenticulas, e o outro à sua área em 100cm<sup>2</sup>. As cortiças, quanto à sua porosidade (ao nível do DAP) são classificadas da seguinte forma (Natividade, 1950):

- Pouco porosas –  $P < 2\%$
- Medianamente porosas –  $2\% < P < 4\%$
- Muito porosas –  $4\% < P < 6\%$
- Bofe –  $P > 6\%$

Em geral, a porosidade da cortiça varia entre 0,3 e 6%, podendo no entanto chegar a valores da ordem dos 30%. As cortiças que apresentem uma porosidade superior a 10% são normalmente excluídas para a produção de rolhas, sendo estas cortiças destinadas à produção de aglomerados. O número de poros, observados na secção tangencial, varia entre 20 e 200 poros por 100cm<sup>2</sup> (Liese *et al.*, 1983; Fortes *et al.*, 2004).

- Outros defeitos da cortiça – os defeitos que a cortiça manifesta têm origem em causas intrínsecas relacionadas com o processo pelo qual se dá a sua produção na árvore, e também por causas relacionadas com agentes externos, bióticos ou abióticos.

Os defeitos intrínsecos da cortiça são especialmente o *verde*, o *enguiado*, a *terra* e o *prego*. O *verde* é um defeito da cortiça que se traduz por teores de humidade extremamente elevados (400-500%) e cujas causas são até agora desconhecidas, embora Natividade (1950) sugira que tal advém de uma perda de impermeabilidade

das células, resultante de anomalias na deposição da suberina nas camadas secundárias das paredes celulares; este defeito manifesta-se principalmente nas camadas anuais mais recentes, junto à barriga das pranchas, em cortiças provenientes da região da prancha próxima da base do tronco. O principal inconveniente do *verde* é a retracção excessiva que a cortiça sofre na região afectada, após a sua secagem, o que inviabiliza a capacidade vedante e logo a produção de rolhas (Fortes *et al.*, 2004; Liese *et al.*, 1983; Natividade, 1950).

O *enguiado* surge como sulcos pronunciados, orientados longitudinalmente na costa das pranchas, podendo causar discontinuidades nas primeiras camadas de cortiça que foram produzidas (Figura 4).



**Figura 4:** O *enguiado*, manifesta-se como sulcos orientados longitudinalmente na costa da prancha. Estes sulcos podem atingir as primeiras camadas de crescimento; nesta imagem pode-se observar que as primeiras cinco camadas anuais de crescimento foram afectadas no local onde se originou a fenda. Este fenómeno é uma das causas de perda de qualidade das cortiças, sendo causado por tensões tangenciais. A sua extensão depende do crescimento em espessura do xilema e da própria cortiça, da relação entre a espessura da cortiça e o diâmetro do tronco, e ainda da espessura da camada do entrecasco da árvore e da costa da cortiça (Liese *et al.*, 1983; Natividade, 1950).

Este defeito afecta principalmente pranchas de cortiça segundeira, cujas árvores produtoras têm troncos delgados com elevadas taxas de crescimento radial, bem como cortiças amadias de rápido crescimento (além das cortiças virgens onde este defeito se manifesta sempre e de forma muito pronunciada). O rápido aumento do diâmetro do tronco e ramos onde a cortiça cresce, deve-se à expansão radial do xilema, do floema e do próprio felema, criando tensões tangenciais que levam ao

aparecimento de fendas nas camadas periféricas da camada suberosa e conseqüentemente à desvalorização da cortiça (Natividade, 1950; Fortes *et al.*, 2004).

A *terra* resulta de uma anomalia no funcionamento da felogene, frequentemente da felogene lenticular, que em vez de produzir células suberosas típicas, coladas entre si, produz um tecido frouxo, pulverulento, de células arredondadas que deixam entre si espaços vazios e cujas paredes nem sempre suberificam, preenchendo os canais lenticulares (Moreira, 1980). Ocorre principalmente em cortiças com um tipo especial de porosidade em que os poros apresentam um perfil longitudinalmente cónico. Quando este defeito se manifesta com frequência, as cortiças são denominadas de “terrentas” ou “barrentas”, e nos casos mais graves inutilizam a produção de obras de cortiça natural (Natividade, 1934; Graça *et al.*, 1986).

O *prego* é a designação que se dá às inclusões de tecidos subjacentes à felogene que surgem no parênquima suberoso, defeito que caracteriza as cortiças designadas por “preguentas” ou “madeirentas”. Este defeito inutiliza muitas vezes as pranchas de cortiça, que apresentam neste caso um relevo na barriga e na costa muito irregular e característico (Natividade, 1934). A continuidade e a persistência da felogene são duas características da periderme do sobreiro que permitem efectuar a exploração sustentada da cortiça. Contudo, em alguns sobreiros surgem por vezes no floema secundário pequenos arcos peridérmicos envolvendo os escleritos ou as lâminas mais exteriores dos raios floémicos largos, e cuja nova felogene acaba por se unir ao percurso anterior da felogene. Essas formações de esclerênquima, isoladas do entrecasco por um processo normal de abscisão, passam a constituir inclusões esclerenquimatosas no tecido suberoso ou na superfície da felogene (Figura 5). Estas cortiças apresentam, por estas razões, grande dureza, pouca elasticidade e densidade elevada (Natividade, 1950).

Outros defeitos têm origens externas, não estando por isso directamente relacionados com a fisiologia do sobreiro. O tecido suberoso, durante a sua permanência na árvore pode ser afectado por algumas pragas que desvalorizam tecnologicamente a cortiça. São exemplos a formiga (*Cremastogaster scutellaris*) que abre galerias extensas e sinuosas no tecido suberoso, a larva da cobrilha-da-cortiça (*Coroebus undatus*) que escava galerias no entrecasco junto à felogene, e a ainda o pica-pau (*Dendrocopus minor*) que em perseguição das larvas da cobrilha também perfura muitas vezes as pranchas (Natividade, 1950; Fortes *et al.*, 2004).

Existem ainda alguns fungos que são igualmente prejudiciais para as cortiças, afectando as suas qualidades organolépticas, conhecidos por marmoreado, incidente principalmente em cortiças porosas e que lhes confere manchas azuladas;

a mancha-amarela, também causada por um fungo, manifesta-se como zonas acinzentadas e descoloridas na cortiça, sobretudo na cortiça da parte inferior do sobreiro, junto ao solo, os calços (Fortes *et al.*, 2004).

Natividade (1934), refere ainda outros factores externos, abióticos, que contribuem para o aparecimento de defeitos nas pranchas, como sejam os incêndios, condições climáticas adversas e danos causados à árvore e à cortiça durante a despela em resultado de uma extracção deficiente.

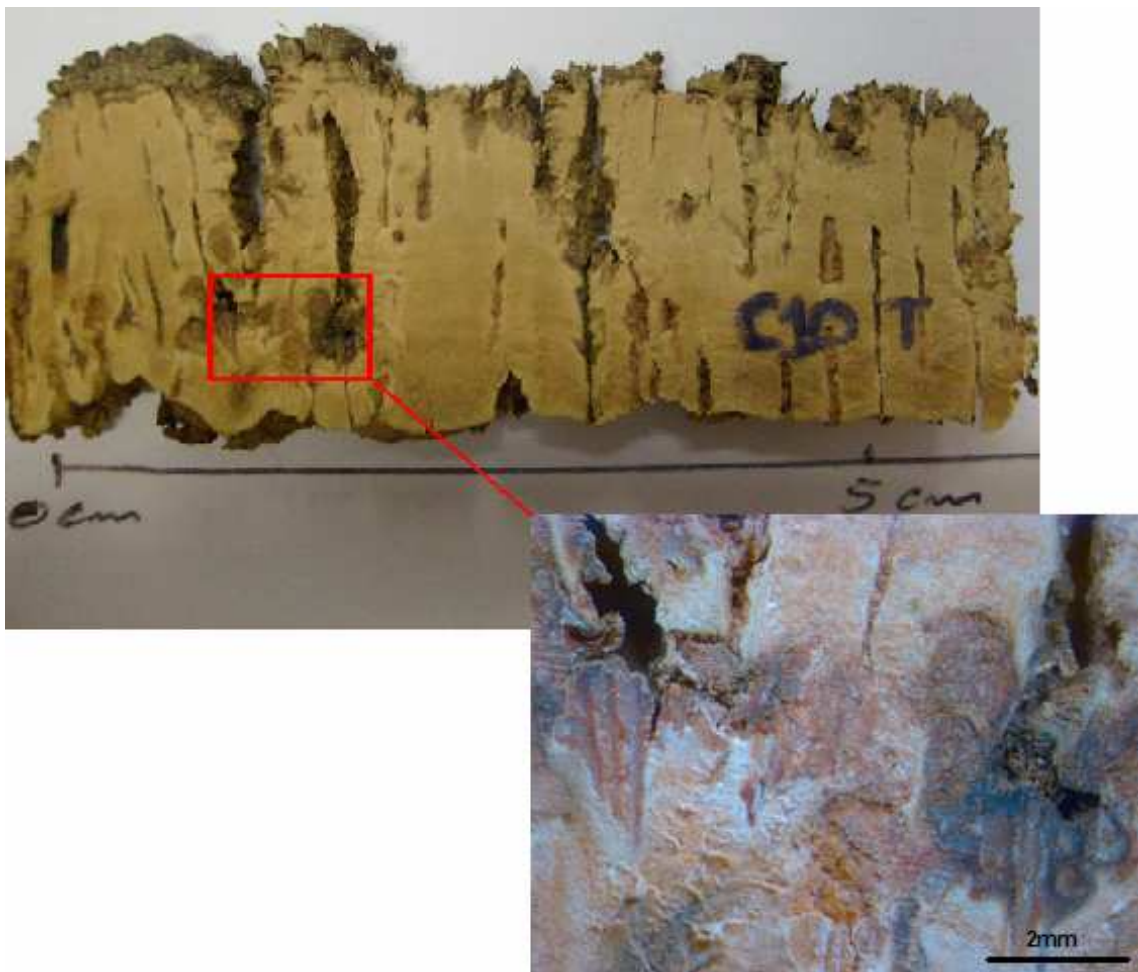


Figura 5: Defeito conhecido como *prego*. Consiste em inclusões de tecidos esclerenquimatosos e de raios floémicos no tecido suberoso devido a um funcionamento irregular da felogene, levando à inclusão de porções de entrecasco no tecido suberoso.

### **1.3.4 A classificação da qualidade da cortiça por análise de imagem**

A caracterização da qualidade da cortiça reveste-se de grande importância quer para a sua utilização industrial quer para o mercado de compras e vendas. Segundo a UNAC – União da Floresta Mediterrânica, a avaliação da qualidade da cortiça, ainda na árvore ou nas pilhas após o descortiçamento, traz várias vantagens tais como proporcionar aos produtores florestais um conhecimento melhor sobre a cortiça que os seus sobreiros estão a produzir, e fazer uma estimativa do preço de venda da cortiça, clarificando e tornando mais justo o processo de comercialização.

A avaliação da qualidade da cortiça é feita pela extracção e classificação de amostras de cortiça designadas de “calas”. As calas são aparadas, medidas e cozidas de forma equivalente ao que se verifica no processamento industrial. O exame das calas é feito por técnicos experientes que avaliam a qualidade da cortiça tendo em conta a porosidade assim como a presença e intensidade de outros defeitos. As calas podem também ser analisadas recorrendo a programas de análise de imagem em paralelo com um processo de avaliação visual.

A vantagem da utilização de programas de análise de imagem prende-se sobretudo com a normalização dos critérios de classificação da qualidade, reduzindo o grau de subjectividade inerente à avaliação visual ainda que seja feita por parte de um técnico experiente (Adrados & Pereira, 1996; UNAC, 2009).

De acordo com Fonseca (2009), a análise e processamento de uma imagem é feito com base nos seguintes passos:

1. Formação/Obtenção da imagem digital. A imagem digital é obtida a partir da imagem analógica, através da divisão desta imagem em colunas e linhas cuja intersecção forma o *pixel* – unidade básica da imagem digital formada por uma matriz de pixeis. Cada pixel contém informação sob a forma de valores que representam o sinal detectado pelo sensor de aquisição de imagem no instante da captação.
2. Manipulação e melhoramento da imagem (por operações de translação, rotação, ajuste de escala, eliminação de ruído, etc.).
3. Obtenção de uma imagem binária com base num *threshold* definido, dividindo os pixeis em grupos de acordo com os objectos a que pertencem.
4. Extracção das propriedades de cada objecto (centróide, área, orientação, perímetro, etc.).
5. Classificação de cada um dos objectos identificados.

As imagens digitais podem ser de três tipos diferentes relativamente à sua cor: imagens digitais a preto e branco; imagens digitais em tons de cinzento; imagens digitais a Cores ou imagens RGB. Este último tipo de imagem é formado por três cores primárias – vermelho (R – *red*), verde (G – *green*) e azul (B – *blue*) – cuja combinação pode ser usada para criar todas as restantes cores a que a vista humana é sensível, cada cor podendo ser descrita por 256 níveis cromáticos de intensidade gerando desta forma  $256^3$  cores diferentes que podem ser usadas para distinguir e caracterizar objectos numa imagem digital (Wikipédia; Fonseca, 2009).

Uma das técnicas de análise de imagem utilizadas consiste na análise de imagens em tons de cinzento, feita com base na detecção do número de pixels com uma intensidade de “cinzento” superior a um *threshold* definido, para poder classificar a imagem em duas fases distintas, a cortiça e o que não é cortiça – poros e outros defeitos (Adrados & Pereira, 1996).

#### **1.4 Estrutura do trabalho**

Como ponto de partida para este trabalho, foi feita uma revisão bibliográfica sobre os principais defeitos que afectam a qualidade da cortiça amadia e as técnicas de análise de imagem para a medir. De seguida foram recolhidas algumas amostras de tecido suberoso, a partir de um conjunto de uma dúzia de cortiças, amostras estas que foram fotografadas com uma câmara associada a uma lupa, e cujas fotos posteriormente foram analisadas através do *software Leica – Qwin*. Esta foi também uma fase de aprendizagem e adaptação ao próprio equipamento utilizado, que me permitiu num segundo momento, mais familiarizado com o programa *Leica – Qwin*, efectuar as medições referentes à porosidade em amostras de um novo conjunto de cortiças em secções tangenciais e não-tangenciais. Das medições referentes à porosidade feitas nos planos tangencial e não-tangencial – radial e transversal – tentei extrair alguma relação que nos permitisse, eventualmente, prever os parâmetros da porosidade no plano tangencial conhecendo os mesmos parâmetros nos planos não-tangenciais.

## **2. Material e Métodos**

Neste trabalho foram analisadas amostras de cortiça recolhidas na Herdade do Rosal, Lavre, em Julho de 2008, em colaboração com a Fundação João Lopes Fernandes. A colheita das amostras foi efectuada durante a extracção comercial da cortiça. Foram amostrada 12 árvores, tendo por critério variáveis de qualidade da cortiça.

### **2.1 A cozedura das cortiças**

#### **2.1.1 Medição da espessura das cortiças antes da cozedura**

Mediu-se a espessura das amostras de cortiça antes da cozedura. Para cada amostra, sempre que possível, foram feitas três medições em cada uma das quatro faces das amostras (2 faces radiais + 2 faces transversais). A partir destas medições foi calculada a espessura média de cada amostra. Os locais onde se efectuaram as medições foram assinalados. A medição da espessura incluiu sempre a costa das amostras. Evitou-se fazer as medições em locais da amostra que apresentassem defeitos tais como fendas na costa ou deformações ao nível da barriga resultantes do defeito conhecido como “verde”. A medição da espessura das amostras antes do cozimento foi feita com uma Craveira Digital Mitutoyo – Digimatic Caliper (modelo CD-15PK) com precisão  $\pm 0,01\text{mm}$ .

#### **2.1.2 Cozedura e variação da espessura na direcção radial após a cozedura**

As amostras foram imersas num banho de água, a  $100^{\circ}\text{C}$ , durante 1 hora. Vinte-e-um dias depois da cozedura, quando foi atingida a estabilização do teor de humidade das amostras, mediu-se novamente a espessura das cortiças. Estas novas medições foram feitas, sempre que possível, no mesmo local onde haviam sido feitas as primeiras medições, incluindo-se a costa. Para cada cortiça foi calculada uma espessura média. As medições foram feitas com a mesma craveira que foi utilizada nas medições antes da cozedura. Com base nos valores das espessuras médias antes e depois da cozedura calculou-se a variação dimensional que as amostras sofreram na direcção radial. Também se procurou relacionar a espessura inicial de cada amostra com o ganho em espessura após a cozedura.

### **2.1.3 Determinação do teor de humidade após a cozedura**

Após a cozedura, as cortiças foram postas a secar, ao ar livre, protegidas da luz solar directa, sob pressão ligeira de uma prensa. Três dias após a cozedura retiraram-se duas amostras da cortiça Cx e duas amostras da cortiça C9 para determinar o teor de humidade. As amostras foram cortadas à superfície das faces radiais das cortiças.

Para a determinação do teor de humidade, estas amostras de cortiça foram postas a secar em estufa a 100°C até atingirem um peso constante.

O teor de humidade foi calculado na base seca através da seguinte fórmula:

$$H_{\text{base seca}} = \frac{m_i - m_f}{m_f} \times 100$$

- $H_{\text{base seca}}$  – humidade na base seca, expressa em %
- $m_i$  – massa da amostra húmida, expressa em g
- $m_f$  – massa da amostra após secagem em estufa a 100°C, expressa em g

Passados vinte dias da cozedura fez-se nova determinação do teor de humidade, em base seca, repetindo-se para tal o mesmo procedimento anterior. As amostras foram novamente recolhidas das cortiças Cx e C9 na superfície das faces radiais.

### **2.2 Caracterização qualitativa dos defeitos da cortiça**

No conjunto das cortiças já cozidas, procurou-se encontrar visualmente os principias defeitos referidos na bibliografia (Natividade, 1950; Liese *et al.*, 1983) que desvalorizam comercialmente as cortiças amadias. Foi dado especial interesse à caracterização do defeito conhecido como “prego” assim como às irregularidades no funcionamento da felogene donde o prego resulta (Natividade, 1934). Também se estudou a forma e dimensões dos canais lenticulares ao longo do seu perfil longitudinal e em secção transversal junto à barriga.



### **2.2.1 Caracterização do prego e da costa**

Com um x-acto extraíram-se pequenas porções de cortiça das faces transversais, incluindo sempre os tecidos da costa, nos locais onde se encontrou tecidos esclerenquimatosos. Estas amostras foram polidas manualmente com uma lixa de granulometria P600, de modo a obter superfícies lisas e a reduzir problemas decorrentes de sombras ao iluminar as amostras (Palma, 2002). As amostras preparadas foram observadas com uma lupa *Leica MZ6*, e com o dispositivo de iluminação *Leica CLS 150X*. As imagens foram captadas com uma câmara *Leica DFC 320* associada à lupa.

Comparou-se qualitativamente os tecidos conhecidos como “prego” com os tecidos da costa.

### **2.2.2 Caracterização dos canais lenticulares**

Para o estudo dos canais lenticulares foram feitos cortes transversais nas cortiças cozidas, de modo a tentar obter uma secção longitudinal dos canais. Nos casos em que se conseguiu obter um corte do canal lenticular em todo o seu comprimento, efectuaram-se fotos ao longo da sua longitude de modo a poder fazer uma montagem das fotografias e construir uma imagem do canal lenticular completo.

Procurou-se obter montagens dos principais tipos de canais lenticulares que caracterizam as cortiças de melhor e de pior qualidade. Também foram observadas secções transversais dos canais lenticulares junto à barriga das amostras de cortiça, tendo-se procurado identificar os principais tipos de lenticulas de acordo com Natividade (1934).

Novamente, as amostras preparadas foram observadas com uma lupa *Leica MZ6*, e com o dispositivo de iluminação *Leica CLS 150X*. As imagens foram captadas com uma câmara *Leica DFC 320* associada à lupa.

## **2.3 Análise de imagem**

Neste trabalho as imagens foram analisadas sempre em formato RGB de modo a procurar tirar maior proveito das diferenças entre as cores daquilo que é a massa da cortiça e o restante. Com recurso a um *software* de análise de imagem mediram-se alguns parâmetros referentes à porosidade das cortiças, nomeadamente o coeficiente de porosidade, o número total de poros detectados, a área média e máxima dos poros,

e também a frequência de poros por unidade de área. Estes parâmetros da porosidade foram escolhidos com base nos trabalhos elaborados por Adrados & Pereira (1996), Pereira *et al.* (1996), Ferreira *et al.* (2000) e por Louzada *et al.* (1999).

Mediu-se a porosidade das cortiças no plano tangencial e nos planos não-tangenciais. As superfícies obtidas foram digitalizadas com recurso a uma máquina fotográfica digital *Samsung 10 MP L201*. Em cada superfície tangencial das cortiças foi desenhada uma recta com 3cm ou com 5cm de comprimento, consoante a dimensão da superfície, que mais tarde serviu para calibrar as medições com o *software* de análise de imagem. As imagens digitalizadas foram analisadas com o programa de análise de imagem *Leica – Qwin*.

Para a detecção dos poros na imagem, seleccionaram-se manualmente alguns poros a partir dos quais o programa identificou os restantes, definindo um intervalo em cada uma das três bandas de cor RGB (Red Green Blue) de acordo com a informação contida nos pixels que foram seleccionados manualmente. Deste modo obteve-se uma imagem binária a partir da imagem adquirida originalmente. As imagens binárias foram ainda sujeitas a algumas correcções manuais, por comparação visual com a imagem original, para aperfeiçoamento da selecção feita automaticamente. As correcções mais frequentemente utilizadas foram as operações “*erode*”, “*dilate*” e “*fill pores*” que se destinam a reduzir, expandir e preencher uma determinada área, respectivamente, com base em operações matriciais e algoritmos aplicados ao conjunto de pixels que compõem cada área detectada (Fonseca, 2009).

Na maioria dos casos foi também necessário remover manualmente alguns objectos da imagem binária que, não o sendo, foram seleccionados como poros, devido à semelhança cromática com o poro; tal é o caso das inclusões de entrecasco e o “marmoreado”, causado por fungos, comuns nas amostras de cortiça observadas.

#### **2.4 A Porosidade no plano tangencial – efeito da área mínima detectável**

Nos cortes tangenciais, a porosidade foi analisada numa primeira fase em que apenas se aceitaram os poros cuja área abrangesse mais de 300 pixels, e numa segunda fase em que apenas se aceitaram os poros cuja área abrangesse mais de 1000 pixels. A área real correspondente a 300 ou a 1000 pixels na imagem é variável de acordo com a calibração do valor métrico de cada pixel. A calibração foi sempre efectuada antes de se iniciar a análise de cada amostra, porque de acordo com a distância a que a objectiva da máquina fotográfica se encontra da superfície em estudo, a dimensão da unidade básica da imagem, o *pixel*, irá assumir um valor

diferente. Por esta razão desenhou-se na superfície de todas as amostras um segmento de recta de dimensão conhecida, que foi utilizado para a calibração. A vantagem de calibrar o *software* de análise de imagem com este segmento de recta em vez de se utilizar uma régua graduada resulta do facto de que assim, a calibração está a ser feita de acordo com uma medida que coincide exactamente com a superfície da amostra em estudo. Na gama de valores que o pixel da imagem adquiriu, para todas as amostras, a área mínima do poro detectado ficou sempre acima de  $1\text{mm}^2$ .

#### **2.4.1 Medição dos poros de área superior a 300 pixels**

Cada uma das doze amostras de cortiça provenientes da Herdade do Rosal foi serrada com uma serra de fita no plano tangencial, aproximadamente a meio da espessura de cada amostra. A superfície mais próxima da barriga foi lixada com uma lixadeira de bancada com fita de lixa P100, e depois limpa com ar comprimido para remover resíduos e pó que resultaram da lixagem.

Pereira *et al.* (1996) e Ferreira *et al.* (2000) referem, respectivamente, que os poros que têm maior importância sobre a qualidade são aqueles cuja área mínima é superior a  $0,8\text{mm}^2$  ou a  $1\text{mm}^2$ . Por esta razão, decidiu-se nesta fase apenas incluir nas medições da porosidade os poros que abrangessem um mínimo de 300 pixels na imagem binária, o que equivale a  $1,15\text{mm}^2$ .

Assim, aplicando um crivo de 300 pixels ao poro mínimo detectável, mediram-se os seguintes parâmetros:

- Área média dos poros detectados ( $\text{cm}^2$ )
- Área total dos poros detectados ( $\text{cm}^2$ )
- Número total de poros de área  $\geq 300$  pixels detectados
- Área total da superfície tangencial ( $\text{cm}^2$ )
- Área máxima detectada ( $\text{cm}^2$ )

Com base nestes parâmetros calculou-se também:

- Frequência dos poros ( $n^{\circ}$  poros/cm<sup>2</sup>)
- Coeficiente de porosidade (%), calculado de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Coef. Porosidade (\%)} = \frac{\text{Área total dos poros}}{\text{Área total da superfície}} \times 100$$

#### **2.4.2 Medição dos poros de área superior a 1000 pixels**

Para cada amostra foram repetidos os mesmos procedimentos referidos em 2.4.1, mas agora usando um crivo de 1000 pixels, ou seja, apenas os poros cuja área fosse igual ou superior a 3,84mm<sup>2</sup> foram incluídos nas medições. Foi observado o efeito visual que estas crivagens têm sobre o aspecto da imagem. A relação entre a área em termos de pixels e a área real dos poros é discutida mais à frente no ponto 3.3.

Foi comparado o efeito da área mínima detectável dos poros sobre o coeficiente de porosidade, a área média dos poros e a frequência dos poros.

#### **2.5 Comparação entre a porosidade medida no plano tangencial e nos planos não-tangenciais (transversal e radial)**

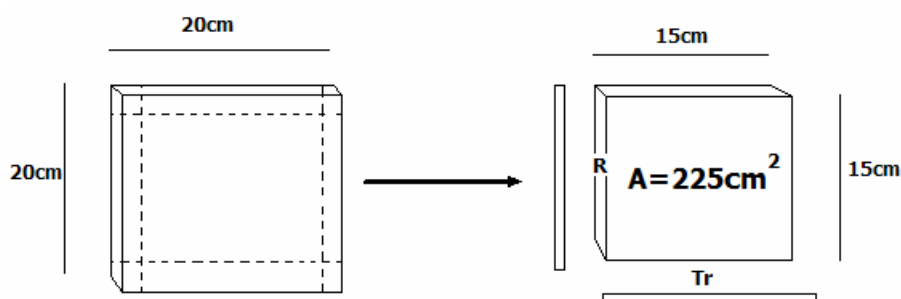
Nesta fase do trabalho procurou-se estudar a existência de uma relação entre a porosidade na secção tangencial e a porosidade nas secções não-tangenciais – transversal e radial. Para tal, foi utilizado um novo conjunto de dez cortiças seleccionadas na oficina do Departamento de Engenharia Florestal.

De modo a que uma amostra seja representativa de uma prancha, Pereira *et al.* (1996) referem que esta deve ter uma área mínima de 225cm<sup>2</sup>, o que equivale a um quadrado de 15x15cm.

Assim, cada amostra foi preparada com dimensões um pouco superiores, cerca de 20x20cm, porque após o polimento das faces radiais e transversais estas foram cortadas com fita de serra, cada face radial e transversal cortada com cerca de 1cm de espessura. Pereira *et al.* (1996) também referem que o estudo da porosidade nas secções radial e transversal deve ser feito em amostras com um mínimo de 15cm de comprimento, razão pela qual as amostras iniciais foram preparadas com mais de

15x15cm, para compensar perdas dimensionais resultantes do processo de preparação das amostras (Figura 6).

Agora a porosidade foi analisada nas duas faces tangenciais, resultantes de um corte com serra de fita a meio da espessura de cada cortiça, assim como nas duas faces transversais e radiais. De acordo com Lopes & Pereira (1996), não existem diferenças significativas entre os parâmetros de porosidade na secção radial e transversal; por isso, para cada parâmetro medido nas duas faces não-tangenciais, ou seja, as duas faces radiais e as duas faces transversais, foi calculada a média. Para cada parâmetro medido nas duas faces tangenciais resultantes do corte longitudinal de cada cortiça, também foi extraída a média. A comparação entre os valores tangenciais e os valores não tangenciais foi feita através das médias referidas.



**Figura 6:** Cada prancha foi cortada com cerca de 20x20cm e, de seguida, as duas faces transversais e as duas faces radiais foram polidas numa lixadeira de bancada P100 e cortadas com uma espessura aproximada de 1cm. Assim, as amostras tangenciais tiveram sempre no mínimo 15x15cm, e as amostras não-tangenciais um comprimento igual ou superior a 15cm.

Para cada amostra, para cada plano e para cada parâmetro estudado, foi novamente feita uma crivagem ao nível da área mínima detectável do poro, tendo agora sido feita a análise de porosidade com um crivo de 200, 400, 600, 800 e 1000 pixels. A procura de uma relação entre a porosidade no plano tangencial e nos planos radial e transversal foi feita para cada um dos crivos utilizados.

De forma análoga ao que se fez anteriormente, as amostras foram digitalizadas com uma câmara fotográfica digital *Samsung 10 MP L201* e a porosidade em cada uma das superfícies obtidas foi medida com o programa de análise de imagem *Leica – Qwin*.

Os parâmetros analisados foram:

Plano tangencial (Figura 7)

- Área média dos poros detectados ( $\text{cm}^2$ )
- Área total dos poros detectados ( $\text{cm}^2$ )
- Número total de poros detectados
- Área total da superfície tangencial ( $\text{cm}^2$ )
- Frequência dos poros ( $\text{n}^\circ \text{ poros}/\text{cm}^2$ )
- Coeficiente de porosidade (%)

Plano não-tangencial (Figura 8)

- Área total dos poros ( $\text{cm}^2$ )
- Área total da superfície transversal e radial ( $\text{cm}^2$ )
- Coeficiente de porosidade (%)

Procurou-se encontrar uma relação entre os parâmetros de porosidade no plano tangencial e nos planos não-tangenciais. Para tal, expressou-se graficamente o coeficiente de porosidade, a área média dos poros e a frequência dos poros no plano tangencial, em função do coeficiente de porosidade nos planos não-tangenciais. Dentre estas três relações procurou-se saber qual a melhor, ou seja, qual o parâmetro da porosidade tangencial que melhor pode ser explicado pelo coeficiente de porosidade não-tangencial.

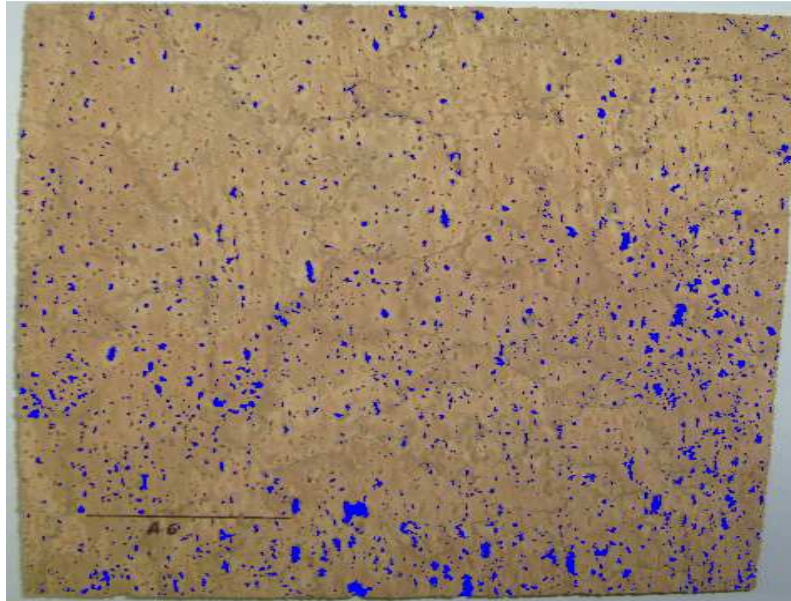


Figura 7: Plano tangencial da cortiça. Os canais lenticulares surgem em secção transversal, apresentando diversas formas, predominantemente circulares ou ovais, os últimos dos quais orientados longitudinalmente. Nesta superfície cada poro corresponde a um e só um canal lenticular, o que torna possível a contagem do número de poros por unidade de área e a medição da área média dos poros.



Figura 8: Plano não-tangencial (aqui uma imagem de um corte transversal) da cortiça. Neste plano os canais lenticulares surgem frequentemente fragmentados uma vez que alguns troços da lenticula não são seccionados no corte. Isto leva a que um objecto como um canal lenticular, seja interpretado pelo *software* de análise como sendo dois ou mais objectos (\*). Consequentemente, a medição da frequência dos poros e da área média perdem significado. Já o coeficiente de porosidade, englobando todos os objectos detectados num só, a área total dos objectos, é o parâmetro mais informativo nos planos não-tangenciais.

## 2.6 Quantificação da porosidade – o Algoritmo $Q_{cor}$

Foi criada uma expressão para quantificar a qualidade da cortiça, em função do coeficiente de porosidade, área média dos poros e frequência dos poros, na secção tangencial. Esta expressão foi feita de modo a que o resultado seja um número inteiro entre 1 e 6, sendo o valor 1 correspondente às melhores cortiças e o valor 6 correspondente às piores cortiças, em termos de porosidade.

Foi atribuído um coeficiente a cada parâmetro da porosidade de acordo com a importância que se atribuiu a cada um destes três parâmetros sobre a qualidade da cortiça.

$$1 \leq Q_{cor} = \frac{4xCP + 1,5xAM + 0,5xFR}{6} \leq 6$$

CP – coeficiente de porosidade tangencial (%)

AM – área média dos poros no plano tangencial (cm<sup>2</sup>)

FR – frequência dos poros no plano tangencial (nº poros/cm<sup>2</sup>)

Cada um dos três parâmetros da porosidade foi dividido em seis classes, e a cada classe foi atribuído um número inteiro entre 1 e 6. A gama de valores que cada parâmetro da porosidade pode tomar foi escolhida com base nos valores apresentados por Fortes *et al.* (2004), por Natividade (1950) e também com base nos próprios valores obtidos neste trabalho.

CP		FR		AM	
CP (%)	Valor	FR (nºporos/cm <sup>2</sup> )	Valor	AM (cm <sup>2</sup> )	Valor
]0 - 1]	1	]0 - 0,1]	1	]0 - 0,1]	1
]1 - 2]	2	]0,1 - 0,2]	2	]0,1 - 0,2]	2
]2 - 3]	3	]0,2 - 0,4]	3	]0,2 - 0,5]	3
]3 - 4]	4	]0,4 - 1]	4	]0,5 - 0,9]	4
]4 - 5]	5	]1 - 1,8]	5	]0,9 - 1,3]	5
>5	6	>1,8	6	>1,3	6



### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Efeitos da cozedura

No Quadro 1 estão apresentados os valores dos efeitos que a cozedura teve no calibre das 12 amostras de cortiça provenientes da Herdade do Rosal. Em média, o ganho em espessura foi de 12,5%, valor este que se encontra próximo dos 15% referidos por Fortes *et al.* (2004). Foram obtidos aumentos absolutos compreendidos entre 0,9 – 8,3mm, ou em termos de linhas 0,4 – 3,7 linhas. De acordo com Graça *et al.* (1986) e com Fortes *et al.* (2004) um dos benefícios que advém da cozedura consiste no aumento do calibre das pranchas, o que também se verificou neste trabalho.

Quadro 1: Variação dimensional resultante da cozedura de um conjunto de 12 cortiças. Destacadas a negrito estão as amostras cuja classificação, segundo as dimensões referidas pela NP 298 (1993), variou depois da cozedura. Em termos médios, as cortiças mais espessas sofrem uma variação absoluta de calibre mais acentuada. Assim, as cortiças “Grossa” aumentaram em média 5,9mm, as cortiças “Marca” aumentaram 4,5mm, as cortiças “Meia-Marca” aumentaram 3,7mm e as cortiças “Delgadinha” aumentaram 2,5mm.

Amostra	Antes da Cozedura		Depois da Cozedura		Aumento em Espessura	
	Classificação	Espessura Média (mm)	Classificação	Espessura Média (mm)	Absoluto (mm)	Relativo (%)
<b>B1</b>	Grossa	41,7	Grossa	44,1	2,4	5,8
<b>C1</b>	<b>Meia-Marca</b>	<b>30,6</b>	<b>Marca</b>	<b>33,7</b>	<b>3,1</b>	<b>10,1</b>
<b>C2</b>	<b>Delgadinha</b>	<b>20,3</b>	<b>Delgada</b>	<b>22,0</b>	<b>1,7</b>	<b>8,4</b>
<b>C3</b>	<b>Meia-Marca</b>	<b>29,6</b>	<b>Marca</b>	<b>34,8</b>	<b>5,2</b>	<b>17,6</b>
<b>C6</b>	<b>Meia-Marca</b>	<b>31,2</b>	<b>Marca</b>	<b>34,1</b>	<b>2,9</b>	<b>9,3</b>
<b>C7</b>	<b>Marca</b>	<b>35,8</b>	<b>Grossa</b>	<b>42,5</b>	<b>6,7</b>	<b>18,7</b>
<b>C8</b>	Marca	32,6	Marca	38,6	6,0	18,4
<b>C9</b>	Marca	38,8	Marca	39,7	0,9	2,3
<b>C10</b>	<b>Delgadinha</b>	<b>19,2</b>	<b>Delgada</b>	<b>22,5</b>	<b>3,3</b>	<b>17,2</b>
<b>C11</b>	Grossa	40,5	Grossa	47,4	6,9	17,0
<b>Cx</b>	Grossa	40,8	Grossa	49,1	8,3	20,3
<b>M1</b>	Delgada	23,5	Delgada	24,7	1,2	5,1

Aumento médio = 12,5%

Associado ao efeito que a cozedura teve sobre a espessura das cortiças, a cozedura também teve efeito sobre a dimensão das fendas na costa das cortiças. A amplitude das fendas na costa das amostras diminuiu visivelmente após a cozedura (Figuras 9 e 10).

Três dias depois da cozedura, as amostras Cx e C9 apresentavam um teor de humidade em base seca de 13,4 % e 18,0%, respectivamente. Quando as medições da espessura após a cozedura foram feitas, vinte-e-um dias após a cozedura, a amostra Cx tinha um teor de humidade de 8,9% e a amostra C9 um teor de humidade de 10,7% (base seca). À data desta segunda medição da espessura, as cortiças apresentavam a costa coberta por um fungo de micélio branco (Figuras 3, 9 e 10).

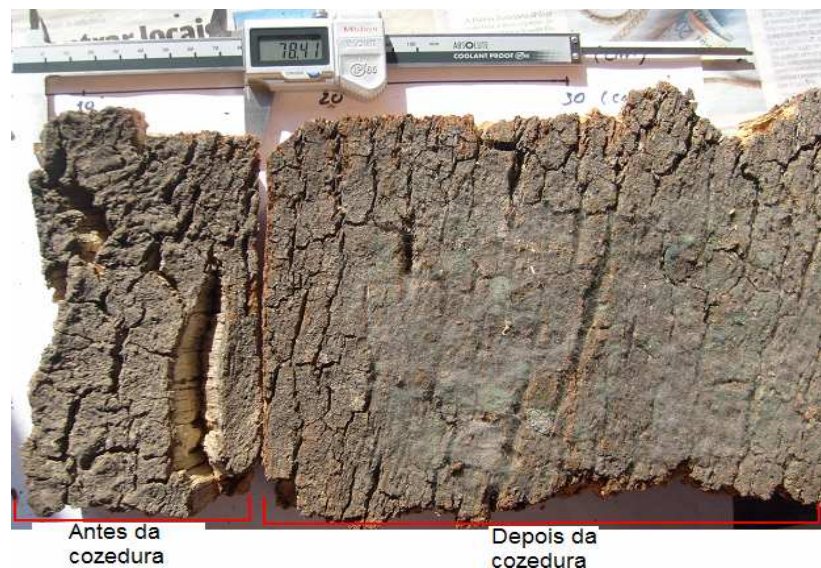


Figura 9: Aspecto da costa da mesma cortiça, antes e depois da cozedura. Aqui pode observar-se que a amplitude das fendas da costa diminuiu. Nesta imagem também se pode observar o *sezão* que aparece na costa das cortiças alguns dias após a cozedura.



Figura 10: Após a cozedura, as fendas podem reduzir sensivelmente a sua largura devido ao endireitamento da cortiça.

## **3.2 Defeitos da cortiça**

No conjunto das doze amostras provenientes da Herdade do Rosal os principais defeitos observados foram o *prego*, o *marmoreado* e a *porosidade*. Estes defeitos surgiram em grau variável, havendo todo o tipo de combinações entre eles.

### **3.2.1 Os canais lenticulares**

#### **3.2.1.1 O perfil da secção longitudinal dos canais lenticulares**

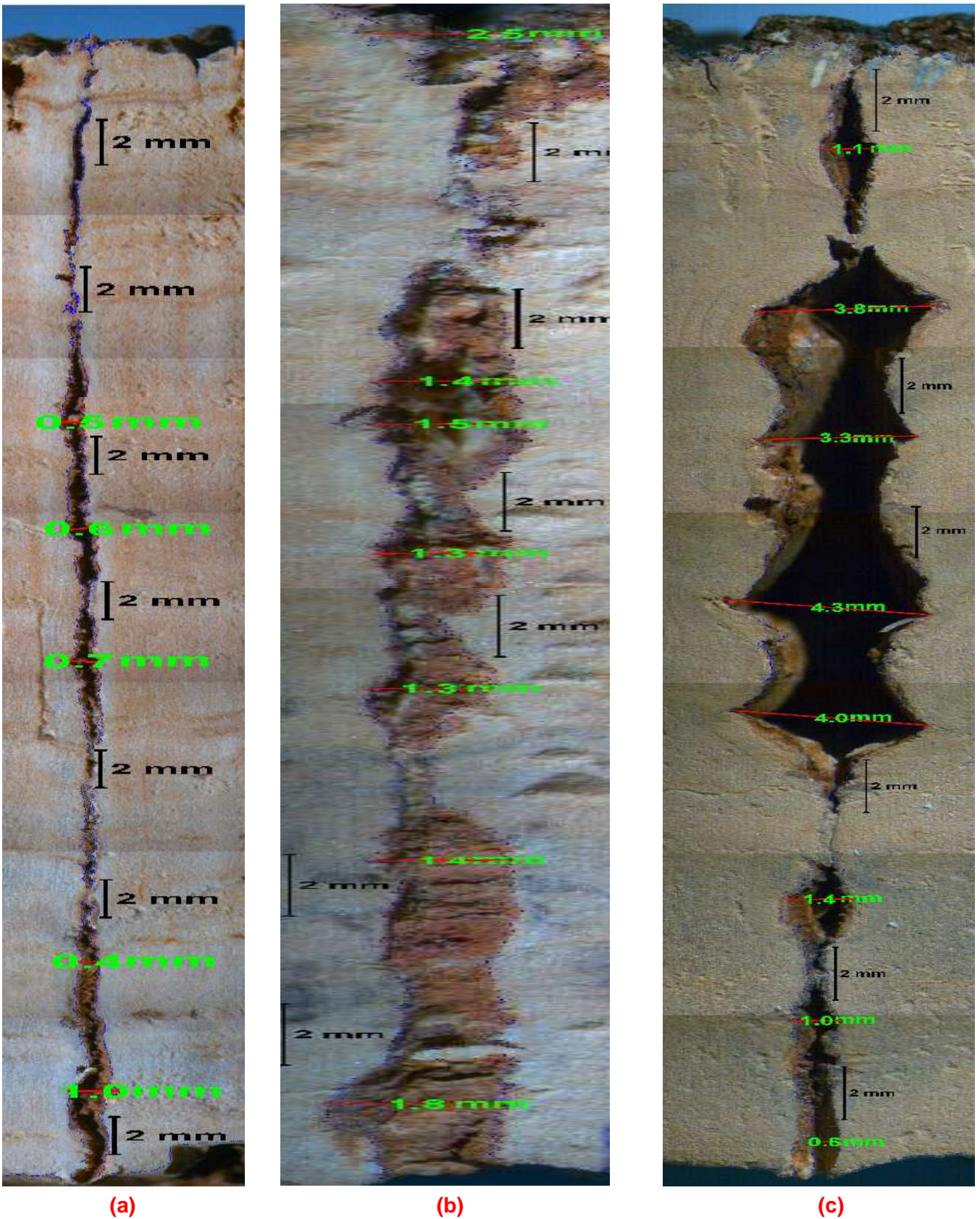
Na mesma amostra podem geralmente ser encontrados desde os melhores poros, os poros “agulha”, característicos das melhores cortiças, até poros muito largos, de perfil cónico ou deformados e muito largos, típicos de cortiças de pior qualidade como aquelas que são classificadas de cortiças frouxas e de cortiças terrentas (Figura 11).

Um canal lenticular de boa qualidade como o que se apresenta na figura 11 a) tem um perfil regular, apresentando em todo o seu comprimento um diâmetro igual ou inferior a 1mm. Em contraste, um canal lenticular de má qualidade do ponto de vista tecnológico, apresenta ao longo do seu comprimento zonas de grande diâmetro (>3 mm) que se devem à incapacidade da cortiça para resistir às tensões tangenciais que resultam do processo de crescimento em espessura do tronco e ramos (Figura 11 c). Nestas zonas, a cortiça acaba por ceder ao esforço mecânico e os canais lenticulares sofrem um aumento em diâmetro.

Também se observaram canais lenticulares que, independentemente da sua forma longitudinal, apresentavam o seu interior preenchido por um tecido pulverulento e de cor avermelhada a que vulgarmente se chama de “terra” (Figura 11 b).

#### **3.2.1.2 Forma dos canais lenticulares junto à barriga das pranchas**

A forma das lentículas junto à barriga das pranchas também se apresentou bastante variável (Figura 12). A forma dos canais lenticulares junto à barriga permite geralmente estimar a qualidade da cortiça. Junto à barriga, as lentículas das cortiças preguntas têm um perfil largo e irregular que confere à superfície da barriga uma textura áspera (Figura 12 a). Nas cortiças terrentas, os canais lenticulares junto à barriga têm um perfil aproximadamente cónico e com porções de tecidos pulverulentos incrustados ao canal (Figura 12 b). Nas cortiças de boa qualidade, as lentículas junto à barriga da prancha são estreitas e não afectam o relevo da barriga, e por esta razão a barriga das pranchas de boa qualidade tem uma textura suave ao tacto (Figura 12 c).



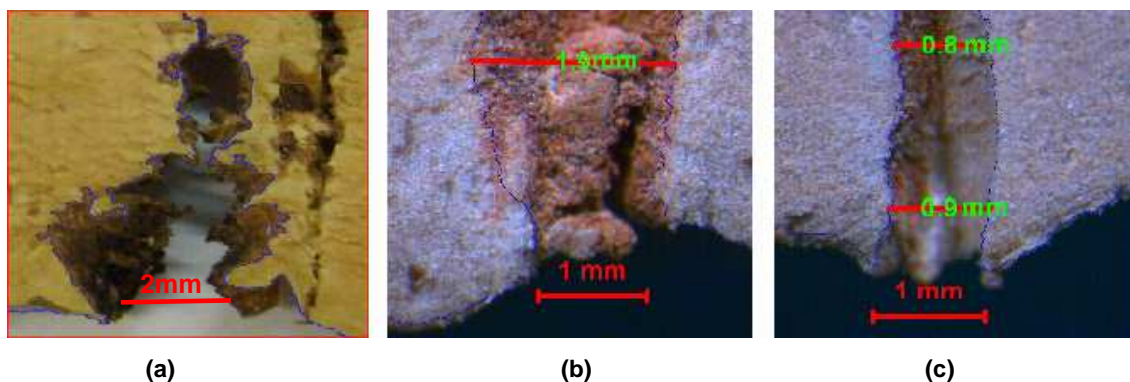
(a)

(b)

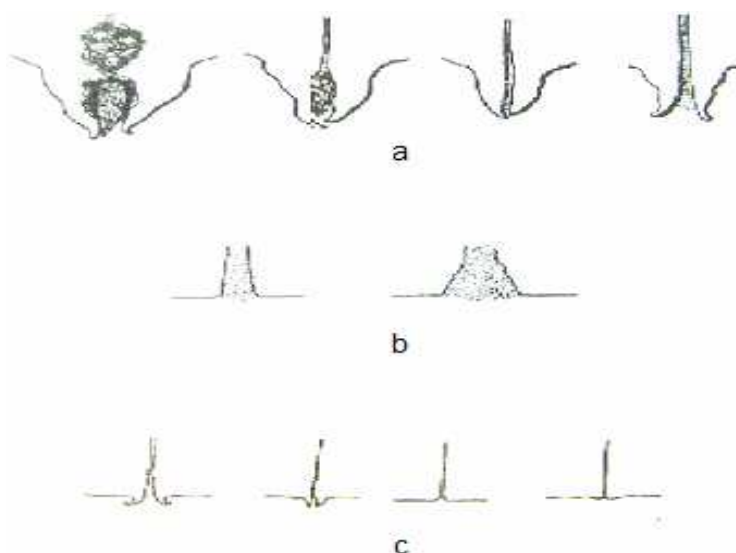
(c)

Figura 11: Aspecto dos principais tipos de canais lenticulares que se observaram nas 12 cortiças estudadas. (a) Canal lenticular fino, com menos de 1mm de espessura em todo o seu comprimento. (b) Canal lenticular característico das cortiças terrentas, de secção aproximadamente cónica e preenchido com tecido de enchimento pulverulento que lhe confere uma cor avermelhada. (c) Canal lenticular característico das cortiças frouxas, apresentando o seu perfil deformado devido à incapacidade do tecido suberoso para resistir às tensões que se geram tangencialmente como resultado do crescimento da cortiça. Estes três exemplos de lenticulas surgem frequentemente na mesma cortiça.

Pela observação das figuras 12 e 13, pode-se observar que as representações esquemáticas de Natividade (1934) e as imagens que foram obtidas neste trabalho são semelhantes.



**Figura 12:** Exemplo do perfil das lenticulas junto à barriga das pranchas. (a) poro característico de uma cortiça preguenta; (b) poro característico de uma cortiça terrenta; (c) poro característico de uma cortiça de escolha. Apesar de cada um destes tipos de perfil das lenticulas junto à barriga ser característico de um tipo específico de cortiça, estes podem ser geralmente encontrados em simultâneo numa amostra.



**Figura 13:** Aspecto da secção transversal dos canais lenticulares junto à barriga, de alguns tipos de cortiça Natividade (1934):

a) Lenticulas de cortiças madeirentas; b) lenticulas de cortiças terrentas; c) lenticulas de cortiças de qualidade elevada.

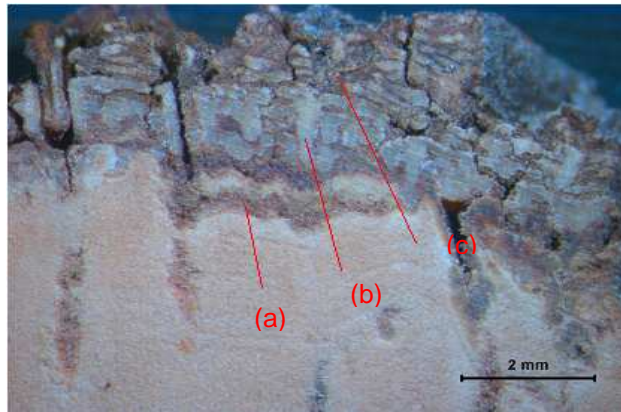
### **3.2.2 O “prego”**

O prego, constituído por pequenas porções de entrecasco que ficaram inclusas na massa da cortiça, surge frequentemente junto à costa nas primeiras 2 – 3 camadas de crescimento anual.

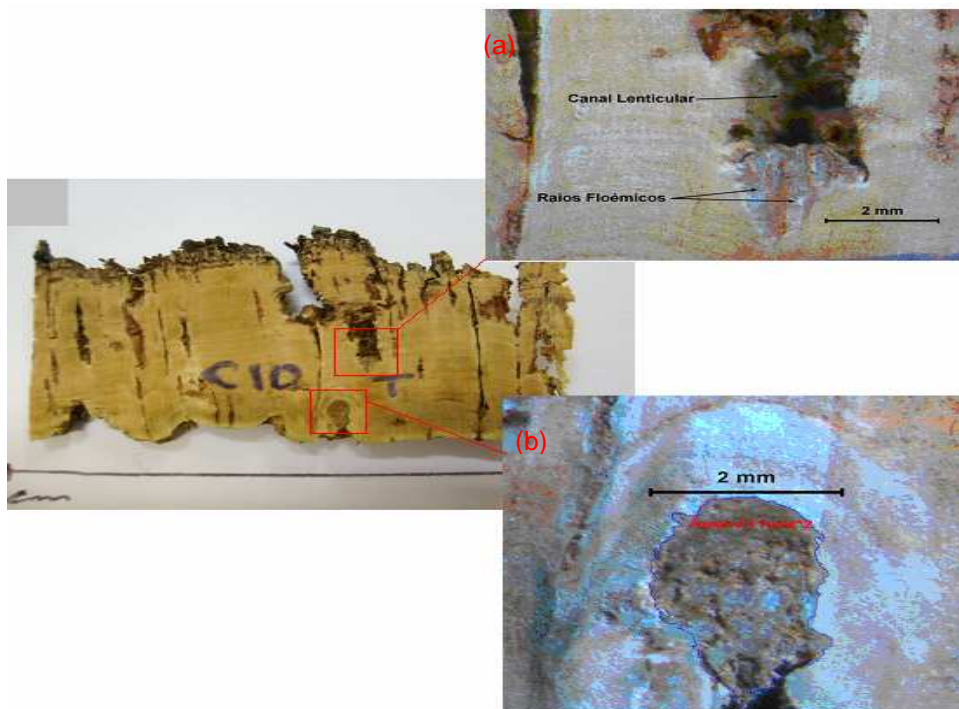
Na generalidade das cortiças, estas inclusões de tecidos esclerenquimatosos surgem frequentemente como pequenos fragmentos logo a seguir à costa (Figura 14), e por isso não retiram qualidade à cortiça; no entanto, nas cortiças madeirentas, surgem fragmentos de entrecasco de dimensões consideráveis, até cerca de 1cm<sup>2</sup>, e distribuídos por toda a espessura da cortiça (Figura 15), desvalorizando a cortiça para utilização industrial. Neste caso, os tecidos esclerenquimatosos que surgem na cortiça são bastante semelhantes com os tecidos do entrecasco, podendo identificar-se porções de raios floémicos e de feixes de fibras esclerificadas.

Compare-se neste aspecto os tecidos do entrecasco na Figura 14 com os tecidos que se encontram inclusos na cortiça na Figura 15 a). A comparação destas imagens confirma que os tecidos que se encontram inclusos na cortiça são pequenas porções de entrecasco que foram incluídos na massa da cortiça por um processo de abcisão. Este processo de abcisão resulta da formação de peridermes parciais numa fase posterior à regeneração da felogene traumática que se forma após a extracção da cortiça.

A formação de peridermes parciais nas cortiças em geral, e nas cortiças madeirentas em particular, ocorre com maior frequência na felogene lenticular e na continuidade dos raios parênquimatosos que existem no floema (Figura 15 a).



**Figura 14:** Periderme parcial na primeira camada de crescimento produzida. Segundo Natividade (1950), o aparecimento destas pequenas porções de entrecasco nas primeiras camadas de crescimento, após a extracção da cortiça, deve-se à insuficiência da fina camada suberosa produzida para proteger a felogene no período do Verão. Assim, pontualmente, a felogene perde a sua actividade e regenera-se novamente no floema inactivo subjacente, deixando pequenas camadas de entrecasco inclusas na cortiça (a). Nesta imagem também se pode observar o corte transversal da costa da cortiça, constituído essencialmente por raios floémicos largos esclerificados (b) e por tecidos esclerenquimatosos (c) (Graça & Pereira, 1993; Graça & Pereira, 1995).



**Figura 15:** Amostra de uma cortiça *madeirenta*. (a) Canal lenticular cuja função fisiológica de troca de gases foi, por alguma razão, interrompida, tendo-se regenerado nova camada de felogene no tecido floémico que lhe estava subjacente que a partir daí começou a produzir células de cortiça normais em vez do tecido pulverulento que vinha a produzir. (b) Ainda se pode ver como nestas cortiças, o prego, devido à interrupção do funcionamento da felogene, ocorre até nas camadas de crescimento mais recentes, junto à barra da cortiça.

### **3.2.3 O marmoreado**

Outro defeito que surgiu frequentemente nas cortiças estudadas foi a presença de manchas de cor cinzento-escuro e azuladas, quer em corte tangencial (Figura 16) quer em corte não-tangencial. Este defeito conhecido como *marmoreado* pensa-se que seja devido à infestação da cortiça por um fungo (Liese *et al.*, 1983).

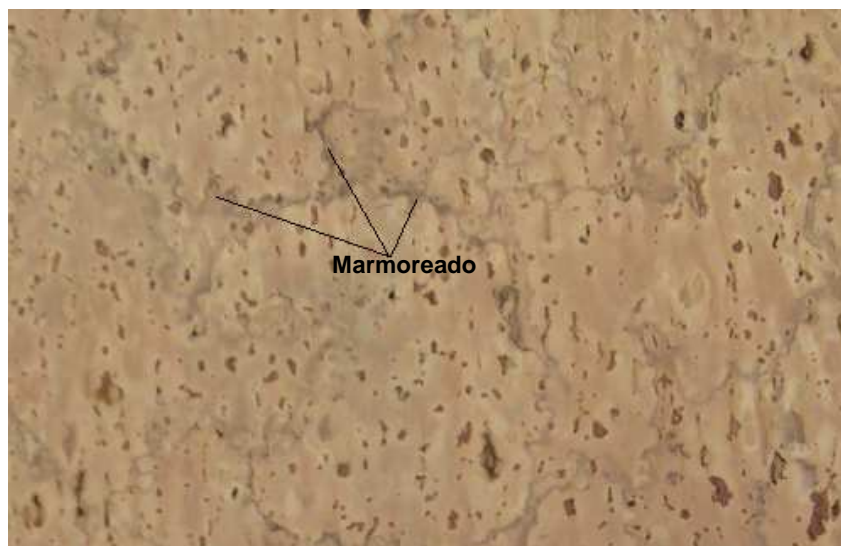


Figura 16: Aspecto do *marmoreado* da cortiça em corte tangencial. Este defeito é causado pela contaminação da cortiça por um fungo (*Meliophia ophiopora*) que entra e se expande na cortiça através dos canais lenticulares (Liese *et al.*, 1983).

### **3.3 A porosidade no plano tangencial**

No Quadro 2 e 3 apresentam-se os valores dos parâmetros da porosidade que foram medidos, para 300 e 1000 pixels respectivamente. Através dos Quadros 2,3 e 4, pode-se observar que aparentemente os parâmetros da porosidade das cortiças de melhor qualidade são mais afectadas pela área mínima a partir da qual um poro é considerado para o estudo da porosidade, em particular o coeficiente de porosidade. Quando se alterou a crivagem dos poros de 300 pixels para 1000 pixels, o coeficiente de porosidade das amostras que, de acordo com os resultados calculados com o algoritmo  $Q_{cor}$  e pela observação visual, tinham pior qualidade B1, C11 e Cx, , diminuiu em média cerca de 20,8%. Já o coeficiente de porosidade da amostra de melhor qualidade C8, sofreu uma redução muito superior, cerca de 72,7%.

Este efeito é devido principalmente à área média dos poros das amostras. Nas cortiças de pior qualidade, B1, C11 e Cx, a área média dos poros é quase dez vezes



superior à área média dos poros da melhor amostra, C8 (Quadros 2 e 3). Isto significa que nas cortiças de pior qualidade predominam os poros de grandes dimensões, enquanto que nas cortiças de melhor qualidade predominam os poros de pequenas dimensões, sendo estes últimos aqueles cuja inclusão ou não inclusão tem maior efeito nos valores da porosidade.

Se assim for, para a avaliação da qualidade da cortiça por análise de imagem, é importante definir a partir de que área um poro desvaloriza, do ponto de vista industrial, uma cortiça, porque tal critério irá afectar principalmente a classificação das cortiças que mais importam para a indústria – as cortiças de melhor qualidade.

Na Figura 17 apresenta-se o aspecto visual que resulta do conjunto de poros que foram detectados para um crivo de 300 pixeis – os poros que estão a verde e a azul, e para um crivo de 1000 pixeis – apenas os poros que estão a verde.

Quadro 2: Parâmetros de porosidade das cortiças utilizando apenas os objectos detectados na imagem de área superior a 1,15mm<sup>2</sup>. A vermelho encontram-se as amostras de pior qualidade e a azul a amostra de melhor qualidade, no que diz respeito à porosidade.

<b>Área mínima detectada = 300 pixeis (1,15mm<sup>2</sup>)</b>				
Amostra	Área máxima dos poros (cm <sup>2</sup> )	Área média dos poros (cm <sup>2</sup> )	Frequência dos Poros (nºporos/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente Porosidade (%)
<b>M1</b>	0.478	0.068	0.59	3.97
<b>B1</b>	<b>1.295</b>	<b>0.085</b>	<b>0.95</b>	<b>8.07</b>
<b>C1</b>	0.293	0.03	0.59	1.75
<b>C2</b>	0.091	0.03	0.72	2.13
<b>C3</b>	0.549	0.05	0.28	1.42
<b>C6</b>	0.214	0.031	0.60	1.86
<b>C7</b>	0.266	0.025	0.42	1.02
<b>C8</b>	<b>0.151</b>	<b>0.038</b>	<b>0.30</b>	<b>1.13</b>
<b>C9</b>	0.151	0.039	0.79	3.10
<b>C10</b>	0.671	0.086	0.37	3.17
<b>C11</b>	<b>1.528</b>	<b>0.072</b>	<b>0.68</b>	<b>4.86</b>
<b>Cx</b>	<b>0.947</b>	<b>0.081</b>	<b>0.56</b>	<b>4.51</b>

Quadro 3: Parâmetros de porosidade das cortiças utilizando apenas os objectos detectados na imagem de área superior a 3,84mm<sup>2</sup>. A vermelho encontram-se as amostras de pior qualidade e a azul a amostra de melhor qualidade, no que diz respeito à porosidade.

<b>Área mínima detectada = 1000 pixeis (3,84mm<sup>2</sup>)</b>				
Amostra	Área máxima dos poros (cm <sup>2</sup> )	Área media dos poros (cm <sup>2</sup> )	Frequência dos poros (nºporos/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente Porosidade (%)
<b>M1</b>	0.478	0.151	0.13	1.93
<b>B1</b>	<b>1.295</b>	<b>0.187</b>	<b>0.33</b>	<b>6.10</b>
<b>C1</b>	0.293	0.067	0.19	1.26
<b>C2</b>	0.091	0.061	0.25	1.50
<b>C3</b>	0.549	0.091	0.12	1.13
<b>C6</b>	0.214	0.076	0.16	1.19
<b>C7</b>	0.266	0.068	0.13	0.85
<b>C8</b>	<b>0.151</b>	<b>0.092</b>	<b>0.03</b>	<b>0.31</b>
<b>C9</b>	0.151	0.086	0.16	1.40
<b>C10</b>	0.671	0.187	0.16	2.78
<b>C11</b>	<b>1.528</b>	<b>0.19</b>	<b>0.21</b>	<b>4.00</b>
<b>Cx</b>	<b>0.947</b>	<b>0.193</b>	<b>0.19</b>	<b>3.60</b>

Quadro 4: Variação do valor dos parâmetros da porosidade das doze amostras da Herdade do Rosal quando a área mínima detectada foi alterada de 300pixels para 1000pixels. O coeficiente de porosidade é o parâmetro cuja variação em função da área mínima detectada tem maior amplitude, apresentando maior variação nas cortiças de melhor qualidade. A variação dos parâmetros de porosidade foi calculada usando os valores da área mínima de 1000 pixels como base, de acordo com a seguinte expressão:

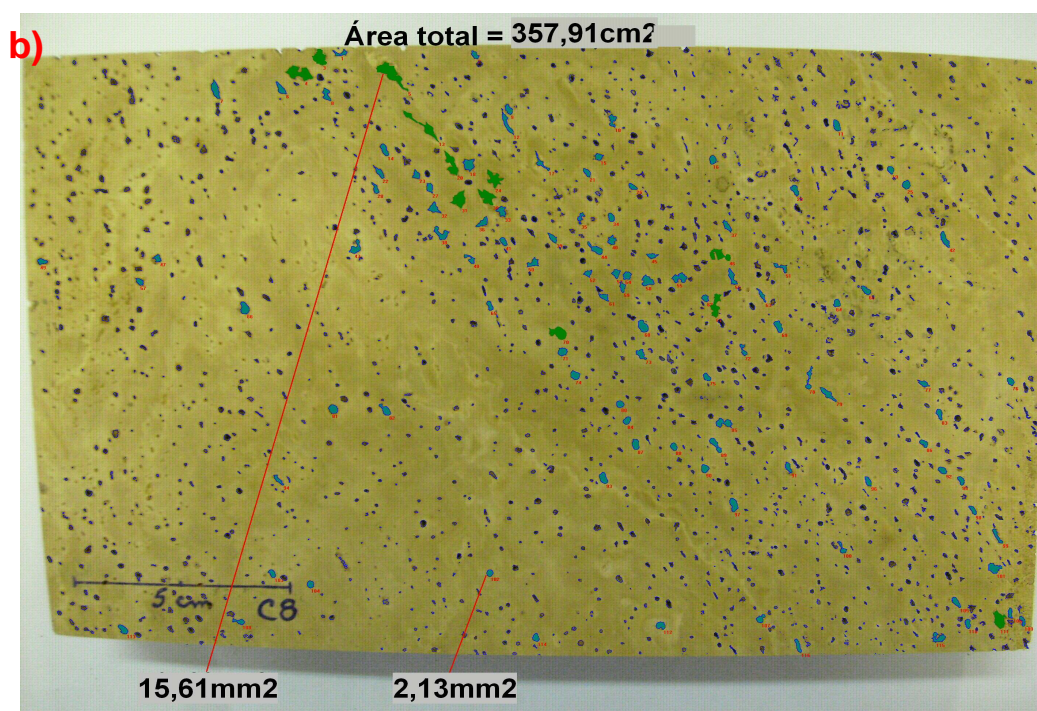
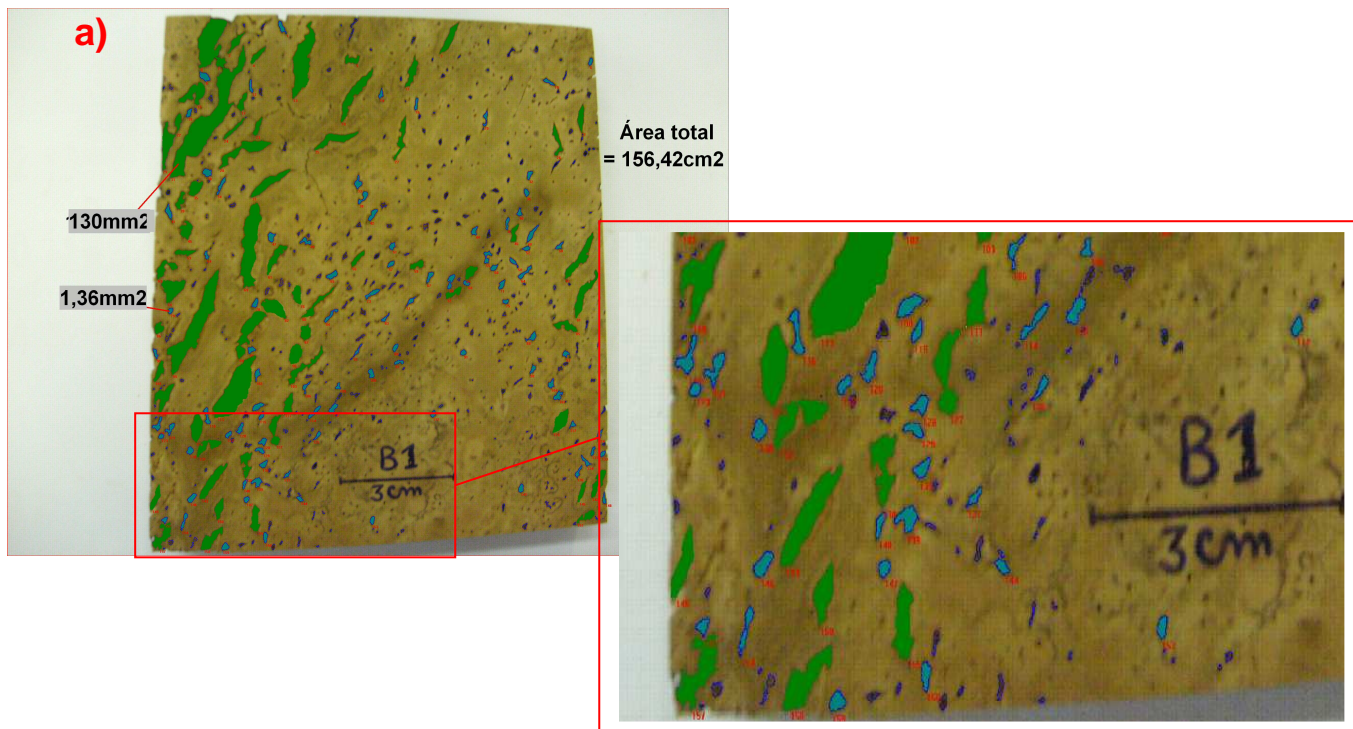
$[(V_{1000} - V_{300}) / V_{1000}] * 100$ , onde  $V_{300}$  representa os valores de cada parâmetro considerando a área mínima detectada igual a 300 pixels e  $V_{1000}$  representa os valores de cada parâmetro considerando a área mínima detectada igual a 1000 pixels.

<b>Δ – Variação dos parâmetros de porosidade (%)</b>			
Amostra	Área média	Frequência dos poros (nºporos/cm <sup>2</sup> )	Coeficiente de porosidade
<b>M1</b>	55,0	-78,2	-51,5
<b>B1</b>	<b>54,5</b>	<b>-65,5</b>	<b>-24,4</b>
<b>C1</b>	55,2	-68,0	-27,8
<b>C2</b>	50,8	-65,7	-29,4
<b>C3</b>	45,1	-56,0	-20,2
<b>C6</b>	59,2	-73,8	-35,9
<b>C7</b>	63,2	-70,0	-17,2
<b>C8</b>	<b>58,7</b>	<b>-88,8</b>	<b>-72,7</b>
<b>C9</b>	54,7	-79,5	-55,0
<b>C10</b>	54,0	-57,0	-12,4
<b>C11</b>	<b>62,1</b>	<b>-68,8</b>	<b>-17,7</b>
<b>Cx</b>	<b>58,0</b>	<b>-66,7</b>	<b>-20,2</b>
Desvio Padrão	<b>4,7</b>	<b>8,9</b>	<b>17,7</b>

Como se pode ver no Quadro 4, o coeficiente de porosidade é o parâmetro que apresenta maior desvio padrão. Isto significa que a amplitude da variação dos valores que o coeficiente de porosidade adquire em torno do valor médio é maior. Nos extremos destas variações em torno de um ponto médio encontram-me as piores e as melhores amostras, ou seja, as amostras mais porosas e as amostras menos porosas. Assim, como o coeficiente de porosidade é o parâmetro que apresenta maior desvio padrão, e por isso maior variância, é também o parâmetro que permite distinguir as melhores amostras das piores com maior facilidade.

Este resultado vem assim reforçar a ideia que já atrás foi exposta, de que quando se altera a área mínima a partir da qual um poro é considerado como tal, são os parâmetros da porosidade das melhores cortiças aqueles que apresentam maior variação.

**Figura 17:** a) representação das áreas dos poros amostra mais porosa (B1); b) representação das áreas dos poros na amostra menos porosa (C8). Todos os poros que se encontram seleccionados, com cor azul ou verde, são poros que ocupam uma área superior ou igual a 300 pixels. No entanto, apenas os poros que estão seleccionados a verde têm uma área igual ou superior a 1000 pixels. Os poros que não foram preenchidos nem a azul nem a verde são aqueles de área inferior a 300 pixels.



Acerca da medição da porosidade no plano tangencial importa ainda referir um aspecto importante e que pode condicionar as medições feitas com um *software* de análise de imagem.

No exterior, os canais lenticulares encontram-se frequentemente rodeados por uma camada de tecidos esclerenquimatosos escuros, enquanto que no interior apresentam também frequentemente as paredes cobertas por tecido de enchimento cuja cor se pode assemelhar à cor da própria cortiça. Tanto os tecidos esclerenquimatosos que rodeiam os canais como o tecido pulverulento que se encontra no seu interior, têm uma cor muitas vezes semelhante à cor dos próprios canais. Isto pode levar a erros por excesso na medição das áreas, no caso dos tecidos exteriores ao canal, ou por defeito, no caso dos tecidos pulverulentos que preenchem o canal. Esta dificuldade foi já referida em trabalhos anteriores, nomeadamente por Pereira *et al.* (1996) e por Agrados & Pereira (1996).

### **3.4 Relação entre a porosidade nos planos tangencial e não-tangencial**

A importância da possível existência de uma ligação entre a porosidade no plano tangencial e nos planos não-tangenciais prende-se com as vantagens e desvantagens que o estudo de cada plano apresenta.

O estudo do plano tangencial tem a vantagem de ser mais fidedigno e por isso melhor indicador da qualidade da cortiça, mas tem a desvantagem de que a preparação dos planos tangenciais de uma prancha implica que se efectuem cortes também tangenciais e consequentemente destrutivos.

Já o estudo dos planos não-tangenciais – radial e transversal – tem a vantagem de o corte não inviabilizar uma prancha para a produção de rolhas (uma vez que a sua espessura é conservada). No entanto, o estudo da porosidade nestes planos é mais incerta porque na prática é difícil efectuar um corte que seja rigorosamente transversal e sem inclinação em relação ao canal lenticular. Outra dificuldade que prejudica o estudo da porosidade nas secções não-tangenciais é a própria irregularidade da orientação e dimensões dos poros, de que resulta, não raras vezes, que num corte transversal ou radial um poro seja seccionado apenas parcialmente, sendo os troços que não foram apanhados pelo corte omitidos das medições (Figura 8).

Procurou-se encontrar a existência de uma correlação entre os valores médios dos parâmetros de porosidade no plano tangencial e no plano não-tangencial, para vários níveis de crivagem dos poros (200, 400, 600, 800 e 1000 pixeis) utilizando um novo conjunto de dez cortiças (Figuras 18, 19 e 20). O coeficiente de porosidade das secções não-

tangenciais foi expresso como função do coeficiente de porosidade, área média dos poros e frequência dos poros na secção tangencial.

Os gráficos das Figuras 18, 19 e 20 mostram que, aparentemente, não se pode afirmar que exista alguma relação entre qualquer um dos parâmetros da porosidade tangencial com o coeficiente de porosidade não-tangencial. Em qualquer uma das situações, a dispersão dos valores assemelha-se a uma nuvem de pontos, com valores de  $R^2$  sempre próximos de zero.

Ainda assim, podem observar-se nos gráficos das Figuras 18, 19 e 20 que existem alguns pontos que se destacam nitidamente do restante conjunto, podendo estes pontos estar a afectar excessivamente, e de forma negativa, a relação entre os parâmetros de porosidade tangencial e o coeficiente de porosidade não-tangencial. Por isso decidiu-se eliminar esses pontos de modo a obter uma melhor correlação entre as variáveis em estudo (Figuras 21, 22 e 23). Os pontos que foram eliminados correspondem precisamente às duas cortiças mais porosas (A10 e A19) assim como à cortiça menos porosa (A15).

Com a exclusão das cortiças A10 e A19 do gráfico da Figura 18, e da cortiça A15 do gráfico da Figura 19, a relação entre o coeficiente de porosidade não-tangencial e o coeficiente de porosidade e área média tangencial melhorou significativamente, apesar dos valores de  $R^2$  continuarem a ser muito baixos. Na melhor correlação obtida, utilizando 400 pixels como área mínima e usando a área média dos poros na secção tangencial em ordenadas, o valor de  $R^2$  obtido foi de 0,4491. Ao nível da relação entre o coeficiente de porosidade não-tangencial e a frequência dos poros no plano tangencial, a exclusão da cortiça A19 não causou nenhuma melhoria importante no valor de  $R^2$ . O crivo de 400 pixels, equivalente à detecção dos poros de área maior ou igual a  $1,5\text{mm}^2$ , foi onde se observou melhor correlação entre os parâmetros da porosidade, em particular quando se relacionou a área média dos poros no plano tangencial com o coeficiente de porosidade não-tangencial (Figura 21).

Das Figuras 18 – 23 também se pode observar que os parâmetros da porosidade na secção tangencial são sempre menores do que na secção não-tangencial.

Figura 18: Representação gráfica, para cada crivo (200, 400, 600, 800 e 1000pixels), do coeficiente de porosidade na secção tangencial (Tg), em função do coeficiente de porosidade na secção não-tangencial (Tr&R). Assinalados a vermelho encontram-se as cortiças que se destacam do restante conjunto.

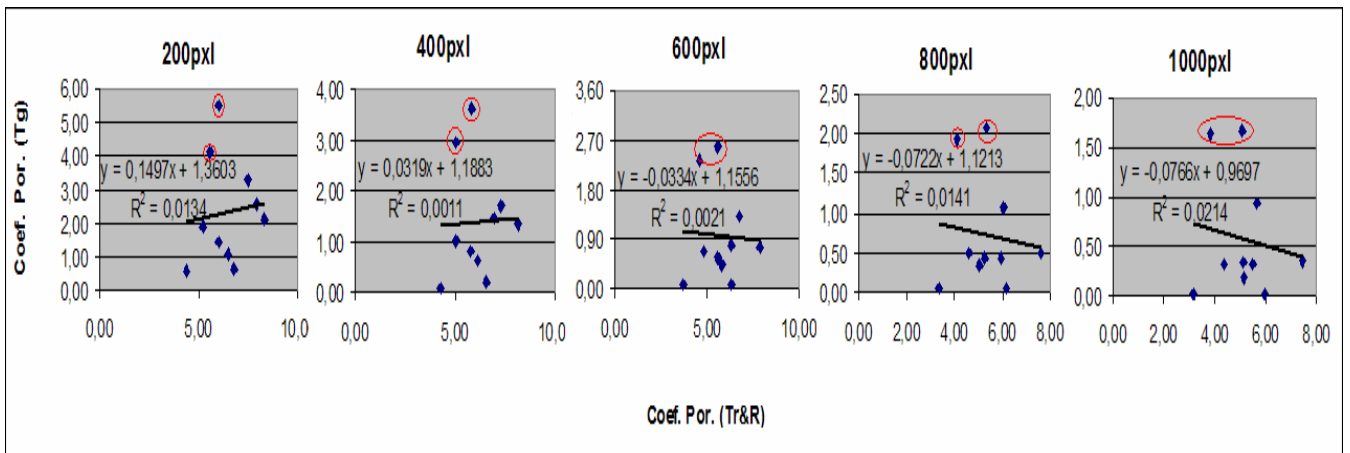


Figura 19: Representação gráfica, para cada crivo (200, 400, 600, 800 e 1000pixels), da área média dos poros na secção tangencial (Tg), em função do coeficiente de porosidade na secção não-tangencial (Tr&R). Assinalados a vermelho encontram-se as cortiças que se destacam do restante conjunto.

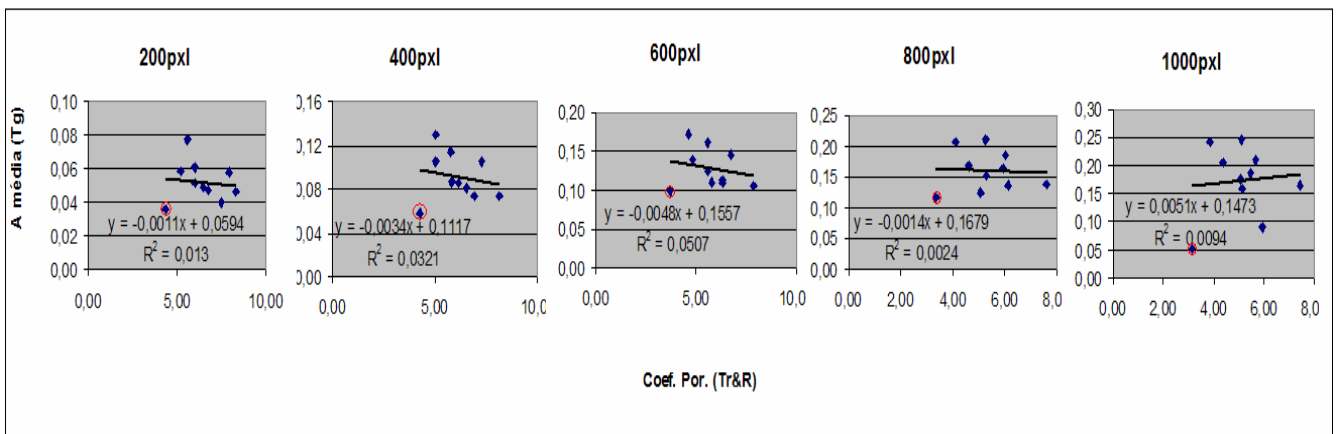
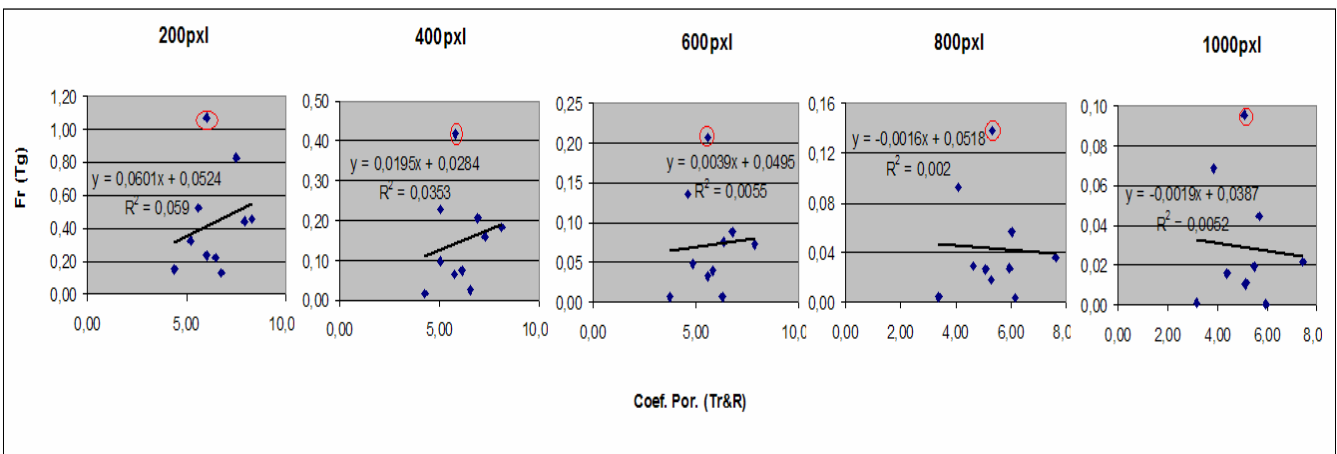
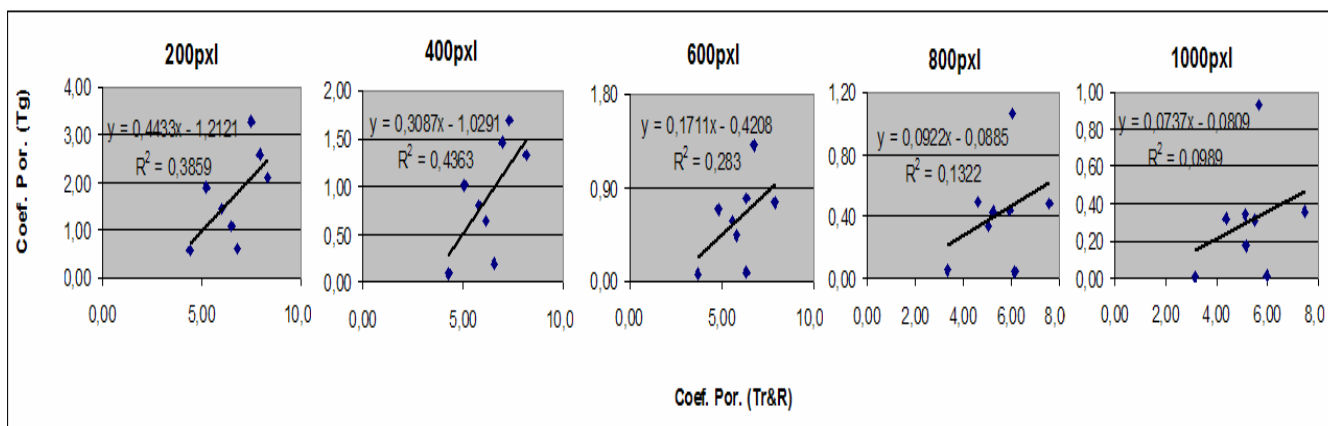


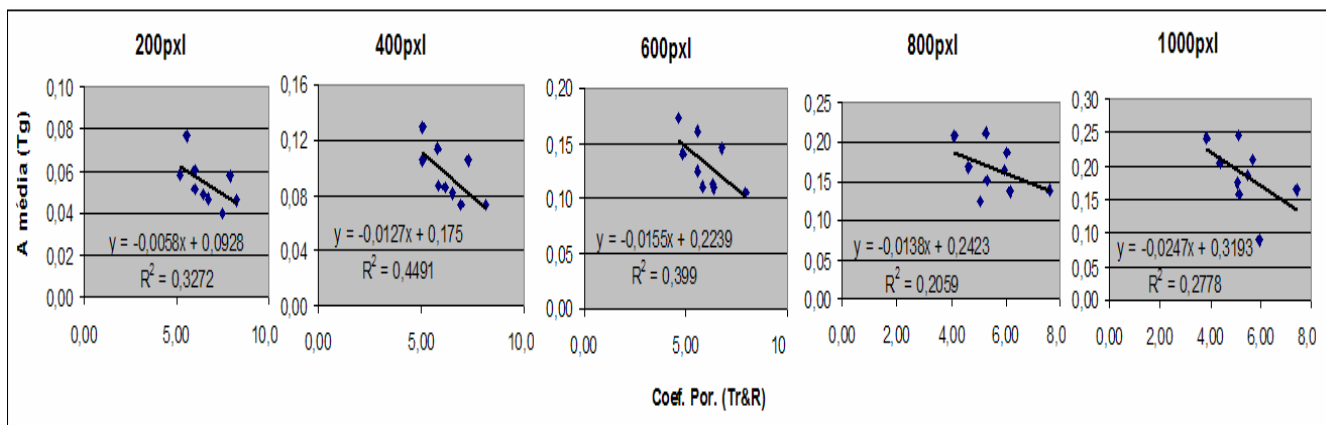
Figura 20: Representação gráfica, para cada crivo (200, 400, 600, 800 e 1000pixels), da frequência dos poros na secção tangencial (Tg), em função do coeficiente de porosidade na secção não-tangencial (Tr&R). Assinalados a vermelho encontram-se as cortiças que se destacam do restante conjunto.



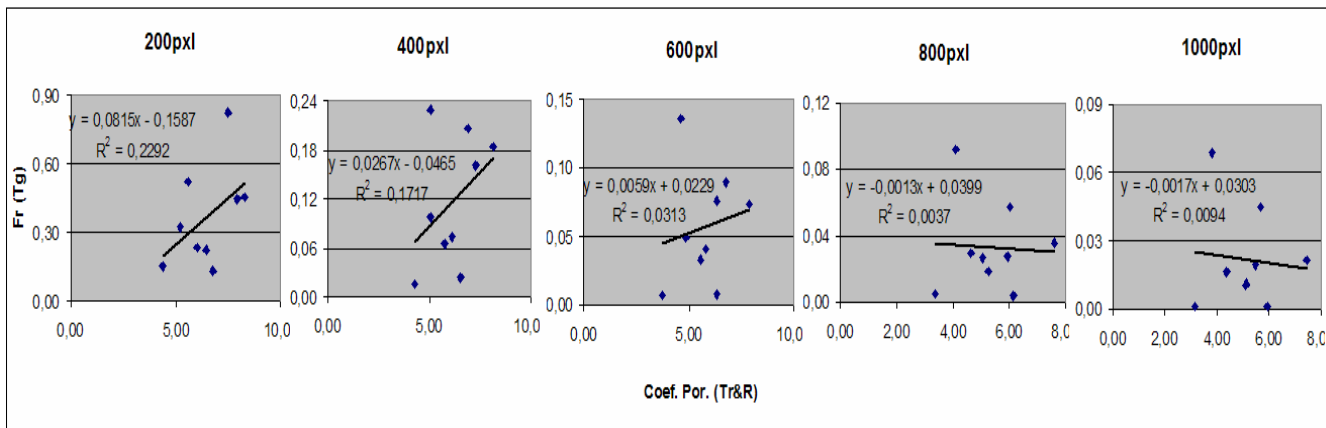
**Figura 21:** Representação gráfica, para cada crivo (200, 400, 600, 800 e 1000pixels), do coeficiente de porosidade na secção tangencial (Tg), em função do coeficiente de porosidade na secção não-tangencial (Tr&R). Agora excluindo as amostras A10 e A19.



**Figura 22:** Representação gráfica, para cada crivo (200, 400, 600, 800 e 1000pixels), do coeficiente de porosidade na secção tangencial (Tg), em função da área média dos poros na secção não-tangencial (Tr&R). Foi excluída a amostra A15.



**Figura 23:** Representação gráfica, para cada crivo (200, 400, 600, 800 e 1000pixels), do coeficiente de porosidade na secção tangencial (Tg), em função da frequência dos poros na secção não-tangencial (Tr&R). Foi excluída a amostra A19.





### 3.5 Quantificação da qualidade da cortiça – O Algoritmo $Q_{cor}$

A classificação da qualidade da cortiça é uma fase muito importante ao nível da indústria, requerendo sempre a apreciação por parte de um técnico experiente além das técnicas de análise de imagem hoje em dia utilizadas (Adrados & Pereira, 1996).

Porém esta apreciação está naturalmente dependente da pessoa que classifica, o que pode gerar alguma subjectividade.

Por esta razão torna-se importante a existência de alguma forma de normalizar os critérios de classificação da qualidade, para reduzir a subjectividade inerente a um processo de classificação visual.

Assim, apresenta-se de seguida uma expressão que pretende quantificar a qualidade de uma cortiça de acordo com três variáveis – o coeficiente de porosidade (CP), a área média dos poros (AM) e a frequência dos poros por unidade de área (FR):

$$1 \leq Q_{cor} = \underline{4xCP + 1,5xAM + 0,5xFR} \leq 6$$

6

Esta expressão calcula um número inteiro entre 1 e 6, sendo 1 a melhor qualidade e 6 a pior qualidade. A escolha destas três variáveis foi feita com base nos resultados obtidos neste trabalho, e também com base nos trabalhos de Pereira *et al.* (1996), Ferreira *et al.* (2000) e Louzada *et al.* (1999).

Atribuiu-se a cada variável um determinado peso para o resultado da expressão. Primeiro decidiu-se atribuir o peso de 33% a todas as variáveis, situação esta em que se admitia que as três variáveis teriam a mesma influência sobre a qualidade da cortiça. Uma vez que os valores de  $Q_{cor}$  assim obtidos não correspondiam à qualidade das cortiças determinada por análise visual, experimentou-se atribuir outros valores aos coeficientes de cada parâmetro no cálculo do valor de  $Q_{cor}$ . A melhor correspondência entre a análise visual e os valores devolvidos pela expressão de  $Q_{cor}$  foi obtida quando se atribuiu cerca de 67% do valor de  $Q_{cor}$  ao coeficiente de porosidade, 25% à área média dos poros e cerca de 8% à influência da frequência dos poros. Isto equivale a que o coeficiente de porosidade tenha um peso de 4, a área média um peso de 1,5 e a frequência dos poros um peso de 0,5.

Trata-se de uma tentativa de integrar na qualidade o efeito de outras variáveis além do coeficiente de porosidade, já que este por si só não é suficiente para classificar a qualidade de uma cortiça, apesar de ser um bom indicador. Uma cortiça pode ter numerosos canais

lenticulares mas de diâmetro reduzido e por isso pouco prejudiciais tecnologicamente, ou poucos canais lenticulares mas de grandes dimensões, situação esta mais desvalorizante que a anterior, e no entanto o valor do coeficiente de porosidade pode ser igual em ambos os casos. Por isso é importante ter em conta a área média e a frequência dos poros, na medida em que estes parâmetros nos dão uma ideia da “qualidade” dos poros.

Note-se o que Natividade (1950) diz a este respeito: «O número e, mais particularmente, o diâmetro dos canais lenticulares são as características a que mais importância se dá na apreciação da qualidade das cortiças portuguesas»; ou seja, mais do que o número de lenticulas, são as dimensões destas que afectam mais a qualidade do ponto de vista da porosidade. Foi por esta razão que se decidiu atribuir maior peso à variável “AM” em relação à variável “FR”.

No Quadro 5 apresenta-se a aplicação da expressão para o cálculo do valor  $Q_{cor}$ , aplicado ao conjunto de doze cortiças da Herdade do Rosal, quando a área mínima detectada do poro foi de 300 pixels e de 1000 pixels no plano tangencial.

Quadro 5: Cálculo do valor de  $Q_{cor}$  para uma área mínima detectada de  $1,15\text{mm}^2$  e para uma área mínima de  $3,84\text{mm}^2$ . As amostras apresentam-se ordenadas por ordem crescente do valor de  $Q_{cor}$ .

Amostra	300pxl ( $1,15\text{mm}^2$ )					1000pxl ( $3,84\text{mm}^2$ )			
	CP	AM	FR	$Q_{cor}$		CP	AM	FR	$Q_{cor}$
<b>C8</b>	2	1	3	<b>2</b>	<b>C8</b>	1	1	1	<b>1</b>
<b>C3</b>	2	1	3	<b>2</b>	<b>C7</b>	1	1	2	<b>2</b>
<b>C1</b>	2	1	4	<b>2</b>	<b>C1</b>	2	1	2	<b>2</b>
<b>C6</b>	2	1	4	<b>2</b>	<b>C3</b>	2	1	2	<b>2</b>
<b>C7</b>	2	1	4	<b>2</b>	<b>C6</b>	2	1	2	<b>2</b>
<b>C2</b>	3	1	4	<b>3</b>	<b>C9</b>	2	1	2	<b>2</b>
<b>C10</b>	4	1	3	<b>4</b>	<b>C2</b>	2	1	3	<b>2</b>
<b>C9</b>	4	1	4	<b>4</b>	<b>M1</b>	2	2	2	<b>2</b>
<b>M1</b>	4	1	4	<b>4</b>	<b>C10</b>	3	2	2	<b>3</b>
<b>Cx</b>	5	1	4	<b>4</b>	<b>Cx</b>	4	2	2	<b>4</b>
<b>C11</b>	5	1	4	<b>4</b>	<b>C11</b>	5	2	3	<b>5</b>
<b>B1</b>	6	1	4	<b>5</b>	<b>B1</b>	6	2	3	<b>5</b>

Através do Quadro 5 pode-se observar que a qualidade das cortiças, expressa pelo valor de  $Q_{cor}$ , melhorou ou manteve-se constante quando se aumentou a área mínima detectada de  $1,15\text{mm}^2$  para  $3,84\text{mm}^2$ . No entanto a amostra C11 foi uma excepção, tendo o seu valor de  $Q_{cor}$  aumentado de 4 para 5.

O facto de em alguns casos o valor de  $Q_{cor}$  não diminuir, chegando até a aumentar no caso C11, é uma consequência da importância que foi dada à área média dos poros.

É esperado que o coeficiente de porosidade (CP) assim como a frequência dos poros (FR) diminuam com o aumento da área mínima detectada, o que tende a reduzir o valor de  $Q_{cor}$ ; mas por outro lado, o aumento da área mínima detectada também leva a que a área média dos poros (AM) aumente, assim como o valor de  $Q_{cor}$ .

O facto do valor de  $Q_{cor}$  na amostra C11 ter aumentado de 4 para 5 vem reforçar a ideia que já anteriormente se expressou neste ponto sobre a influência da frequência e da área média dos poros. Se considerarmos a amostra C11 analisada com um crivo de 300 pixels e com um crivo de 1000 pixels como duas amostras distintas, podemos ver que apesar de ambas terem o mesmo valor de CP, a qualidade de uma é superior à outra, precisamente porque a primeira tem mais poros por unidade de área, mas os poros são em média mais pequenos. Importa ainda referir que um valor de  $Q_{cor}$  de 5 tem melhor concordância com a observação visual da amostra C11.

## **4. Conclusão**

Deste trabalho resultaram as seguintes conclusões:

- A cozedura leva a um aumento efectivo da espessura das cortiças, que aqui foi em média 12,5%, mas que segundo a bibliografia pode chegar a 15% (Fortes *et al.*, 2004). O aumento absoluto médio em espessura foi maior para as cortiças mais espessas, sendo que dentre as doze cortiças da Herdade do Rosal que foram cozidas, as amostras classificadas de “Grossa” aumentaram mais do que as amostras classificadas de “Marca” e estas por sua vez aumentaram mais do que as amostras classificadas como “Delgadas”. No entanto, o aumento relativo não parece estar relacionado com a espessura inicial visto que algumas amostras classificadas como “Delgada” verificaram um aumento relativo superior a outras amostras classificadas como “Grossa”. A cozedura também leva à diminuição da amplitude das fendas ao nível da costa das cortiças.
- As principais discontinuidades que ocorrem na massa da cortiça são os canais lenticulares e tecidos esclerenquimatosos que têm origem no entrecasco. Os canais lenticulares apresentam grande variabilidade morfológica dentro da mesma cortiça, podendo em geral observar-se desde os melhores poros, de perfil linear e estreitos, até aos poros de pior qualidade largos e de perfil irregular. A inclusão de pequenas porções de tecidos esclerenquimatosos do entrecasco ocorre frequentemente, junto à costa, mas neste caso não é particularmente desvalorizante uma vez que apenas a primeira e segunda camadas de cortiça são afectadas. Nas cortiças de pior qualidade estas inclusões de entrecasco atingem toda a espessura do tecido suberoso e são por isso fortemente desvalorizantes do ponto de vista tecnológico.
- A detecção dos defeitos da cortiça por análise de imagem apresentou as seguintes dificuldades: a cor dos poros, prego e marmoreado é muito semelhante, tornando difícil encontrar um nível colorimétrico nas bandas RGB que sejam específicos de cada um dos três tipos de defeitos referidos; os poros surgem frequentemente rodeados por tecidos esclerenquimatosos de cor escura, seja por dentro ou por fora do poro, o que pode levar a erros na medição da área dos poros por defeito ou por excesso.
- A alteração da área mínima a partir da qual um poro é detectado tem grande influência na classificação da qualidade das cortiças. As cortiças de melhor qualidade são as mais afectadas pela escolha da área mínima detectável.

- Quando se manipula a área mínima detectável como poro, o coeficiente de porosidade foi o parâmetro que apresentou maior variabilidade, especialmente para as melhores cortiças.
- Não existe aparentemente nenhuma relação entre o coeficiente de porosidade nas secções não-transversais e os parâmetros de porosidade na secção tangencial (coeficiente de porosidade, área média e frequência dos poros). No entanto, o número de cortiças utilizadas para testar esta relação foi reduzido, sendo possível que se venham a obter valores de  $R^2$  mais elevados caso se use uma amostra de maior dimensão. Ainda assim, a relação entre o coeficiente de porosidade não-tangencial e a área média tangencial foi a que apresentou valores de  $R^2$  mais elevados.
- Foi possível desenvolver um algoritmo de classificação da qualidade da cortiça com base nos seguintes parâmetros de porosidade; coeficiente de porosidade (%), área média dos poros ( $\text{cm}^2$ ) e frequência dos poros ( $\text{nr}^\circ$  poros/ $\text{cm}^2$ ).
- Importa ainda referir que o reduzido número de amostras utilizadas condicionou a significância estatística deste trabalho e, como tal, em estudos posteriores, deverá ser utilizado um número de amostras superior.

## 5. Referências bibliográficas

- Adrados, J.R.G.; Pereira, H. 1996. Classification of defects in cork planks using image analysis. *Wood Science and Technology* **30**: 207 – 215.
- AFN – Autoridade Florestal Nacional. 2007. Análise da evolução do comércio externo de produtos florestais. Divisão de Estudos e Informação. Lisboa.
- Costa, A.; Pereira, H.; Oliveira, A. 2003. Variability of radial growth in cork oak adult trees under cork production. *Forest Ecology and Management* **175**: 239 – 246.
- Costa, A.; Pereira, H. 2004. Caracterização e Análise de Rendimento da Operação de Traçamento na Preparação de Pranchas de Cortiça para a Produção de Rolhas. *Silva Lusitana* **12**(1): 51 – 66.
- Ferreira, A.; Lopes, F.; Pereira, H. 2000. Caractérisation de la croissance et la qualité du liège dans une région de production. *Annales des Sciences Forestières* **57**: 187 – 193.
- Fonseca, J.M.M.R. 2009. Sistemas Sensoriais. Departamento de Engenharia Electrónica – UNL. Lisboa.
- Fortes, M.A.; Rosa, M.E.; Pereira, H. 2004. *A Cortiça*. IST Press. Lisboa.
- Graça, J.; Barros, L.; Pereira, H. 1985. Importância da Produção de Cortiça de Qualidade Para a Industria Transformadora. *Boletim do Instituto dos serviços Florestais – Cortiça (nº566)*. Lisboa.

- Graça, J.; Barros, L.; Pereira, H. 1986. Optimização do Ciclo Industrial da Cortiça – A preparação da cortiça. Departamento de Engenharia Florestal. ISA.
- Graça, J.; Pereira, H. 1993. Formação e desenvolvimento da primeira periderme no Sobreiro. Relações com as características da cortiça amadia. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.
- Graça, J.; Pereira, H. 1995. Relações entre a Estrutura da Costa da Cortiça e o Entrecasco do Sobreiro. Departamento de Engenharia Florestal. Lisboa.
- Graça, J. 2000. A estrutura da suberina e as suas relações com as propriedades da cortiça. Instituto Superior de Agronomia, Departamento de Engenharia Florestal, Lisboa.
- Graça, J., Pereira, H. 2000. Methanolysis of bark suberins: Analysis of glycerol and acid monomers. *Phytochemical analysis* **11**: 45 – 51.
- Liese, W.; Günzerodt, H.; Parameswaran, N. 1983. Alterações biológicas da qualidade da cortiça que afectam a sua utilização. Boletim do Instituto dos Produtos Florestais – Cortiça (nº541). Lisboa.
- Lopes, F.; Pereira, H. 1996. Porosidade das Pranchas de Cortiça medida por Técnicas de Análise de Imagem: Influência da Dimensão das Amostras. Departamento de Engenharia Florestal. Lisboa.
- Louzada, J.; Silva, M.E.; Lourenço, V.; Silva, S.; Oliveira, R.; Carvalho, C. 1999. Avaliação de alguns parâmetros de qualidade da cortiça produzida no Nordeste Transmontano. Dept. de Engenharia Florestal – UTAD. Vila Real.

- Moreira, I. 1980. Histologia Vegetal. Editora Didáctica. Lisboa.
- Natividade, J.V. 1934. Cortiças – Contribuição para o estudo do melhoramento da qualidade. Publ. Direcção dos Serviços Florestais e Aquícolas, I (1). Lisboa.
- Natividade, J.V. 1938. O que é a cortiça – Boletim da Junta Nacional da Cortiça (nº1). Lisboa.
- Natividade, J.V. 1950. Subericultura. Direcção geral das Florestas. Lisboa.
- Norma Portuguesa 298. 1993. Cortiça em Prancha – Definições, calibragem, classificação e acondicionamento. Instituto Português da Qualidade. Lisboa.
- Oliveira, A.C.; Peres, C.M.; Pires, J.M.C; Pereira, C.S.; Vitorino, S.; Marques, J.J.F.; Crespo, M.T.B.; San Romão, M.V. 2003. Cork stoppers industry: defining appropriate mould colonization. Microbiological Research **158**: 117 – 124.
- Palma, S.M.R.N.P. 2002. Caracterização do “Verde” na Cortiça e da sua ocorrência no abastecimento da matéria-prima à indústria. Relatório do trabalho de fim de curso de Engenharia Florestal. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.
- Pereira, H.; Rosa, M.E.; Fortes, M.A. 1987. The Cellular Structure of Cork from *Quercus suber* L. IAWA bulletin **8**: 213 – 218.
- Pereira, H; Graça, J.; Baptista, C. 1992. The Effect of Growth Rate on the Structure and Compressive Properties of Cork. IAWA bulletin **14**: 389 – 396.
- Pereira, H.; Lopes, F.; Graça, J. 1996. The evaluation of the Quality of Cork Planks by Image Analysis. Holzforschung **50**: 111 – 115.



- Pereira, C.; Gil, L. 2006. O Problema do Odor a Mofo nas Rolhas de Cortiça e Processos para a sua Redução/Eliminação. *Silva Lusitana* **14**(1): 101 – 111.
- Pereira, C.S.; Soares, G.A.M.; Oliveira, A.C.; Rosa, M.E.; Pereira, H.; Moreno, N.; San Romão, M.V. 2006. Effect of fungal colonization on mechanical performance of cork. *International Biodeterioration & Biodegradation* **57**: 244 – 250.
- Silva, J. S. (2007). *Árvores e Florestas de Portugal – Montados (vol.3)*. Edição Público. Lisboa.
- Sitte, P. 1962. Zum Feinbau der Suberinschichten im FlaschenKork. *Botanischen Institut der Universität Heidelberg. Protoplasma* **54**: 555 - 559.
- UNAC: [http://www.aflobei.pt/ficheiros/FolhetoCortica\\_.pdf](http://www.aflobei.pt/ficheiros/FolhetoCortica_.pdf) (consultado a 24/06/2009).
- WIKIPÉDIA:[http://images.google.pt/imgres?imgurl=http://www.gameus.de/content/produkte/seed\\_it/help/images/rgb.jpg&imgrefurl=http://www.w3css.blogspot.com/2008/01/cores-cmyk-vs-rgb.html&usq=\\_\\_w4U7T-5znYNK5L04Shsi52ggPgY=&h=300&w=300&sz=25&hl=pt-PT&start=4&sig2=QyugY51VRD5nr4NoHG8pig&um=1&tbnid=PrUXfem0DQrMdM:&tbnh=116&tbnw=116&prev=/images%3Fq%3Dimagem%2BRGB%26hl%3Dpt-PT%26rlz%3D1T4ADBF\\_pt-BRPT256PT259%26sa%3DX%26um%3D1&ei=DYtlStmCKoPT-AbTh7Ur](http://images.google.pt/imgres?imgurl=http://www.gameus.de/content/produkte/seed_it/help/images/rgb.jpg&imgrefurl=http://www.w3css.blogspot.com/2008/01/cores-cmyk-vs-rgb.html&usq=__w4U7T-5znYNK5L04Shsi52ggPgY=&h=300&w=300&sz=25&hl=pt-PT&start=4&sig2=QyugY51VRD5nr4NoHG8pig&um=1&tbnid=PrUXfem0DQrMdM:&tbnh=116&tbnw=116&prev=/images%3Fq%3Dimagem%2BRGB%26hl%3Dpt-PT%26rlz%3D1T4ADBF_pt-BRPT256PT259%26sa%3DX%26um%3D1&ei=DYtlStmCKoPT-AbTh7Ur) (consultado a 29/06/2009).