



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**GABRIEL WIENER MONTEIRO DE BARROS**

**ANATOMIA COMPARATIVA DA MADEIRA DE DUAS ESPÉCIES DE  
CARVALHO (*Quercus rubra* L. E *Quercus sessiliflora* Salisb.)**

**Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rosilei A. Garcia**  
**Orientadora**

**Seropédica, RJ**  
**Dezembro/2010**



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**GABRIEL WIENER MONTEIRO DE BARROS**

**ANATOMIA COMPARATIVA DA MADEIRA DE DUAS ESPÉCIES DE  
CARVALHO (*Quercus rubra* L. E *Quercus sessiliflora* Salisb.)**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

**Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Rosilei A. Garcia**  
**Orientadora**

**Seropédica, RJ**  
**Dezembro/2010**

**ANATOMIA COMPARATIVA DA MADEIRA DE DUAS ESPÉCIES DE  
CARVALHO (*Quercus rubra* L. E *Quercus sessiliflora* Salisb.)**

Comissão Examinadora:

Monografia aprovada em 13 de dezembro de 2010.

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rosilei A. Garcia  
UFRRJ / IF / DPF  
Orientadora

Dr<sup>a</sup> Gilmara Pires de Moura Palermo  
Eng<sup>a</sup> Florestal

Prof<sup>a</sup>. Natália Dias de Souza  
IF/DPF – UFRRJ

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta monografia aos amantes das florestas.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela saúde e capacidade.

À minha família pelo amor, atenção, oportunidade e condição.

À Zete que tanto fez por mim...

Aos meus amigos de república Daniel e Lucas pela amizade e excelente convívio.

Aos meus amigos que conheci na Rural e que tive mais contato nos últimos períodos: André, Mickael, Arthur, Carlos, Carolina, Renata, Felipe, Maurício, Marcelo, Olemar, Moisés, Lenim, Wander, João e Leo. Espero que vocês continuem fazendo parte da minha vida.

Aos meus amigos do Rio de Janeiro Roberto, Arthur, Fabiana, Elisa, Henrique, Eduardo, George e Jefferson pelos ótimos momentos passados juntos. Valeu pessoal!

Ao Rafael que contribuiu para a realização deste trabalho.

Agradeço imensamente à professora Rosilei pela atenção, dedicação, paciência, ajuda e orientação na monografia.

À Gilmar pela ajuda nos aparelhos e métodos envolvidos neste trabalho e pela participação na banca examinadora.

À professora Natália que sem exitar, aceitou o convite de fazer parte da banca examinadora.

Muito obrigado a todos!

## RESUMO

O objetivo principal deste trabalho foi apresentar as principais diferenças anatômicas macroscópicas e microscópicas qualitativas e quantitativas da madeira entre duas espécies de *Quercus* sp. Desta forma, os objetivos específicos foram: (1) a caracterização anatômica macroscópica e microscópica qualitativa da madeira de *Quercus rubra* L. e *Quercus sessiliflora* Salisb.; (2) a caracterização quantitativa dos elementos anatômicos (elementos de vasos, raios e parênquima axial), segundo a norma IAWA “International Association of Wood Anatomists”, através da aquisição e análise de imagens digitais. As análises descritivas mostraram diferenças entre as madeiras das duas espécies tais como maior proporção de parênquima axial e maior quantidade de poros no lenho tardio da madeira de *Quercus sessiliflora* Salisb.; maior abundância de tiloses na madeira de *Quercus sessiliflora* Salisb.; e cor mais clara na madeira de *Quercus rubra* L.

**Palavras-chave:** Anatomia da madeira, carvalho, *Quercus rubra* L., *Quercus sessiliflora* Salisb.

## ABSTRACT

The main objectives of this study was to present the principal macroscopic and microscopic anatomical differences between two species of *Quercus* sp. Thus, the specific objectives were: (1) to characterize the macroscopic and microscopic anatomical features of *Quercus rubra* L. and *Quercus sessiliflora* Salisb.; and (2) to quantitatively characterize the anatomical features (vessel, rays and axial parenchyma), according to IAWA “International Association of Wood Anatomists” standard by acquisition and analysis of digital images. Descriptive analysis showed differences between wood from both species such as higher proportion of axial parenchyma and higher number of vessel on latewood of *Quercus sessiliflora* Salisb.; higher presence of tyloses on *Quercus sessiliflora* Salisb. wood; and lighter color on *Quercus rubra* L.

**Keywords:** Wood anatomy, oak, *Quercus rubra* L., *Quercus sessiliflora* Salisb.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1 Objetivo geral.....	2
2.2 Objetivo específico.....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3.1 <i>Quercus rubra</i> L.....	3
3.2 <i>Quercus sessiliflora</i> Salisb.....	5
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
4.1 Material e coleta das amostras.....	6
4.2 Caracterização anatômica.....	6
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	8
5.1 Caracterização anatômica da madeira de <i>Quercus rubra</i> L.....	8
5.1.1 Caracterização macroscópica.....	8
5.1.2 Caracterização microscópica.....	10
5.2 Caracterização anatômica da madeira de <i>Quercus sessiliflora</i> Salisb.....	12
5.2.1 Caracterização macroscópica.....	12
5.2.2 Caracterização microscópica.....	14
5.3 Principais diferenças anatômicas entre as espécies estudadas.....	16
6. CONCLUSÕES.....	16
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Principais planos de corte da madeira: X – transversal, R – longitudinal radial e T – longitudinal tangencial.....	2
<b>Figura 2.</b>	Espécie de <i>Quercus rubra</i> L. (A) Tronco. (B) Folhas. (C) Fruto.....	4
<b>Figura 3.</b>	Distribuição geográfica natural para a espécie de <i>Quercus rubra</i> L.: leste da América do Norte, da Nova Escócia à Georgia, oeste de Oklahoma e Minnesota .....	4
<b>Figura 4.</b>	Espécie de <i>Quercus sessiliflora</i> Salisb. (A) Tronco. (B) Folhas. (C) Frutos .....	5
<b>Figura 5.</b>	Distribuição geográfica natural para a espécie de <i>Quercus sessiliflora</i> Salisb. na Europa: Grã-Bretanha, do sul da Noruega à leste da Espanha, Rússia e Grécia .....	6
<b>Figura 6.</b>	Micrótomo de deslize MICRON HM 450 utilizado para obtenção dos cortes histológicos (Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira, DPF/IF/UFRRJ).....	7
<b>Figura 7.</b>	Seção transversal macroscópica da madeira de <i>Quercus rubra</i> L. (A) e (B) Anéis de crescimento distintos. (C) Madeira porosa: poros solitários.....	9
<b>Figura 8.</b>	(A) e (B) Seções longitudinais tangencial e radial macroscópica da madeira de <i>Quercus rubra</i> L., respectivamente. Detalhe: desenhos formados pelas linhas vasculares e raios.....	9
<b>Figura 9.</b>	Seção transversal microscópica da madeira de <i>Quercus rubra</i> L. (aumento 4x).....	11
<b>Figura 10.</b>	Seção longitudinal tangencial microscópica da madeira de <i>Quercus rubra</i> L. (Aumento: 4X).....	11
<b>Figura 11.</b>	Seção longitudinal radial microscópica da madeira de <i>Quercus rubra</i> L. (Aumento: 10X).....	12
<b>Figura 12.</b>	Seção transversal macroscópica da madeira de <i>Quercus sessiliflora</i> Salisb.....	13
<b>Figura 13.</b>	(A) e (B) Seções longitudinais tangencial e radial macroscópicas da madeira de <i>Quercus sessiliflora</i> Salisb., respectivamente. Detalhe: desenho formado pelas linhas vasculares e raios.....	13
<b>Figura 14.</b>	Seção transversal da madeira de <i>Quercus sessiliflora</i> Salisb. (Aumento: 4X).....	14
<b>Figura 15.</b>	Seção longitudinal tangencial da madeira de <i>Quercus sessiliflora</i> Salisb. (Aumento: 4X).....	15
<b>Figura 16.</b>	Seção longitudinal radial da madeira de <i>Quercus sessiliflora</i> Salisb. (Aumento: 10X).....	15

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Caracteres anatômicos mensurados e suas respectivas unidades, seção e número de observações.....8
- Tabela 2.** Dimensões dos caracteres anatômicos da madeira de *Quercus rubra* L.....10
- Tabela 3.** Dimensões dos caracteres anatômicos da madeira de *Quercus sessiliflora* Salisb.....16

## 1. INTRODUÇÃO

Anatomia é a ciência que trata da estrutura e organização dos seres vivos. O termo anatomia foi originalmente derivado do grego (anatomé, “secionar”), que quer dizer dissecação, corte (GONÇALVES, 2006).

A anatomia da madeira é o ramo da ciência botânica que se ocupa do estudo das variadas células que compõem o lenho (xilema secundário), bem como sua organização, função e relação com a atividade biológica do vegetal. Através da anatomia é possível identificar espécies, conhecer a madeira e suas propriedades visando um emprego correto, diferenciar madeiras aparentemente idênticas, prever e compreender o comportamento da madeira durante a sua utilização. Portanto, a anatomia é um elemento fundamental para qualquer emprego industrial que se pretenda destinar à madeira (COSTA, 2001).

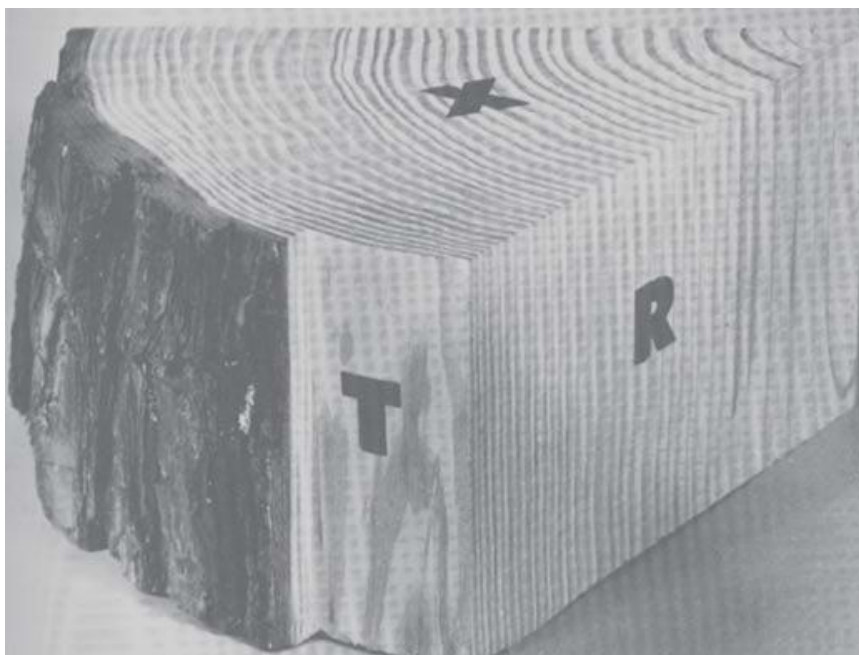
A madeira é um conjunto heterogêneo de células cuja forma, tamanho, número e disposição variam muito de espécie para espécie. Pequenas diferenças anatômicas são também encontradas dentro de uma mesma espécie e inclusive num mesmo indivíduo. Essa grande variedade em suas propriedades e características permite satisfazer diferentes usos e possibilidades de emprego (DIAZ-VAZ, 1979). As aplicações tão variadas da madeira, resultam das suas diferentes propriedades e estas são consequência da sua composição e estrutura interna (BESSA, 2009).

Para se conhecer a estrutura da madeira, torna-se fundamental o exame de três planos de cortes, conforme apresentado na Figura 1: corte transversal, perpendicular ao eixo da árvore; corte longitudinal radial, paralelo aos raios e perpendicular aos anéis de crescimento; e corte longitudinal tangencial, perpendicular aos raios e tangencial aos anéis de crescimento. Segundo COSTA (2001), o exame dos três cortes efetuados sobre a madeira fornece uma vista do conjunto de sua estrutura anatômica e permite destacar as características morfológicas próprias de cada plano.

Segundo DIAZ-VAZ (1979), o reconhecimento da madeira pode ser macroscópico e microscópico. Deve-se entender como características macroscópicas da madeira aquelas visíveis a simples vista e com ajuda de um pequeno aumento (10X), enquanto que as características microscópicas exigem técnicas de microscopia e são observadas com o uso de um microscópio óptico. Este é muito mais confiável que o primeiro, e requer o uso de equipamentos e técnicas especiais nem sempre disponíveis ao usuário.

A informação macroscópica e microscópica da anatomia da madeira e alguns parâmetros físicos são normalmente suficientes para caracterizar uma amostra, sendo que a observação macroscópica deve anteceder a observação microscópica, podendo mesmo ser determinante para identificação se a procedência da amostra for conhecida (BESSA, 2009).

A análise macroscópica da madeira requer o uso de um instrumento afiado para cortar previamente a superfície de observação, uma lupa do tipo conta fios de 10X de aumento, para um melhor destaque dos elementos anatômicos e eventualmente o umedecimento da superfície. O maior valor da identificação macroscópica é a praticidade de uso, uma vez que requer instrumentos simples, de baixo custo e pode ser executada em qualquer lugar. O aumento proporcionado pela lupa é, no entanto, insuficiente para se distinguir determinadas peculiaridades mais detalhadas do xilema secundário, devendo-se para isso recorrer ao microscópio (BURGER & RICHTER, 1991).



**Figura 1.** Principais planos de corte da madeira: X – transversal, R – longitudinal radial e T – longitudinal tangencial (Fonte: CORE *et al.*, 1949).

A microscopia exige procedimentos trabalhosos, a utilização de produtos químicos e equipamentos sofisticados e de elevado custo. A microtécnica trata dos recursos, métodos e procedimentos de preparação do material, no caso a madeira, para observações microscópicas (BURGER & RICHTER, 1991). Os procedimentos envolvidos para essa análise envolvem maceração, retiradas das amostras, preparo do material, microtomia (obtenção das seções delgadas), descoloração e coloração das seções, montagem das lâminas histológicas, captura de imagens digitais, mensuração e quantificação dos elementos anatômicos. O micrótomo é o equipamento de precisão usado para secionar amostras de madeiras nos diferentes planos de corte, com espessuras micrométricas.

Visando ampliar os conhecimentos sobre a anatomia da madeira, este trabalho visa a comparação das características anatômicas da madeira de duas espécies de *Quercus* sp.

O gênero *Quercus*, pertencente à família Fagaceae, inclui aproximadamente 500 espécies arbóreas e arbustivas, e é conhecido vulgarmente como carvalho (SOUSA *et al.*, 2009). As espécies descritas neste trabalho, são de grande importância para a América do Norte e Europa, sendo apreciadas pela qualidade dos produtos de madeira obtidos, pela simetria proporcionada ao paisagismo além de servir como fonte de alimento para a fauna (BULLETIN DE DIFFUSION-ONTARIO, 2001).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

O objetivo principal deste trabalho foi apresentar as principais diferenças anatômicas macroscópicas e microscópicas qualitativas e quantitativas da madeira de duas espécies de *Quercus* sp.

## 2.2 Objetivos específicos

(1) Caracterização anatômica macroscópica e microscópica qualitativa da madeira de *Quercus rubra* L. e *Quercus sessiliflora* Salisb.;

(2) Caracterização quantitativa dos elementos anatômicos (elementos de vasos, raios e parênquima axial), segundo a norma IAWA “International Association of Wood Anatomists”, através da aquisição e análise de imagens digitais.

## 3. REVISÃO DE LITERATURA

O grupo das Fagáceas são plantas pertencentes à ordem Fagales e família Fagaceae. Ele é constituído de inúmeras espécies de árvores ou arbustos monóicos ou raramente dióicos, de folha caduca ou perene. Apresentam folhas simples, alternas, com estípulas caducas e nervuras pinadas. As flores são unissexuais, monoclamídeas e imperceptíveis. As flores masculinas estão reunidas em amentos ou em glomérulos, com 8 a 20 estames, enquanto que as flores femininas estão dispostas em pequenas espigas ou na base das inflorescências masculinas; de gineceu ínfero e com 3 a 6 carpelos. As plantas possuem polinização anemófila (pelo vento). Os frutos apresentam forma de cúpula ou bolotas, sendo cada fruto provido de uma cúpula escamosa ou espinhenta (WATSON & DALLWITZ).

A família possui cerca de 900 espécies e 9 gêneros, entre eles *Castanea* spp, *Fagus* spp, *Quercus* spp entre outros. Todos os gêneros, exceto um, são nativos do Hemisfério Norte com presença mais marcada nas zonas temperadas. O grupo não está representado nas zonas tropicais da África ou da América do Sul.

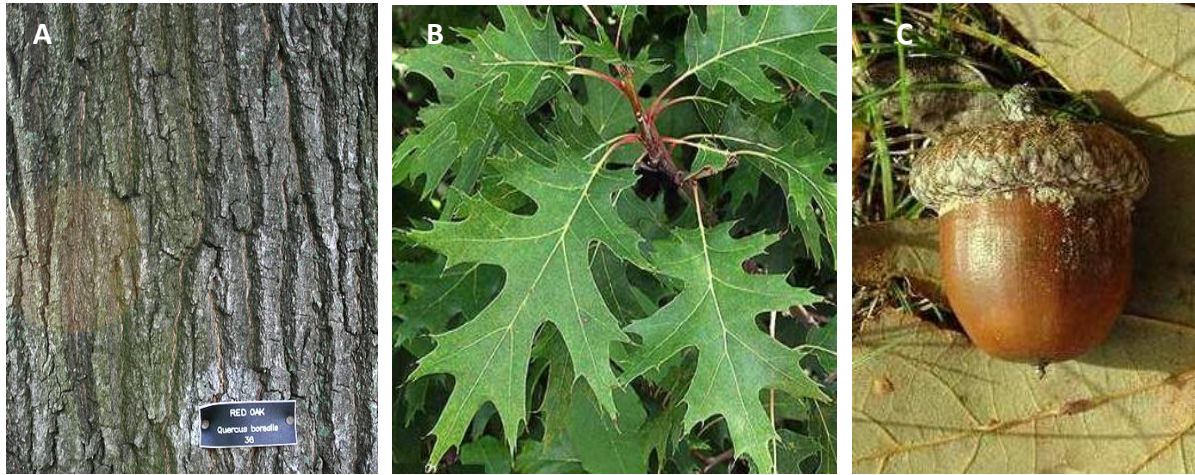
As espécies da família Fagaceae podem apresentar-se com porte arbóreo ou arbustivo. As espécies de porte arbóreo caracterizam-se quanto à duração das folhas como plantas caducifólias ou decíduas, características estas relacionadas com as condições climáticas locais.

### 3.1 *Quercus rubra* L.

Segundo LORENZI (1999), *Quercus rubra* L. (sinônimos: *Quercus borealis* F. Michx. e *Quercus maxima* Ashe.) é uma árvore de 20-30 m de altura, portadora de tronco cilíndrico, com casca marrom escura ou preta, sulcada e com elevações. Apresenta ramagem robusta formando copa grande, uniforme e arredondada. As folhas são alternas, simples, decíduas, ovaladas ou ovalo-alongadas, com 7-9 recortes profundos (lobos) que se aproximam da nervura mediana, verde-escuras na face de cima, verde-claras e pubescentes na face de baixo, com dentes agudos nas extremidades, de 10-20 cm de comprimento, conforme mostra a Figura 2. Apresentam inflorescências masculinas pendentes, cilíndricas (amentos) e femininas nas axilas das folhas. Os frutos são conhecidos por “bolota”, com uma só semente, de formato ovóide, pedúnculo curto, com revestimento raso de escamas imbricadas na base (cúpula), a superfície coberta do fruto revestida por indumento tomentoso (Figura 2). Sua multiplicação é exclusivamente por sementes, o que é difícil no Brasil por sua pequena produção.

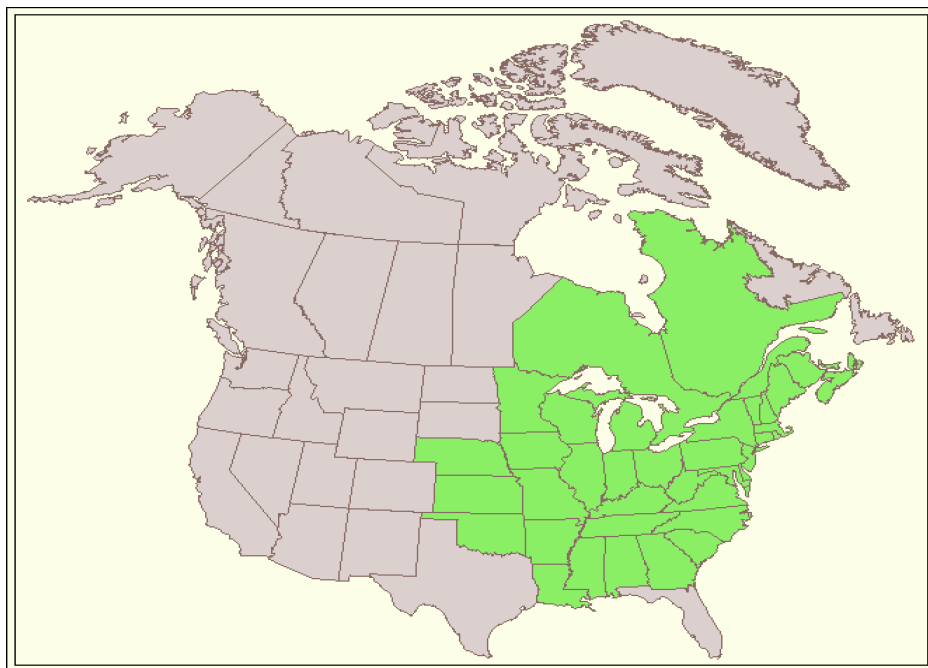
As árvores dessa espécie são caducifólias com características decorativas notáveis. Podem ser cultivadas em grandes jardins, praças e na arborização de largas avenidas, possuindo grande efeito ornamental pela cor vermelho escura das folhas no outono. Além do uso ornamental, essa espécie é bastante utilizada como combustível, instrumentos musicais, marcenaria, peças de máquinas e tanoaria (BESSA, 2000). Planta indicada para cultivo apenas

nas regiões de altitude no sul do Brasil, pela exigência em baixas temperaturas durante o inverno, para desenvolver-se adequadamente. É conhecida como carvalho ou carvalho-vermelho do norte (português), northern red oak (inglês) e chêne rouge (francês).



**Figura 2.** Espécie de *Quercus rubra* L. (A) Tronco. (B) Folhas. (C) Fruto (Fonte: Robert W. Freckmann Herbarium, 2010).

A espécie de *Quercus rubra* L. é nativa do leste da América do Norte, da Nova Escócia à Georgia, oeste de Oklahoma e Minnesota. A Figura 3 apresenta a distribuição natural dessa espécie.



**Figura 3.** Distribuição geográfica natural para a espécie de *Quercus rubra* L.: leste da América do Norte, da Nova Escócia à Georgia, oeste de Oklahoma e Minnesota (Fonte: [http://luirig.altervista.org/schedeit/pz/quercus\\_rubra.htm](http://luirig.altervista.org/schedeit/pz/quercus_rubra.htm)).

### 3.2 *Quercus sessiliflora* Salisb.

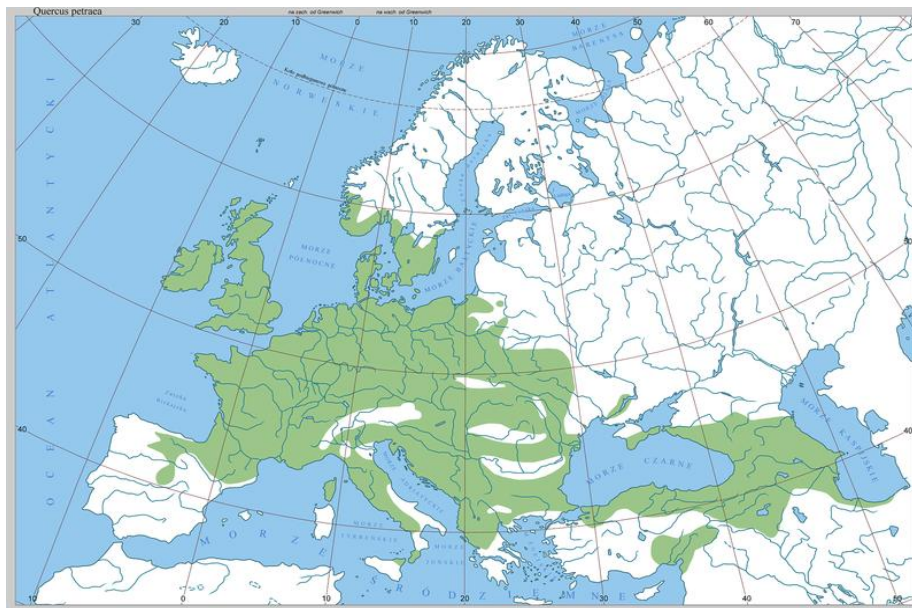
A espécie de *Quercus sessiliflora* Salisb. (sinônimos: *Quercus petraea* Leibel. e *Quercus sessilis* Ehrh.) pode alcançar 35 m ou mais de altura e apresenta uma copa bastante regular, mais ou menos arredondada. A casca do tronco é cinzenta ou acastanhada, muito fissurada em indivíduos velhos (Figura 4A). As folhas são caducas, alternas, simples, com lobos arredondados em forma de cunha na margem (Figura 4B), pecíolos bem desenvolvidos (2,5 cm), e possuem alguns pêlos na face de baixo especialmente nas axilas. As flores femininas e os frutos nascem sobre os ramos. Os frutos com pedúnculos curtos nunca ficam suspensos. A semente é oval e possui revestimento com escamas em abundância. As plantas florescem em abril ou maio e a maturação dos frutos se dá no final de setembro ou outubro nas regiões de ocorrência natural na Europa.

Essa espécie é extremamente utilizada na fabricação de barris para transporte, armazenamento e envelhecimento de bebidas alcoólicas como vinho (tanoaria), além de ser usada em marcenaria, pisos, móveis, esculturas e confecção de pequenos objetos de madeira. É conhecida como carvalho-alvo, carvalho-branco, roble-alvo, roble-branco (português), sessile oak (inglês) e chêne rouvre (francês).

A espécie *Quercus sessiliflora* Salisb. é nativa da Europa, incluindo a Grã Bretanha, da Noruega ao sul e leste da Espanha, Rússia e Grécia (Figura 5). Habita geralmente as encostas das montanhas e planícies, e suportam solos mais secos e menos profundos. Vivem até 1800 m de altitude.



**Figura 4.** Espécie de *Quercus sessiliflora* Salisb. (A) Tronco. (B) Folhas. (C) Frutos (Fonte: <http://commons.wikimedia.org>).



**Figura 5.** Distribuição geográfica natural para a espécie de *Quercus sessiliflora* Salisb. na Europa: Grã-Bretanha, do sul da Noruega à leste da Espanha, Rússia e Grécia (Fonte: <http://commons.wikimedia.org>).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Material e coleta das amostras

As amostras de *Quercus rubra* L. foram obtidas de florestas naturais localizadas em Dundee (Montérégie, Québec, Canadá), região situada na parte Sudoeste de Québec, entre Montréal e os Estados Unidos, enquanto que as amostras de *Quercus sessiliflora* Salisb. vieram da região de Nancy (Lorena, França). Ambas as amostras foram doadas ao Departamento de Produtos Florestais (DPF) do Instituto de Florestas (IF) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

### 4.2 Caracterização anatômica

A caracterização macroscópica para ambas as espécies foram realizadas em amostras de 10 x 3 x 2 cm com o auxílio de uma lupa tipo conta fios (10X). A cor da madeira foi determinada com o auxílio do espectrofotômetro CM-2600d (Konica Minolta) para obter as coordenadas L\* (luminosidade), a\* (vermelho) e b\* (amarelo).

Para a caracterização anatômica microscópica de ambas as espécies, cortes histológicos foram obtidos a partir de amostras de 10 x 10 x 15 mm perfeitamente orientadas nos planos transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial, com o auxílio do micrótomo de deslize MICRON HM 450 (Figura 6), disponível no Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira, localizado no DPF, IF, UFRRJ. Foram feitas 10 lâminas histológicas para cada espécie sendo duas naturais e oito coradas.

Antes da obtenção dos cortes, as amostras de madeira seca foram cozidas em uma solução de água destilada e glicerina (8:1) por aproximadamente 30 minutos, para o amolecimento do material (BURGER & RICHTER, 1991). Em seguida os blocos foram fixados no micrótomo para a realização dos cortes. Foram obtidas seções transversais,



longitudinais tangenciais e radiais com espessuras variando entre 14 e 18  $\mu\text{m}$  para cada espécie. Os cortes histológicos foram separados por plano de corte e por espécie e postos em placas de Petri contendo uma solução (álcool 70%,  $\text{H}_2\text{O}$  destilada, glicerina e fenol) para conservação de corpos de prova.

Para a confecção das lâminas, os cortes histológicos foram clarificados através de uma solução de água destilada e água sanitária (2:1) por aproximadamente 10 minutos. Em seguida, as seções foram lavadas em água destilada e então 10 gotas de ácido acético foram adicionadas a fim de neutralizar o restante do alvejante.

Após a descoloração, as seções foram coradas com safrablau (30% de safranina e 70% de azul de Astra), permanecendo imersas por 20 minutos e em seguida lavadas com água destilada.

Antes de fazer a montagem das lâminas, todos os cortes passaram por uma série alcoólica crescente (50%, 60%, 75% e 100%) para desidratá-los. Em seguida, foram corrigidas as imperfeições de bordas com auxílio de bisturi. As seções foram montadas em lâminas de vidro de modo a conter os três planos de corte em cada lâmina com a utilização de resina sintética Entellan<sup>®</sup>. Depois da secagem das lâminas, o excesso de resina foi removido com bisturi e a limpeza final feita com acetato de butila.

Após a confecção das lâminas, estas foram utilizadas para a caracterização anatômica das espécies e para mensuração dos elementos anatômicos. As imagens digitais foram obtidas com o auxílio de uma câmera digital monocromática XC30 3.0 MP adaptada a um microscópio binocular Olympus<sup>®</sup> BX 51. A análise das imagens digitais foi realizada com o auxílio do software Cell<sup>F</sup> (Olympus<sup>®</sup>) disponível no Laboratório de Química da Madeira (DPF, IF, UFRRJ).

Para cada lâmina, foram realizadas 25 medições, segundo as normas da IAWA Committee (1989). As mensurações foram realizadas para os seguintes caracteres anatômicos: elementos de vasos: diâmetro tangencial do lume e espessura da parede celular; parênquima radial (raios): altura para raios finos (unisseriados) e largura para raios finos e largos (multisseriados); e parênquima axial: comprimento. A Tabela 1 apresenta os caracteres anatômicos mensurados e suas respectivas unidades, seção e número de observações.



**Figura 6.** Micrótopo de deslize MICRON HM 450 utilizado para obtenção dos cortes histológicos (Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira, DPF/IF/UFRRJ).

**Tabela 1.** Caracteres anatômicos mensurados e suas respectivas unidades, seção e número de observações.

Caracteres anatômicos	Unidade	Seção	Nº de observações
<i>Elementos de vasos</i>			
Diâmetro tangencial do lume	µm	Transversal	25
Espessura da parede	µm	Transversal	25
<i>Parênquima radial (raios)</i>			
Altura – raios finos	µm	Tangencial	25
Altura – raios finos	Nº céls	Tangencial	25
Largura – raios finos e largos	µm	Tangencial	25
Largura – raios finos e largos	Nº céls	Tangencial	25
<i>Parênquima axial</i>			
Comprimento	µm	Tangencial	25
Comprimento	Nº céls	Tangencial	25

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise macroscópica e microscópica, obtiveram-se os resultados qualitativos e quantitativos (Tabelas 2 e 3) dos caracteres anatômicos da madeira de *Quercus rubra* L. e *Quercus sessiliflora* Salisb. tal como discutido a seguir.

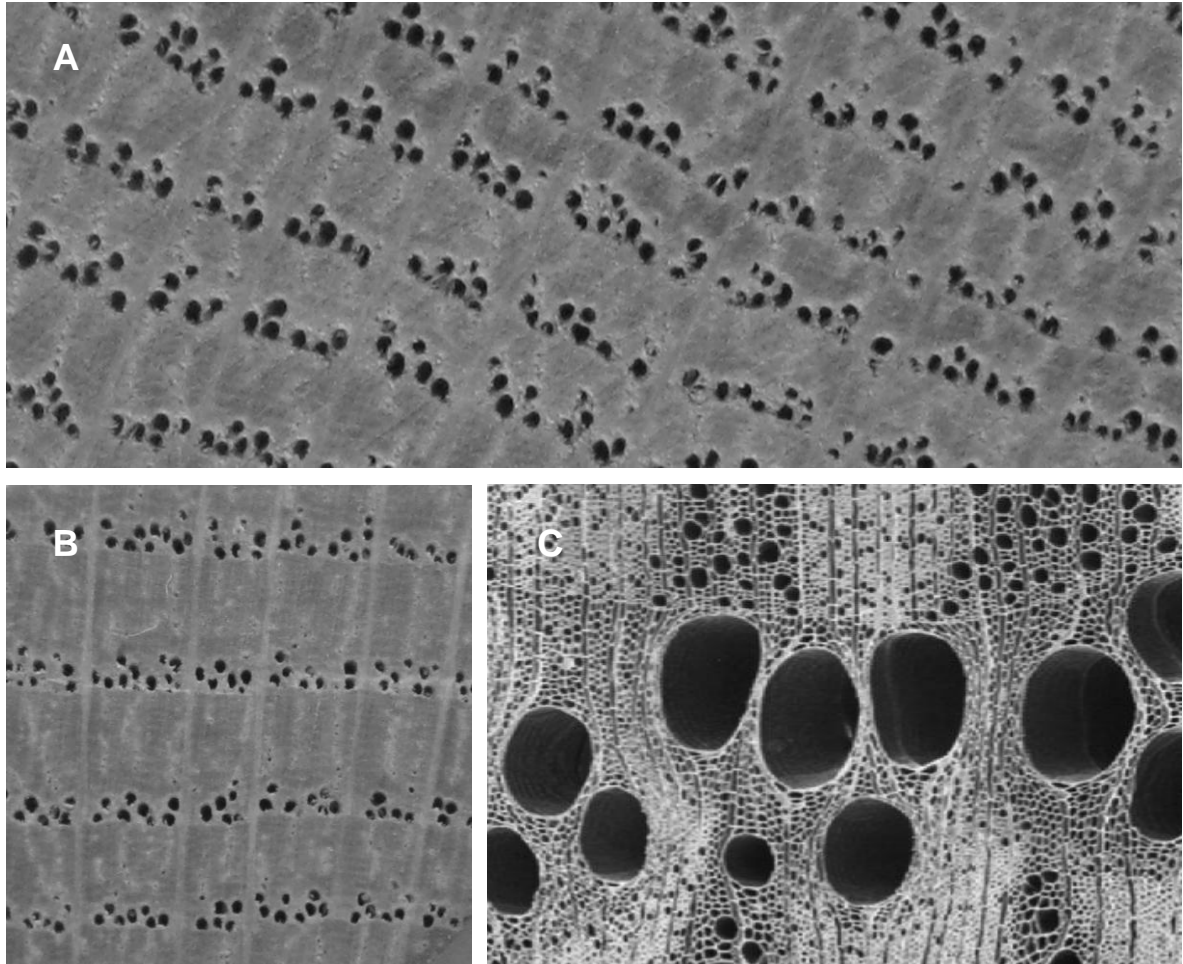
### 5.1 Caracterização anatômica da madeira de *Quercus rubra* L.

#### 5.1.1 Caracterização macroscópica

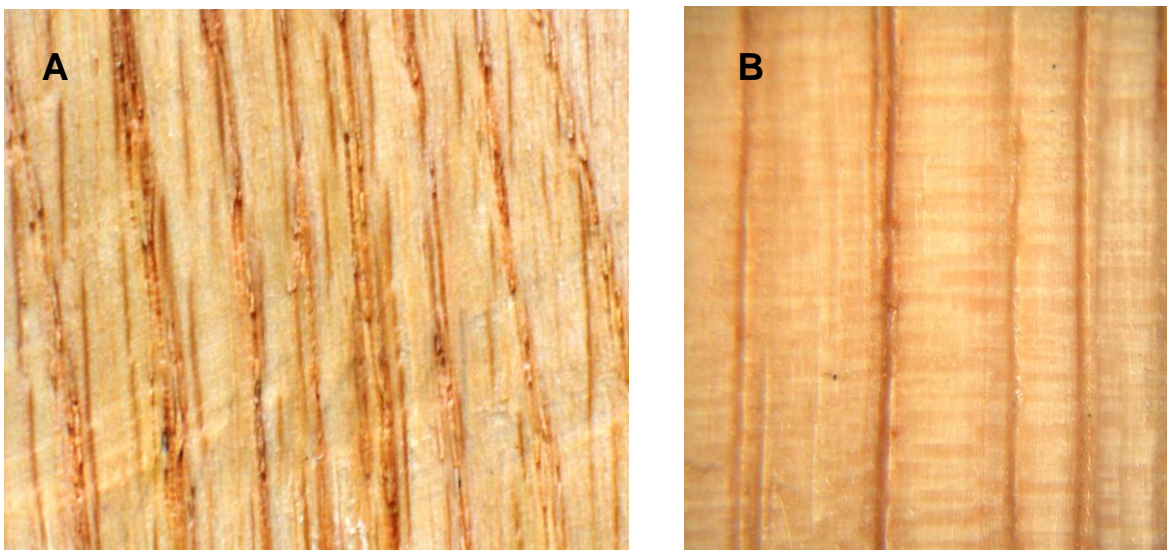
As características gerais observadas na análise macroscópica da madeira de *Quercus rubra* L. foram: madeira de cor clara, levemente rosada ( $L^* = 74,00$ ;  $a^* = 6,08$ ; e  $b^* = 18,85$  no sistema de cor CIE- $L^*a^*b^*$ ), com brilho lustroso e cheiro indistinto, de textura grossa e grã regular ou reta. Apresenta anéis de crescimento distintos (Figura 7).

No plano transversal, observou-se madeira porosa com poros do lenho inicial formando uma ou duas fileiras tangenciais e poros do lenho tardio tendendo a uma disposição radial (Figura 7). Os poros são solitários, com formato arredondado, arranjo dendrítico e alguns com tilose (minoria). Apresenta parênquima axial distinto do tipo paratraqueal vasicêntrico, aliforme e confluyente. Também se observa a presença de parênquima apotraqueal em faixas.

As seções longitudinais tangencial e radial, a madeira apresenta desenho bastante marcado pelas linhas vasculares e raios (Figura 8). Pode se observar alguma estratificação dos raios contrastados.



**Figura 7.** Seção transversal macroscópica da madeira de *Quercus rubra* L. (A) e (B) Anéis de crescimento distintos. (C) Madeira porosa: poros solitários (Fonte: Walker, 2006).



**Figura 8.** (A) e (B) Seções longitudinais tangencial e radial macroscópica da madeira de *Quercus rubra* L., respectivamente. Detalhe: desenhos formados pelas linhas vasculares e raios.

### 5.1.2 Caracterização microscópica

*Elementos de vasos/ poros:* apresentaram um diâmetro tangencial médio do lume de 101,4  $\mu\text{m}$ , com valores mínimo de 20,1  $\mu\text{m}$  no lenho tardio e máximo de 308,9  $\mu\text{m}$  no lenho inicial (Tabela 2). Segundo as normas IAWA, não se mede  $\text{n}^\circ/\text{mm}^2$  dos vasos de espécies com porosidade em anel. As placas de perfuração, de difícil observação, são do tipo simples. Observou-se pontoações intervasculares circulares alternas e pontoações raio-vasculares ovaladas.

*Parênquima radial/ raios:* os raios são homogêneos (células procumbentes), retilíneos e apresentam-se de duas formas distintas, a maioria muito finos (unisseriados), enquanto que os outros são largos (multisseriados) (Figura 10). Os raios multisseriados possuem uma largura média de 134,7  $\mu\text{m}$ , com número de células variando entre 12 e 25. As alturas dos raios multisseriados não foram medidas, pois ultrapassaram os cortes, entretanto, segundo RAVEN *et al.* (2007) eles podem apresentar centenas de células de altura chegando a ultrapassar 30 mm. Os raios unisseriados possuem altura média de 173,1  $\mu\text{m}$ , com número de células variando entre 3 e 26 (Tabela 2). Segundo RAVEN *et al.* (2007), nesta espécie, os raios compõem cerca de 21% do volume da madeira. O deslocamento dos raios pelos elementos de vasos é evidente nas seções transversais, tal como apresentado na Figura 9.

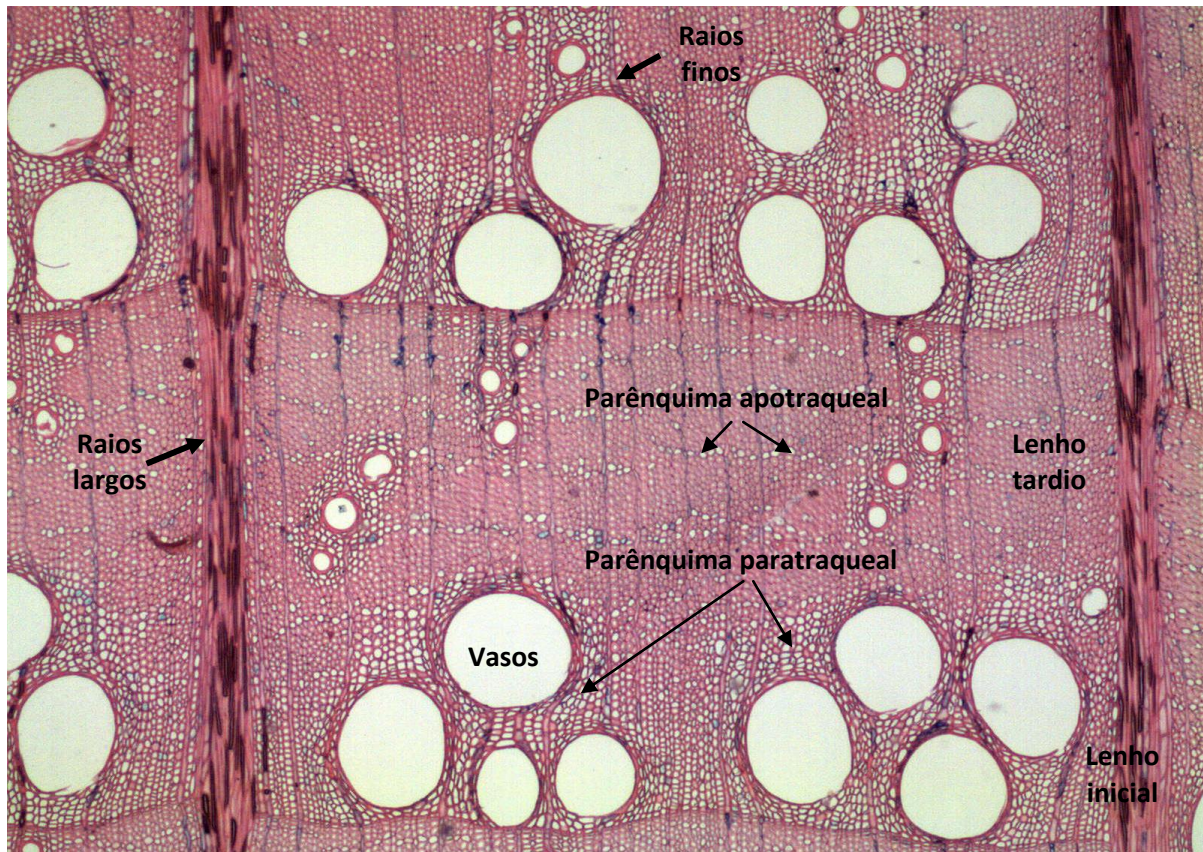
*Fibras/ traqueídes:* as fibras librifórmes que compõem o tecido fibroso do lenho final não possuem septos e a maioria são agrupadas nas zonas do lenho tardio entre os vasos. Possui traqueídes vasicêntricos associados aos vasos, com pontoações areoladas pequenas (orifícios em fendas e cruzados) e alternas (Figura 11).

*Parênquima axial:* o parênquima axial é abundante, possui formato retangular com paredes finas e pode ser do tipo paratraqueal e apotraqueal em faixas. Possui numerosas pontoações nas paredes radiais e sua altura média foi de 373,9  $\mu\text{m}$  e o número de células variando entre 3 e 9 (Tabela 2).

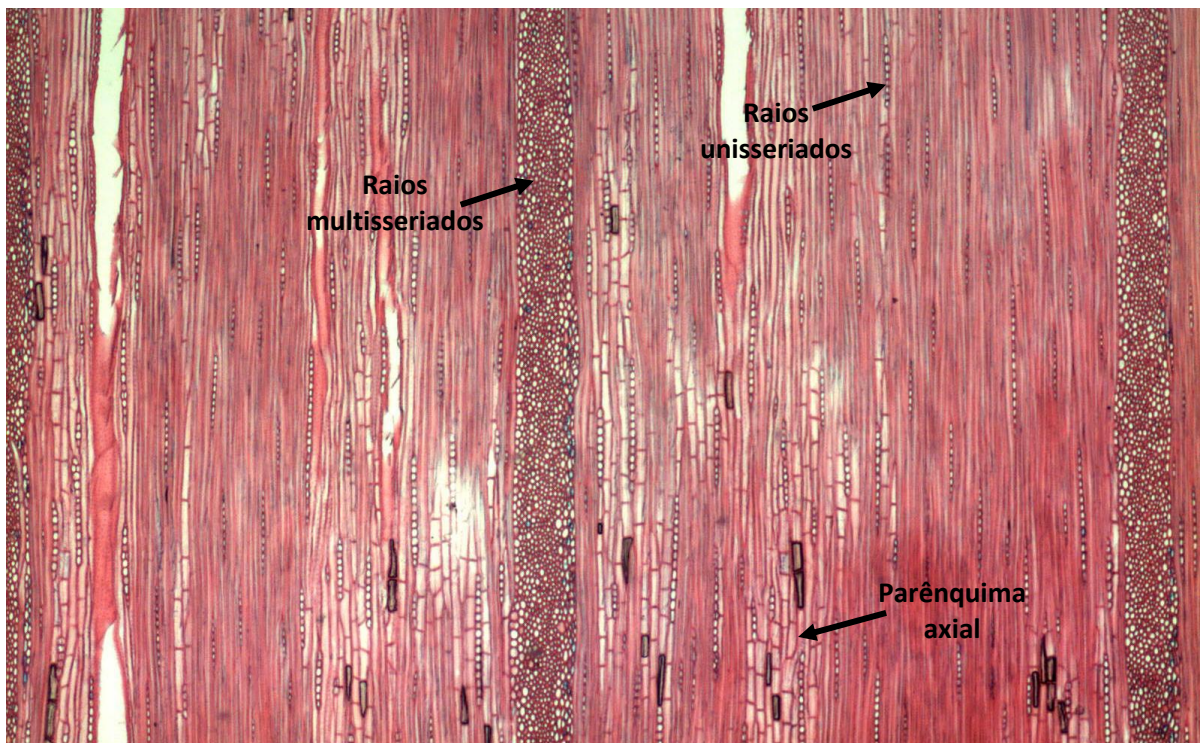
**Tabela 2.** Dimensões dos caracteres anatômicos da madeira de *Quercus rubra* L.

Caracteres anatômicos		Média	D.P.*	Valores mínimos	Valores máximos
<b>Vasos</b>	Diâmetro tangencial do lume ( $\mu\text{m}$ )	101,4	88,2	20,1	308,9
	Espessura da parede ( $\mu\text{m}$ )	5,8	1,4	3,2	7,7
<b>Raios finos</b>	Altura ( $\mu\text{m}$ )	173,1	68,9	40,2	393,6
	Altura ( $\text{n}^\circ$ céls.)	9,0	4,8	3	26
	Largura ( $\mu\text{m}$ )	10,7	2,7	5,4	20,1
<b>Raios largos</b>	Largura ( $\mu\text{m}$ )	134,7	19,2	99,2	154,8
	Largura ( $\text{n}^\circ$ céls.)	17,5	3,6	12	25
<b>Parênquima axial</b>	Comprimento ( $\mu\text{m}$ )	373,9	117,7	218,4	708,2
	Comprimento ( $\text{n}^\circ$ céls.)	5,9	1,9	3	9

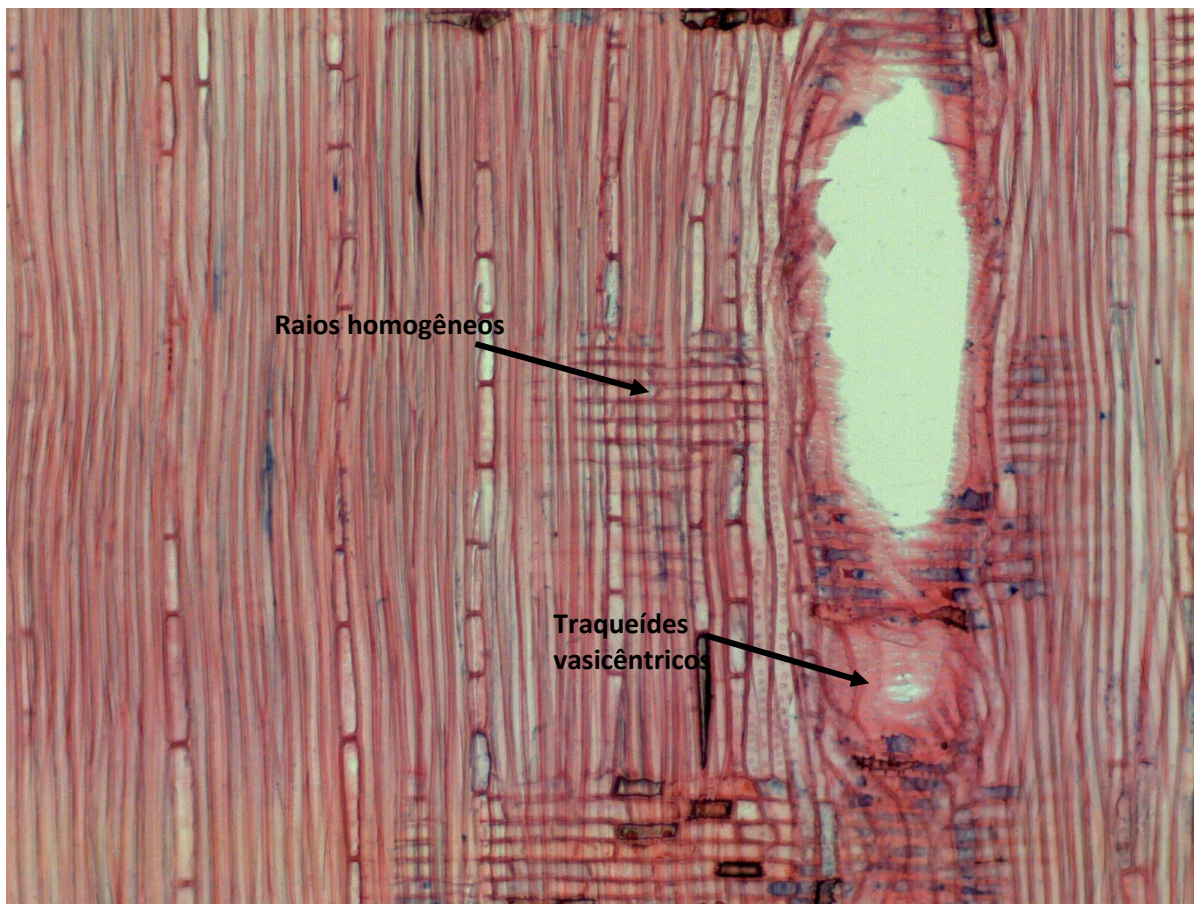
\* D.P.: Desvio padrão



**Figura 9.** Seção transversal microscópica da madeira de *Quercus rubra* L. (Aumento: 4X).



**Figura 10.** Seção longitudinal tangencial microscópica da madeira de *Quercus rubra* L. (Aumento: 4X).



**Figura 11.** Seção longitudinal radial microscópica da madeira de *Quercus rubra* L. (Aumento: 10X).

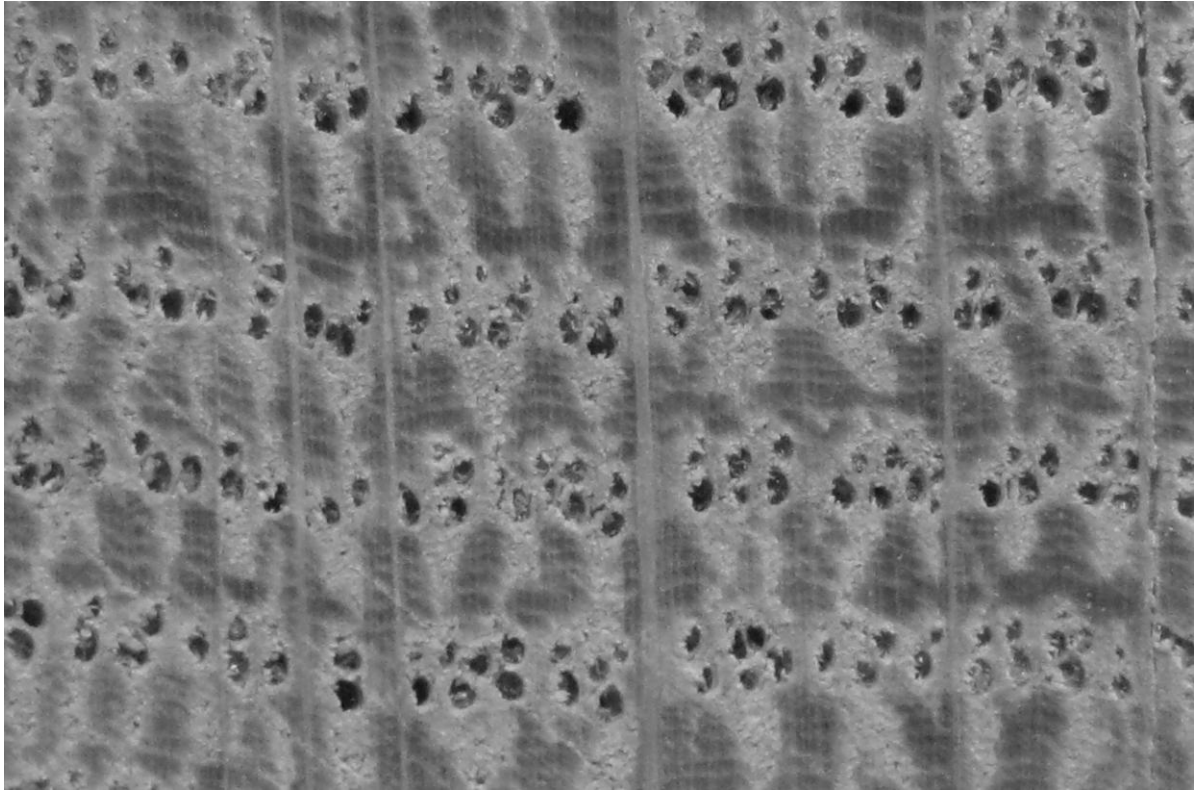
## 5.2 Caracterização anatômica da madeira de *Quercus sessiliflora* Salisb.

### 5.2.1 Caracterização macroscópica

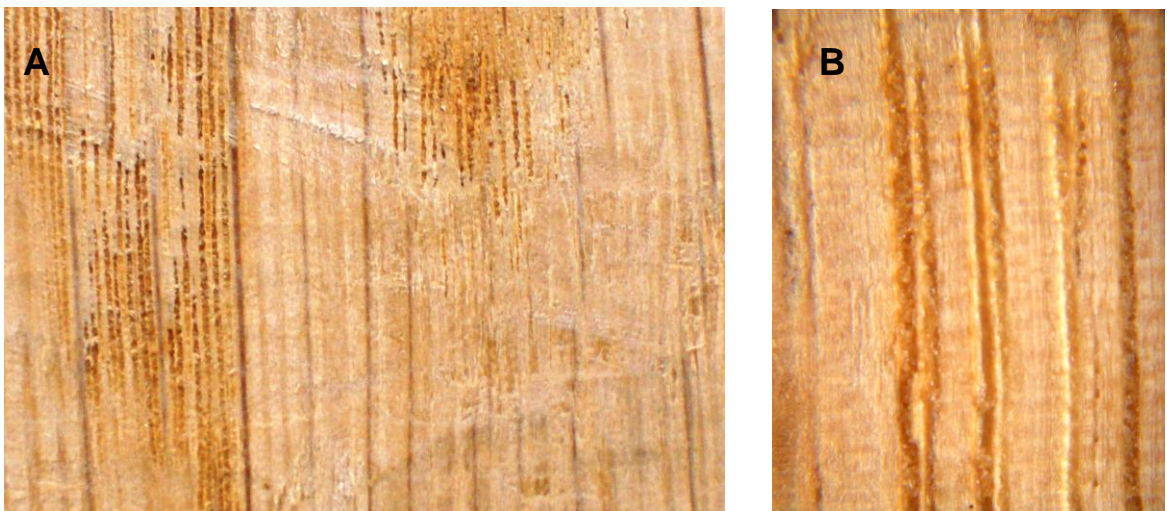
As características gerais observadas na análise macroscópica da madeira de *Quercus sessiliflora* Salisb. foram: cor marrom acastanhada tendendo do amarelo ao cinza ( $L^* = 61,96$ ;  $a^* = 8,71$ ;  $b^* = 22,73$  no sistema de cor CIE- $L^*a^*b^*$ ), com brilho pouco contrastado e cheiro suave, de textura média e grã reta. Apresenta anéis de crescimento distintos (Figura 12).

A madeira é porosa apresentando poros do lenho inicial bem visíveis a simples vista. No lenho inicial os poros são grandes e as fibras pouco numerosas. A dimensão dos vasos e seu agrupamento ocasionam uma deformação e um deslocamento dos outros elementos (traqueídes e principalmente dos raios). Os poros são solitários, redondos e com presença marcante de tiloses. Apresenta parênquima paratraqueal vasicêntrico, confluyente e parênquima apotraqueal em faixas oblíquas bastante nítidas (Figura 12).

Na seções longitudinais tangencial e radial, observa-se o desenho evidenciado pela alternância do tecido fibroso (mais escuro) e do tecido parenquimático (mais claro), pelas linhas vasculares e pelos raios (Figura 13).



**Figura 12.** Seção transversal macroscópica da madeira de *Quercus sessiliflora* Salisb.



**Figura 13.** (A) e (B) Seções longitudinais tangencial e radial macroscópicas da madeira de *Quercus sessiliflora* Salisb., respectivamente. Detalhe: desenho formado pelas linhas vasculares e raios

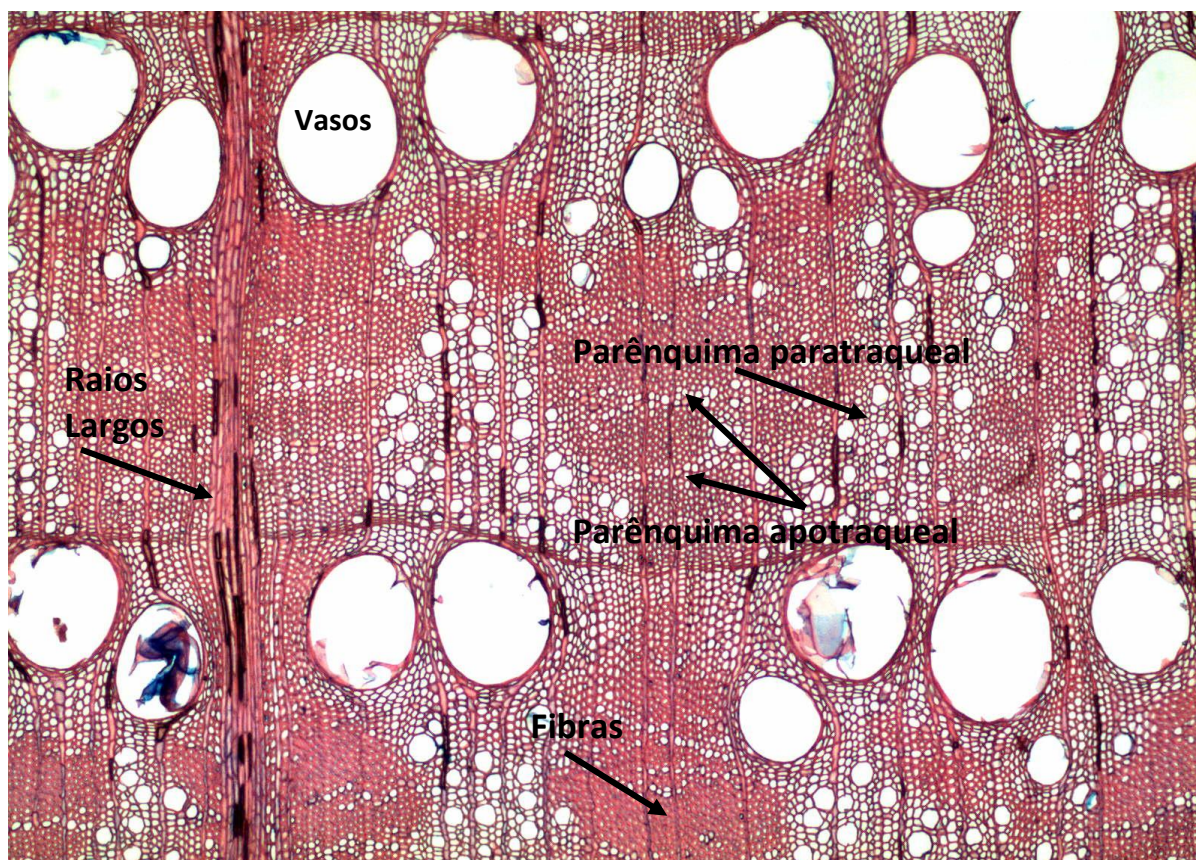
## 5.2.2 Caracterização microscópica

*Elementos de vasos/ poros:* apresentaram diâmetro tangencial médio do lume de 117,7  $\mu\text{m}$ , com valores mínimo de 26,8  $\mu\text{m}$  no lenho tardio e máximo de 326,3  $\mu\text{m}$  no lenho inicial (Tabela 3). Os poros do lenho tardio tendem a uma distribuição dendrítica, agrupados entre as zonas fibrosas (Figura 14). Os elementos de vasos são conectados por placas de perfuração simples.

*Parênquima radial/ raios:* assim como na espécie anterior, os raios podem ser finos (unisseriados) ou extremamente largos (multisseriados) (Figura 14). Os raios unisseriados apresentaram altura média de 178  $\mu\text{m}$  com número de células variando entre 3 e 21. A largura média de 11,2  $\mu\text{m}$  (Tabela 3). Os raios multisseriados obtiveram largura média de 113,1  $\mu\text{m}$  com número de células variando entre 15 e 25. Em sua maioria os raios são homogêneos apresentando células procumbentes, mas em alguns poucos casos podem aparecer células quadradas.

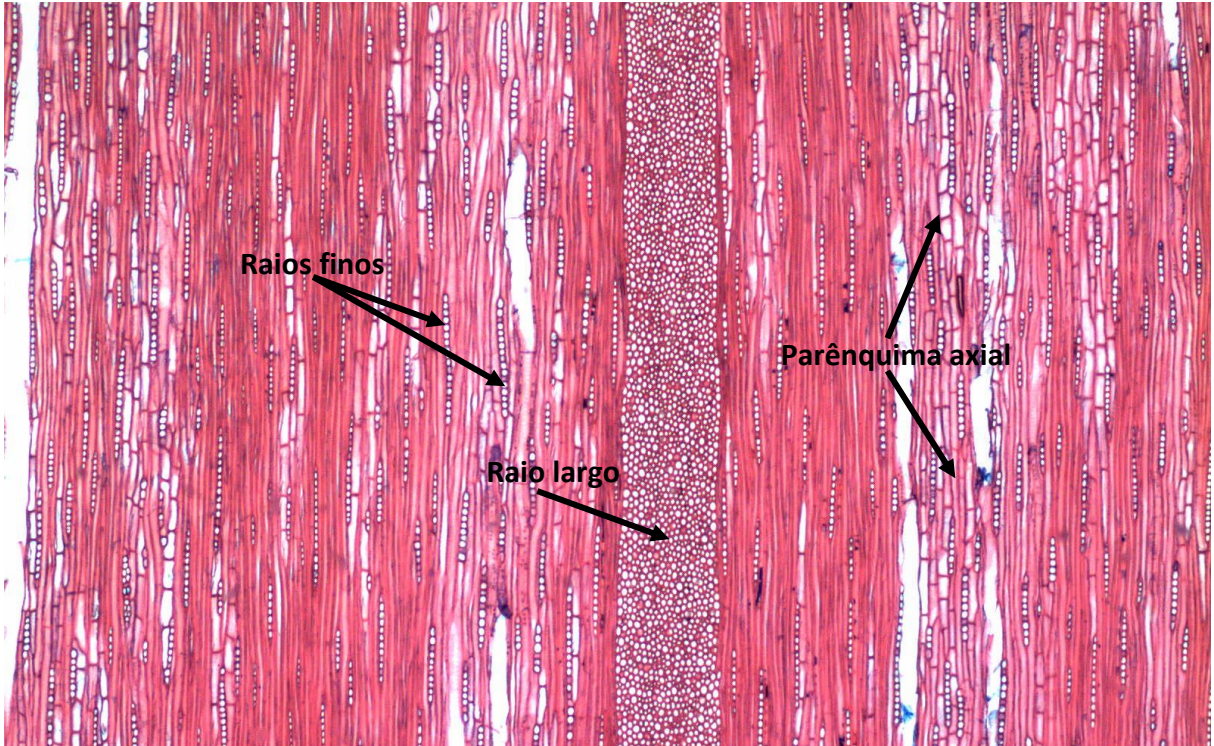
*Fibras/ traqueídes:* traqueídes vasicêntricos presentes principalmente no lenho inicial, com numerosas pontoações areoladas bem visíveis. Possui fibras libriformes não septadas de paredes espessas são agrupadas em regiões radiais do lenho tardio.

*Parênquima axial:* o parênquima axial é extremamente abundante e suas células possuem paredes celulares mais finas que as das fibras. Conforme mostra a Figura 14, o parênquima axial apotraqueal se concentra em linhas tangenciais visíveis entre as fibras e o conjunto de poros do lenho inicial. E o parênquima paratraqueal se encontra nas regiões dos vasos tanto do lenho inicial quanto do lenho tardio. O comprimento médio das células de parênquima axial foi de 485,4  $\mu\text{m}$  com número de células variando entre 3 e 9 (Tabela 3).

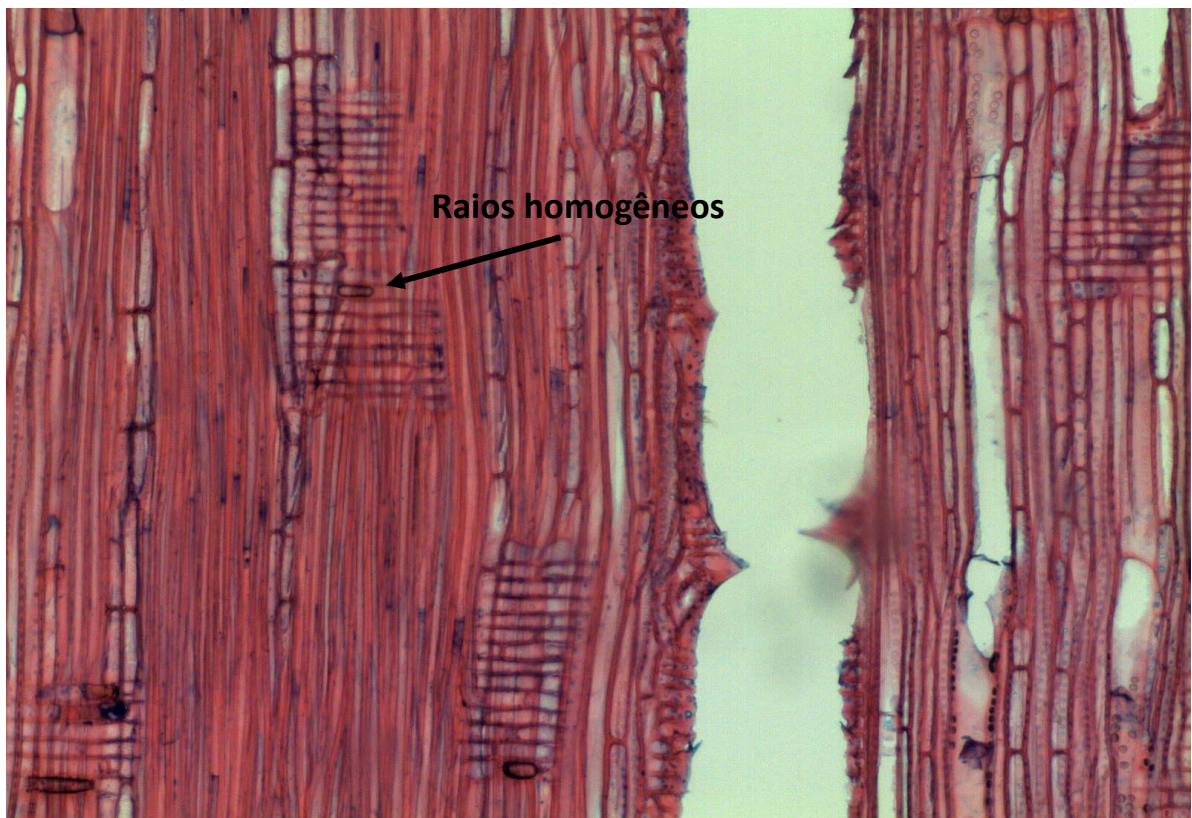


**Figura 14.** Seção transversal da madeira de *Quercus sessiliflora* Salisb. (Aumento: 4X).





**Figura 15.** Seção longitudinal tangencial da madeira de *Quercus sessiliflora* Salisb. (Aumento: 4X).



**Figura 16.** Seção longitudinal radial da madeira de *Quercus sessiliflora* Salisb. (Aumento: 10X).

**Tabela 3.** Dimensões dos caracteres anatômicos da madeira de *Quercus sessiliflora* Salisb.

Caracteres anatômicos		Média	D.P.*	Valores mínimos	Valores máximos
<b>Vasos</b>	Diâmetro tangencial do lume ( $\mu\text{m}$ )	117,7	99,0	26,8	326,3
	Espessura da parede ( $\mu\text{m}$ )	4,1	0,6	2,8	5,4
<b>Raios finos (unisseriados)</b>	Altura ( $\mu\text{m}$ )	178,0	60,5	48,6	326,6
	Altura (n° céls.)	9,0	5,1	3	21
	Largura ( $\mu\text{m}$ )	11,2	2,8	5,4	18,8
<b>Raios largos (multisseriados)</b>	Largura ( $\mu\text{m}$ )	113,1	25,4	80,4	136,0
	Largura (n° céls.)	18,8	3,0	15	25
<b>Parênquima axial</b>	Comprimento ( $\mu\text{m}$ )	485,4	99,0	211,1	627,1
	Comprimento (n° céls.)	6,1	1,6	3	9

\* D.P.: Desvio padrão

### 5.3 Principais diferenças anatômicas entre as espécies estudadas

- No plano transversal, nota-se claramente uma maior proporção de parênquima axial e maior quantidade de poros no lenho tardio da madeira de *Quercus sessiliflora* Salisb.
- A madeira de *Quercus sessiliflora* Salisb. apresentou maior abundância de tiloses nos vasos quando comparada a madeira de *Quercus rubra* L.;
- A madeira *Quercus rubra* L. apresentou cor mais clara (maior valor de  $L^*$ ) que a madeira de *Quercus sessiliflora* Salisb., a qual apresentou cor mais escura, e mais amarelada (maior valor de  $b^*$ ).
- O desenho no plano transversal do *Quercus sessiliflora* Salisb. é bastante marcado pela alternância das regiões parenquimáticas axiais e radiais, mais claras, em contraste com as regiões mais escuras das fibras.

## 6. CONCLUSÕES

As espécies estudadas apresentam diferenças anatômicas macroscópicas e microscópicas que permitem diferenciar as madeiras. Entre as diferenças estão: (1) maior proporção de parênquima axial e maior quantidade de poros no lenho tardio da madeira de *Quercus sessiliflora* Salisb.; (2) maior abundância de tiloses na madeira de *Quercus sessiliflora* Salisb.; e (3) cor mais clara na madeira de *Quercus rubra* L.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BESSA, F. M. S. **Caracterização anatômica, física, química e acústica de madeiras de várias espécies para a construção de instrumentos musicais.** Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 2000, 313 p.

BESSA, F. M. S. **Criação de uma xiloteca electrónica (e-xiloteca) tropical e sua utilização para identificação e caracterização de madeiras com fins científicos e econômicos.** Universidade técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 2009, 368 p.

BULLETIN DE DIFFUSION ONTARIO. **Le chêne rouge.** Ontario, Canadá: Imprimeur de la Reine pour l'Ontario, 2001, 4 p.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira.** São Paulo: Nobel. 1991, 154 p.

COSTA, A. **Coletâneas de anatomia da madeira.** 2001, 42 p.

DÍAZ, J. E.; VAZ, O. **Chaves para la identificación de maderas de arboles nativos y cultivados en Chile.** Bosque 3(1): p. 15-25, 1979.

FONSECA, C. N.; LISBOA, P. L.; URBINATI, C.V. A Xiloteca (Coleção Walter A. Egler) do Museu Paraense Emílio Goeldi. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi**, sér. Ciências Naturais, Belém, v. 1, n. 1, p. 65-140, 2005.

IAWA Bulletin. **IAWA List of Microscopic Features for Hardwood Identification.** Eds: WHEELER, E.A.; BAAS, P.; GASSON, P.E. Vol. 10 (3): 219-332, 1989.

LORENZI, H. **Árvores ornamentais no Brasil: Arbustivas, herbáceas e trepadeiras.** 2. Ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 1999.

PEDRO, J. G. **Carta da distribuição de Carvalhos e Castanheiro.** Notícia explicativa II.3, Lisboa: 1989, 36 p.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal.** 7. Ed. Guanabara Koogan, RJ: 2007, p. 612.

RICHTER, H.G.; DALLWITZ, M.J. 2000. **Commercial timbers: descriptions, illustration, identification, and information retrieval.** In English, French, German, Portuguese, and Spanish. Version: 25th June 2009. <<http://delta-intkey.com/>> acessado em novembro 2010.

ROBERT W. FRECKMANN HERBARIUM. **Espécie de *Quercus rubra* L.: tronco, folhas e fruto, respectivamente.** <<http://wisplants.uwsp.edu/scripts/detail.asp?scode=QUERUB>> acessado em setembro 2010.

SOUSA, V. B.; CARDOSO, S.; PEREIRA, H. **Estrutura e caracterização anatômica da madeira de Carvalho-Português (*Quercus faginea* Lam.).**

SOUSA, V. B.; LEAL, S.; QUILHÓ, T.; PEREIRA, H. **Characterization of cork oak (*Quercus suber*) wood anatomy.** IAWA Journal, vol. 30 (2), 2009: 149-161.

WALKER, J. C. F. 2006. **Primary Wood Processing. Principles and Practice.** 2nd Edition, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand. 596 p.

WATSON, L.; DALLWITZ, M. J. 1992. **The Families of Flowering Plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval.** Version: 20th May 2010. Disponível em: <<http://delta-intkey.com/angio/www/fagaceae.htm>> acessado em agosto 2010.

www.<http://commons.wikimedia.org>, Acessado em 10/12/2010.