

**DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA
MESTRADO EM BIOLOGIA VEGETAL
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

ADRIANO ANTONIO DAROSCI

**Morfoanatomia de *Raulinoa echinata* R.S.Cowan
(Rutaceae), espécie endêmica da vegetação ciliar do rio
Itajaí-açu, SC, Brasil**

10/06/2008 13:01

**Florianópolis, SC
2009**

ADRIANO ANTONIO DAROSCI

**Morfoanatomia de *Raulinoa echinata* R.S.Cowan
(Rutaceae), espécie endêmica da vegetação ciliar do rio
Itajaí-açu, SC, Brasil**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Orientadora: Dra. Maria Terezinha Silveira Paulilo

**Florianópolis, SC
2009**

Darosci, Adriano Antonio

Morfoanatomia de *Raulinoa echinata* R.S.Cowan (Rutaceae), espécie endêmica da vegetação ciliar do rio Itajaí-açu, SC, Brasil

f. 52, figs., tabs.

Orientador: Dra. Maria Terezinha Silveira Paulilo

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal.

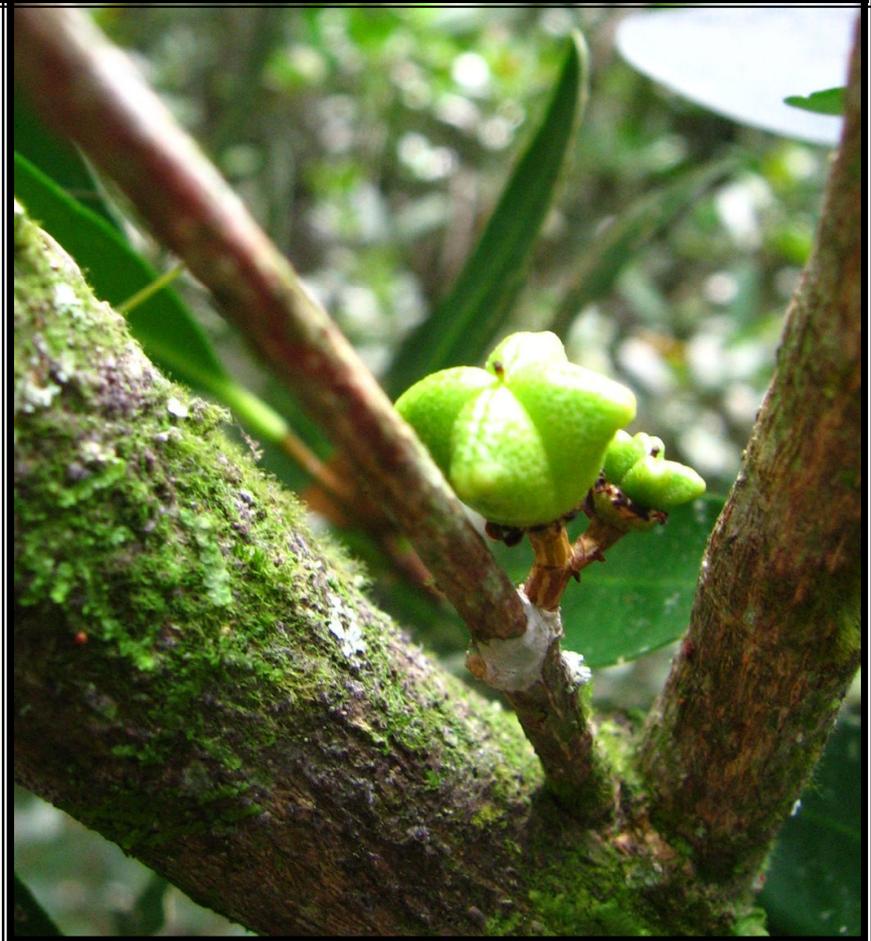
Inclui bibliografia.

1. Rutaceae; 2. *Raulinoa echinata*; 3. morfologia; 4. anatomia; 5. mata ciliar.



"A pesquisa sempre foi um interlúdio antes da tempestade de fogo, da elevação das águas, das barragens, dos tratores dos especuladores imobiliários."

Warren Dean.



Dedico essa Dissertação à minha mãe, Solange Aparecida Costa, porque esse sonho foi dela primeiro e porque lutou, mais do que eu, para que ele se realizasse. Mas ainda não acabou, mãe, você merece mais.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Solange e Gentil, por terem me dado a vida e o amor.

À minha esposa, minha família, Fabiane Silva Brito, pelas horas de carinho e atenção.

Ao meu irmão, Uislen, meus cunhados, Fabrício e Mariane, e meus sogros, Britinho e Fátima, pela presença de família que me deram.

Aos meus amigos de infância, Ulisses, David, Shimiro, Denis e outros, por estarem pertos mesmo distantes.

Aos meus amigos de mestrado, Caroline, Morgana, Dávia, Julyana, Rafael, Éder e outros, por ter me propiciado ótimas companhias.

À amiga Roberta por estar sempre disponível para me socorrer.

À minha orientadora Dra. Maria Terezinha Paulilo por ter me orientado, me acolhido e ser motivo de minha admiração.

À professora Dra. Marisa Santos, por ter disponibilizado horas de atenção as minhas dúvidas, sugestões, material e laboratório.

Ao professor Dr. João de Deus, por ter me introduzido na anatomia vegetal e resolvido alguns dilemas.

À professora Dra. Maria Leonor D'El Rei Souza, pela ajuda nas análises morfológicas.

Às professoras Dra. Zenilda Bouzon e Dra. Cecília, por terem disponibilizado o laboratório de microscopia.

A Vera Zapellini, secretária da pós-graduação em biologia vegetal, por ser solícita aos meus pedidos e pela amizade.

A todos os professores, do Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, pelos conhecimentos transmitidos ao longo deste curso.

Aos pesquisadores do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Marli Pires Morim e José Fernando Andrade Baumgratz, pelas contribuições na identificação de algumas estruturas morfológicas.

À empresa Ativa Rafting e Aventuras (Apiúna-SC), por oferecem estadia em seu estacionamento e orientações em campo.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para o sucesso desse trabalho.

RESUMO

As matas ciliares ocupam as margens dos rios desempenhando funções fundamentais para a manutenção e preservação do ecossistema e apresentando alta diversidade e endemismo devido as suas peculiaridades, como rochas, constantes inundações e águas turbulentas. Contudo, são sistemas frágeis à ação do homem e vêm sendo erradicadas em várias partes do Brasil. Espécies endêmicas estão fortemente relacionadas com o ambiente onde vivem. Com isso, a vulnerabilidade à extinção devido a alterações ambientais é bastante alta nessas espécies. *Raulinoa echinata* R.S.Cowan é uma espécie endêmica do rio Itajaí-açu, ocupando as margens rochosas e sendo submetida as constantes enchentes e fortes correntezas. Devido ao risco da extinção e a pouca, ou quase nenhuma, informação disponível sobre a espécie e sobre o ambiente ciliar, se torna necessário a realização de estudos que propiciem um melhor conhecimento a respeito das características da espécie e da interação desta com o seu ambiente. Estudos morfológicos e anatômicos podem ser direcionados para atingirem esses objetivos. Dessa forma, o primeiro capítulo desse trabalho analisou a morfologia das sementes e das plântulas e, o segundo, descreveu qualitativamente e quantitativamente as características anatômicas do lenho, através da distinção de duas regiões do caule, uma mais próxima do solo e uma mais distante do solo, de *R. echinata*. A análise das sementes mostrou que estas apresentam formato ovóide, são exariladas, exalbuminosas, apresentando embrião axial e cotilédones carnosos, características morfológicas comuns para a família Rutaceae. Contudo, as sementes apresentaram micrópila conspícua, característica não descrita para a família. A plântula não expõe os cotilédones, mantendo-os no interior do tegumento e abaixo do solo, classificando-a como cripto-hipógeo-reserva. Já a análise do lenho apresentou vasos curtos, placa de perfuração simples, pontoações intervasculares alternas, fibras libriformes e parênquima paratraqueal, características que são comuns entre táxons com alto grau de especialização filogenética. A espécie apresentou, ainda, vasos múltiplos tangenciais e recemiformes, características até então não descritas para Rutaceae. Alguns desses aspectos encontrados podem ser importantes para elucidar a relação da espécie com a vegetação ciliar e com outros gêneros de Rutaceae.

Palavras-chave: Rutaceae, *Raulinoa echinata*, morfologia, anatomia, mata ciliar.

ABSTRACT

Riparian forests are found on river banks and are important to the maintenance and preservation of the ecosystem. They show high diversity and endemism due to their particularities, such as rocks, flooding and turbulent waters. However, these environments, which are very sensitive to human action, have suffered degradation in many regions of Brazil. Endemic species are highly connected to their habitat, so extinction because of climatic disturbance is very common. *Raulinoa echinata* R.S.Cowan is an endemic species that lives in the rocky banks of Itajaí-açu river. So it is subject to constant flooding and strong currents. Because of the risk of extinction and the little, or non-existent, information available about this species and the riparian forests, studies that provide better knowledge of the species' characteristics and its interaction with its habitat are very important. Morphological and anatomic studies are essential. The first chapter of this study analyzes the morphology of the seeds and seedlings. The second describes the anatomic characteristics of the wood qualitatively and quantitatively through the analysis of two distinct regions of the stem: near the ground and at the height of the breast of *R. echinata*. The seeds present ovoid format, axial embryo and fleshy cotyledons. They are exarillate and exalbuminous, as are the seeds of other Rutaceae species. However, they present a conspicuous micropyle, an uncommon feature for Rutaceae. The seedlings do not expose the cotyledons, keeping them in the interior of the integument and below the ground, a characteristic of cryptohypogeal germination. On the other hand, the analysis of wood anatomy revealed short vessels, simple perforation plates, alternate intravascular pitting, fibers libriforms and paratracheal parenchyma, common characteristics in taxons with a high degree of filogenetic specialization. The species also present multiple tangential and racemiform vessels. These characteristics had not been described for Rutaceae. Some of the aspects found can be important to elucidate the relation between the species and the riparian forest and the others taxons of Rutaceae.

Key words: Rutaceae, *Raulinoa echinata*, morphology, anatomy, riparian forests.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	1
Referências bibliográficas.....	7
CAPÍTULO I - Aspectos morfológicos da semente e da plântula de <i>Raulinoa echinata</i> R.S.Cowan (Rutaceae), espécie endêmica da vegetação ciliar do vale do Itajaí, SC, Brasil.....	12
1. Introdução.....	14
2. Material e Métodos.....	16
3. Resultados e Discussão.....	18
4. Conclusão.....	26
5. Referências bibliográficas.....	27
CAPÍTULO II - Aspectos da anatomia do lenho de <i>Raulinoa echinata</i> R.S.Cowan (Rutaceae), espécie endêmica da vegetação ciliar do vale do Itajaí, SC, Brasil.....	31
1. Introdução.....	33
2. Material e Métodos.....	35
3. Resultados e Discussão.....	37
4. Conclusão.....	46
5. Referências bibliográficas.....	47

INTRODUÇÃO GERAL

As matas ciliares, conhecidas também como vegetação ciliar, florestas ripárias, ambiente ribeirinho ou florestas de galeria, ocupam as margens dos rios desempenhando funções fundamentais para a manutenção e preservação do ecossistema, como a diminuição do assoreamento de reservatórios e da erosão, evitando, assim, o empobrecimento do solo e a redução da biodiversidade local (Bononi *et al.* 2001). São fundamentais para a sobrevivência da fauna, promovendo refúgio, água e alimento (Fonseca & Redford 1986; Lima & Zaria 2000) e para a qualidade da água (Carvalho *et al.* 2000; Lima & Zaria 2000), auxiliando na manutenção do funcionamento hidrológico da microbacia (Lima & Zaria 2000). São, ainda, locais de extrema pressão seletiva (Lytle & Poff 2004), ocasionado alta diversidade (Ab'Saber 2000; Weese 2004) e endemismo. Contudo, são sistemas frágeis à ação do homem e vêm sendo erradicadas em várias partes do Brasil (Carvalho *et al.* 2000; Oliveira-Filho & Van den Berg 2000).

As características das vegetações ciliares, como a riqueza de espécies, são definidas por interações complexas de fatores ambientais que diferem de ambiente para ambiente, devido a distribuição por diferentes regiões (Rodrigues 2000). São formações florestais que possuem em comum apenas o fato de ocorrerem na margem de um curso d'água de drenagem definida ou não (Rodrigues 2000), já que podem apresentar variada complexidade topográfica, ausência ou presença de impactos e rochas, largura variada da vegetação ciliar, rios apresentando diferenças na eficiência do transporte de diásporos, na velocidade e na potência (Ab'Saber 2000; Weese 2004). Existem, ainda, nesses ambientes, diferentes processos de sedimentação e tipos de solos, de terrenos encharcados a secos, que contribuem, igualmente, para a riqueza vegetal e diversificação de ambientes ciliares (Ab'Saber 2000; Jacomine 2000). Dada a condição de corredores de interligação de regiões fitoecológicas e o importante papel de refúgio (atual e passado), a florística das vegetações ciliares é influenciada, também, pelos tipos vegetacionais do entorno ou de origem (Durigan *et al.* 2000; Rodrigues 2000), fazendo parte, assim, da riqueza vegetal, espécies com ampla distribuição geográfica e, também, espécies exclusivas, visto que o ambiente apresenta, também, condições peculiares (Durigan *et al.* 2000; Oliveira-Filho & Ratter 2000).

As constantes cheias, às quais estão submetidas as plantas de matas ciliares, podem estimular a reprodução assexuada (Bo *et al.* 2006) e promover alterações visíveis na

fisiologia (Lytle & Poff 2004), na anatomia vegetal (Luchi 2004) e na morfologia das partes vegetativas da planta (Lytle & Poff 2004) e das sementes (Barddal *et al.* 2004).

A ocorrência de endemismo em determinada vegetação pode estar relacionada a histórias de distúrbios ambientais, geológicos e, ou, climáticos extremos, o que permitiu às espécies se tornarem restritas aos seus ambientes (Médail & Verlaque 1997; Barberis *et al.* 2005), tornando-os mais ricos em espécies (Barberis *et al.* 2005), ou não (Médail & Verlaque 1997). Com isso, existe uma relação entre as características do ambiente e o endemismo e existem ambientes mais favoráveis ao endemismo (Estill & Cruzan 2001). Ambientes de mata ciliar sofrem constantes inundações e isso é um importante fator de restrição ambiental, pois podem promover a falta de oxigênio, além da criação de novos substratos e a destruição de antigos (Damasceno-Junior *et al.* 2004). Tais características podem ser importantes para a determinação de um endemismo.

Espécies endêmicas guardam uma relação bastante estreita com o ambiente em que habitam, devido à alta especificidade ao hábitat e à alta especialização ecológica (Médail & Verlaque 1997; Barberis *et al.* 2005), podendo constituir uma íntima relação ecológica com outras espécies que, também, são endêmicas (Médail & Verlaque 1997). Devido a estes fatores, aliados ainda à pouca flexibilidade ecológica (Kruckeberg & Rabinowitz 1985; Durigan *et al.* 2000), a vulnerabilidade à extinção devido a alterações ambientais é bastante alta nessas espécies. A alta especialização ao local de ocorrência pode, ainda, tornar pouco os hábitats disponíveis, o que contribui para a vulnerabilidade dessas espécies, mesmo com uma alta densidade local (Simon & Amaral 2003), levando a medidas que preservem e conservem o ambiente endêmico como um todo (Durigan *et al.* 2000) Uma das maiores ameaças à extinção de espécies, endêmicas ou nativas, é o crescimento da ação antrópica (Barbero *et al.* 1990; Cancino *et al.* 1995; Médail & Verlaque 1997; Lytle & Poff 2004; Barberis *et al.* 2005) acompanhado da competição com plantas exóticas (Médail & Verlaque 1997; Barberis *et al.* 2005), o que leva à modificação do hábitat (Cancino *et al.* 1995). Para Estill & Cruzan (2001), a identificação de um ambiente com endemismo já é fator de desenvolvimento de medidas de preservação deste ambiente, antes mesmo do surgimento de perigo de extinção de espécies nele presentes.

Raulinoa echinata

Raulinoa echinata R.S.Cowan é uma espécie endêmica do rio Itajaí-açu, de hábito arbustivo e tronco fino e flexuoso, de 2 a 3 m de altura, pertencente à família Rutaceae (Cowan & Smith 1973). É apenas encontrada na região situada entre os

municípios de Indaial e Ibirama (Fig. 1), sobre as margens rochosas e ilhas fluviais do rio Itajaí-Açu (Fig. 2), onde boa parte dos indivíduos pode permanecer parcialmente submersa (Cowan & Smith 1973), quando ocorrem as enchentes (Arioli *et al.* 2008), e ser submetida as fortes correntezas (Fig. 3). As características desse ambiente ciliar permitem, de acordo com o trabalho de Rodrigues (2000), classificá-lo como floresta ombrófila densa ribeirinha com influência fluvial sazonal, visto que a vegetação que margeia o rio não está constantemente inundada. Nessa floresta, a espécie ocorre em agrupamentos densos, quase homogêneos, compondo uma faixa que, em geral, não vai além de 5m em relação à linha de margem do rio (Cowan & Smith 1973). A população de *R. echinata* apresenta, assim, alta densidade local e distribuição restrita, por ser endêmica. Esse tipo de população, segundo Durigan *et al.* (2000), expressa adaptações às condições ambientais específicas e também restritivas e são mais vulneráveis à extinção a curto prazo.

Estill & Cruzan (2001) definiram espécies endêmicas como aquelas restritas a uma determinada área. Oria *et al.* (2007), a fim de conhecer o grau de endemismo, de micro-endemismo e de necessidade de proteção de cactáceas mexicanas, levaram em consideração o quão amplo é a distribuição geográfica e demográfica e o nível de ameaça o qual se submete as espécies. Assim sendo, a espécie *R. echinata*, além de endêmica, pode ser considerada um caso de micro-endemismo, por apresentar uma distribuição geográfica reduzida. Já o fato de apresentar uma distribuição demográfica local ampla, diminuiria a necessidade de sua proteção, contudo, a região que abriga a espécie exerce forte ameaça, devido à ação antrópica, representada pela presença de uma rodovia federal e da urbanização. Além disso, na região será construída a Usina Hidrelétrica Salto Pilão. A obra resultará na diminuição do nível da água do rio Itajaí-Açu, o que poderá afetar a sobrevivência da espécie e de outras espécies ribeirinhas que convivem com o fluxo natural de cheias da região. Espécies adaptadas ao ambiente ribeirinho podem ser afetadas por alterações no fluxo natural de cheias e de vazantes dos rios, podendo ser incapazes de suportar a ausência ou a imprevisibilidade de cheias e vazantes (Lytle & Poff 2004). Informações na literatura em relação aos problemas causados pela variação hídrica em plantas ribeirinhas são escassas e quando existem são bastante genéricas (Fonseca *et al.* 2002).

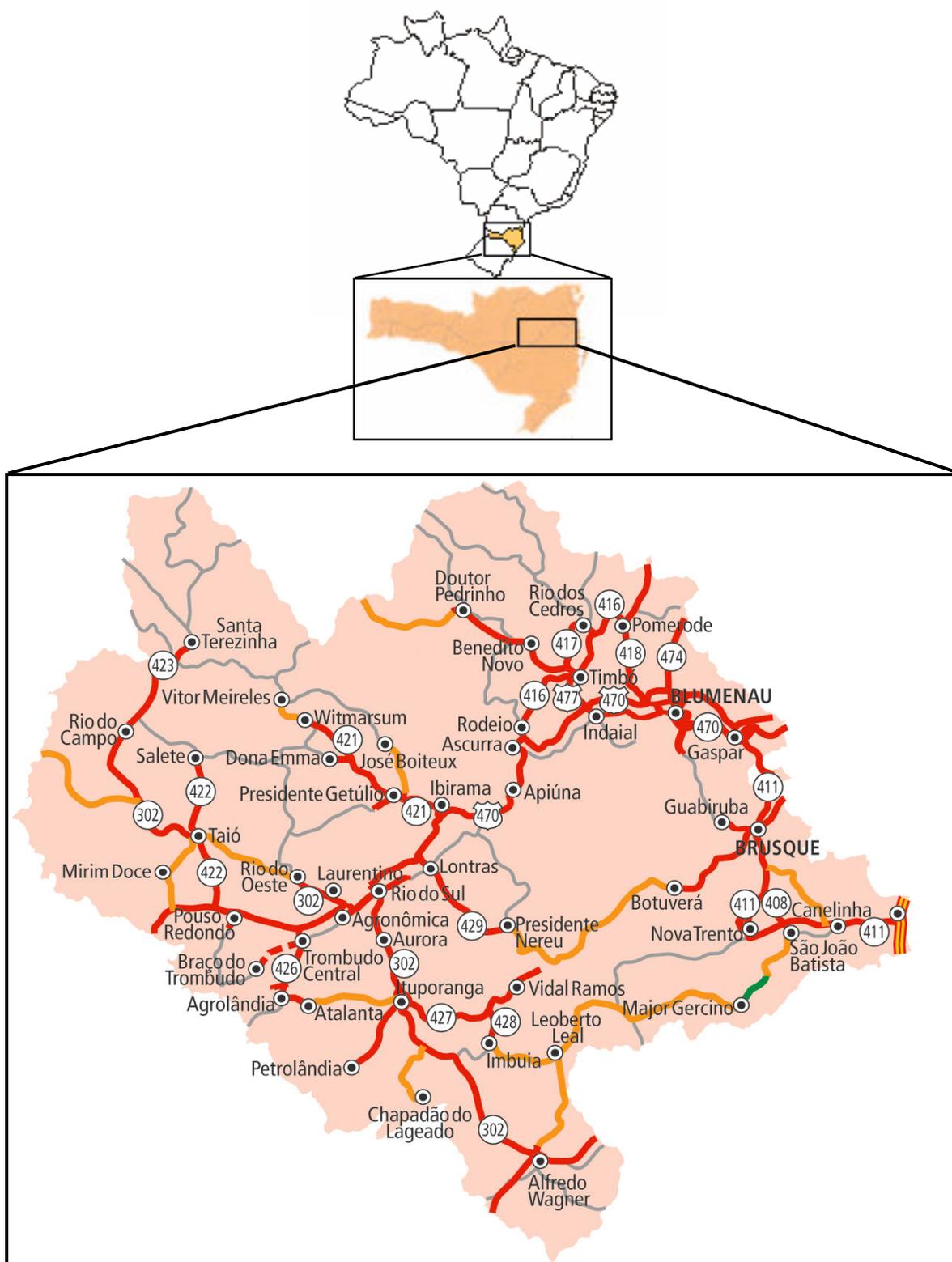
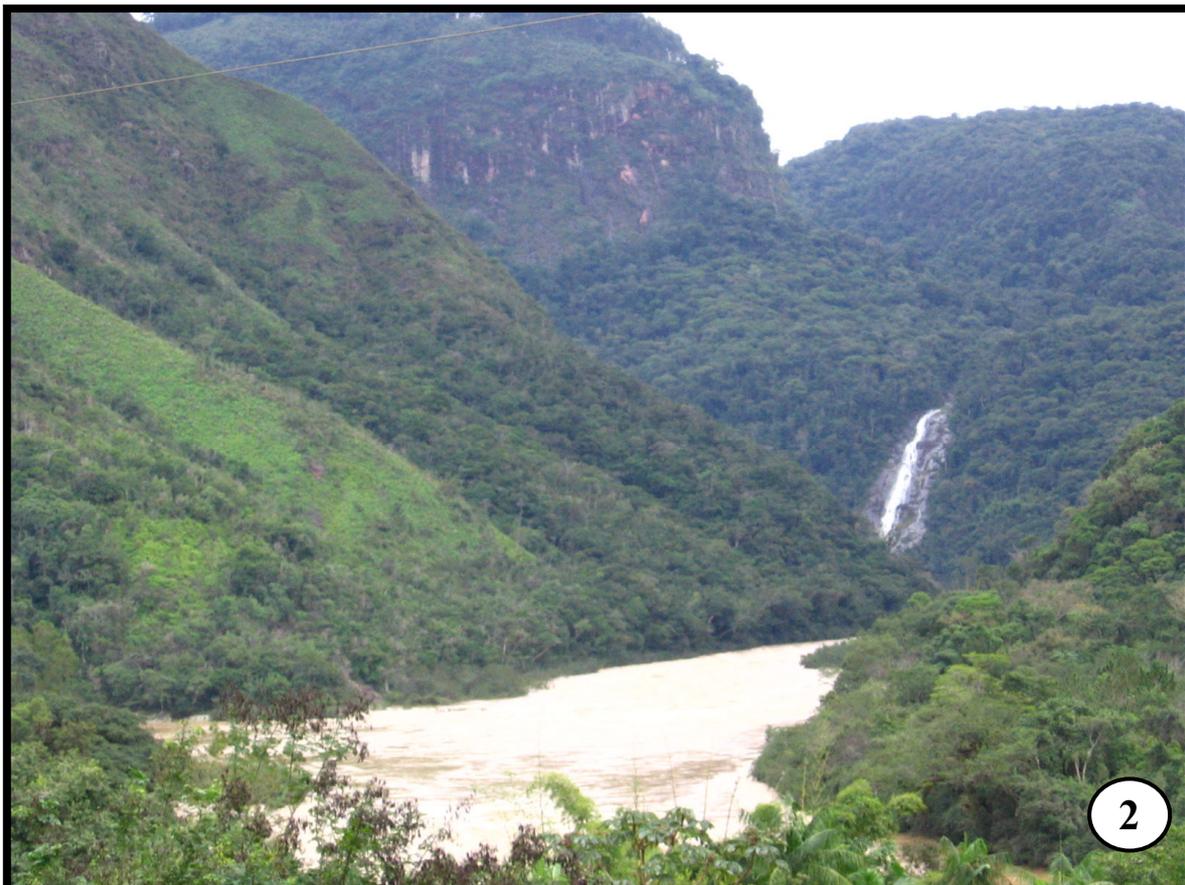


Figura 1: Mapa onde se evidencia o vale do rio Itajaí-açu, local de ocorrência da espécie *Raulinoa echinata*.



Figuras 2-3: Ambiente ripário do rio Itajaí-açu onde se encontra uma população de *Raulinoa echinata*. 2. Vista da mata ciliar. 3. Mata ciliar submetida à inundação em um dia de cheia.

Devido ao risco da extinção e a pouca, ou quase nenhuma, informação disponível sobre a espécie e sobre o ambiente ciliar, se torna necessário a realização de estudos que propiciem um melhor conhecimento a respeito das características da espécie e da interação da espécie com o seu ambiente, manifestando adaptações peculiares, que acabam caracterizando a espécie e o ambiente em que vive. Muitas plantas de ambiente ciliar são hábeis para escapar das condições adversas devido às estratégias especializadas de história de vida, determinadas pela competição e pela tolerância ao estresse (Blom & Voesenek 1996). Assim, estudos desse tipo são importantes para a preservação da espécie e do ambiente como um todo. Estudos morfológicos e anatômicos podem ser direcionados para atingirem esses objetivos. Estudos morfológicos podem ser importantes para ampliar o conhecimento sobre as espécies, auxiliando a filogenia e a taxonomia (Ferreira & Cunha 2000; Silva & Paoli 2000), além de poder servir para a caracterização de aspectos ecológicos das plantas (Matheus & Lopes 2007). Já os estudos anatômicos além de auxiliarem na identificação, na filogenia (Pinho *et al.* 1992; Bass *et al.* 2000; Maranhão *et al.* 2006) e na compreensão da evolução das espécies (Maranhão *et al.* 2006), podem, também, contribuir para caracterizar o ambiente em que se encontra a espécie, através das diferentes pressões seletivas (água, luz e temperatura) (Chalk 1983).

Dessa forma, o presente trabalho traz resultados sobre dois aspectos de *R. echinata*. O primeiro, que compreende o Capítulo I desta dissertação, analisou a morfologia das sementes e das plântulas. O segundo, compreendendo o Capítulo II, descreveu qualitativamente e quantitativamente as características anatômicas do lenho, através da distinção de duas regiões do caule, uma mais próxima do solo e uma mais distante do solo.

Os dois capítulos compõem a dissertação de mestrado “Morfoanatomia de *Raulinoa echinata* R.S.Cowan (Rutaceae), espécie endêmica da vegetação ciliar do rio Itajaí-açu, SC, Brasil” vinculada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal de Santa Catarina.

Referências bibliográficas

- AB'SABER, A. N. 2000. O suporte geocológico das florestas beiradeiras (ciliares). In: RODRIGUES, R. R. & LEITÃO-FILHO, H. F. (Ed.). Matas ciliares: conservação e recuperação. **EDUSP: FAPESP**, São Paulo - SP. Pg. 15-25.
- ARIOLI, T.; VOLTOLINI, C. H. & SANTOS, M. 2008. Morfoanatomia foliar da reófito *Raulinoa echinata* R.S. Cowan - Rutaceae. **Acta Botanica Brasilica** **22(3)**: 723-732.
- BARBERIS, G; CASAZZA, G. & MINUTO, L. 2005. Ecological characteristics and rarity of endemic plants of the Italian Maritime Alps. **Biological Conservation** **123**: 361-371.
- BARBERO, M.; BONIN, G.; LOISEL, R & QUÉZEL, P. 1990. Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the Mediterranean basin. **Vegetatio** **87**: 151-173.
- BARDDAL, M. L.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. 2004. Caracterização florística e fitossociológica de um trecho sazonalmente inundável de floresta aluvial, em Araucária, PR. **Ciência Florestal** **14(2)**: 37-50.
- BASS, P.; WHEELER, E. & CHASE. 2000. Dicotyledonous wood anatomy and the APG system of angiosperm classification. **Botanical Journal of Linnean Society** **134**: 3-17.
- BLOM, C. W. P. M.; VOESENEK, L. A. C. J. 1996. Flooding: the survival strategies of plants. **Tree** **11 (7)**: 290-295.
- BO, Z.; TAINFEI, F.; SCHURR, U. & KUHN, A. J. 2006. Different responses of sexual and asexual reproduction of *Arundinella hirta* to flooding. **Frontiers of Biology China** **1**: 46-49.

- BONONI, V. L. R.; CARRENHO, R. & TRUFEM, S. F. B. 2001. Fungos micorrízicos arbusculares em rizosferas de 3 espécies de fitobiontes instaladas em área de mata ciliar revegetada. **Acta Botânica Brasileira** **15(1)**: 115-124.
- CANCINO, J.; ROMERO-SCHMIDT, H.; ORTEGA-RUBIO, A. & LEÓN DE LA LUZ, J. C. 1995. Observations on distribution and habitat characteristics of the endangered mexican endemic cacti *Stenocereus eruca*. **Journal of Arid Environments** **29**: 55-62.
- CARVALHO, D. A.; CURI, N; OLIVEIRA-FILHO, A. T. & VILELA, E. A. 2000. Florística e estrutura da vegetação arbórea de um fragmento de floresta semidecidual as margens do reservatório da usina hidrelétrica Dona Rita (Itambé do Mato Dentro, MG). **Acta Botânica Brasileira** **14(1)**: 37-55.
- CHALK, L. 1983. The effects of ecological conditions on wood anatomy. In: METCALFE, C. R. & CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons**. Vol. II. 2ª Ed. **Clarendon Press**, Oxford. Pg. 152-156
- COWAN R.S. & SMITH L.B. 1973. Rutáceas. In: REITZ, R. **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí - SC. Pg. 48-51.
- DAMASCENO-JUNIOR, G. A.; SEMIR, J.; SANTOS, F. A. M. & LEITÃO-FILHO, H. F. 2004. Tree mortality in a riparian forest at Rio Paraguai, Pantanal, Brazil, after an extreme flooding. **Acta Botânica Brasileira** **18(4)**: 839-846.
- DURIGAN, G.; RODRIGUES, R. R. & SHIAVINI, I. 2000. A heterogeneidade ambiental definindo a metodologia de amostragem da floresta ciliar. In: RODRIGUES, R. R. & LEITÃO-FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. **EDUSP: FAPESP**, São Paulo - SP. Pg. 159-168.
- ESTILL, J. C. & CRUZAN, M. B. 2001. Phytogeography of rare plant species endemic to the southeastern United States. **Castanea** **66(1-2)**: 3-23.

- FERREIRA, R.A. & CUNHA, M.C.L. 2000. Aspectos morfológicos de sementes, plântulas e desenvolvimento da muda de craibeira (*Tabebuia caraíba* (Mart.) Bur.) – Bignoniaceae e pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.) – Apocynaceae. **Revista Brasileira de Sementes** **22(1)**: 134-143.
- FONSECA, D. M.; HADDADE, I. R.; OBEID, J. A.; PEDRON E SILVA, M. A. & PEREIRA, O. G. 2002. Crescimento de espécies forrageiras tropicais submetidas a diferentes períodos de alagamento. **Revista Brasileira de Zootecnia** **31(5)**: 1924-1930.
- FONSECA, G. A. B. & REDFORD, K. H. 1986. The role of gallery forests in the zoogeography of the cerrado's non-volant mammalian fauna. **Biotropica** **18**: 126-135.
- JACOMINE, P. K. T. 2000. Solos sob matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R. & LEITÃO-FILHO, H. F. (Ed.). Matas ciliares: conservação e recuperação. **EDUSP: FAPESP**, São Paulo - SP. Pg. 27-32.
- KRUCKEBERG, A. R. & RABINOWITZ, D. 1985. Biological aspects of endemism in higher plants. **Annual Review of Ecology and Systematic** **16**: 447-479.
- LIMA, W. P. & ZARIA, M. J. B. 2000. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R. & LEITÃO-FILHO, H. F. (Ed.). Matas ciliares: conservação e recuperação. **EDUSP: FAPESP**, São Paulo - SP. Pg. 33-44.
- LYTLE, D. A. & POFF, N. L. 2004. Adaptation to natural flow regimes. **Ecology and Evolution** **19(2)**: 94-100.
- MARANHO, L.T.; GALVÃO, F.; de MUÑIZ, G.I.B.; KUNIYOSHI, Y.S. & PREUSSLER, K.H. 2006. Variação dimensional das traqueídes ao longo do caule de *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl., Podocarpaceae. **Acta Botanica Brasilica** **20(3)**: 633-640.

- MATHEUS, M. T. & LOPES, J. C. 2007. Morfologia de frutos, sementes e plântulas e germinação de sementes de *Erythrina variegata* L. **Revista Brasileira de Sementes** **29(3)**: 8-17.
- MÉDAIL, F. & VERLAQUE, R. 1997. Ecological characteristics and rarity of endemic plants from southeast France and Corsica: implications for biodiversity conservation. **Biological Conservation** **80**: 269-281.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. & RATTER, J. A. 2000. Padrões florísticos das matas ciliares da região dos cerrados e a evolução das paisagens do Brasil central durante o quaternário tardio. In: RODRIGUES, R. R. & LEITÃO-FILHO, H. F. (Ed.). Matas ciliares: conservação e recuperação. **EDUSP: FAPESP**, São Paulo - SP. Pg. 73-90.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. & VAN DEN BERG, E. 2000. Composição florística e estrutura fitossiológica de uma floresta ripária em Itutinga, MG, e comparação com outras áreas. **Revista Brasileira de Botânica** **23(3)**: 231-253.
- ORIA, J. G. H; MARTÍNEZ, R. J. C. & MARTÍNEZ, E. S. 2007. Factores de riesgo en las cactaceae amenazadas de una región semiárida en el sur del desierto chihuahuense, México. **Interciencia** **32(11)**: 728-734.
- PINHO, R. A.; MAZZONI-VIVEIROS, S. C. & SAJO, M.G. 1992. Contribuição ao estudo anatômico do lenho de árvores da flora dos cerrados IV. São Paulo, Brasil. **Hoehmea** **19(1/2)**: 171-183.
- RODRIGUES, R. R. 2000. Uma discussão nomenclatural das formações ciliares. In: RODRIGUES, R. R. & LEITÃO-FILHO, H. F. (Ed.). Matas ciliares: conservação e recuperação. **EDUSP: FAPESP**, São Paulo - SP. Pg. 91-100.
- SILVA, L. L. & PAOLI, A. A. S. 2000. Caracterização Morfo-anatômica da semente de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. - Rutaceae. **Revista Brasileira de Sementes** **22(2)**: 250-256.

SIMON, M. F. & AMARAL, M. F. 2003. *Mimosa splendida* Barneby (Mimosoideae, Leguminosae) rediscovered in Central Brazil: preliminary studies for conservation of a rare species. **Revista Brasileira Botânica** 26(1): 93-96.

WEESE, A. 2004. Diversity in Riparian Environments. **Biogeography Term Paper**: 1-11.

CAPÍTULO I

Aspectos morfológicos da semente e da plântula de *Raulinoa echinata* R.S.Cowan (Rutaceae), espécie endêmica da vegetação ciliar do vale do Itajaí, SC, Brasil.

RESUMO: (Aspectos morfológicos da semente e da plântula de *Raulinoa echinata* R.S.Cowan (Rutaceae), espécie endêmica da vegetação ciliar do Vale do Itajaí, SC, Brasil). Nesse estudo foi analisada a morfologia da semente e da plântula de *Raulinoa echinata*, visando a obtenção de dados que possam contribuir para estudos taxonômicos, ecologia e preservação desta espécie. As sementes foram obtidas de frutos coletados de uma população localizada em Apiúna (SC). As plântulas, obtidas da germinação das sementes, foram plantadas em bandejas contendo substrato composto por nitossolo vermelho distroférico e areia (1:1), irrigadas diariamente e avaliadas após 15 dias de crescimento. A análise das sementes mostrou que estas apresentam formato ovóide, são exariladas, exalbuminosas, apresentando embrião axial e cotilédones carnosos, características morfológicas comuns para a família Rutaceae. Contudo, as sementes apresentaram micrópila conspícua, característica não descrita para a família. A plântula não expõe os cotilédones, mantendo-os no interior do tegumento e abaixo do solo, classificando-a como cripto-hipógeo-reserva. Alguns desses aspectos encontrados podem ser importantes para elucidar a relação da espécie com a vegetação ciliar e com outros gêneros de Rutaceae.

Palavras-chave: morfologia, endemismo, cripto-hipógeo-reserva.

ABSTRACT: (Morphological aspects of the seed and seedling of *Raulinoa echinata* R.S.Cowan (Rutaceae), an endemic species from the riparian forests of Itajaí valley, SC, Brazil). In this study the morphology of the seed and seedling of *Raulinoa echinata* was analyzed aiming to contribute with taxonomic studies, ecology and the preservation of this species. Fruit and seeds were collected from a population located in Apiúna (SC). The seedlings obtained from germination were grown in trays filled with substratum composed of dystroferic red nitosol and sand (1:1) and were irrigated daily. After 15 days of growth, the morphology of the seedlings was observed. The seeds presented ovoid format, axial embryo and fleshy cotyledons, and were exarillate and exalbuminous as are the seeds of other Rutaceae species. Nevertheless, the seeds presented a conspicuous micropyle, an uncommon feature for Rutaceae. The seedlings did not expose the cotyledons, keeping

them in the interior of the integument and below the ground, a characteristic of cryptohypogean germination. Some of the aspects found can be important to elucidate the relation between the species and the riparian forest and the other taxons of the Rutaceae.

Key-words: morphology, endemism, cryptohypogean germination.

1. Introdução

A família Rutaceae, de grande importância agrônômica e medicinal, possui aproximadamente 1600 espécies incluídas em 155 gêneros (Thorne 1992) e quatro a seis subfamílias, dependendo do tratamento sistemático, sendo distribuídas predominantemente nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (Chase *et al.* 1999). Apenas em Santa Catarina, Brasil, ocorre o gênero monoespecífico *Raulinoa*, representado por *R. echinata* R.S.Cowan (Cowan & Smith 1973).

Raulinoa echinata é uma espécie característica e exclusiva das margens rochosas e ilhas fluviais do rio Itajaí-açu, situado entre os municípios de Indaial e Ibirama, onde boa parte dos indivíduos pode permanecer parcialmente submersa (Cowan & Smith 1973) quando ocorrem as enchentes (Arioli *et al.* 2008).

É uma espécie de hábito arbustivo, de 2 a 3 m de altura, com tronco fino e flexuoso, apresentando espinhos e frutos do tipo cápsula, oblongo-obovados, que possuem quatro lóculos, 10 mm de comprimento, 7 mm de largura e um corno obtuso, no lado dorso-apical, para cada lóculo (Cowan & Smith 1973). Algumas substâncias, como os limonóides, foram isoladas e apresentaram uma moderada inibição antiparasitária sobre a forma tripomastigota de *Trypanosoma cruzi* e um possível uso como fármacos com ação analgésica (Biavatti *et al.* 2002).

Estudos sobre esta espécie são importantes devido ao seu micro-endemismo e, principalmente, ao perigo de extinção. Em seu local de ocorrência, a espécie sofre forte ação antrópica pela presença de uma rodovia federal, a urbanização e a previsão de construção de usinas hidrelétricas, cujas obras podem resultar na diminuição do nível da água do rio Itajaí-Açu.

Trabalhos envolvendo *R. echinata* são raros, não havendo estudos abrangendo a morfologia de plântulas e sementes da espécie. Considerando a alta degradação das matas ciliares ocorrida nos últimos anos e a importância da recuperação dessa vegetação, os estudos referentes à morfologia e ao desenvolvimento inicial de espécies vegetais, podem levar a uma melhor compreensão das estratégias, desenvolvidas pelas mesmas e pela vegetação ciliar como um todo (Blom & Voeselek 1996; Rodrigues & Nave 2000), para se adaptar as condições específicas destes locais (Costa *et al.* 2006).

Estudos morfológicos com sementes são importantes na paleobotânica, na arqueologia, na fitopatologia, no estudo de comunidades vegetais e, mais recentemente, na análise de sementes para a agricultura e horticultura (Silva & Paoli 2000).

Em relação aos estudos sobre a morfologia de plântulas, estes, segundo Melo e colaboradores (2007), têm aumentado nos últimos anos. Isso se deve, talvez, ao fato de que o conhecimento morfológico desta fase de vida, juntamente com o de frutos e sementes, é importante para ampliar o conhecimento sobre as espécies, auxiliando a filogenia e a taxonomia (Ferreira & Cunha 2000; Silva & Paoli 2000; Souza *et al.* 2005; Machado *et al.* 2006), visto que são recursos facilmente observáveis e sofrem pouca plasticidade fenotípica (Melo *et al.* 2007). Outrossim, são importantes para o reconhecimento da espécie no banco de plântulas (Battilani *et al.* 2006) e para o entendimento do processo de germinação, vigor, armazenamento, viabilidade e métodos de propagação das espécies, além de caracterizar alguns aspectos ecológicos da planta, como a dispersão, estabelecimento de plântulas e fase da sucessão ecológica (Matheus & Lopes 2007), e processos de regeneração das florestas (Ressel *et al.* 2004). Sem o conhecimento sobre a morfologia de plântulas, qualquer projeto de recuperação de ambientes naturais (Ferreira & Cunha 2000; Ressel *et al.* 2004) ou qualquer tentativa de plantios comerciais, tornam-se inconsistentes e mal sucedidos como muitos projetos feitos no passado (M.L. BARDDAL, dados não publicados).

Uma vez que esta espécie é endêmica, corre risco de extinção e carece de informações que possam vir a subsidiar estudos futuros sobre sua taxonomia e preservação, este trabalho teve como objetivo caracterizar alguns aspectos da morfologia da semente e da plântula de *R. echinata*.

2. Material e Métodos

Frutos de *Raulinoa echinata* foram coletados de vários indivíduos de uma população localizada no município de Apiúna (SC), às margens do rio Itajaí-açu, 27° 02' 08" S e 49° 23' 23" W, e em várias épocas do ano, visto que a espécie apresentou frutificação o ano todo. O clima da região é mesotérmico úmido, com verão quente, temperatura média de 19,7 °C e com altitude de 87 m.s.m. (Bertol *et al.* 2000). Amostra da espécie foi coletada, herborizada, para confirmação da identificação e depositada no Herbário Flor da Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis, SC) com o registro Adriano, Flor 36734. Em laboratório, os frutos foram dispostos em placa de Petri, nas condições naturais do ambiente, possibilitando a deiscência, o que se procedeu quatro dias após a coleta. Os frutos apresentavam uma ou duas semente para cada lóculo. Logo após a deiscência, as sementes foram estocadas, por um período de 15 dias em geladeira, sob a temperatura de 2 e 4 °C, até serem colocadas para germinar.

Testes preliminares foram feitos para observação das sementes em escuro e meio líquido, utilizando, para ambos, 30 sementes, tomadas aleatoriamente e distribuídas por igual em placas de Petri. A fim de observar a germinação no escuro, as sementes foram distribuídas em três placas de Petri contendo duas folhas de papel de filtro umedecidas com água destilada e envolvidas por duas folhas de papel alumínio. Para a observação da germinação das sementes em meio líquido, as sementes foram distribuídas em cinco placas de Petri, contendo apenas água destilada, permanecendo totalmente submersas.

Para a obtenção de plântulas, as sementes foram previamente esterilizadas em hipoclorito de sódio (20%), por 30 segundos, e, então, 100 sementes, tomadas aleatoriamente, foram colocadas para germinar em ambiente sem controle de luz ou temperatura e em placas de Petri (5,5 cm diâmetro x 0,5 cm altura), contendo duas folhas de papel de filtro umedecidas com água destilada. Após a germinação, 50 sementes germinadas foram tomadas ao acaso e transferidas para bandejas de plástico, de 40 cm X 20 cm X 5 cm, contendo areia e nitossolo vermelho distroférico na proporção de 1:1. As placas de Petri e as bandejas permaneceram em laboratório, em condições não controladas de luz, umidade e temperatura, sendo as bandejas regadas diariamente com 100 ml de água destilada.

Considerou-se germinada a semente que apresentava protrusão da radícula e plântula a fase que se segue logo após a germinação até o surgimento dos eófilos (as primeiras estruturas laminares) (Mourão *et al.* 2002; Battilani *et al.* 2006).

Para a verificação da densidade das sementes, quatro amostras, contendo número variado de sementes, tiveram suas massas medidas em balança de precisão e, depois, cada uma das amostras foi colocada em provetas com 10 mL de água destilada, para se medir o volume de água deslocado pela amostra (g/cm^3). A densidade da semente foi, então calculada pela equação: $\text{Densidade} = \text{Massa}(\text{g}) / \text{Volume}(\text{cm}^3)$.

Para as análises morfológicas foram utilizadas 115 sementes e 10 plântulas. A grande mortalidade de plântulas não possibilitou a utilização de um número maior para as análises morfológicas. Para as sementes, as medidas tomadas foram: Comprimento, largura e massa da semente; comprimento e largura da micrópila; comprimento e largura do hilo; e comprimento, largura e massa do embrião. Foi utilizado um bisturi para o corte do tegumento da semente visando, assim, a adequada observação do embrião. As plântulas cresceram por 15 dias nas condições de laboratório descritas anteriormente, quando, então, foram retiradas das bandejas, lavadas e tomadas as seguintes medidas: Comprimento da raiz ao ápice e da porção hipógea (raiz primária, coleto e hipocótilo); comprimento e largura do epicótilo, das raízes secundárias e dos eofilos; e largura do coleto e do hipocótilo.

As medidas das sementes e das plântulas foram obtidas usando um paquímetro com precisão de 0,1mm e uma balança de precisão com três casas depois da vírgula e algumas descrições morfológicas foram feitas com auxílio de uma lupa.

As plântulas e sementes foram fotografadas com uma câmera fotográfica digital da marca Cannon, modelo Powershot A510. A terminologia usada para descrever as estruturas morfológicas de *R. echinata* está de acordo com os trabalhos de Beltrati (1991), Silva & Paoli (2000; 2006a; 2006b; e 2006c) e Coelho *et al.* (2001).

3. Resultados e Discussão



Figura 1 – Sementes de *Raulinoa echinata* R.S. Cowan (Barra = 1 cm). Note a micrópila conspícua (seta) e hilo destacado por apresentar uma coloração mais clara em relação ao tegumento (ponta de seta).

A semente de *R. echinata* é exalbuminosa, exarilada, de ovóide a oblonga, dorsalmente convexa, com a extremidade apical aguda e a basal arredondada, glabra e de consistência pétrea. A testa apresenta cúpulas ou depressões (Fig. 1 e Fig. 2), não apresenta brilho e a coloração varia de marrom-escuro a acobreado. Mede 0,473 cm ($\pm 0,069$) de comprimento e 0,321 cm ($\pm 0,042$) de largura e a massa mede 0,009 g ($\pm 0,004$). Possui envoltório papiráceo e friável e está envolvida por um endocarpo seco de cor amarelada (Fig. 3). A micrópila é conspícua (Fig. 1), possuindo 0,14 cm ($\pm 0,028$) de comprimento e 0,14 cm ($\pm 0,036$) de largura, e está localizada na base do hilo. O hilo é oblongo-ovalado, se destaca por apresentar uma coloração mais clara em relação ao tegumento (Fig. 1) e mede 0,22 cm ($\pm 0,049$) de comprimento e 0,11 cm ($\pm 0,038$) de largura. O embrião possui coloração amarelo-creme e é aclorofilado. É axial, reto, com eixo embrionário estreito e com dois cotilédones, plano convexos e carnosos (Fig. 2). Mede 0,46 cm ($\pm 0,021$) de comprimento, 0,27 cm ($\pm 0,076$) de largura e 0,006 g ($\pm 0,001$) de massa.

Tabela 1 - Características das sementes de *Raulinoa echinata* R.S. Cowan em comparação com demais espécies da família Rutaceae descritas na literatura.

	Exalbuminosa	Exarilada	Ovóide	Cor marrom- escuro a acobreada	Envoltório friável	Hilo com cor diferente ao do tegumento	Micrópila conspícua	Cotilédones carnosos
<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl. (Silva & Paoli 2006a)	Não*	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não	Sim
<i>Esenbeckia grandiflora</i> Mart. (Silva & Paoli 2006c)	Sim**	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
<i>Dictyoloma vandelianum</i> Juss. (Silva & Paoli 2006b)	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim
<i>Pilocarpus pennatifolius</i> Lem. (Souza <i>et al.</i> 2005)	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam. (Silva & Paoli 2000)	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não
<i>Citrus reticulata</i> L. (Coelho <i>et al.</i> 2001)	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Não foi citado	Não foi citado

* Não, significa ausência da característica;

** Sim, significa presença da característica.

A presença de cúpulas ou depressões na testa da semente gera uma maior área de contato com o solo em relação à testa lisa, como observado para *Pilosocereus arrabidae* (Lem.) Byles & G.D.Rowley (L.S.T. MARTINS, dados não publicados).

O endocarpo seco aparentemente auxilia na dispersão da semente (autocoria). Em laboratório, observou-se a ejeção das sementes, juntas aos endocarpos, até cerca de 1m de distância dos frutos em processo de deiscência. Para as Rutaceae, Beltrati (1991) cita, para o fruto de *Esenbeckia febrifuga* (St. Hil.) Juss. ex Mart., a presença de um endocarpo seco e lignificado que participa da ejeção das sementes e Souza *et al.* (2005) citam também para *Pilocarpus pennatifolius* Lem. a liberação do endocarpo juntamente com a semente.

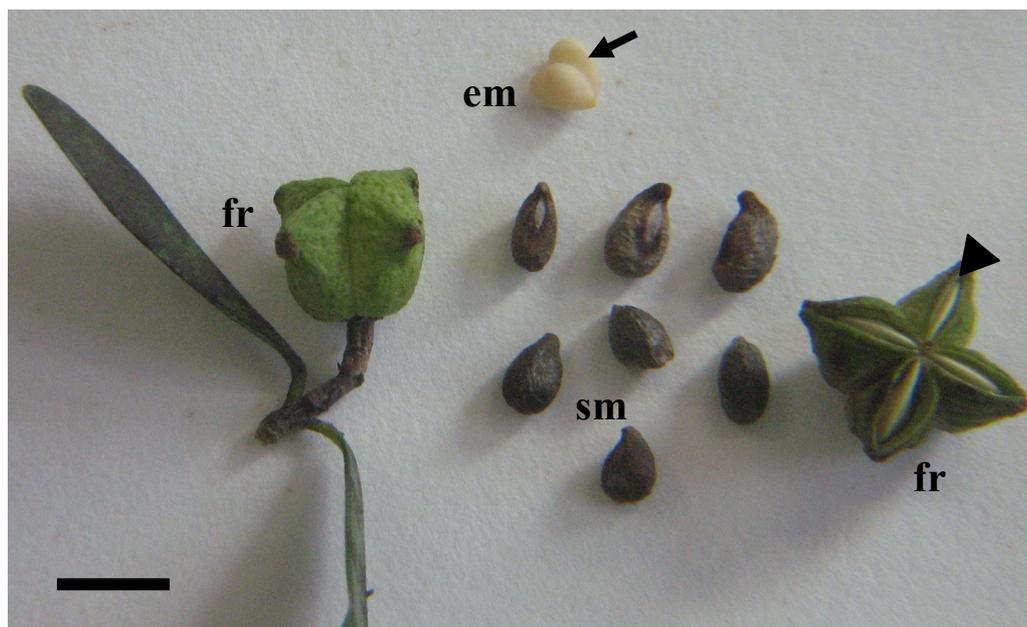


Figura 2 – Sementes (sm), embrião (em) e frutos (fr) de *Raulinoa echinata* R.S. Cowan (Barra = 1 cm). Note os cotilédones (seta) e o fruto em processo de deiscência (ponta de seta).

Algumas características apresentadas para *R. echinata* já foram citadas para a família Rutaceae, tais como: sementes sem endosperma e embrião aclorofilado e reto (Watson & Dallwitz 1992). Os formatos das sementes de *R. echinata* já foram encontrados em outras espécies de Rutaceae, como *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. (Silva & Paoli 2000) e *Citrus reticulata* L. (Coelho *et al.* 2001). As dimensões das sementes de *R. echinata*, em comparação com outras espécies de Rutaceae, apresenta certa semelhança com as sementes de *Z. rhoifolium* (0,3 cm X 0,3 cm) (Silva & Paoli 2000) e de *Dictyoloma vandellianum* Juss. (0,5 cm X 0,3 cm) (Silva & Paoli 2006b), porém, são relativamente menores do que as sementes de *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl. (1,1 cm X 0,26 cm) (Silva & Paoli 2006a), *Esenbeckia grandiflora* Mart. (1 cm X 0,5 cm) (Silva & Paoli 2006c), *P. pennatifolius* (0,836 cm X 0,488 cm) (Souza *et al.* 2005) e *C. reticulata* (1,33 cm X 0,52 cm) (Coelho *et al.* 2001). A coloração das sementes de *R. echinata* (marrom-escuro a acobreada) é comum em espécies da família Rutaceae que também apresentam coloração escura (marrom, preto ou negro), como *Z. rhoifolium* (Silva & Paoli 2000), *B. riedelianum* (Silva & Paoli 2006a), *E. grandiflora* (Silva & Paoli 2006c) e *P. pennatifolius* (Souza *et al.* 2005), ou acobreada, como *D. vandellianum* (Silva & Paoli 2006b) (Tab. 1).

Sementes exariladas foram citadas, também, para *B. riedelianum* (Silva & Paoli 2006a), *D. vandellianum* (Silva & Paoli 2006b), *E. grandiflora* (Silva & Paoli 2006c) e *Z.*

rhoifolium (Silva & Paoli 2000). Já, sementes exalbuminosas, foram encontradas, também, em *E. grandiflora* (Silva & Paoli 2006c) (Tab. 1).

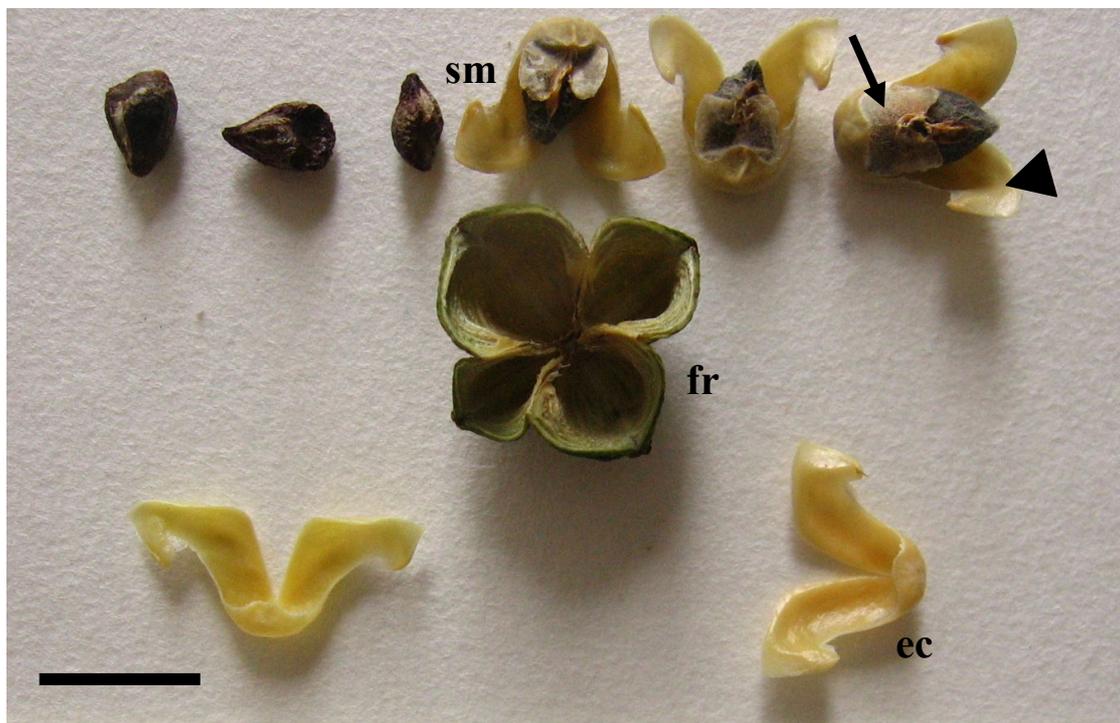


Figura 3 – Fruto aberto (fr), endocarpo (ec) e sementes (sm) de *Raulinoa echinata* R.S. Cowan (Barra = 1 cm). Note a semente envolta pelo envoltório friável (seta) e pelo endocarpo (ponta de seta).

O envoltório friável também foi observado em *E. grandiflora* (Silva & Paoli 2006c) e *B. riedelianum* (Silva & Paoli 2006a) (Tab. 1). A coloração diferente do hilo em relação ao tegumento está presente também em *E. grandiflora* (Silva & Paoli 2006c), *Z. rhoifolium* (Silva & Paoli 2000) e *P. pennatifolius* (Souza *et al.* 2005). Já a micrópila conspícua não foi encontrada descrita na literatura para alguma espécie de Rutaceae (Tab. 1).

O embrião axial também está presente em *E. grandiflora* (Silva & Paoli 2006c), *Z. rhoifolium* (Silva & Paoli 2000), *B. riedelianum* (Silva & Paoli 2006a), *D. vandellianum* (Silva & Paoli 2006b) e *C. reticulata* (Coelho *et al.* 2001) (Tab. 1). Já os cotilédones carnosos foram citados para *E. grandiflora* (Silva & Paoli 2006c), *B. riedelianum* (Silva & Paoli 2006a), *D. vandellianum* (Silva & Paoli 2006b) e *P. pennatifolius* (Souza *et al.* 2005) (Tab. 1).

A maioria das características das sementes de *R. echinata* é e semelhante as de *E. grandiflora* e bastante diferentes das de *C. reticulata* (Tab. 1). Os gêneros *Raulinoa* e *Esenbeckia* estão inseridos na subfamília Rutoideae, enquanto o gênero *Citrus*, não

(Barroso 1984), entretanto, pelas chaves de identificação em uso, as características florais têm sido mais importantes para a diferenciação de subfamílias e gêneros que as características das sementes. Dos gêneros das espécies indígenas e exóticas encontradas no Brasil, pela chave de identificação encontrada em Barroso (1984), apenas para os gêneros *Dictyoloma* e *Monnieria*, são utilizadas as características das sementes.

A semente de *R. echinata* possui a capacidade de flutuação em água, visto que o valor médio obtido para a densidade das sementes foi $0,457 \text{ g/cm}^3$, valor menor que o da densidade da água (1 g/cm^3). Kubitzki & Ziburski (1994), trabalhando com árvores das florestas alagáveis da Amazônia, perceberam a forte relação entre essas árvores e o método de dispersão de sementes por hidrocoria, visto que as sementes dessas árvores possuíam a capacidade de flutuação, devido à presença de tecidos especializados e de outros atributos, e frutificavam justamente na época de inundações. O transporte de sementes pela água dos rios, contribui para adensar e expandir a biomassa vegetal nos ambientes ciliares (Ab'Saber 2000).

De acordo com as análises de algumas características germinativas da semente de *R. echinata*, notou-se que a emissão da raiz ocorreu com o rompimento da extremidade mais aguda (região apical) da semente e pôde ser observada cerca de 10 dias após a semeadura, tanto em meio líquido quanto sobre o papel de filtro umedecido, em luz ou no escuro. Das 100 sementes postas para germinar sobre o papel umedecido, 76 germinaram, ou seja, 76%. Em relação às sementes postas para germinar em meio líquido, das 30 sementes, 12 chegaram a germinar, ou seja, 40%. As sementes mostraram-se ser indiferentes à luz para germinação, ocorrendo a germinação no escuro. Das 30 sementes postas para germinar no escuro, 16 chegaram a germinar, ou seja, 53%.

A germinação de sementes em água está presente em espécies que apresentam uma maior capacidade de colonizar ambientes submetidos à saturação hídrica (M.L. BARDDAL, dados não publicados). Espécies que germinam na água, podem ser comparadas com aquelas que dispersam suas sementes no período pós-enchente, que, segundo Rodrigues & Shepherd (2000), ganham um tempo maior para o estabelecimento dos indivíduos jovens na área, até a próxima estação chuvosa. No entanto, as sementes de *Himatanthus sucuuba* (Spruce) Woodson (Apocynaceae), espécie da mata ciliar amazônica, quando submersas, germinaram menos (Ferreira *et al.* 2006). Essa característica pode ser importante para evitar que as plântulas fiquem submetidas ao estresse da saturação hídrica. Para Blom & Voesenek (1996) algumas espécies podem cessar o crescimento quando submersas enquanto outras podem manter ou mesmo

umentar a produção da biomassa. Já a germinação da semente, indiferente a presença ou ausência de luz, talvez se deva ao fato de que a luminosidade na faixa ciliar pode variar de acordo com as características da calha e do traçado do rio, além da fisionomia da vegetação do entorno (Durigan *et al.* 2000).

A espécie chega à fase de plântula cerca de 20 dias após a semeadura. Em ambientes de mata ciliar, as espécies de rápido crescimento, que conseguem se estabelecer mais rapidamente, podem ser favorecidas (Rodrigues & Shepherd 2000). Contudo, poucas sementes germinadas tornaram-se plântulas. Das 50 sementes germinadas transferidas para bandejas de plástico apenas 10 tornaram-se plântulas.

O aspecto geral da plântula de *R. echinata* é visto na figura 4, onde se observa a presença de raiz primária pivotante, de coloração marrom-claro a esverdeado e não-tuberosa. A raiz primária possui de uma a quatro ramificações. As raízes secundárias possuem coloração branco-amarelada, medem 1,3 cm ($\pm 0,81$) de comprimento e 0,138 cm ($\pm 0,019$) de largura. O coleto possui a mesma coloração da raiz primária e é de espessura mais grossa. Mede 0,112 cm ($\pm 0,021$) de largura. O hipocótilo, inicialmente, é semi-recurvado e, posteriormente, se alinha com a raiz. Mede 0,158 cm ($\pm 0,031$) de largura e possui formato cilíndrico, é curto, intumescido, verde, glabro e reto próximo ao coleto. Já o epicótilo é cilíndrico e de coloração verde, com 0,591 cm ($\pm 0,164$) de comprimento e 0,107 cm ($\pm 0,032$) de largura. O comprimento total da plântula, da raiz ao ápice, é de 2,96 cm ($\pm 0,969$) e o comprimento da porção hipógea (raiz primária, coleto e hipocótilo) é de 1,27 cm ($\pm 0,611$).

O eofilo mede 1,6 cm ($\pm 0,541$) de comprimento e 0,436 cm ($\pm 0,14$) de largura. Apresenta cor esverdeada, é simples, glabro, sem glândulas aparentes, levemente coriáceo, forma obovada do tipo oblanceolada, ápice arredondado (retuso), base aguda (cuneada), margem inteira, venação pinada com uma nervura principal simples dando origem a nervuras secundárias não muito evidentes, pecíolo simples, com filotaxia oposta. Segundo as análises de Arioli *et al.* (2008), os indivíduos adultos de *R. echinata* apresentam as folhas com lâmina foliar simples, com forma obovada do tipo oblanceolada, com ápice geralmente retuso e a base cuneada. Dessa forma, as características do eofilo não diferem das folhas adultas.

A plântula de *R. echinata* não expõe os cotilédones, mantendo-os no interior do tegumento e abaixo do solo, podendo ser classificada como cripto-hipógeo-reserva, com base na classificação de Garwood (1996).

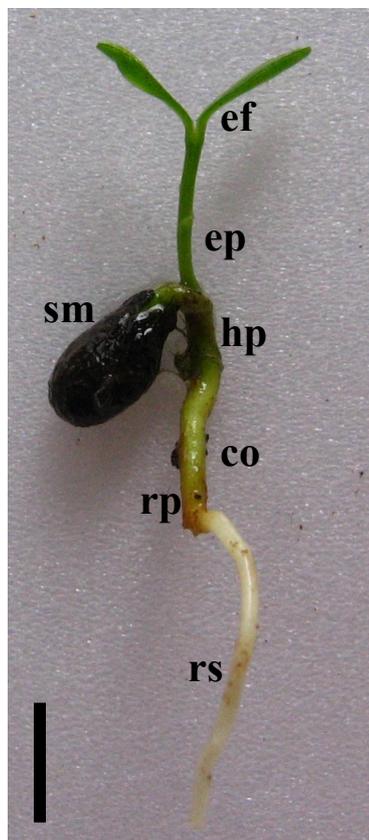


Figura 4 – Plântula de *Raulinoa echinata* R.S. Cowan (Barra = 1 cm). Raiz primária (rp); raiz secundária (rs); coleto (co); hipocótilo (hp); semente – tegumento e cotilédones (sm); epicótilo (ep); eofilo (ef).

Plântulas do tipo cripto-hipógeo-reserva são comuns Rutaceae (Watson & Dallwitz 1992). *Citrus reticulata* também mantém os cotilédones abaixo do solo (Coelho *et al.* 2001). Ser do tipo cripto-hipógeo-reserva pode ser vantajoso, reduzindo, por exemplo, o risco de danos letais à parte aérea da plântula (Garwood 1996), já que o tegumento da semente pode funcionar como uma barreira protetora (Ressel *et al.* 2004). Plântulas cripto-hipógeo-reserva, geralmente, são maiores do que as outras plântulas que não apresentam essa característica. Dessa forma, essa característica da plântula é muito importante para seu estabelecimento inicial. Contudo, existem espécies que apresentam este mesmo modelo na germinação e diferem sob o aspecto de alocação de biomassa, pois habitam diferentes

ambientes, desenvolvendo maior raiz ou maior caule de acordo com as exigências de luz e água do ambiente (Ressel *et al.* 2004).

As espécies que apresentam a característica cripto-hipógeo-reserva são geralmente climácicas ou pertencentes a ambientes adversos (Ressel *et al.* 2004; Jacomassi *et al.* 2007), como aqueles com pouca luz (Kitajima 1996; Ressel *et al.* 2004) ou periodicamente alagáveis (Ressel *et al.* 2004). Esta característica torna possível às plântulas serem inicialmente auto-suficientes para poderem subsistir até que as condições ambientais mudem, tornando estes ambientes adversos não mais barreiras a serem transpostas, e sim nichos a serem colonizados (Ressel *et al.* 2004).

Muitas plantas resistentes a alagamentos são hábeis para desenvolver mecanismo de resistência para sobreviver a longos períodos de cheia. Essas adaptações são baseadas em rápidas mudanças nos processos fisiológicos e nas características morfológicas e anatômicas (Blom & Voesenek 1996). Arioli *et al.* (2008), analisando a folha de *R. echinata*, já haviam constatado a presença de algumas características que possibilitam a sobrevivência em condições adversas extremas, como a de submersão com turbulência e a elevada exposição à irradiação solar, que podem ser encontradas em alguns ambientes de mata ciliar. No entanto, a relação entre algum tipo de característica morfológica distinta e a ocupação de ambientes reófitos ainda não está muito clara (Rodrigues & Tozzi 2007).

4. Conclusão

Algumas características morfológicas de *R. echinata* podem ser relacionadas com o ambiente reofítico.

A espécie parece utilizar a água para a dispersão das sementes (hidrocoria), visto que essas são ejetadas dos frutos e se mostraram capazes de flutuar. A presença de cúpulas ou depressões no tegumento da semente, a fim de aumentar a superfície de contato e o atrito, pode ser útil para prender a semente ao substrato quando essa é conduzida pela água.

A capacidade da espécie de germinar no escuro pode ser importante visto que as margens dos rios podem oferecer sombreamento para as sementes através das rochas e do dossel das árvores. Já a capacidade de germinar na água, pode ser importante, pois, dando início ao desenvolvimento da plântula ainda na água, quando essa chegar a margem ou se prender ao substrato, terá maiores chances de sobrevivência aos estresses provocados pelas épocas de cheia. O fato de a plântula ser do tipo cripto-hipógeo-reserva também favorece a subsistência nas épocas de cheia.

Dessa forma, muitas dessas características podem ser importantes, inclusive, para explicar o endemismo da espécie e a forte dependência com o ambiente ciliar, evidenciada pelo fato, observado em campo, de não ser encontrada além da margem do rio e pelo fato, observado em laboratório, de serem obtidas poucas plântulas longe do ambiente natural.

Contudo, outros estudos são recomendados para evidenciar melhor a relação dessa espécie com o ambiente, buscando caracterizar outras estruturas e comportamentos da espécie e as peculiaridades do ambiente reofítico, haja vista, também, a grande carência de estudos sobre essa espécie e sobre esse ambiente.

5. Referências bibliográficas

- AB'SABER, A. N. 2000. O suporte geocológico das florestas beiradeiras (ciliares). In: RODRIGUES, R. R. & LEITÃO-FILHO, H. F. (Ed.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. EDUSP: FAPESP, São Paulo - SP. Pg. 15-25.
- ARIOLI, T.; VOLTOLINI, C. H. & SANTOS, M. 2008. Morfoanatomia foliar da reófito *Raulinoa echinata* R.S. Cowan - Rutaceae. **Acta Botanica Brasilica** **22(3)**: 723-732.
- BARROSO, G.M. 1984. Sistemática de Angiospermas do Brasil. Volume 2. **Universidade Federal de Viçosa**. Viçosa. 377p.
- BATTILANI, J. L.; SANTIAGO, E. F. & DE SOUZA, A. L. T. 2006. Morfologia de frutos, sementes e desenvolvimento de plântulas e plantas jovens de *Maclura tinctoria* (L.) D. Don. ex Steud. (Moraceae). **Acta Botannica Brasilica** **20(3)**: 581-589.
- BELTRATI, C.M. 1991. Estudo morfo-anatômico das sementes e plântulas de *Esenbeckia febrifuga* (St. Hill.) A. Juss. ex Mart. (Rutaceae). **Naturalia** **16**: 161-169.
- BERTOL, I; DE ALMEIDA, J. A.; DE ALMEIDA, E. X. & KURTZ, C. 2000. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem de capim-elefante-anão CV. MOTT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **35(5)**: 1047-1054.
- BIAVATTI, M. W.; ALBUQUERQUE, S.; VIEIRA, P. C.; SILVA, M. F. G. F.; FERNANDES, J. B. 2002. Triterpenoid constituents of *Raulinoa echinata*. **Journal of the Natural Products** **65(4)**: 562-565.
- BLOM, C. W. P. M. & VOESENEK, L. A. C. J. 1996. Flooding: the survival strategies of plants. **Tree** **11(7)**: 290-295.
- CHASE, M. W., MORTON, C. M. & KALLUNKI, J. A. 1999. Phylogenetic relationships of Rutaceae: a cladistic analysis of the subfamilies using evidence from RBC and ATP sequence variation. **American Journal of Botany** **86**: 1191-1199.

- COELHO, R. I.; LOPES, J. C.; GROTH, D. & SOUZA, N. A. 2001. Caracterização morfológica da planta, frutos, sementes e plântulas de tangerina (*Citrus reticulata* L.) de ocorrência natural no sul do estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Sementes** **23(2)**: 294-301.
- COSTA, A. M.; GOBBI, E. L.; DEMUNER, V. G. & HEBLING, S. A. 2006. O efeito da inundação do solo sobre o crescimento inicial de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake, guapuruvu. **Natureza on line** **4(1)**: 7-13.
- COWAN R.S. & SMITH L.B. 1973. Rutáceas. In: REITZ, R. **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí - SC. Pg. 48-51.
- DURIGAN, G.; RODRIGUES, R. R. & SHIAVINI, I. 2000. A heterogeneidade ambiental definindo a metodologia de amostragem da floresta ciliar. In: RODRIGUES, R. R. & LEITÃO-FILHO, H. F. (Ed.). Matas ciliares: conservação e recuperação. **EDUSP: FAPESP**, São Paulo - SP. Pg. 159-168.
- FERREIRA, C. S.; PIEDADE, M. T. F. & BONATES, L. C. 2006. Germinação de sementes e sobrevivência de plântulas de *Himatanthus succuba* (Spruce) Wood. em resposta ao alagamento, nas várzeas da Amazônia Central. **Acta Amazônica** **36(4)**: 413-418.
- FERREIRA, R.A. & CUNHA, M.C.L. 2000. Aspectos morfológicos de sementes, plântulas e desenvolvimento da muda de craibeira (*Tabebuia caraiba* (Mart.) Bur.) – Bignoniaceae e pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.) – Apocynaceae. **Revista Brasileira de Sementes** **22(1)**: 134-143.
- GARWOOD, N.C. 1996. Functional morphology of tropical tree seedlings. In: SWAINE, M.D. (ed.). **The Ecology of Tropical Forest Tree Seedlings**. UNESCO/Parthenon Publishing. Paris. Pg. 59-129.
- JACOMASSI, E; MOSCHETA, I.S. & MACHADO, S.R. 2007. Morfoanatomia e histoquímica de *Brosimum gaudichaudii* Trécul (Moraceae). **Acta Botanica Brasilica** **21(3)**: 575-597.

- KUBITZKI, K. & ZIBURSKI, A. 1994. Seed Dispersal in Flood Plain Forests of Amazonia. **Biotropica** **26(1)**: 30-43.
- KITAJIMA, K. 1996. Cotyledon functional morphology, patterns of seed reserve utilization and regeneration niches of tropical tree seedlings. In: SWAINE, M. D. (ed.). **The Ecology of Tropical Forest Tree Seedlings**. UNESCO / Parthenon Publishing. Paris. Pg. 193-210.
- MACHADO, C. A.; OLIVEIRA, P. L. & MENTZ L. A. 2006. SEM observations on seeds of some herbaceous *Phyllanthus* L. species (Phyllanthaceae). **Revista brasileira de farmacognosia** **16 (1)**:31-34.
- MATHEUS, M. T. & LOPES, J. C. 2007. Morfologia de frutos, sementes e plântulas e germinação de sementes de *Erythrina variegata* L. **Revista Brasileira de Sementes** **29(3)**: 8-17.
- MELO, M.F.F.; MACEDO, S.T. & DALY, D.C. 2007. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de nove espécies de *Protium* Burm. f. (Burseraceae) da Amazônia Central, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **21(3)**: 503-520.
- MOURÃO, K. S. M.; DIAS-PINTO, D.; DE SOUZA, L. A. & MOSCHETA, I. S. 2002. Morfo-anatomia da plântula e do tirodendro de *Trichilia catigua* A. Juss., *T. elegans* A. Juss. e *T. pallida* Sw. (Meliaceae). **Acta Scientiarum Maringá** **24(2)**: 601-610.
- RESSEL, K; GUILHERME, F.A.G.; SCHIAVINI, I. & OLIVEIRA, P. E. 2004. Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica** **27 (2)**: 311-323.
- RODRIGUES, R. R. & NAVE, A. G. 2000. Heterogeneidade florística das matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R. & LEITÃO-FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. EDUSP: FAPESP, São Paulo - SP. Pg. 45-72.

- RODRIGUES, R. R. & SHEPHERD, G. J. 2000. Fatores condicionantes da vegetação ciliar. In: RODRIGUES, R. R. & LEITÃO-FILHO, H. F. (Ed.). Matas ciliares: conservação e recuperação. **EDUSP: FAPESP**, São Paulo - SP. Pg. 101-108.
- RODRIGUES, R. S. & TOZZI, A. M. G. A. 2007. Morfologia de plântulas no clado *Vatairea* (Leguminosae, Papilionoideae). **Rodriguésia** **58** (2): 221-229.
- SILVA, L. L. & PAOLI, A. A. S. 2000. Caracterização Morfo-anatômica da semente de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. - Rutaceae. **Revista Brasileira de Sementes** **22**(2): 250-256.
- SILVA, L. L. & PAOLI, A. A. S. 2006a. Morfologia e anatomia da semente de *Balfourodendron riedelianum* (ENGLER) ENGLER – Rutaceae. **Revista Brasileira de Sementes** **28**(1): 16-20.
- SILVA, L. L. & PAOLI, A. A. S. 2006b. Morfologia e anatomia da semente de *Dictyoloma vandellianum* Adr. Juss. (Rutaceae). **Revista Brasileira de Sementes** **28**(3): 116-120.
- SILVA, L. L. & PAOLI, A. A. S. 2006c. Morfologia e anatomia da semente de *Esenbeckia grandiflora* MART. (Rutaceae). **Revista Brasileira de Sementes** **28**(2): 01-06.
- SOUZA, A.; MOURÃO, K. S. M. & SOUZA, L. A. 2005. Morfologia e anatomia do fruto e da semente em desenvolvimento de *Pilocarpus pennatifolius* Lem. (Rutaceae). **Revista Brasileira de Botânica** **28**(4): 745-754.
- THORNE, R. F. 1992. An updated phylogenetic classification of the flowering plants. **Aliso** **13**: 365–389.
- WATSON, L. & DALLWITZ, M.J. 1992. The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/delta/angio/www/rutaceae.htm> (Acesso em: 8/03/2009).

CAPÍTULO II

Aspectos da anatomia do lenho de *Raulinoa echinata* R. S. Cowan (Rutaceae), espécie endêmica da vegetação ciliar do vale do Itajaí, SC, Brasil.

RESUMO: (Aspectos da anatomia do lenho de *Raulinoa echinata* R. S. Cowan (Rutaceae), espécie endêmica da vegetação ciliar do vale do Itajaí, SC, Brasil.) A anatomia vegetal é útil para a caracterização das espécies e do ambiente em que estas vivem. Muitas espécies quando submetidas a estresses ambientais podem manifestar adaptações que permitem a sobrevivência no ambiente. Plantas de mata ciliar estão submetidas a vários estresses comuns ao ambiente, principalmente aquele provocado pelo alagamento. Esse estudo analisou a anatomia do lenho de *Raulinoa echinata*, espécie endêmica e de mata ciliar, a fim de buscar adaptações da espécie a alguns estresses impostos pelo ambiente, como o alagamento. Para tanto, amostras do lenho foram coletadas em duas regiões: próxima do solo e a altura do peito. Adaptações de *R. echinata* ao ambiente ripário foram observadas no comprimento e na frequência das fibras, na largura e na frequência dos raios e no comprimento e na frequência total de vasos, com diferenças significativas, entre as duas regiões, apenas em características quantitativas. A espécie apresentou vasos curtos, placa de perfuração simples, pontoações intervasculares alternas, fibras libriformes e parênquima paratraqueal, características comuns entre táxons com alto grau de especialização filogenética. A espécie apresentou, ainda, vasos múltiplos tangenciais e racemiformes, características até então não descritas para Rutaceae. Não foram vistos na espécie pontoações intervasculares areoladas e cavidades secretoras de óleo, características comuns para Rutaceae.

Palavras-chave: estresse ambiental, endemismo, topo-base, vasos múltiplos tangenciais, vasos múltiplos racemiformes.

ABSTRACT: (Anatomical aspects of wood of *Raulinoa echinata* R. S. Cowan (Rutaceae), an endemic species from the riparian forests of Itajaí valley, SC, Brazil). Plant anatomy is useful for the characterization of the species and of the environment in which it lives. Many species, when subjected to environmental stress, can show adaptations that allow their survival in the environment. Riparian forest plants are subjected to significant environmental stress, especially stress provoked by flooding. In this study, the anatomy of

Raulinoa echinata wood, an endemic riparian forest species, was analyzed in search of the species' adaptation to environmental stress, such as flooding. Wood samples were collected in two regions: near the ground and at the height of the breast. The first was subjected to flooding while the second one was not. *R. echinata* showed adaptations to the riparian forest in the length and frequency of the fibers, and also in the width and frequency of the vessel elements. The two wood regions are different only quantitatively. The species presented short vessels, simple perforation plates, alternate intravascular pitting, libriform fibers and paratracheal parenchyma, common characteristics in taxons with a high degree of filogenetic specialization. The species also presented multiple tangential and racemiform vessels. These characteristics had not yet been described for Rutaceae. The species did not present vestured intravascular pitting and oil secretory cavities, common characteristics of Rutaceae.

Key-words: Environmental stress, endemism, top-basis, multiple tangential vessels, multiple racemiform vessels.

1. Introdução

A identificação de taxons, a filogenia (Pinho *et al.* 1992; Bass *et al.* 2000; Maranhão *et al.* 2006) e a compreensão da evolução das espécies (Maranhão *et al.* 2006), fazem uso da anatomia vegetal para cumprir os seus objetivos. Alterações anatômicas podem tornar as espécies mais aptas para viver em um determinado ambiente. Dessa forma, a anatomia vegetal contribui para demonstrar a relação íntima existente entre o ambiente e as espécies vegetais, caracterizando o ambiente em que se encontra a espécie, pois as diferentes pressões seletivas em relação a recursos hídricos, luz e temperatura acabam resultando em adaptações estruturais (Trugilho *et al.* 1996; Urbinati *et al.* 2003; Marchiori 2004; Ribeiro & Barros 2006) dentro dos limites do potencial genético de cada indivíduo (Silva 1992; Aguilar-Rodríguez *et al.* 2006). Informações relacionadas ao efeito dos fatores ambientais na estrutura, são também importantes para o aperfeiçoamento de planos de recuperação de florestas (Maranhão *et al.* 2006).

Para Blom & Voeselek (1996), plantas de mata ciliar desenvolvem adaptações que garantem a sobrevivência a longos períodos de cheia, através de mudanças nas características anatômicas. Espécies à margem de rios, que sofrem com alagamentos, podem apresentar adaptações em relação a diâmetro dos vasos, diâmetro das pontuações intervasculares, largura dos raios no parênquima axial, porcentagem de fibras, diâmetro das fibras, diâmetro do lume das fibras, espessura da parede da fibra, comprimento das fibras e frequência total de vasos por milímetro quadrado (Luchi 2004). Essas adaptações podem, ainda, resultar em casos de endemismo, visto que a ocorrência deste em uma determinada vegetação pode estar relacionada a histórias de distúrbios ambientais, geológicos e, ou, climáticos extremos, o que permitiu às espécies se tornarem restritas aos seus ambientes (Médail & Verlaque 1997; Barberis *et al.* 2005).

O gênero monoespecífico *Raulinoa* (Rutaceae), representado por *R. echinata* R.S.Cowan (Cowan & Smith 1973) ocorre apenas em Santa Catarina, sendo endêmica do vale do rio Itajaí-açu, e é um componente das florestas ciliares entre os municípios de Indaial e Ibirama. A espécie ocorre em agrupamentos densos, quase homogêneos, formando uma faixa que, em geral, não vai além de 5m em relação à linha de margem do rio, onde boa parte dos indivíduos pode permanecer parcialmente submersa (Cowan & Smith 1973). Mesmo com uma alta densidade local, as espécies endêmicas são vulneráveis, pois, devido à alta especialização, possuem poucos habitats disponíveis (Simon & Amaral 2003).

A espécie possui tronco fino e flexuoso apresentando espinhos, hábito arbustivo e de 2-3 m de altura (Cowan & Smith 1973). Algumas substâncias, como os limonóides, foram isoladas e apresentaram uma moderada inibição antiparasitária sobre a forma tripomastigota de *Trypanosoma cruzi* e um possível uso como fármacos com ação analgésica (Biavatti *et al.* 2002).

Dentre os poucos estudos disponíveis sobre *R. echinata*, nenhum é sobre a anatomia caulinar da espécie. Desse modo, o objetivo desse trabalho foi a obtenção de alguns aspectos microscópicos do lenho de *R. echinata*, que pudessem contribuir com o entendimento da resposta do lenho de plantas ao ambiente ciliar e também fornecer subsídios para os estudos de taxonomia de Rutaceae, para a qual, conforme Groppo *et al.* (2008), há a necessidade de reclassificação dos táxons supragenéricos.

2. Material e Métodos

O material lenhoso foi coletado de cinco indivíduos, sendo que, de cada um deles, foram coletadas duas amostras, uma a 15 cm do solo e uma a altura do peito, com o intuito de, também, visualizar diferenças na anatomia do lenho nestas duas regiões distintas.

A população desses indivíduos está localizada no município de Apiúna (SC), às margens rochosas do rio Itajaí-açu, 27° 02' 08" S e 49° 23' 23" W. O clima da região é mesotérmico úmido, com verão quente, temperatura média de 19,7 °C e com altitude de 87 m.s.m. (Bertol *et al.* 2000). Amostra da espécie foi coletada, herborizada, para confirmação da identificação, e depositada no Herbário Flor da Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis, SC) com o registro Adriano, Flor 36734.

Foram confeccionados três blocos para cada amostra coletada, orientados para a obtenção de secções anatômicas nos planos transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial. Como o diâmetro dos caules não era grande, foi possível obter blocos e, também, secções que apresentavam tanto o lenho juvenil quanto o maduro. Para a microtomia, os blocos foram amolecidos por fervura em água destilada e glicerina (1:1) durante 8 horas e seccionados em micrótomo de deslizamento, com espessura de 21 µm. As secções foram clarificadas com hipoclorito de sódio (20%), corados com azul de astra e safranina (Bukatsch 1972 *apud* Kraus & Arduin 1997), desidratados em série alcoólica ascendente (30%, 50%, 70%, 90% e duas vezes álcool absoluto), diafanizados em acetato de butila e montados em lâminas permanentes com verniz vitral (Acrilex[®]) (Paiva *et al.* 2006). No preparo de lâminas de tecido lenhoso dissociado, foi usada a técnica de maceração com solução de Franklin (Franklin 1945 *apud* Kraus & Arduin 1997), coloração com safranina e as etapas de desidratação e montagem de lâminas permanentes que seguiram o anteriormente descrito.

As descrições das características microscópicas da madeira estão de acordo com o trabalho de Herendeen & Miller (2000).

Para as fotografias e análises qualitativas e quantitativas foi utilizado o software Q Capture versão 5.1.1.14 para Windows acoplado ao microscópio Olympus BX51.

Os aspectos anatômicos qualitativos analisados foram: distribuição, arranjo, seção, apêndice, placa de perfuração e tipo de pontoação dos vasos; tipo de parênquima axial; composição celular e tipo de pontoação dos raios e tipo de raios; pontoações das fibras e tipo de fibras; e presença ou ausência de anéis de crescimento distintos. Os

aspectos quantitativos analisados foram: altura do raio (μm), freqüência de raios (raios/ mm^2), diâmetro radial do lúmen dos vasos (μm), freqüência de fibras (fibra/ mm^2), largura dos raios (células), freqüência de vasos múltiplos (vasos/ mm^2), freqüência total de vasos (vasos/ mm^2), comprimento das fibras (μm), comprimento do apêndice (μm), diâmetro das pontoações intervasculares (μm), espessura da parede das fibras (μm), diâmetro do lúmen das fibras (μm) e comprimento dos elementos de vaso (μm).

Para a análise quantitativa, através de mensurações e contagens, escolheram-se, aleatoriamente, três lâminas de cada indivíduo. Durante a mensuração de um aspecto anatômico, de cada lâmina, o campo visual localizado no canto direito e acima era escolhido e dele eram tiradas cinco medições. Já para a contagem de um aspecto anatômico por mm^2 , de cada lâmina, cinco campos visuais, com $200 \mu\text{m}^2$ cada, eram escolhidos: um de cada canto e um no centro. Ao todo, foram 15 valores, entre mensurações e contagens, de cada aspecto anatômico, por indivíduo e 75 valores, entre mensurações e contagens, de cada aspecto anatômico, por amostra. Para a análise estatística, foi utilizado o teste t de Student.

3. Resultados e Discussão

Embora já sejam conhecidas as diferenças entre as regiões basal e apical do lenho, simplesmente por serem oriundas destas regiões, independentemente de razões ambientais (Tomazello-Filho 1985; Lei *et al.* 1996; Rocha *et al.* 2004), as características qualitativas da anatomia do lenho de *R. echinata* não diferiram para as duas amostras, mais próxima do solo e mais próxima da copa. Urbinati *et al.* (2003) analisando diferenças anatômicas entre regiões apical e basal do caule, demonstraram algumas características qualitativas que também foram indiferentes às duas regiões. Além disso, as características qualitativas também podem se manter constantes em diferentes condições ambientais (Joshi 2000; Aguilar-Rodríguez *et al.* 2006; Ribeiro & Barros 2006). As respostas diretas as condições ambientais são, em geral, menores e apenas quantitativas (Chalk 1983). Assim sendo, para ambas as amostras as características encontradas foram:

Poros: Distribuição difusa, solitários e múltiplos radiais, tangenciais e racemiformes. Seção circular e ovalada (Fig. 1 e Fig. 2).

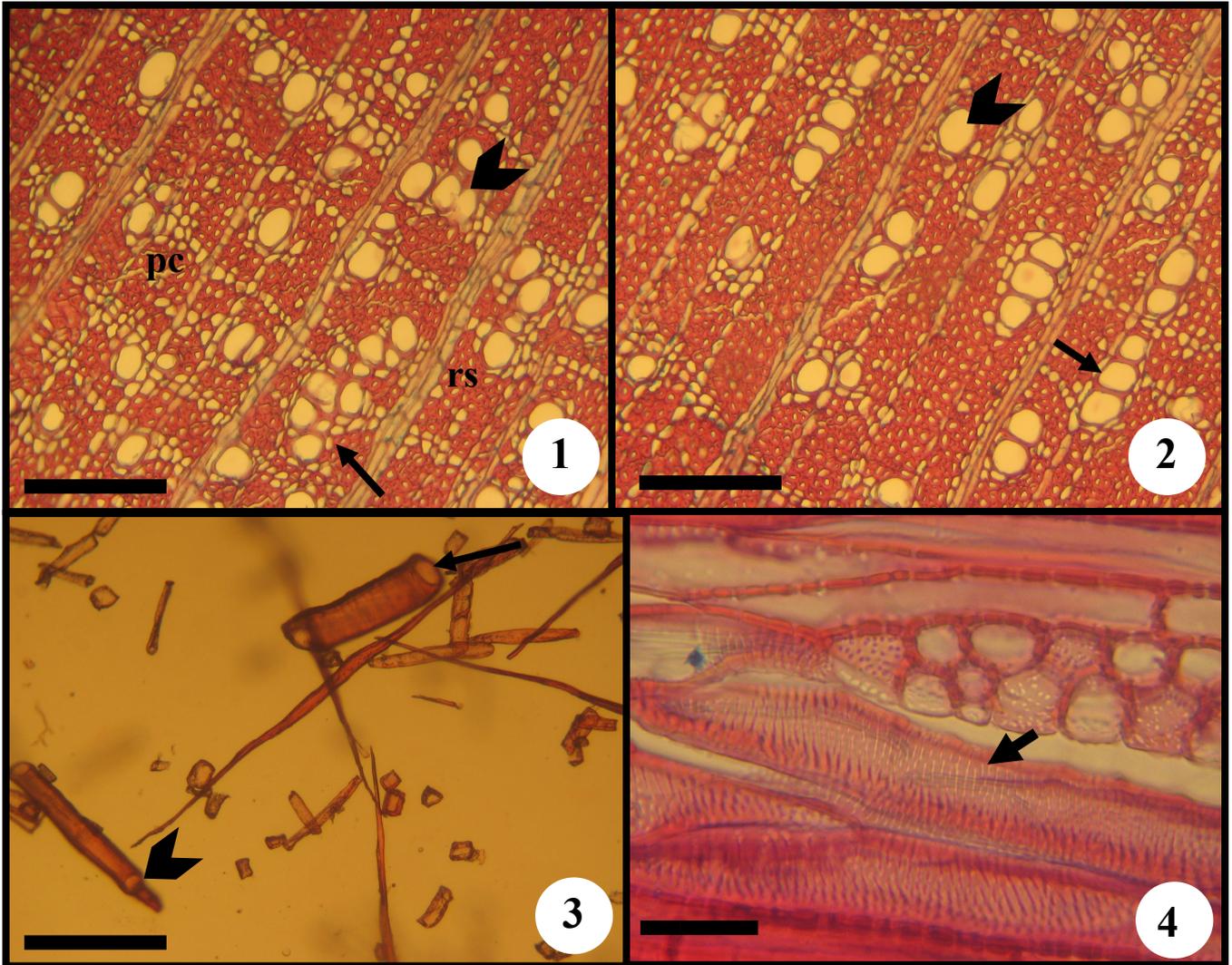
Parênquima axial: Paratraqueal escasso, vasicêntrico, aliforme e aliforme confluyente. Seriado. Não estratificado (Fig. 1 e Fig. 2).

Elementos de vaso: Apêndice presente em uma, nas duas extremidades ou ausente. Placa de perfuração simples e oblíqua ou praticamente perpendicular aos vasos (Fig. 3). As pontoações intervasculares são simples, poligonais e alternas (Fig. 4).

Raios: Unisseriados e multisseriados, heterocelulares com uma ou duas fileiras de células marginais eretas ou quadradas (Fig. 5). Alguns fusionados (Fig. 6). As pontoações são semelhantes as intervasculares.

Fibras: Do tipo libriforme, septadas (Fig. 6), com pontoações areoladas diminutas.

Outras características: Anéis de crescimento distintos, marcados por longa camada de fibras achatadas radialmente no lenho tardio (Fig. 7).



Figuras 1-4: Aspectos anatômicos da madeira de *Raulinoa echinata*. 1. No plano transversal destacam-se: vasos múltiplos racemiformes (seta) e tangenciais (ponta de seta) (Barra = 100 μ m). 2. Ainda no plano transversal destaca-se: vasos solitários (ponta de seta) e radiais (seta) (Barra = 100 μ m). 3. Na análise dos elementos vasculares, utilizando a técnica de maceração, destaca-se: vasos sem nenhum apêndice (seta) e com apêndice em uma das extremidades (ponta de seta) (Barra = 100 μ m). 4. No plano longitudinal radial, destacam-se as pontoações intervasculares simples e alternas (seta) (Barra = 30 μ m). pc - parênquima paratraqueal vasicêntrico confluyente; rs – raios.

Raulinoa echinata apresenta distribuição difusa dos vasos. Essa característica é comum em espécies que habitam regiões com clima que não sofre muitas alterações e em espécies não decíduas (Boura & Franceschi 2007), além de contribuir para o eficiente transporte de água (Vieira 1994).

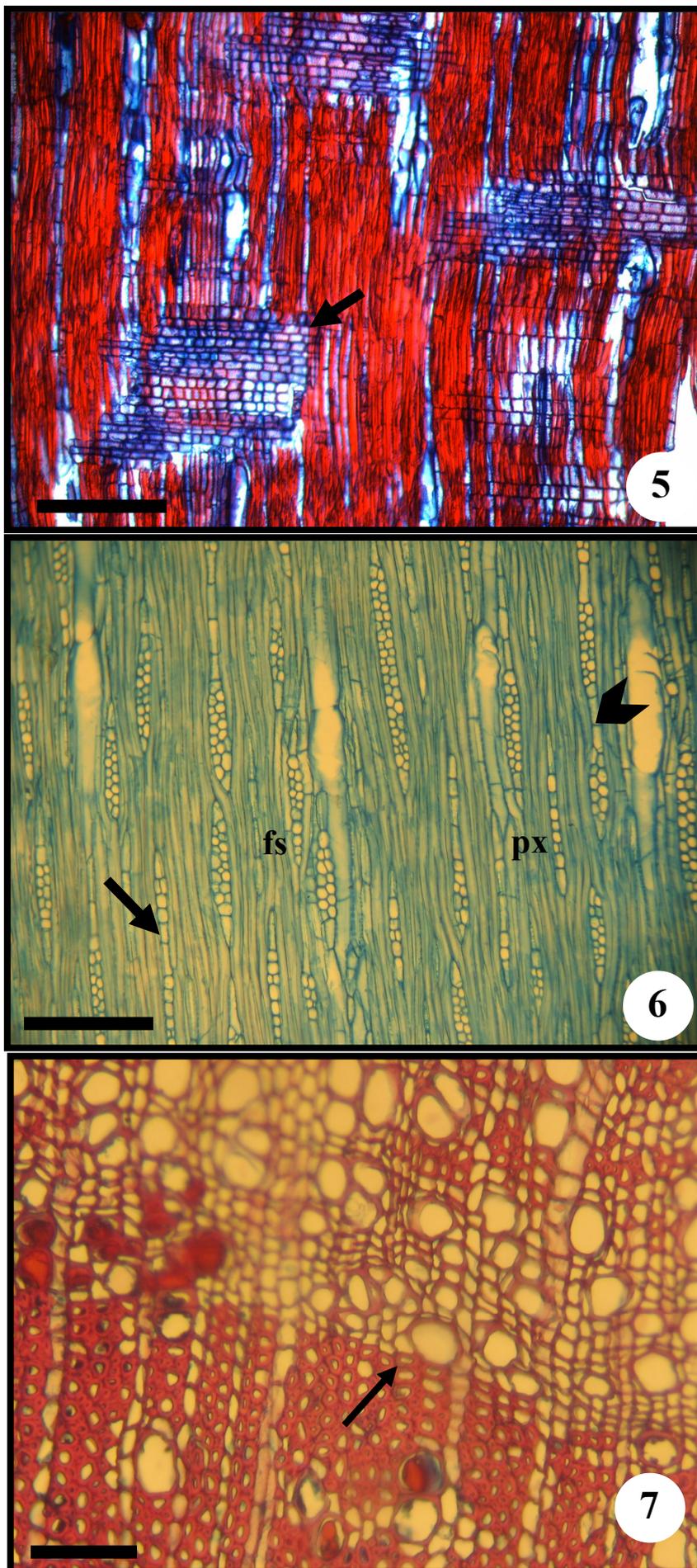
A presença de parênquima paratraqueal escasso, vasicêntrico, aliforme e confluyente, presente em *R. echinata*, já foi atestada em *Zanthoxylum* (Rutaceae), assim como a presença de pontoações com formato poligonal (não-circular), com exceção da

espécie *Z. rhoifolium* Lam. que apresenta pontoações com formato circular (Loureiro *et al.* 1981; Mendes *et al.* 1999).

De acordo com a distribuição difusa dos vasos, com predominância dos vasos geminados, *R. echinata* assemelha-se a *Zanthoxylum dellomei* (Albuq.) Waterman. Mesmo com a presença de alguns raios unisseriados, a espécie *R. echinata* apresenta a predominância dos raios multisseriados. Essa característica também é comum para o gênero *Zanthoxylum* (Loureiro *et al.* 1981; Mendes *et al.* 1999).

Outras semelhanças com *Zanthoxylum*, de acordo com o trabalho de Mendes e colaboradores (1999): parênquima axial seriado e não estratificado; elementos vasculares com ou sem apêndices em uma ou em ambas as extremidades; placa de perfuração simples; e fibras libriformes e septadas, com pontoações simples areoladas, muito pequenas – características citadas para *Zanthoxylum tingoassuiba* St. Hil. Em contrapartida, diferenças também podem ser apontadas, pois *Z. tingoassuiba* apresenta predominância de raios homocelulares e em *R. echinata* é visível a predominância de raios heterocelulares. Além disso, *R. echinata* apresenta raios fusionados, placa de perfuração praticamente perpendicular ao elemento de vaso e vasos múltiplos tangencias e racemiformes, características não presentes nessa espécie de *Zanthoxylum*.

Características anatômicas qualitativas referidas para Rutaceae, além daquelas já citadas para *Zanthoxylum*, estão presentes também em *R. echinata*: parênquima paratraqueal (Metcalf & Chalk 1957; Watson & Dallwitz 1994) aliforme e confluyente, raios heterocelulares, vasos múltiplos radiais, pontoações alternas, pontoações dos raios similares as pontoações intervasculares (Metcalf & Chalk 1957). Pontoações intervasculares areoladas, embora citadas para a família (Watson & Dallwitz 1994), não estão presentes em *R. echinata*. Metcalf & Chalk (1957) citam, ainda, para Rutaceae, vasos nunca exclusivamente solitários. *R. echinata* enquadra-se nesse padrão, contudo, juntamente com vasos solitários, apresentou vasos múltiplos tangenciais e recemiformes, características até então não descritas para a família Rutaceae. Vasos múltiplos são frequentemente observados em espécies de mata ciliar (Hacke & Sperry 2001). Os agrupamentos de vasos podem garantir eficiência e segurança para a condução hídrica, pois fornecem rotas alternativas quando o embolismo ocorre (León 2005; Sperry *et al.* 2006), assim, são comuns em plantas de ambientes secos (León 2005). Porém, Luchi (2004) relacionou uma maior concentração de vasos geminados com plantas vivendo em ambientes alagados.



Figuras 5-7: Aspectos anatômicos da madeira de *Raulinoa echinata*. 5. No plano longitudinal radial destacam-se os raios heterocelulares (seta) (Barra = 100 μ m). 6. No plano longitudinal radial, destacam-se: raios unisseriados (seta) e fusionados (ponta de seta) (Barra = 100 μ m). 7. Fibras achatadas radialmente no lenho tardio visualizadas no plano transversal (seta) (Barra = 100 μ m). fs – fibras septadas; px - parênquima axial.

Não foram observadas, em *R. echinata*, cavidades secretoras de óleo, característica comum para a família Rutaceae (Watson & Dallwitz 1994).

A ocorrência de fibras septadas é apontada como um fator importante na distinção de espécies, segundo a anatomia da madeira em dicotiledôneas (Itabashi *et al.* 2000). Já a ocorrência da longa camada de fibras achatadas radialmente, pode estar relacionada com um período de seca pelo qual passam as plantas (Luchi 2004).

A presença de placas de perfuração simples garantem para *R. echinata* um eficiente sistema hidráulico (Schneider & Carlquist 1998; Sperry *et al.* 2006) e são comuns em plantas que vivem em ambientes com disponibilidade de água variável (Schneider & Carlquist 1998), contudo, são mais favoráveis para a ocorrência de embolismo (Sperry *et al.* 2006). Pontoações simples, presentes em *R. echinata*, são também mais suscetíveis ao embolismo (Jansen *et al.* 2004), porém, por serem, ainda, alternas, são mais eficientes na condução hídrica (León 2005).

Raulinoa echinata, por apresentar vasos curtos, placa de perfuração simples, pontoações intervasculares alternas, fibras libriiformes e parênquima paratraqueal, é identificada como uma espécie que apresenta características derivadas (Stern 1978; Carnieletto & Marchiori 1993; Pinho *et al.* 1992; León 2005). Porém, apresenta, também, algumas características primitivas, como: elementos axiais não estratificados (Burger & Richter 1991) e raios heterocelulares (Stern 1978).

Os resultados obtidos com a análise quantitativa do lenho de *R. echinata* para as duas amostras, mais próxima do solo e mais próxima da copa, estão expressos na Tabela 1.

Fazendo-se uma avaliação dos dados quantitativos obtidos neste estudo, com os apresentados por Metcalfé & Chalk (1957), verifica-se que o comprimento médio das fibras citado para a família, de 600 a 1300 μm , não está de acordo com o que foi encontrado para as fibras de *R. echinata*, pois somente valores menores que 600 μm ocorrem nessa espécie (Tab. 1). O mesmo ocorreu com a largura dos raios, pois esta espécie apresentou valores abaixo de 2 células (Tab. 1), valor mínimo citado para Rutaceae, e com o comprimento do elemento de vaso, apresentando comprimentos médios abaixo de 200 μm (Tab. 1), valor mínimo citado para Rutaceae.

Tabela 1 – Características quantitativas do lenho de *Raulinoa echinata* para as duas amostras coletadas, mais próxima do solo e a altura do peito. Valores médios acompanhados de desvio padrão. Letras iguais não diferem estatisticamente, segundo o Teste t de Student.

	Próxima do solo	Altura do peito
Altura do raio (μm)	204,0196 ($\pm 89,38$) ^a	252,387 ($\pm 120,57$) ^b
Frequência de raios (raios/ mm^2)	50,45 ($\pm 9,48$) ^a	39,17 ($\pm 10,09$) ^b
Diâmetro radial do lúmen dos vasos (μm)	19,3 ($\pm 8,24$) ^a	23,418 ($\pm 8,975$) ^b
Frequência de fibras (fibra/ mm^2)	870,2 ($\pm 181,29$) ^a	929,46 ($\pm 173,02$) ^b
Largura dos raios (células)	1,73 ($\pm 0,68$) ^a	1,65 ($\pm 0,69$) ^a
Frequência de vasos múltiplos (vasos/ mm^2)	15,47 ($\pm 4,11$) ^a	21,17 ($\pm 5,81$) ^b
Frequência total de vasos (vasos/ mm^2)	38,62 ($\pm 8,61$) ^a	59,93 ($\pm 12,57$) ^b
Comprimento das fibras (μm)	471,33 ($\pm 128,05$) ^a	438,02 ($\pm 100,07$) ^a
Comprimento do apêndice (μm)	26,3 ($\pm 12,54$) ^a	21,66 ($\pm 8,4$) ^b
Diâmetro das pontoações intervasculares (μm)	2,35 ($\pm 0,82$) ^a	1,65 ($\pm 0,36$) ^b
Espessura da parede das fibras (μm)	5,27 ($\pm 1,26$) ^a	5,14 ($\pm 1,9$) ^a
Diâmetro do lúmen das fibras (μm)	11,79 ($\pm 3,25$) ^a	12 ($\pm 4,38$) ^a
Comprimento do elemento de vaso (μm)	155,06 ($\pm 37,72$) ^a	179,48 ($\pm 48,44$) ^b

Ainda avaliando os dados quantitativos, utilizando Metcalfe & Chalk (1957), a frequência dos raios citada para Rutaceae, de 7 a 10 raios por mm^2 , é inferior àquela encontrada em *R. echinata* (Tab. 1). A frequência de vasos, para esta espécie, apresentou valores maiores (Tab. 1) do que os valores máximos citados para a família, 40 vasos por mm^2 . Em seu trabalho com espécies de Rutaceae endêmicas da Nova Zelândia, Heenan & Moar (1997) também apresentaram espécies com frequência total de vasos superior àquela citada para esta família: 59 vasos por mm^2 para *Melicope simplex* A. Cunn. e 199 vasos por mm^2 para *Phebalium nudum* Hook..

Contudo, a altura dos raios de *R. echinata* está condizente com a da família, já que para as Rutaceae (Metcalfe & Chalk 1957) e para essa espécie (Tab. 1) são comuns raios com menos do que 1000 μm de altura.

Assim, *R. echinata* apresenta elementos de vaso com comprimentos menores e em maior quantidade por mm^2 em relação ao que já foi citado para as Rutaceae. A presença de elementos de vaso numerosos (Carlquist & Hoekman 1985; Pinho *et al.* 1992; Vieira 1994; Heenan & Moar 1997; Aguilar-Rodríguez *et al.* 2006) e curtos (Carlquist & Hoekman 1985; Heenan & Moar 1997; León 2005) são comuns em ambientes com baixa disponibilidade de água, tais características conferem maior segurança à condutividade hídrica (Carlquist & Hoekman, 1985; Pinho *et al.* 1992), importantes, assim, para evitar o embolismo (Villar-Salvador *et al.* 1997). Já para Luchi (2004) e León (2005), a maior quantidade de elementos de vaso por mm^2 é comum também em plantas de ambientes úmidos e alagados. Contudo, a própria quantidade de elementos de vaso por mm^2 pode influenciar no comprimento dessa estrutura, sendo que quanto maior a quantidade menor será o comprimento (Joshi 2000). Dessa forma, o comprimento dos elementos de vaso não necessariamente pode ser influenciado pela quantidade de água disponível no ambiente (Furukawa 2000).

Para Aguilar-Rodríguez *et al.* (2006), plantas sob altas temperaturas médias anuais também apresentam elementos de vaso em grandes quantidades e, para Villar-Salvador *et al.* (1997), plantas que apresentam poros difusos, como *R. echinata*, apresentam, também, elementos de vaso menores.

Os valores para a largura dos raios, também foram diferentes daqueles citados para Rutaceae, sendo a largura dos raios de *R. echinata* menor do que o valor mínimo citado para a largura dos raios dessa família. Raios menores ocorreram em plantas submetidas a altas temperaturas médias anuais e também a pouca disponibilidade hídrica (Aguilar-Rodríguez *et al.* 2006). Já para Luchi (2004), uma largura pequena dos raios é comum em plantas que vivem em ambientes úmidos e alagados.

Em relação ao comprimento das fibras citado para as Rutaceae, as fibras de *R. echinata* são consideradas curtas, pois alguns valores estão abaixo ou próximos do valor mínimo esperado para a família. Fibras curtas são comuns em plantas vivendo em ambientes secos (Viera 1994; Furukawa 2000; Luchi 2004; Aguilar-Rodríguez *et al.* 2006) ou úmidos, mas não em alagados (Luchi 2004). Fibras curtas, ainda, são comuns em plantas sob altas temperaturas médias anuais (Aguilar-Rodríguez *et al.* 2006).

Já a alta quantidade de raios por mm^2 , em relação ao que é comum para a família Rutaceae, encontrada em *R. echinata*, é comum em plantas vivendo em ambientes alagados (Luchi 2004).

Muitas características anatômicas de *R. echinata*, quando analisadas quantitativamente, diferiram de acordo com a distâncias das amostras em relação ao solo (Tab. 1). Contudo, o comprimento das fibras não apresentou diferenças significativas (Tab. 1). O mesmo ocorreu com os estudos de Lei *et al.* (1996) e Urbinati *et al.* (2003), quando esses analisaram também amostras de duas alturas diferentes do caule.

O diâmetro do lúmen das fibras, para *R. echinata*, não apresentou diferenças entre as duas amostras do caule. Contudo, lúmens de diâmetros maiores, já foram observados na região próxima ao solo (Tomazello-Filho 1985; Rocha *et al.* 2004).

Em *R. echinata*, a amostra coletada a altura do peito, foi a que apresentou a maior quantidade de elementos de vaso por mm^2 (Tab. 1), fato que já foi observado com outras espécies (Silva 1992; Bernal-Salazar & Terrazas 2005). Além disso, ao longo do caule, usualmente, ocorre transporte basípeto de auxina e, assim, freqüentemente se observa maior número de vasos no ápice, próximo à copa (Urbinati *et al.* 2003).

A amostra coletada a altura do peito foi a que apresentou, também, o maior diâmetro dos vasos (Tab. 1), algo, também, já relatado para outra espécie (Dodd 1984), que garantem um maior fluxo hídrico (Carlquist 2001; Jansen *et al.* 2004; Bernal-Salazar & Terrazas 2005; Maranhão *et al.* 2006), porém possuem um maior risco de cavitação (Pinho *et al.* 1992; Jansen *et al.* 2004; Maranhão *et al.* 2006), ainda mais quando estão presentes na região próxima a copa (Hacke & Sperry 2001).

O poder de condução da amostra do caule a altura do peito em *R. echinata*, se torna maior devido a presença, também nessa amostra, dos vasos de comprimento maior (Tab. 1) que são os grandes responsáveis pelo abastecimento hídrico (Pinho *et al.* 1992; Villar-Salvador *et al.* 1997). Vasos grandes na região do caule a altura do peito, já ocorreram em outras plantas (Flörsheim *et al.* 1999).

Diâmetro e comprimento do vaso podem estar relacionados, sendo que, quanto maior o diâmetro do vaso, maior o comprimento desse (Sperry *et al.* 2006). Essa relação foi observada em *R. echinata*, visto que a amostra do caule a altura do peito apresentou o maior diâmetro e o maior comprimento do elemento de vaso (Tab. 1).

Fazendo uso dos valores do diâmetro médio do vaso, da freqüência total de vasos por mm^2 e do comprimento médio dos elementos de vaso, é possível calcular o índice de vulnerabilidade - diâmetro médio do vaso dividido pelo frequência dos vasos ($\text{n}^\circ/\text{mm}^2$) - e a mesomorfia - vulnerabilidade multiplicada pelo comprimento médio dos elementos de vaso. Essas medidas são padrões no estudo da relação entre madeira e ecologia (Carlquist 1977).

Os valores encontrados para as duas amostras coletadas do caule de *R. echinata* foram: região próxima ao solo, vulnerabilidade, 0,5, e mesomorfia, 77,53; região a altura do peito, vulnerabilidade, 0,39, e mesomorfia, 69,99. Segundo Carlquist (1977), quando a vulnerabilidade é menor que 1 ou a mesomorfia é abaixo de 75, então se tem características adaptadas as condições xéricas. Plantas de ambiente ripário apresentam mesomorfia (Carlquist 2001), porém as duas amostras do caule de *R. echinata* mostraram ser adaptadas ao ambiente xérico, apresentando a xeromorfia. Esse aspecto, em comunhão com outras características já citadas, como fibras achatadas e agrupamentos de vasos, que são relacionadas com a falta de água, pode ser compreendido se for levado em consideração o fato da espécie manter suas raízes sobre e entre as rochas, tendo a disposição pouca água nesse substrato.

Não houve diferenças, entre as duas amostras do caule, para a espessura da parede das fibras, em *R. echinata* (Tab. 1). Resultado semelhante encontra-se nos trabalhos de Urbinati *et al.* (2003) e Rocha *et al.* (2004), pois esses autores também não encontram diferenças na espessura da parede das fibras nas duas regiões do caule, próximo ao solo e próximo à copa.

Para *R. echinata*, as amostras não diferiram estatisticamente para a característica largura dos raios (Tab. 1). O mesmo aconteceu com Rocha *et al.* (2004), ao analisar a largura dos raios, de amostras próximas ao solo e distantes desse, da espécie *Eucalyptus grandis*. Nesse mesmo trabalho, não foi encontrado diferenças entre a quantidade de raios das amostras próxima da copa e próxima do solo, algo que não ocorreu com *R. echinata*, visto que a amostra próxima ao solo apresentou uma maior quantidade de raios por mm² em relação à outra amostra. Já a altura dos raios, em *R. echinata*, foi maior na amostra do caule a altura do peito (Tab. 1). Um maior tamanho dos raios garante maior resistência a tensões, evitando, assim, fissuras e quebras na madeira (Burgert & Eckstein 2000), algo muito útil para a espécie, considerando que a copa da vegetação ciliar sofre com as fortes correntezas dos rios quando esses estão acima do seu leito normal (época de cheias), muitas vezes ocasionando quebras dos galhos.

4. Conclusão

Algumas características anatômicas quantitativas da espécie não estão de acordo com o que já foi apontado para Rutaceae e podem ser referidas como adaptações ao ambiente ripário. Cita-se o comprimento e a frequência das fibras, a largura e a frequência dos raios e o comprimento e a frequência dos elementos de vaso.

A espécie apresenta características anatômicas que podem levar ao embolismo, como placas de perfuração e pontuações simples, porém, características, como vasos múltiplos e bem numerosos, podem diminuir o efeito negativo da ocorrência do embolismo, pois, nesse caso, possibilitam caminhos alternativos para a água.

As duas amostras, de duas diferentes alturas do caule, próxima do solo e a altura do peito, diferiram quantitativamente em algumas características anatômicas. Talvez alguns fatores ambientais, como as fortes correntezas, aumentando a quantidade de fibras na parte aérea, a fim de evitar quebras dos ramos, sejam os responsáveis por essas diferenças, em comunhão com as naturais e comuns diferenças presentes entre duas alturas distintas do caule, o ápice e a base.

Dessa forma, muitas dessas características podem ser importantes, inclusive, para explicar o endemismo da espécie e a forte dependência com o ambiente ciliar, evidenciada pelo fato, observado em campo, de não ser encontrada além da margem do rio.

Contudo, outros estudos são recomendados para evidenciar melhor a relação dessa espécie com o ambiente, buscando caracterizar outras estruturas e comportamentos da espécie e as peculiaridades do ambiente reofítico, haja vista, também, a grande carência de estudos sobre essa espécie e sobre esse ambiente.

5. Referências bibliográficas

- AGUILAR-RODRÍGUEZ, S.; TERRAZAS, T. & LÓPEZ-MATA, L. 2006. Anatomical wood variation of *Buddleja cordata* (Buddlejaceae) along its natural range in Mexico. **Trees** **20**: 253–261.
- BARBERIS, G; CASAZZA, G. & MINUTO, L. 2005. Ecological characteristics and rarity of endemic plants of the Italian Maritime Alps. **Biological Conservation** **123**: 361-371.
- BASS, P.; WHEELER, E. & CHASE. 2000. Dicotyledonous wood anatomy and the APG system of angiosperm classification. **Botanical Journal of Linnean Society** **134**: 3-17.
- BERNAL-SALAZAR, S. & TERRAZAS, T. 2005. Wood anatomical variation of *Neobuxbaumia tetetzo*: A columnar Cactaceae. **Journal of Arid Environments** **63**: 671–685.
- BERTOL, I; DE ALMEIDA, J. A.; DE ALMEIDA, E. X. & KURTZ, C. 2000. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem de capim-elefante-anão CV. MOTT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **35(5)**: 1047-1054.
- BIAVATTI, M. W.; ALBUQUERQUE, S.; VIEIRA, P. C.; SILVA, M. F. G. F.; FERNANDES, J. B. 2002. Triterpenoid constituents of *Raulinoa echinata*. **Journal of the Natural Products** **65(4)**: 562-565.
- BLOM, C. W. P. M. & VOESENEK, L. A. C. J. 1996. Flooding: the survival strategies of plants. **Tree** **11(7)**: 290-295.
- BOURA, A. & FRANCESCHI, D. 2007. Is porous wood structure exclusive of deciduous trees? **Comptes Rendus Palevol** **6**: 385-391.
- BURGER, L.M. & RICHTER, H.G. 1991. Anatomia da Madeira. **Nobel**. São Paulo. 154p.

- BURGERT, I. & ECKSTEIN, D. 2000. Does the ray tissue contribute to the biomechanics of living trees? In: KIM, Y.S. (Ed.). New horizons in wood anatomy. **Chonnam Natnl University Press**, Kwangju – Korea. Pg. 123-127.
- CARLQUIST, S. 1977. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. **American Journal of Botany** **64**: 887-896.
- CARLQUIST, S. 2001. Wood anatomy of the endemic woody Asteraceae of St Helena I: phyletic and ecological aspects. **Botanical Journal of the Linnean Society** **137**: 197-210.
- CARLQUIST, S. & HOEKMAN, D. A. 1985. Ecological wood anatomy of the woody southern Californian flora. **Iawa Bulletin** **6(4)**: 319-347.
- CARNIELETTO, C. & MARCHIORI, C. 1993. Anatomia da madeira de *Mimosa eriocarpa* Benth. **Revista Ciência Florestal** **3(1)**: 107-120.
- CHALK, L. 1983. The effects of ecological conditions on wood anatomy. In: METCALFE, C. R. & CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons**. Vol. II. 2^a Ed. **Claredon Press**, Oxford. Pg. 152-156
- COWAN R.S. & SMITH L.B. 1973. Rutáceas. In: REITZ, R. **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí - SC. Pg. 48-51.
- DODD, R.S. 1984. Radial and tangential diameter variation of wood cells within trees of *Acer pseudoplatanus*. **IAWA Bulletin** **5**: 253-257.
- FLÖRSHEIM, S.M.B.; TOMAZELLO-FILHO, M. & SPEGIORIN, L. 1999. Variação das dimensões no sentido medula-casca e basetopo de árvores de aroeira *Myracrodruon urundeuva* F.F. & A.F. Allemão (Anacardiaceae). **Revista do Instituto Florestal** **11(2)**: 159-71.

- FURUKAWA, I. 2000. The influence of water deficiency on the formation of wood fiber of *Caragana korshinskii* planted in the China deserts. In: KIM, Y.S. (Ed.). New horizons in wood anatomy. **Chonnam Natnl University Press**, Kwangju – Korea. Pg. 138-144.
- GROPPO, M.; PIRANI, J. R.; SALATINO, M. L. F.; BLANCO, S. R. & KALLUNKI, J. A. 2008. Phylogeny of Rutaceae based on twononcoding regions from cpDNA. **American Journal of Botany**. 95:985-1005.
- HACKE, U.G. & SPERRY, J.S. 2001. Functional and ecological xylem anatomy. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics** 4(2): 97-115.
- HEENAN, P.B. & MOAR, N.T. 1997. Wood anatomy of the dicotyledons indigenous to new zealand. 26. Rutaceae. **New Zealand Journal of Botany** 35: 229-242.
- HERENDEEN, P. S. & MILLER, R. B. 2000. Utility of wood anatomical characters in cladistic analyses. **IAWA Jornal** 21(3): 247-276.
- ITABASHI, T.; YOSHIZAWA, N. & IDEI, T. 2000. The seasonal occurrence and histological features of septate wood fibers in some japanese hardwoods. In: KIM, Y.S. (Ed.). New horizons in wood anatomy. **Chonnam Natnl University Press**, Kwangju – Korea. Pg. 106-110.
- JANSEN, S.; BASS, P.; GASSON, P. LENS, F. & SMETS, E. 2004. Variation in xylem structure from tropics to tundra: evidence from vestured pits. **PNAS** 101(23): 8833-8837.
- JOSHI, L. 2000. Ecological wood anatomy of *Alnus nepalensis* (Betulaceae) in central Nepal. In: KIM, Y.S. (Ed.). New horizons in wood anatomy. **Chonnam Natnl University Press**, Kwangju – Korea. Pg. 288-295.
- KRAUS, J. E. & ARDUIN, M. 1997. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. **EDUR**. Seropédica. 198p.

- LEI, H.; MILOTA, M. R. & GARTNER, B. L. 1996. Between – and within- tree variation in the anatomy and specific gravity of wood in oregon white oak (*Quercus garryana* Dougl.). **IAWA Journal** **17(4)**: 445-461.
- LEÓN, H. W. J. 2005. Anatomía ecológica de xilema secundario de un bosque seco tropical de Venezuela. **Acta Botánica Venezuelica** **28(2)**: 257-274.
- LOUREIRO, A.A.; VASCONCELLOS, F.J. & ALBUQUERQUE, B.W.P. 1981. Anatomia do lenho de 4 espécies de *Zanthoxylum linnaeus* (Rutaceae) da Amazônia. **Acta Amazônica** **11**: 809-820.
- LUCHI, A. E. 2004. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasileira de Botânica** **27(2)**: 271-280.
- MARANHO, L.T.; GALVÃO, F.; de MUÑIZ, G.I.B.; KUNIYOSHI, Y.S. & PREUSSLER, K.H. 2006. Variação dimensional das traqueídes ao longo do caule de *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl., Podocarpaceae. **Acta Botanica Brasilica** **20(3)**: 633-640.
- MARCHIORI, J. N. C. 2004. Elementos de dendrologia. 2ª Ed. **Editora UFSM**. Santa Maria. 176p.
- MÉDAIL, F. & VERLAQUE, R. 1997. Ecological characteristics and rarity of endemic plants from southeast France and Corsica: implications for biodiversity conservation. **Biological Conservation** **80**: 269-281.
- MENDES, L.M.; SILVA, J.R.M.; TRUGILHO, P.F. & LOPES, G.A. 1999. Anatomia e características físico-químicas da madeira de *Zanthoxylum tingoassuiba* St. Hil. de ocorrência na região de Lavras/MG. **CERNE** **5(1)**:15-25.
- METCALFE, C. R. & CHALK, L. 1957. Anatomy of the Dicotyledons. Vol. I. **Oxford University Press**, London. Pg. 305-316.

- PAIVA, J. G. A.; FANK-DE-CARVALHO; S. M.; MAGALHÃES, M. P. & RIBEIRO, D. G. 2006. Verniz vitral incolor 500[®]: uma alternativa de meio de montagem economicamente viável. **Acta Botanica Brasílica** **20(2)**: 257-264.
- PINHO, R. A.; MAZZONI-VIVEIROS, S. C. & SAJO, M.G. 1992. Contribuição ao estudo anatômico do lenho de árvores da flora dos cerrados IV. São Paulo, Brasil. **Hoehmea** **19(1/2)**: 171-183.
- RIBEIRO, M. L. R. C. & BARROS, C. F. 2006. Variação intraspecífica do lenho de *Pseudopiptadenia contorta* (DC.) G.P. Lewis & M.P. Lima (Leguminosae - Mimosoideae) de populações ocorrentes em dois remanescentes de Floresta Atlântica. **Acta Botanica Brasílica** **20(4)**: 839-844.
- ROCHA, F. T.; FLORSHEIM, S. M. B. & COUTO, H. T. Z. 2004. Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos sete anos. **Revista Instituto Florestal** **16(1)**: 43-45.
- SCHNEIDER, E. L. & CARLQUIST, S. 1998. Origin and nature of vessels in monocotyledons. 4. Araceae subfamily Philodendroideae. **Journal of the torrey botanical society** **125(4)**: 253-260.
- SILVA, C. A. 1992. Variação dimensional dos elementos xilemáticos em duas espécies madeireiras da Amazônia. **Acta Amazonica** **22**: 261-274.
- SIMON, M. F. & AMARAL, M. F. 2003. *Mimosa splendida* Barneby (Mimosoideae, Leguminosae) rediscovered in Central Brazil: preliminary studies for conservation of a rare species. **Revista Brasileira Botânica** **26(1)**: 93-96.
- SPERRY, J. S.; HACKE, U. G. & PITTERMANN, J. 2006. Size and function in conifer tracheids and angiosperm vessels. **American Journal of Botany** **93(10)**: 1490-1500.
- STERN, W. L. 1978. A retrospective view of comparative anatomy, phylogeny, and plant taxonomy. **Iawa Bulletin** **2(3)**: 33-39.

- TOMAZELLO-FILHO, M. 1985. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **IPEF 29**: 37-45.
- TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T. & MENDES, L. M. 1996. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **CERNE 2(1)**: 94-111.
- URBINATI, C.V.; AZEVEDO, A.A.; da SILVA, E.A.M. & LISBOA, P.L.B. 2003. Variação estrutural quantitativa no lenho de *Terminalia ivorensis* A. Chev., Combretaceae. **Acta Botanica Brasilica 17(3)**: 1-25.
- VIEIRA, R.C. 1994. Estrutura do caule de *Bauhinia radiata* Vell. em diferentes ambientes. **Revista brasileira de biologia 54(2)**: 293-310.
- VILLAR-SALVADOR, P.; CASTRO-DÍEZ, P.; PÉREZ-RONTOMÉ, C. & MONTSERRAT-MARTÍ, G. 1997. Stem xylem features in three *Quercus* (Fagaceae) species along a climatic gradient in NE Spain. **Trees 12**: 90-96.
- WATSON, L. & DALLWITZ, M.J. 1994. The families of flowering Plants. CD-ROM. Version 1.0 for MS-DOS. **CSIRO Publications**: Melbourne.