

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

DENSIDADE ESTOMÁTICA E POROSIDADE FOLIAR DE  
VINTE ESPÉCIES LENHOSAS ENCONTRADAS NO CERRADO.

São Carlos- SP  
2002

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**DENSIDADE ESTOMÁTICA E POROSIDADE FOLIAR DE VINTE**  
**ESPÉCIES LENHOSAS ENCONTRADAS NO CERRADO**

**GERSON RICARDO NARCIZO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais, área de concentração :  
(Ecofisiologia Vegetal)

**SÃO CARLOS - SP**

**2002**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

N222de

Narcizo, Gerson Ricardo.

Densidade estomática e porosidade foliar de vinte espécies lenhosas encontradas no cerrado / Gerson Ricardo Narcizo. -- São Carlos : UFSCar, 2003.

61 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2002.

1. Estômato. 2. Porosidade foliar. 3. Densidade estomática. 4. Cerrado I. Título.

CDD: 581.42 (20ª)

Orientador

Prof. Dr. João Juarez Soares

### **Dedicatória**

À minha mãe dona Rosa ,  
a meu pai seu Paulo, a  
meus irmãos e as meus  
filhos Geovana e João  
Pedro por tudo àquilo que  
representam em minha  
vida.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente ao Prof. João Juarez Soares, pela orientação, compreensão e paciência, sem as quais não seria possível a realização dessa dissertação.

Agradeço também a Profa. Maria Inês pelo auxílio na identificação do material botânico.

Agradeço ao prof. Marcos Arduim pela ajuda na preparação e observação dos cortes histológicos e pelo uso do espaço físico do laboratório de anatomia vegetal.

Agradeço ao CNPQ pela bolsa a mim concedida

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais (PPGERN) na pessoa do Dr. José Eduardo.

Agradeço ao técnico Casale, ao Ademir, seu Luiz, à Silmara, à Gisele ao Caique todos do departamento de Botânica pela ajuda e amizade de todos.

Quero agradecer aos meus irmãos Paulo, Renata, Rosângela e Rita por todos os momentos que passamos juntos, e que muito me ajudaram a transpor as mais difíceis barreiras.

Como todo agradecimento, sempre algumas pessoas que contribuíram para a realização de um determinado trabalho deixam de ser citadas, gostaria aqui de agradecer a todos que de alguma forma me ajudaram para a realização desta dissertação.

**LISTA DAS FIGURAS E TABELAS**

Figura 1: <i>Anacardium humile</i> .....	13
Figura 2: <i>Anacardium nanum</i> .....	14
Figura 3: <i>Andira humilis</i> .....	15
Figura 4: <i>Annona coriacea</i> .....	15
Figura 5: <i>Byrsonima coccolobifolia</i> .....	16
Figura 6 <i>Byrsonima intermedia</i> .....	16
Figura 7: <i>Casearia sylvestris</i> .....	17
Figura 8: <i>Campomanesia aromatica</i> .....	18
Figura 9: <i>Copaifera lansdorffii</i> .....	18
Figura 10: <i>Eriotheca gracilipes</i> .....	19
Figura 11: <i>Kielmeiera coriacea</i> .....	20
Figura 12: <i>Miconia lingustroides</i> .....	21
Figura 13: <i>Myrcia lingua</i> .....	21
Figura 14: <i>Pera glabrata</i> .....	22
Figura 15: <i>Qualea grandiflora</i> .....	22
Figura 16: <i>Rapanea guianensis</i> .....	23
Figura 17: <i>Rapanea lancifolia</i> .....	23
Figura 18: <i>Rapanea umbellata</i> .....	24
Figura 19: <i>Roupala montana</i> .....	24
Figura 20: <i>Vochysia tucanorum</i> .....	25
Tabela 1 :Características das espécies selecionadas para o estudo, segundo Lorenzi, 1992 e Silva, 1994 .....	10
Tabela 2 :Valores da média e respectivo desvio padrão do comprimento, largura e área total dos poros estomáticos.....	30
Tabela 3: Valores da média e respectivo desvio padrão da área foliar, densidade estomática	

e porosidade foliar total .....	32
Tabela 4: Valores máximos e mínimos da densidade estomática, comprimento, largura e área total do poro estomático e porosidade foliar total.....	52
Tabela 5: Valores relativos às trocas gasosas, existentes na literatura .....	54
Figura 21: Distribuição das espécies em ordem crescente do Comprimento do Poro .....	26
Figura 22: Distribuição das espécies em ordem crescente da Largura do Poro .....	28
Figura 23 Distribuição das espécies em ordem crescente da Área do Poro .....	29
Figura 24 Distribuição das espécies em ordem crescente de Área Foliar .....	33
Figura 25: Correlação linear entre os parâmetros Área foliar e Área do poro .....	34
Figura 26: Correlação linear entre os parâmetros Área foliar e Densidade Estomática.....	35
Figura 27: Correlação linear entre os parâmetros Área foliar e Porosidade foliar .....	36
Figura 28: Distribuição das espécies em ordem crescente de Densidade Estomática.....	38
Figura 29: Correlação linear entre os parâmetros Densidade Estomática e Área Foliar.....	38
Figura 30: Correlação linear entre os parâmetros Densidade Estomática e Comprimento do Poro Estomático.....	39
Figura 31: Correlação linear entre os parâmetros Densidade Estomática e Largura do Poro	40
Figura 32 : Correlação linear entre os parâmetros Densidade Estomática e Área Total do Poro.....	41
Figura 33: Distribuição das espécies em ordem crescente de Porosidade Foliar Total.....	46
Figura 34: Correlação linear entre os parâmetros Porosidade Foliar e Área Foliar .....	47
Figura 35: Correlação linear entre os parâmetros Porosidade Foliar e Largura do Poro ....	48
Figura 36: Correlação linear entre os parâmetros Porosidade Foliar e Comprimento Do Poro.....	48
Figura 37: Correlação linear entre os parâmetros Porosidade Foliar e Área do Poro .....	49
Figura 38: Correlação linear entre os parâmetros Densidade Estomática e Porosidade Foliar	50



## SUMÁRIO

Resumo

Abstract

1 – Introdução.....	1
2 – Materiais e Métodos .....	7
2.1 –Local de Coleta das Espécies.....	7
2.2 – Espécies Estudadas .....	7
2.3 – Procedimento em Campo .....	8
2.4 – Determinação da Área Foliar.....	8
2.5 – Determinação da Densidade Estomática .....	9
2.6 – Determinação da Abertura Máxima do Poro.....	9
2.7 – Determinação da Porosidade Foliar Máxima .....	11
3 – Resultados e Discussão.....	12
3.1 –Imagens.....	13
3.2 – Dimensões dos Poros Estomáticos .....	26
3.2.1 – Comprimento dos Poros .....	26
3.2.2– Largura do Poro.....	27
3.2.3 – Área Total do Poro Estomático .....	27
3.3 – Área Foliar.....	31
3.4 – Densidade Estomática .....	36
3.5 – Porosidade Foliar.....	45
4 – Conclusões.....	55
5 – Referências Bibliográficas.....	56

## Resumo

Nesse trabalho foram caracterizados o tamanho e densidade dos estômatos e a porosidade foliar de vinte espécies vegetais lenhosas encontradas em uma vegetação de cerrado localizada na reserva florestal da Universidade Federal de São Carlos - SP. Utilizou-se cortes paradérmicos de folhas adultas, livres de tricomas. Os cortes foram observados em microscópio acoplado a computador, medições e contagem foram feitas através do programa Image Plus. A espécie *Casearia sylvetris* apresentou a maior densidade estomática com 602 estômatos/mm<sup>2</sup> na superfície inferior e 316 estômatos/mm<sup>2</sup> na superfície superior, contudo apresentou a menor área média do poro estomático em torno de 18,7 μm<sup>2</sup> e 1,29 % de porosidade foliar total. A espécie *Kielmeiera coriacea* situou-se no outro extremo da densidade estomática com 80 estômatos/mm<sup>2</sup> na superfície inferior da epiderme foliar e 43 estômatos/mm<sup>2</sup> na superfície superior. Esta espécie apresentou uma área média do poro alta, em torno de 102 μm<sup>2</sup> e porosidade foliar total de 1,09 %. A porosidade foliar total distribuiu-se entre 2,63 a 0,75 % da superfície foliar. A espécie *Rapanea umbellata* apresentou a maior porosidade foliar total, para o grupo de vinte espécies analisadas, ficando em torno de 2,63% e densidade estomática de 230 estômatos/mm<sup>2</sup> com poros de área total de 114 μm<sup>2</sup>. No outro extremo a espécie *Rapanea lancifolia* apresentou a menor porosidade foliar com 0,75%, densidade estomática de 252 estômatos/mm<sup>2</sup> e com área total do poro de 29,7 μm<sup>2</sup>. Analizou-se os dados em função das estratégias adaptativas das espécies à deficiência hídrica nos cerrados.

**ABSTRACT****Stomatal density and leaf porosity of twenty woody species of “cerrado” vegetation.**

In this work was characterized the size, and density of stomata and leaf porosity of twenty woody species found in a cerrado vegetation located in the forest reserve of the Federal University of São Carlos – SP. It was used paradermic cuts of mature leaf without trichomes. These cuts were observed in a microscopic acoplated a personal computer and stomata was counted and sized for the Image Plus program. The *Casearia sylvestris* presented the highest estomatal density: 602/mm<sup>2</sup> in inferior surface and 316 /mm<sup>2</sup> in the upper surface, however it presented the lesser average area of the stomatal porosity around 18.7 μm<sup>2</sup> and 1.29 % of total leaf porosity. The *Kyelmeiera coriacea* was placed in the other extremity of the stomatal density with 80/mm<sup>2</sup> in the inferior surface of leaf and 43/mm<sup>2</sup> in the upper surface. This species presented an high average of area pore, around 102 μm<sup>2</sup> and total leaf porosity of 1.09 %. The total leaf porosity for the studied species are distributed between 0.75 and 2.63 % of the leaf surface. The *Rapanea umbellata* presented the biggest total leaf porosity for the group of twenty analyzed species, being around 2.63%, 230/mm<sup>2</sup> for stomatal density and with 114μm<sup>2</sup> of total area of pores. In the other extremity the *Rapanea lancifolia* presented the lesser leaf porosity, around 0.75% , 252/mm<sup>2</sup> of stomatal density and 29.7μm of total area of pore. The results were analyzed in function of strategic adaptation of species to the hydric deficiency of cerrado biome.

## 1-INTRODUÇÃO

Dentro das paisagens brasileiras o domínio do Cerrado representa grande importância dada a extensão do território nacional por ele ocupado e pela grande biodiversidade que abriga. A área ocupada estava estimada entre 1,8 a 2,0 milhões de Km<sup>2</sup>, cerca de 25% do território brasileiro (Joly, 1970, Ab"Saber, 1971). O Cerrado está localizado basicamente no planalto central do Brasil é o segundo maior bioma do país em área, apenas superado pela floresta Amazônica. O Cerrado corresponde às Oreades no sistema de Martius, ocorrendo em altitudes que variam de 300 metros a mais de 1600 metros acima do nível do mar predominando sobre latossolos, tanto em áreas sedimentares quanto em terrenos cristalinos, e ainda em solos concrecionários em grandes extensões (Ab"Saber, 1971, Lopes, 1984).

Quem primeiro chamou a atenção do mundo científico para a existência do Cerrado foram os naturalistas viajantes, destacando-se entre todos a figura impar de Martius. Tanto sua obra *Flora Brasiliensis* (1840 – 1906) quanto as narrativas de Spix E Martius de suas viagens continuam sendo considerados trabalhos valiosos e precisos. Os solos que suportam o Cerrado no Brasil são predominantemente muito antigos ou envelhecidos e lixiviados, com uma reserva mineral utilizável muito reduzida e o lençol de água geralmente à profundidade de 15 a 20 metros, oscilando conforme a época do ano (Warning, 1892; Rawitscher, Ferri & Rachid, 1943).

Em 1958, Arens propôs sua teoria do escleromorfismo oligotrófico, que consiste essencialmente na seguinte afirmação: "dispondo as plantas do Cerrado de luz, ar e água em abundância, elas conseqüentemente seriam capazes de fotossintetizar carboidratos e gorduras em excesso e o fazem. Porém, em razão de sua deficiência mineral, estas espécies têm maior dificuldade para produzir proteínas e portanto para crescer. Isso justifica o pequeno porte das árvores, seu crescimento lento e a abundância de características esclerenquimáticas, justamente os aspectos considerados xeromórficos.

Porém em 1969, Goodland propôs a hipótese do escleromorfismo aluminotóxico onde atribui ao alumínio a responsabilidade pelas

características xeromórficas do Cerrado. O alumínio também seria responsável pelo gradiente fisionômico floresta/ ecotone/ campo, ou pelo menos colaboraria para tal.

Atualmente há uma tendência em admitir que os fatores clima, biota e solo contribuem de alguma forma para o aspecto geral da vegetação, tanto em escala evolutiva (tempo geológico) quanto em escala sucessional (tempo ecológico). O clima tem influência temporal na origem da vegetação, as chuvas ao longo do tempo geológico intemperizaram os solos deixando-os pobres em nutrientes essenciais, e com alta disponibilidade de alumínio. Em função disso, a vegetação pode ser definida como o resultado indireto do clima, induzindo-a para um clímax edáfico (Eiten, 1994).

Alvin (1996), voltou a defender a deficiência hídrica como principal fator limitante para o origem do Cerrado, embora tenha identificado os aspectos edáficos e as queimadas como fatores de modificação da flora e das características fisionômicas da região. Contudo, conforme conclusão desse autor, tanto o solo quanto o fogo nada tem a ver com os processos evolutivos que deram origem ao aparecimento das plantas típicas do Bioma Cerrado, o que demonstra a polêmica que ainda cerca o assunto.

Segundo Coutinho (comunicação por correio eletrônico, 20/09/2001). "O que parece certo, sobre a formação do cerrado, é que esse tipo de bioma é muito antigo. Teria se formado talvez no final do Cretáceo, quando a América do Sul e África ainda tinham conexões, não estavam separadas totalmente. Há muita semelhança entre a savana úmida da África e o cerrado. Até mesmo na flora em termos de gêneros, há muita convergência de formas e de estruturas nas plantas.

Como ele é um pedobioma da zona climática 2, na classificação de Walter, deve ter-se originado em terrenos originalmente pobres, ou que foram se enfraquecendo ao longo dos milênios. A diminuição dos estoques de nutrientes nos solos fez com que a vegetação lenhosa fosse se tornando mais pobre, mais aberta. Isto permitiu a entrada de gramíneas no estrato inferior (presumindo-se que a vegetação primeira fosse uma floresta tipo mesófila).

A partir daí, o combustível provido pelas gramíneas na seca, tornou fácil a entrada do fogo e a seleção das espécies mais tolerantes a este fator,

reconhecidamente natural (raios). Esta é uma interpretação que posso lhe oferecer. Não sei se correta, mas que o bioma do cerrado é algo muito antigo, ninguém duvida mais. Saber o que se passou naqueles tempos é que é o problema. Tudo são hipóteses."

O Cerrado apresenta-se fisionomicamente como ecotone que engloba formações vegetais entre floresta e campo (Coutinho, 1978).

Castro *et al.* (1992, 1995) sugeriram que a flora magnoliofítica do Cerrado *lato sensu* deveria conter entre 5268 a 7024 espécies de angiospermas e que a flora lenhosa comportaria entre 366 a 575 gêneros e de 88 a 210 famílias essas estimativas sugerem grande riqueza florística do bioma, o que se deve especialmente a sua grande variedade de paisagens e tipos fitofisionômicos.

Com base em diversos trabalhos ecofisiológicos com plantas do cerrado, Ferri (1979) concluiu que apesar de muitas características xeromórficas, de um modo geral, as plantas lenhosas do cerrado não apresentam restrição à transpiração, permanecendo com os estômatos abertos mesmo na estação seca.

Perez & Moraes (1991), estudaram espécies dos estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo de um cerradão onde identificaram uma diminuição acentuada no conteúdo relativo de água, potencial hídrico e condutância estomática na estação seca.

Moraes & Prado (1998) revisaram os dados disponíveis sobre fotossíntese e relações hídricas em plantas do cerrado e concluíram que a capacidade fotossintética sob condições de campo é comparável com a observada em outros tipos de vegetação e que a fotossíntese líquida, a condutância estomática e a transpiração sofrem restrição na estação seca quando comparadas com a estação chuvosa.

O estudo ecofisiológico dessa vegetação tem produzido diversos trabalhos cujo tema central são as trocas gasosas que ocorrem entre a planta e a atmosfera (Kanno, 1993; Mattos, 1992; Prado, 1994; Moraes & Prado 1998).

Toda a vida na terra é mantida por um fluxo de energia proveniente do sol e que passa pela biosfera. Por meio do processo fotossintético, a

energia radiante é fixada em energia química potencial, utilizada por todos os componentes da cadeia alimentar para realizar os processos vitais

Pela fotossíntese, a energia radiante é absorvida e transformada em energia de ligação química 479 kJ de energia química são fixados por cada átomo-grama de carbono assimilado. Durante o processo de assimilação do carbono tomam parte processos fotoquímicos dirigidos pela luz, processos enzimáticos não dependentes da radiação ( as chamadas reações de escuro) e os processos de difusão, que são as trocas de dióxido de carbono e oxigênio entre o cloroplasto e a atmosfera. Cada um desses processos é influenciado por fatores internos e externos e, por consequência, podem limitar o rendimento assimilatório como um todo.

As trocas gasosas entre as células e a atmosfera que as envolve ocorre pelo processo de difusão ou fluxo em massa. Para cada grama de glucose formada é necessário 1,47 gramas de CO<sub>2</sub> a quantidade de ar que contém essa massa de CO<sub>2</sub> é aproximadamente de 2.500 litros. Sendo assim é necessária uma enorme renovação do ar que entra em contato com o tecido assimilatório da planta.

A radiação é também a fonte primária de energia para a reposição da matéria orgânica consumida na cadeia alimentar e condiciona, regulando o balanço hídrico e o balanço de energia na terra, um cenário favorável para a vida dos organismos.

Nos primeiros períodos geológicos, uma membrana com atividade fotossintética se desenvolveu em procariontes primitivos (arqueobactérias, bactérias sulfurosas, cianobactérias) quando o ambiente era fortemente anóxico. A atmosfera primitiva era redutora (altas concentrações de CO<sub>2</sub>) e a hidrosfera também continha pouco oxigênio livre. Por meio da atividade fotossintética dos organismos autotróficos foi criada a base material e energética para a evolução da vida na terra

Com a progressiva evolução até a elevada diferenciação em plantas vasculares terrestres, a produção vegetal também aumentou

Na escala geológica a mudança na constituição da atmosfera foi seguida pela resposta no acréscimo no número de estômatos nas superfícies foliares

As plantas primitivas das eras geológicas do Siluriano e Devoniano eram desprovidas de estômatos, com cutículas bem desenvolvidas ao redor de órgãos aéreos (Edwards *et al.* 1996) uma característica que reduziu a perda de água para a atmosfera mas que teria reduzido a taxa de difusão de gás carbônico aos tecidos clorofilados subjacentes.

Para o período subsequente ( 430 - 415 milhões de anos atrás), plantas com estômatos aumentaram de frequência suficiente para serem detectadas nos registros fósseis (Niklas, 1992; Edwards *et al.*, 1996) a densidade estomática parece ter aumentado até atingir um cume na era do Carbonífero superior a cerca de 300 milhões de anos atrás (McElwain & Chaloner, 1995) na era do carbonífero superior , a densidade estomática e o tamanho das plantas aumentava enquanto que a concentração atmosférica de gás carbônico diminuía (Berner, 1994) e a concentração de oxigênio atmosférico aumentava (Berner & Canfield, 1989; Graham *et al.* , 1995) .

O aparato estomático tem um papel decisivo para a entrada dos gases, quando os esgotamos estão totalmente abertos, o valor da resistência estomática mínima a difusão está em função do tamanho do estômato e da densidade estomática, com o fechamento dos estômatos, a resistência estomática cresce infinitamente e nas plantas superiores a entrada de CO<sub>2</sub> pela cutícula é desprezível.

O papel fundamental desempenhado pelas descrições anatômicas das folhas das espécies lenhosas do cerrado, apesar de todo o conhecimento acumulado sobre as características morfológicas e anatômicas das folhas dessas espécies, pouca atenção se tem dado aos aspectos morfológicos das superfícies das folhas. No entanto é desses aspectos que depende, em grande parte, a adaptação das plantas ao seu ambiente, pois são as características químicas e ou morfológicas da superfície foliar que condicionam, por exemplo, a quantidade de luz absorvida ou refletida, o grau de hidrofobia do órgão, a pressão de vapor do ar em contato com as folhas, a eficiência do órgão em defender se de parasitas e patógenos e evidentemente a magnitude da transpiração cuticular (Martin & Juniper, 1970 ; Juniper & Jeffre, 1983).

Os estômatos são os reguladores mais importantes do processo de difusão, variando a largura dos poros estomáticos a planta controla,



simultaneamente, a entrada de CO<sub>2</sub> e a saída de vapor d'água nas folhas. Tanto o CO<sub>2</sub> quanto o vapor d'água entram e saem das folhas por difusão e os estômatos controlam a transferência do CO<sub>2</sub> da atmosfera para os sítios de carboxilação no mesófilo foliar e a perda de água das superfícies úmidas da folha para o ar ambiente, respondendo à fatores internos e externos às plantas (Tenhunen *et al.* 1987).

A fixação do carbono está devidamente associada à uma perda de água pela transpiração, uma vez que os dois processos compartilham a mesma via no contínuo planta – atmosfera, que são os estômatos. Um aumento no grau de abertura estomática pode ser vantajoso para a fotossíntese mas em contrapartida pode resultar em uma excessiva transpiração (Pearcy *et al.* 1987, Schulze *et al.* 1987).

As plantas devem ser hábeis em manejar duas situações conflitantes, abrindo seus estômatos facilitam a fixação fotossintética do carbono, contudo perdem água correndo o risco de se desidratarem. Assim, o controle estomático influencia grandemente a performance das plantas em muitas comunidades terrestres (Schulze, 1987).

A porosidade das folhas, a densidade estomática e a condutância são, portanto, aspectos fundamentais para a caracterização da resposta à seca destas espécies. Estas características estão fundamentalmente relacionadas às trocas gasosas da planta ao nível da folha. Sendo assim, a porosidade, a densidade e a condutância estomática condicionam a capacidade de troca de massa entre a folha e a atmosfera, seja através das trocas de CO<sub>2</sub> ou H<sub>2</sub>O na forma gasosa.

Assim, com o intuito de fornecer mais subsídios à essa discussão e apresentar uma contribuição aos estudos ecofisiológicos dessa vegetação, esse estudo foi delineado de forma a determinar a densidade estomática, as dimensões do poro estomático, sua abertura máxima e o índice de porosidade foliar de 20 (vinte) espécies de cerrado.

## 2-MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 – Local de Coleta das Espécies

Localiza-se na região central do estado de São Paulo, município de São Carlos (22° 00' – 22° 30' S e 47° 30' – 48° 00' W) na área norte do campus da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Esta área compreende aproximadamente 80 hectares, com altitude média de 850 metros e foi decretada área de Reserva Biológica da Universidade pelo seu Programa Agroecológico, no ano de 1991.

A vegetação dessa área é composta por arbustos e árvores baixas, com aspecto escleromórficos (folhas coriáceas, troncos com cascas grossas e retorcidos) o dossel é aberto e as plantas estão expostas as altas intensidades de radiação solar, fisionomicamente pode ser considerada como sendo Cerrado *stricto sensu* conforme a classificação das diferentes fisionomias sugerida por Coutinho (1978). A provavel fisionomia original seria a de um cerradão, mas que por ações antrópicas, principalmente fogo, a fisionomia se tornou mais aberta com a eliminação dos principais indivíduos arbóreos.

Pela classificação de Köeppen, o clima do município de São Carlos está entre os tipos Aw (tropical com verão úmido e inverno seco) e Cwa (clima quente de inverno seco) (Tolentino, 1967). Pela classificação de Thornthwait, o clima do município é do tipo BB'w ou seja, úmido mesotermal com deficiência de umidade no inverno (Tolentino, 1967).

Sob qualquer classificação, distinguem-se duas estações características e bem definidas: a seca geralmente entre os meses de março a setembro e a chuvosa entre os meses de outubro e fevereiro (Tolentino, 1967, Mattos *et. al.*, 1997, Franco, 1998).

Os aspectos físicos e químicos do solo sob a vegetação em questão (até a profundidade de 1,5 metros) foram estudados por Lorandi (1987) que o classificou como Latossolo Vermelho Amarelo.

### 2.2 - Espécies Estudadas

Foram estudadas 20 espécies lenhosas da flora da área de estudo: *Anacardium humile* St. Hil.; *Anacardium nanum* St. Hil.; *Andira humilis*

Mart ex Benth.; *Annona coriacea* Mart.; *Byrsonima coccolobifolia* Kunt.; *Byrsonima intermedia* A. Juss.; *Casearia sylvestris* SW.; *Campomanesia aromatica* Aubl.; *Copaifera lansdorffii* Desf. ; *Eriotheca gracilipes* Royns.; *Kielmeiera coriacea* Mart.; *Miconia lingustroides* Haud; *Myrcia lingua* (Berg) Mattos.; *Pera glabrata* (Schot) Baill.; *Qualea grandiflora* Mart., *Rapanea guianensis* Aubl., *Rapanea lancifolia* Mez., *Rapanea umbellata* Mez., *Roupala montana* Aubl., *Vochysia tucanorum* Mart.

Selecionou-se espécies sem tricomas, para facilitar a visualização dos estômatos, e espécies comuns em área de cerrado na região de São Carlos SP, sendo algumas exclusivas desta formação e outras com ocorrência de outras formações vegetais. A lista das espécies e características foliares encontram-se na Tabela 1. Entre os tipos de texturas considerados por Dansereau (1957), foram encontrados dois tipos principais: esclerófilas e membranosas.

### 2.3 - Procedimento em Campo

Para cada espécie, foram devidamente identificados e marcados cinco indivíduos crescendo sob condições de campo. De cada indivíduo cinco folhas de sol e completamente expandidas sem traços de predação ou senescência foram destacadas e o pecíolo cortados sob água. Logo em seguida as folhas foram transportadas para o laboratório de Anatomia Vegetal do Departamento de Botânica da Universidade Federal de São Carlos.

### 2.4 - Determinação da Área Foliar

As imagens das folhas foram digitalizadas em um "scanner" de mesa HP Scanjet 6100C e a área foliar mensurada com auxílio do programa Image-Pro Plus 4.0 (Media Cybernetics, USA). A ferramenta do programa foi calibrada com uma régua milimétrica digitalizada no "scanner". O valor da área foliar foi obtido através da média dos valores das 25 folhas medidas para cada espécie e para as espécies cuja folhas eram compostas, considerou-se a média da somatória de todos os folíolos como sendo uma folha.

## 2.5 - Determinação da Densidade Estomática

Pequenos fragmentos da epiderme inferior de cada folha foram destacados com a utilização de lâmina de barbear e deixados em água destilada sob iluminação de uma fonte luminosa de fibra óptica modelo Leica CLS 150 por 30 minutos para favorecer a abertura estomática. A seguir foram colocados em uma montagem lâmina-lamínula para serem observados ao microscópio óptico, permitindo dessa forma a focalização do aparato estomático. Para cada folha foram observados cinco campos aleatórios de cinco folhas de cinco indivíduos diferentes porém da mesma espécie, totalizando 125 observações. As observações foram feitas em microscópio óptico binocular Olympus, utilizando objetiva de aumento de 10x e ocular neutra (câmera). As imagens foram digitalizadas com uma câmera Sony de vídeo (modelo (DXC-107 A) e determinou-se a área do campo de visão ( $0,1575 \text{ mm}^2$ ) com o software Image-Pro plus 4.0 (Média Cybernetics, USA), aferindo-se com uma lâmina com traço escavado de 0,001mm da Olympus.

## 2.6 - Determinação da Abertura Máxima do Poro

Utilizando o corte histológico para a determinação da densidade estomática e usando objetiva de 40x de aumento foi selecionado o estômato que apresentou a maior abertura do poro. A digitalização da imagem foi feita como anteriormente descrita. Foi medido o comprimento e a largura do poro, e calculada a sua área total. O valor da abertura máxima do poro foi obtido através da média dos valores dos 25 estômatos observados para cada espécie. A escala utilizada pelo Software foi aferida e calibrada através de uma lâmina graduada Olympus (Objective Micrometer OBM 1/100, Japan).

Tabela 1 : Características foliares das espécies selecionadas para o estudo. A textura das folhas foram determinadas segundo Lorenzi, 1992 e Silva, 1994. Todas as espécies apresentam folhas livres de tricomas.

<sup>C</sup> indica espécies de cerrado e <sup>G</sup> espécies de distribuição mais geral.

Espécie e Autor	Família	Tipo foliar	Tamanho do limbo	Textura da folha	Caducifolia
<i>Anacardium humile</i> <sup>C</sup>	Anacardiaceae	simples	macrófila	membranosa	decídua
<i>Anacardium nanum</i> <sup>C</sup>	Anacardiaceae	simples	mesófila	membranosa	decídua
<i>Andira humilis</i> <sup>C</sup>	Leguminosae	composta	micrófila	esclerófila	decídua
<i>Annona coriacea</i> <sup>C</sup>	Annonaceae	simples	macrófila	coriácea	decídua
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> <sup>C</sup>	Malpighiaceae	simples	macrófila	coriácea	decídua
<i>Byrsonima intermedia</i> <sup>G</sup>	Malpighiaceae	simples	mesófila	pergaminosa	semi-decídua
<i>Casearia sylvestris</i> <sup>G</sup>	Flacourtiaceae	simples	micrófila	esclerófila	decídua
<i>Campomanesia aromatica</i> <sup>C</sup>	Myrtaceae	simples	mesófila	esclerófila	decídua
<i>Copaifera lansdorffii</i> <sup>G</sup>	Leguminosae	composta	micrófila	esclerófila	decídua
<i>Eriotheca gracilipes</i> <sup>G</sup>	Bombacaceae	composta	mesófila	coriácea	decídua
<i>Kielmeyera coriacea</i> <sup>C</sup>	Guttiferae	simples	macrófila	coriácea	decídua
<i>Miconia ligustroides</i> <sup>C</sup>	Melastomataceae	simples	mesófila	esclerófila	semi-decídua
<i>Myrcia lingua</i> <sup>C</sup>	Myrtaceae	simples	mesófila	coriácea	decídua
<i>Qualea grandiflora</i> <sup>C</sup>	Vochysiaceae	simples	mesófila	esclerófila	decídua
<i>Pera glabrata</i> <sup>G</sup>	Euphorbiaceae	simples	macrófila	coriácea	semi-decídua
<i>Rapanea guianensis</i> <sup>G</sup>	Myrsinaceae	simples	macrófila	coriácea	decídua
<i>Rapanea lancifolia</i> <sup>G</sup>	Myrsinaceae	simples	mesófila	coriácea	semi-decídua
<i>Rapanea umbellata</i> <sup>G</sup>	Myrsinaceae	simples	macrófila	coriácea	semi-decídua
<i>Roupala montana</i> <sup>G</sup>	Proteaceae	simples	macrófila	coriácea	decídua
<i>Vochysia tucanorum</i> <sup>C</sup>	Vochysiaceae	simples	mesófila	coriácea	sempre verde

## 2.7 - Determinação da Porosidade Foliar Máxima

A superfície da folha na qual ocorre a difusão para as trocas gasosas é chamada área porosa. Essa área é o resultado do produto da densidade estomática com a abertura máxima (área) do poro estomático expressa em porcentagem de área foliar (Larcher, 1995), descrita a seguir:

$$P_m = \frac{AEM}{AF} \cdot NTE \cdot 100 \quad (\%)$$

Onde:

P<sub>m</sub> = Porosidade máxima ou índice de porosidade expressa em porcentagem de área foliar;

AEM = Abertura Estomática Máxima expressa em micrômetros quadrados (μm<sup>2</sup>);

AF = Área foliar expressa em centímetros quadrados (cm<sup>2</sup>);

NTE = Número total de estômatos na folha.

Após a determinação da área foliar total, da densidade estomática e da abertura estomática máxima, a porosidade foliar foi calculada utilizando-se os valores desses três parâmetros e expresso em porcentagem de área foliar.

O número total de estômatos na folha (NTE) pode ser calculado simplesmente multiplicando-se a densidade estomática pela área da folha. A porosidade foliar máxima (P<sub>m</sub>) foi obtida para cada espécie juntamente com a média e o desvio padrão

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Obteve-se dois conjuntos de imagens ( Figuras 1 a 20 ), o primeiro através da objetiva de 10X de aumento que evidencia o arranjo espacial e a distribuição dos aparatos estomáticos permitindo determinar a sua densidade na superfície foliar. O segundo conjunto de imagens foi obtido através de objetiva de 40X de aumento que permitiu visualizar detalhes da anatomia, as dimensões e os limites das células que formam o aparato estomático individualizado e determinar a abertura do poro por elas delimitado. As imagens estão organizadas em duas colunas que permitem visualizar a mesma superfície foliar sob duas diferentes objetivas, a da esquerda observa-se o menor aumento (10X) onde a letra a indica superfície abaxial e a letra c, a superfície adaxial. Na coluna da direita observa-se o maior aumento (40X) e a letra b indica a superfície abaxial e a letra d a adaxial. Ao todo são 48 imagens de epidermes foliares que apresentaram estômatos.

## 3.1 – IMAGENS

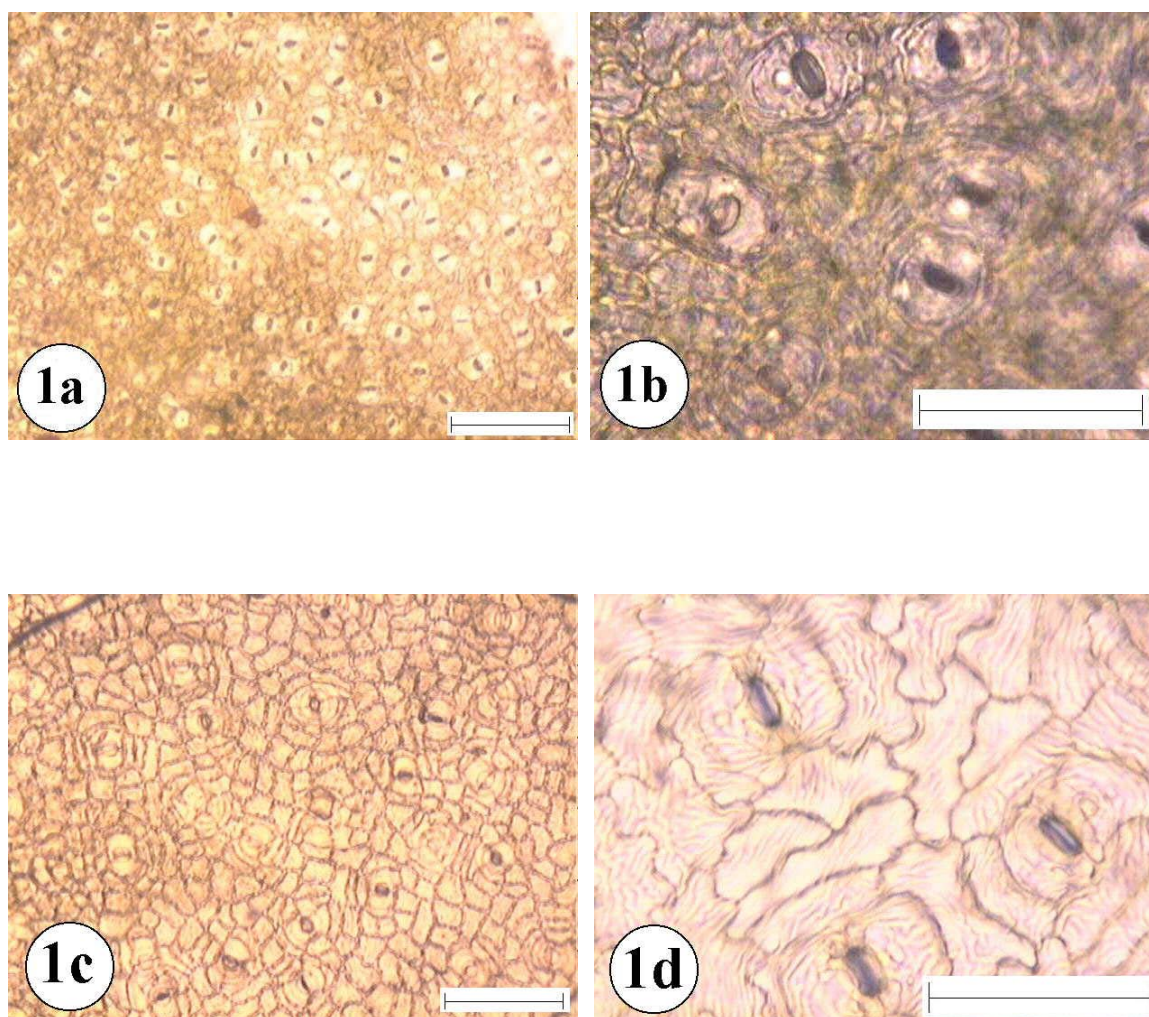


Figura 1: Epiderme foliar de *Anacardium humile*. 1a e 1b superfície abaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. 1c e 1d superfície adaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. A barra menor representa 100  $\mu\text{m}$  e a maior 50  $\mu\text{m}$ .



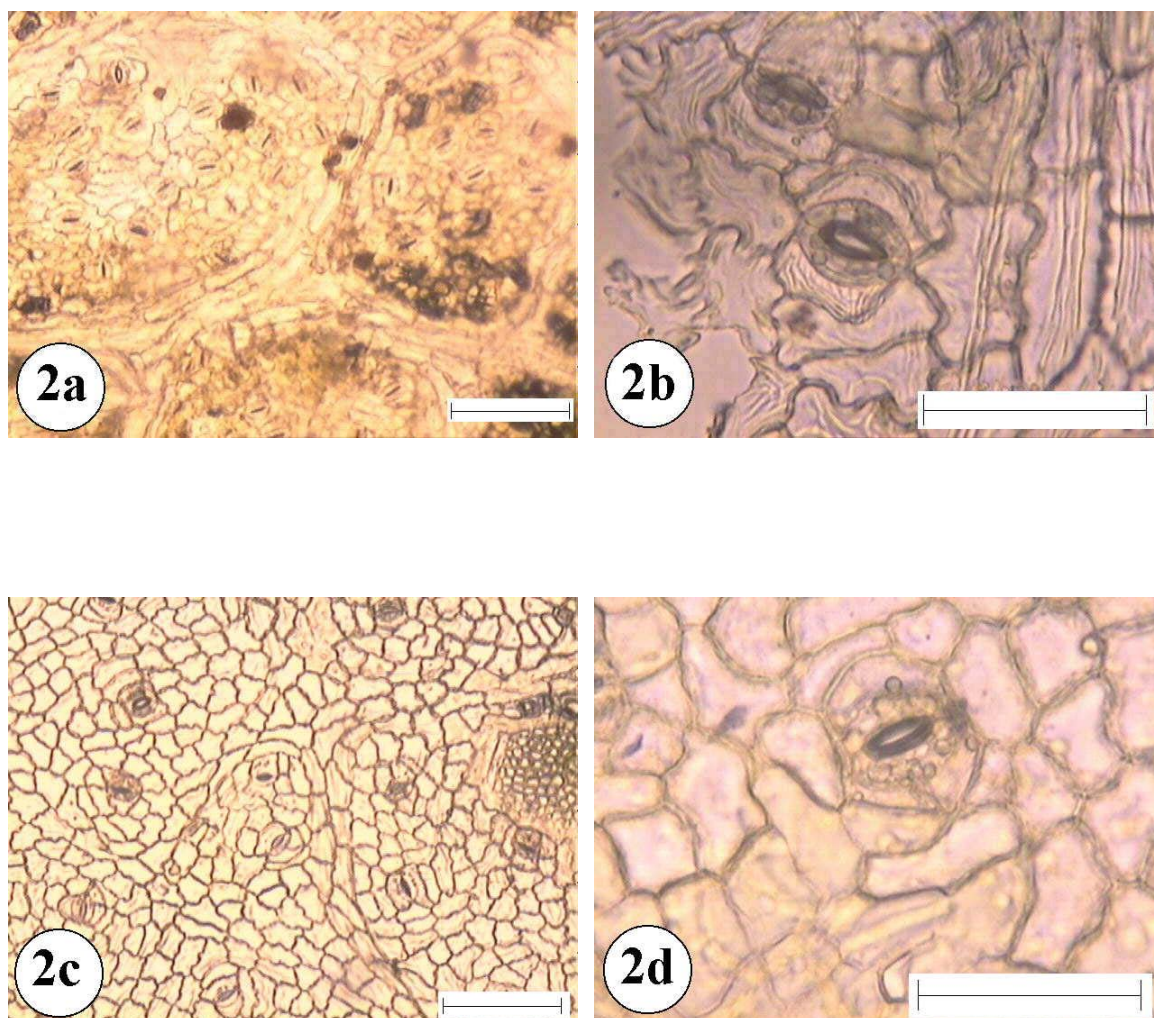


Figura 2: Epiderme foliar de *Anacardium nanum*. 2a e 2b superfície abaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. 2c e 2d superfície adaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. A barra menor representa 100  $\mu\text{m}$  e a maior 50  $\mu\text{m}$ .

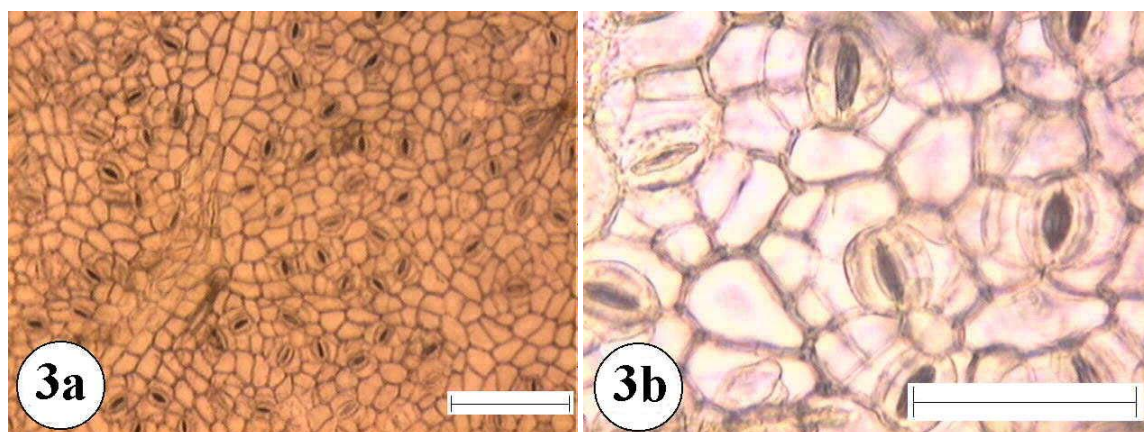


Figura 3: Epiderme foliar de *Andira humilis*. 3a e 3b superfície abaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. A barra menor representa 100  $\mu\text{m}$  e a maior 50  $\mu\text{m}$ .

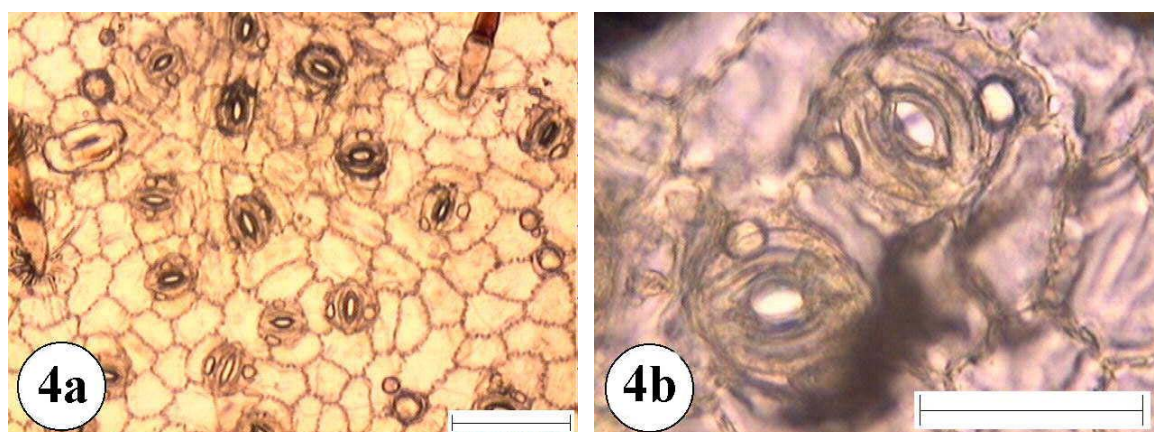


Figura 4: Epiderme foliar de *Annona coriacea*. 4a e 4b superfície abaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. A barra menor representa 100  $\mu\text{m}$  e a maior 50  $\mu\text{m}$ .

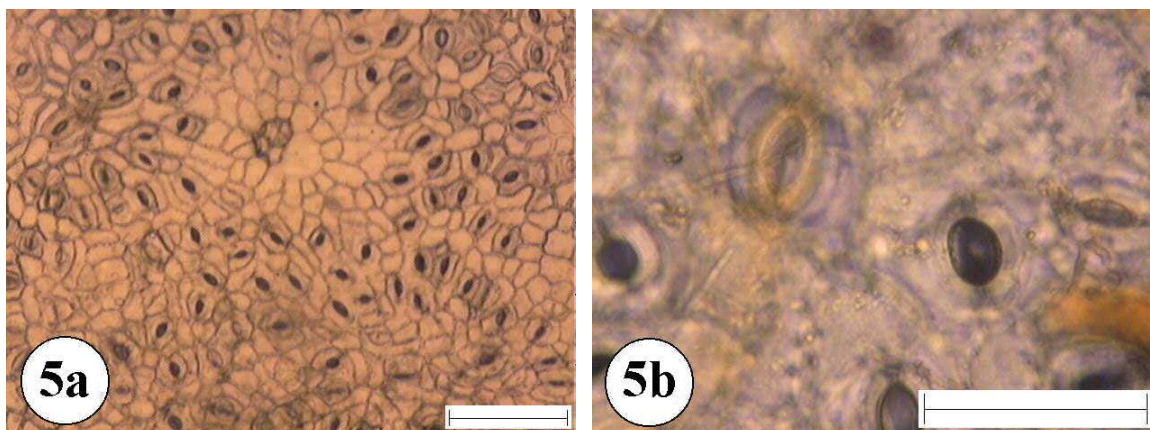


Figura 5: Epiderme foliar de *Byrsonima coccolobifolia* 5a e 5b superfície abaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. A barra menor representa 100  $\mu\text{m}$  e a maior 50  $\mu\text{m}$ .

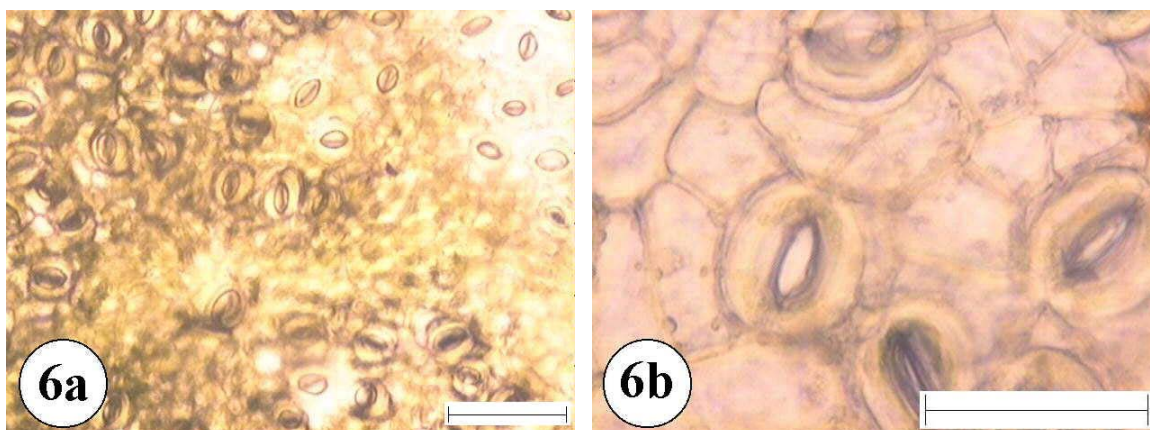


Figura 6: Epiderme foliar de *Byrsonima intermedia*. 6a e 6b superfície abaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. A barra menor representa 100  $\mu\text{m}$  e a maior 50  $\mu\text{m}$ .

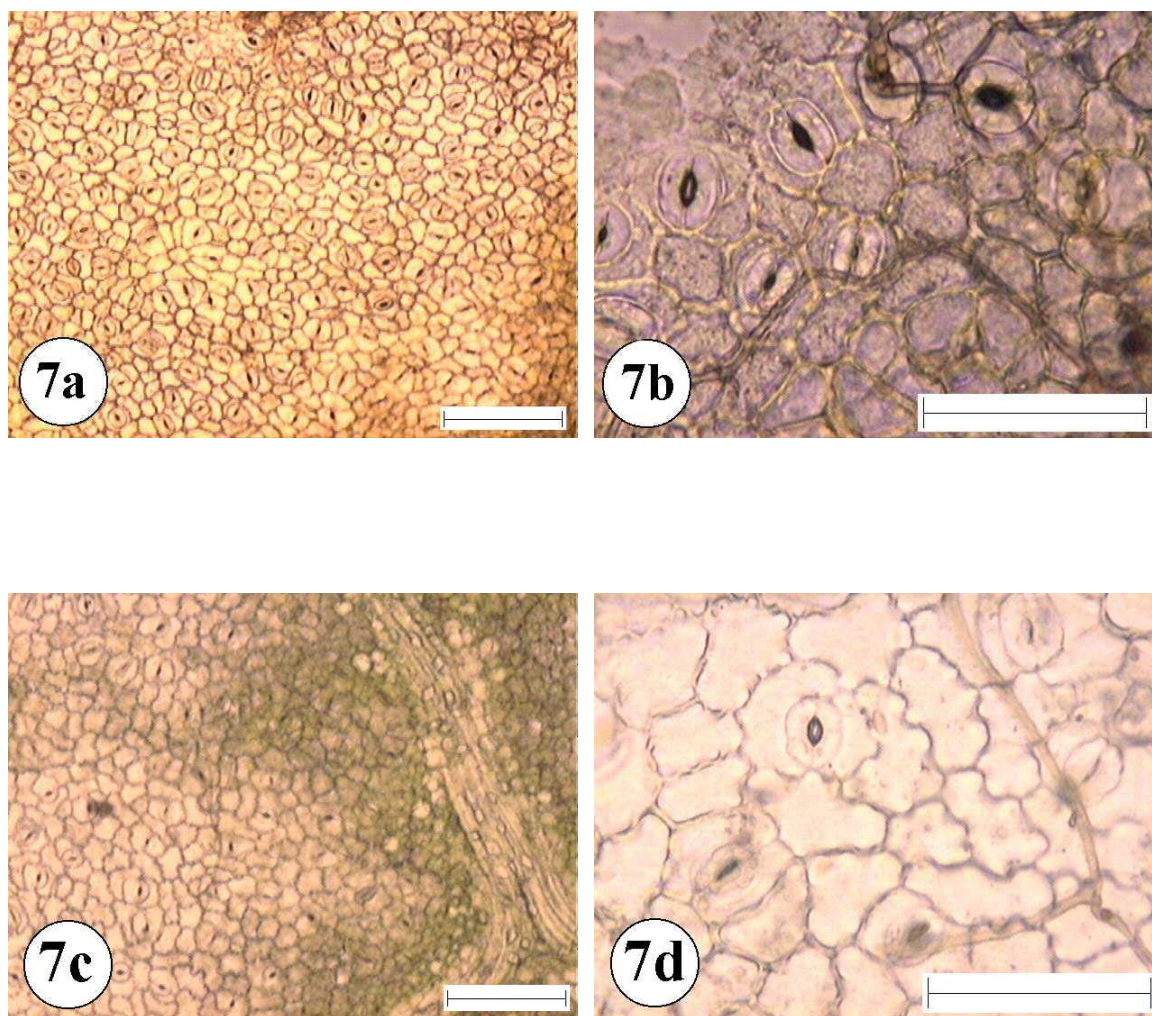


Figura 7: Epiderme foliar de *Casearia sylvestris* 7a e 7b superfície abaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. 7c e 7d superfície adaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. A barra menor representa 100  $\mu\text{m}$  e a maior 50  $\mu\text{m}$ .

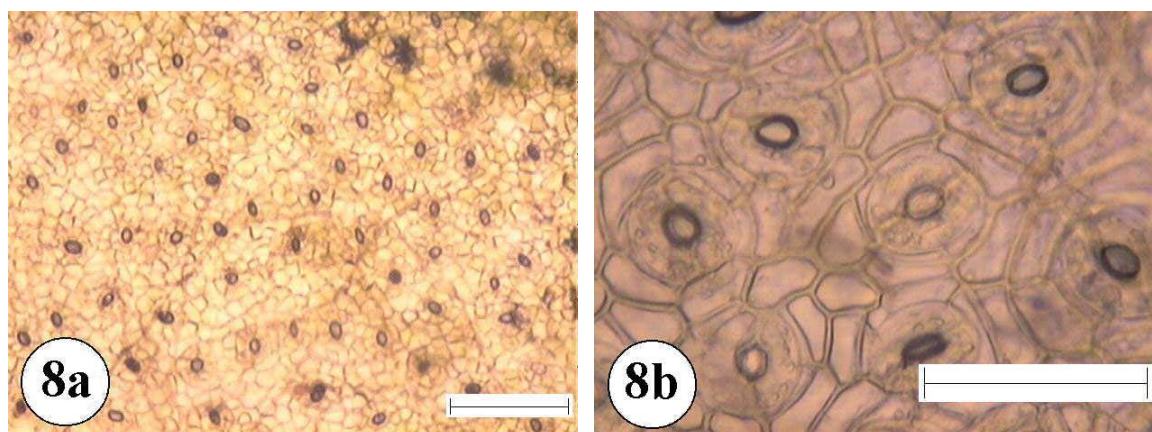


Figura 8: Epiderme foliar de *Campomanesia aromatica* 8a e 8b superfície abaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. A barra menor representa 100  $\mu\text{m}$  e a maior 50  $\mu\text{m}$ .

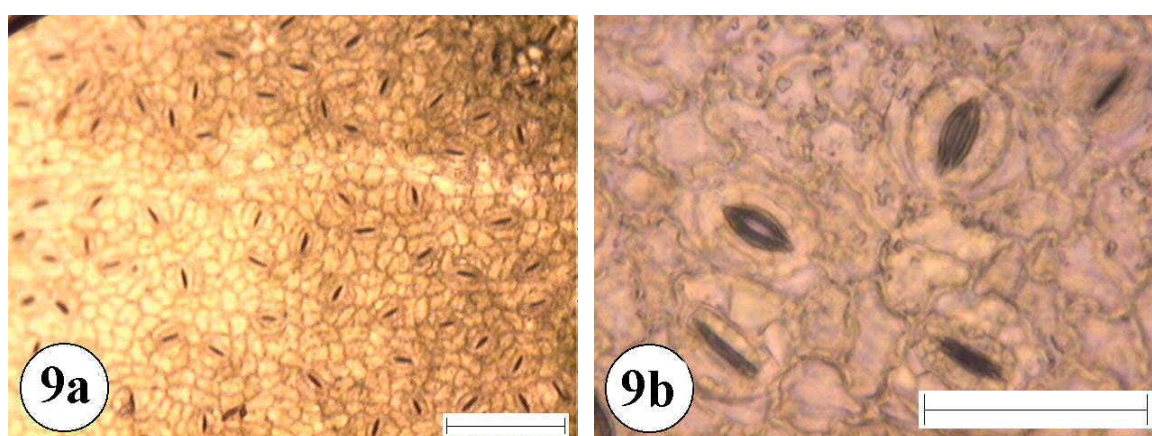


Figura 9: Epiderme foliar de *Copaiifera lansdorffii* 9a e 9b superfície abaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. A barra menor representa 100  $\mu\text{m}$  e a maior 50  $\mu\text{m}$ .

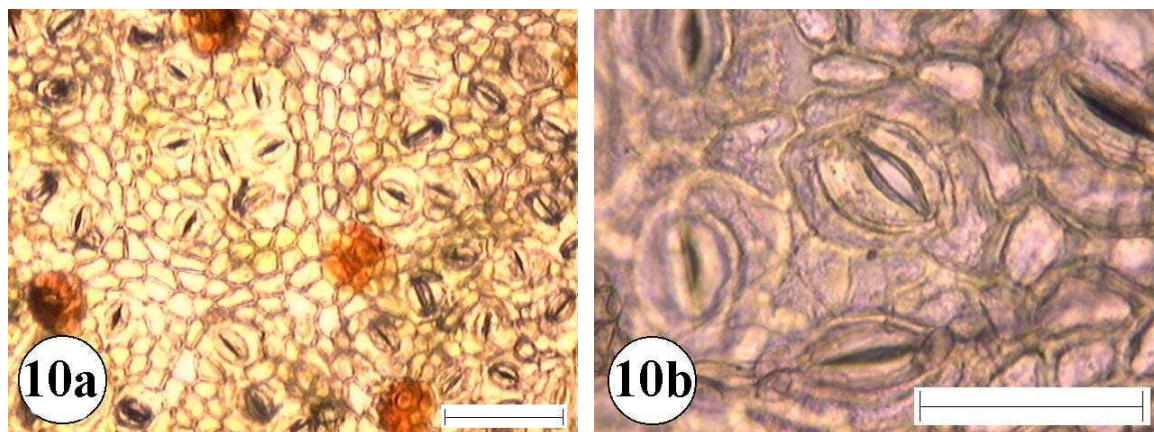


Figura 10: Epiderme foliar de *Eriotheca gracilipes* 10a e 10b superfície abaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. A barra menor representa 100 μm e a maior 50 μm.

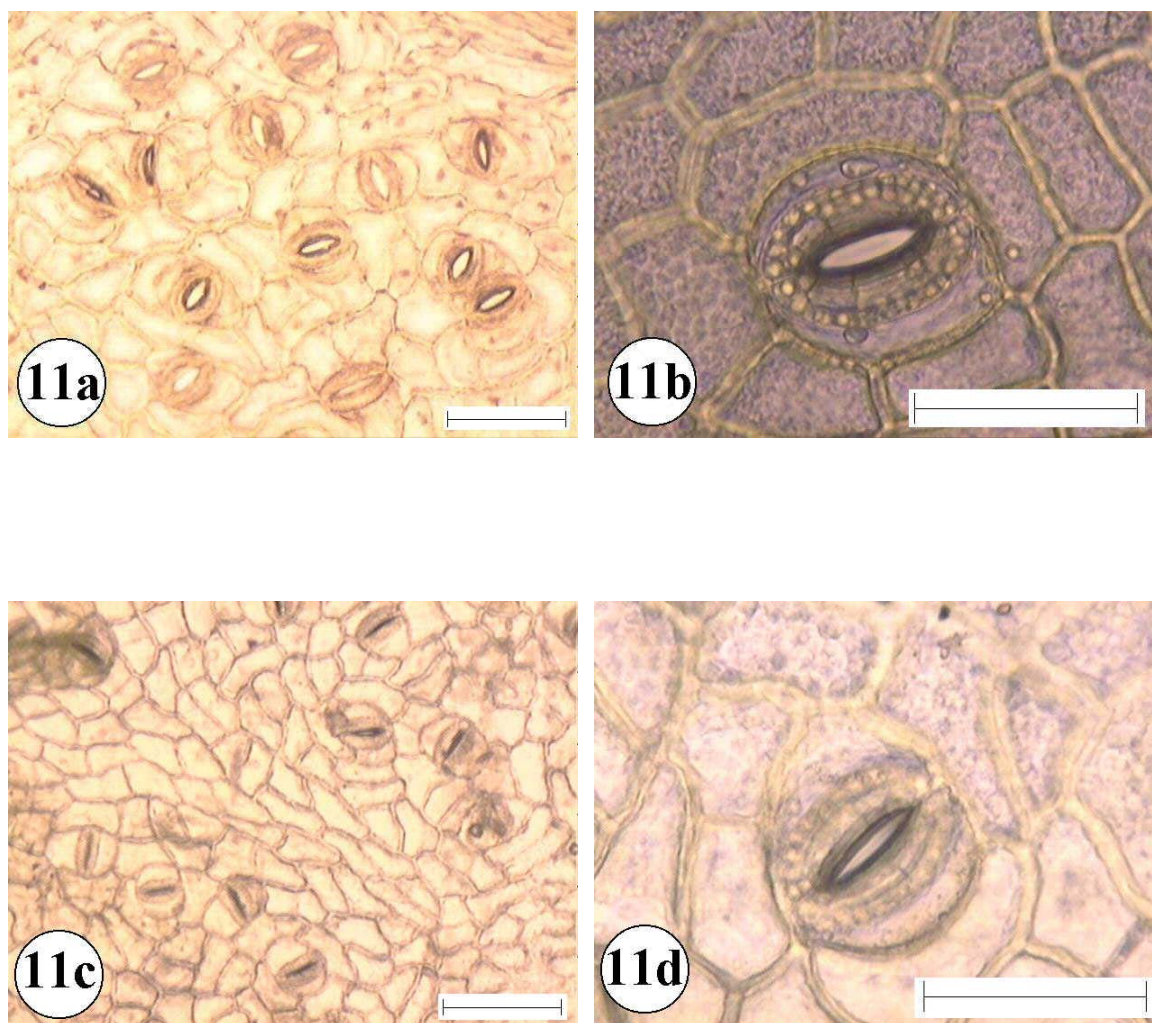


Figura 11: Epiderme foliar de *Kielmeiera coriacea* 11a e 11b superfície abaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. 11c e 11d superfície adaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. A barra menor representa 100 μm e a maior 50 μm.

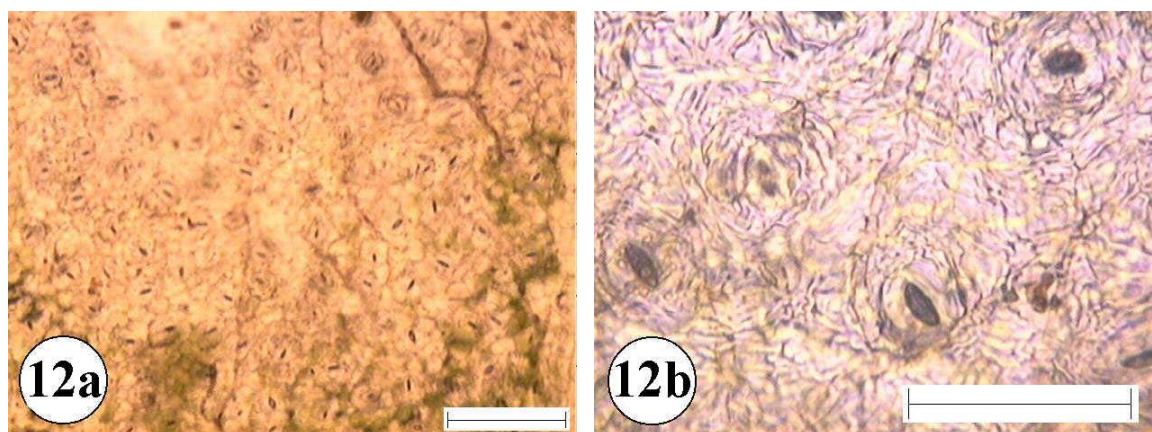


Figura 12: Epiderme foliar de *Miconia lingustroides* 12a e 12b superfície abaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. A barra menor representa 100  $\mu\text{m}$  e a maior 50  $\mu\text{m}$ .

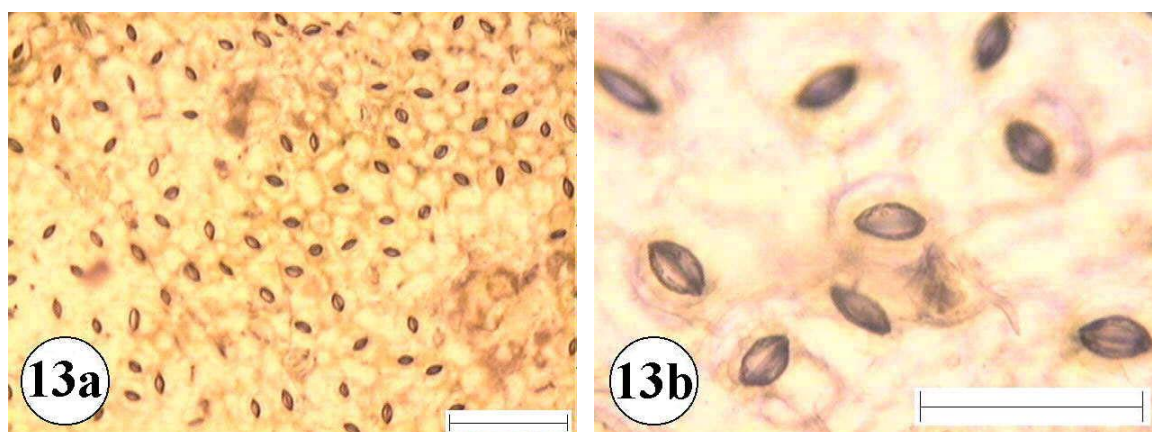


Figura 13: Epiderme foliar de *Myrcia lingua* 13a e 13b superfície abaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. A barra menor representa 100  $\mu\text{m}$  e a maior 50  $\mu\text{m}$ .



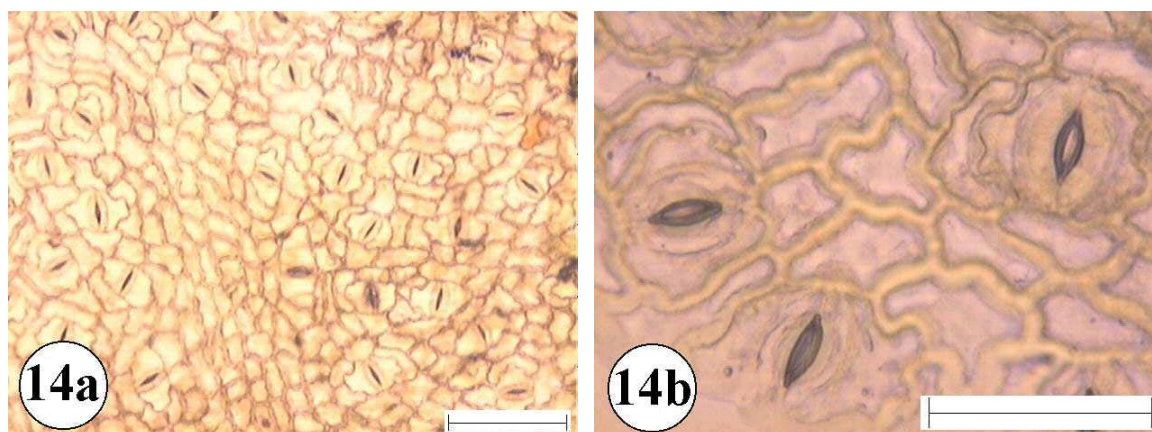


Figura 14: Epiderme foliar de: *Pera glabrata* 14a e 14b superfície abaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. A barra menor representa 100  $\mu\text{m}$  e a maior 50  $\mu\text{m}$ .

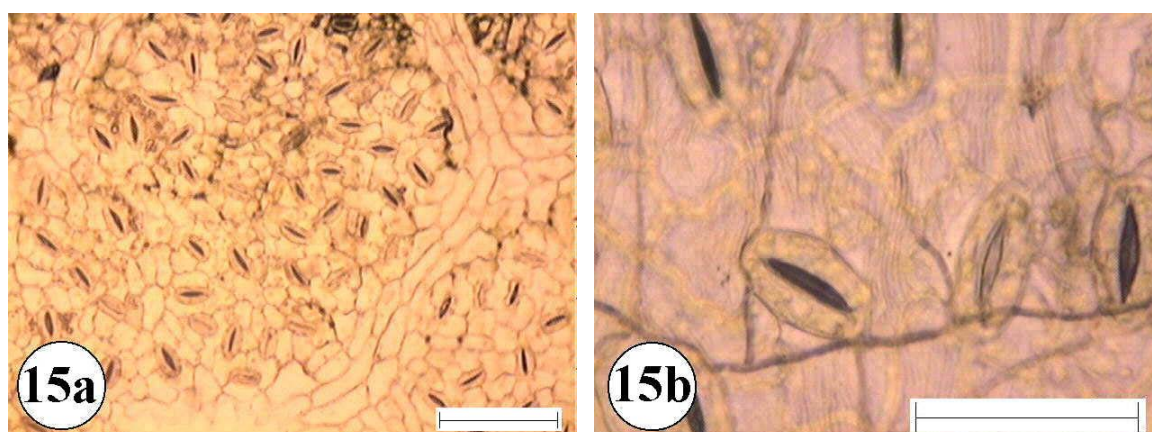


Figura 15: Epiderme foliar de *Qualea grandiflora* 15a e 15b superfície abaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. A barra menor representa 100  $\mu\text{m}$  e a maior 50  $\mu\text{m}$ .

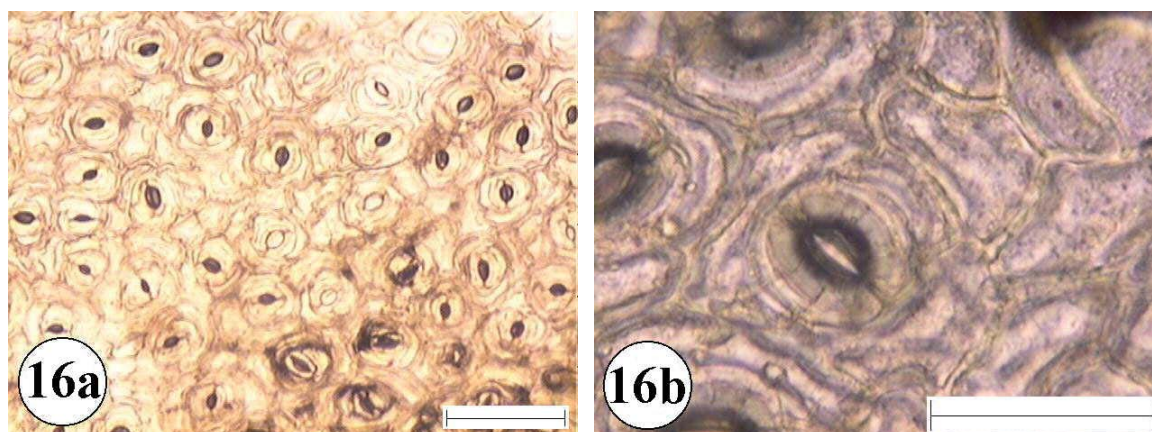


Figura 16: Epiderme foliar de *Rapanea guianensis* 16a e 16b superfície abaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. A barra menor representa 100  $\mu\text{m}$  e a maior 50  $\mu\text{m}$ .

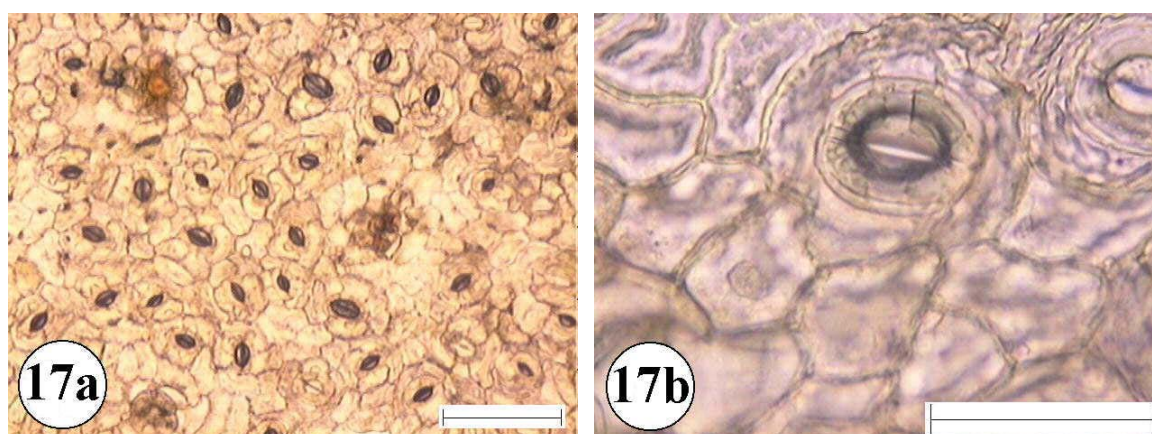


Figura 17: Epiderme foliar de *Rapanea lancifolia* 17a e 17b superfície abaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. A barra menor representa 100  $\mu\text{m}$  e a maior 50  $\mu\text{m}$ .

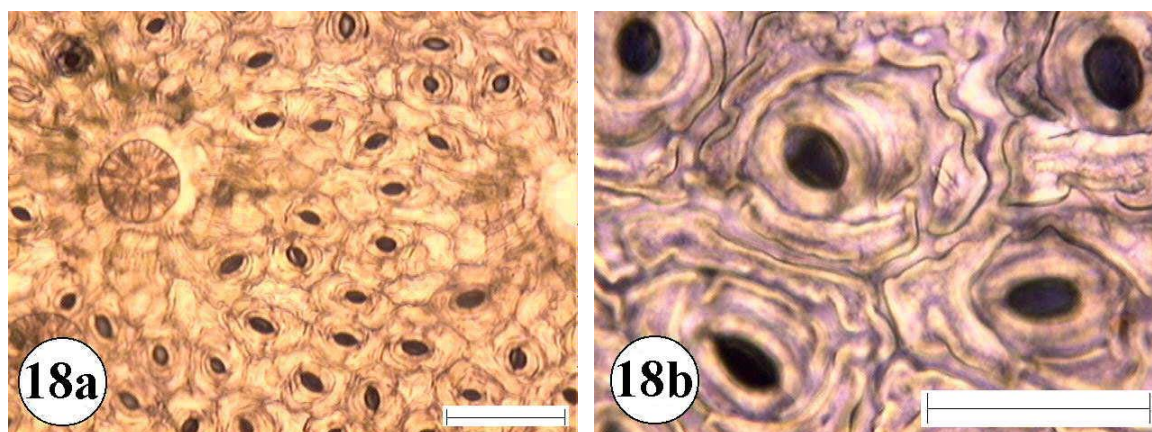


Figura 18: Epiderme foliar de *Rapanea umbellata* 18a e 18b superfície abaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. A barra menor representa 100  $\mu\text{m}$  e a maior 50  $\mu\text{m}$ .

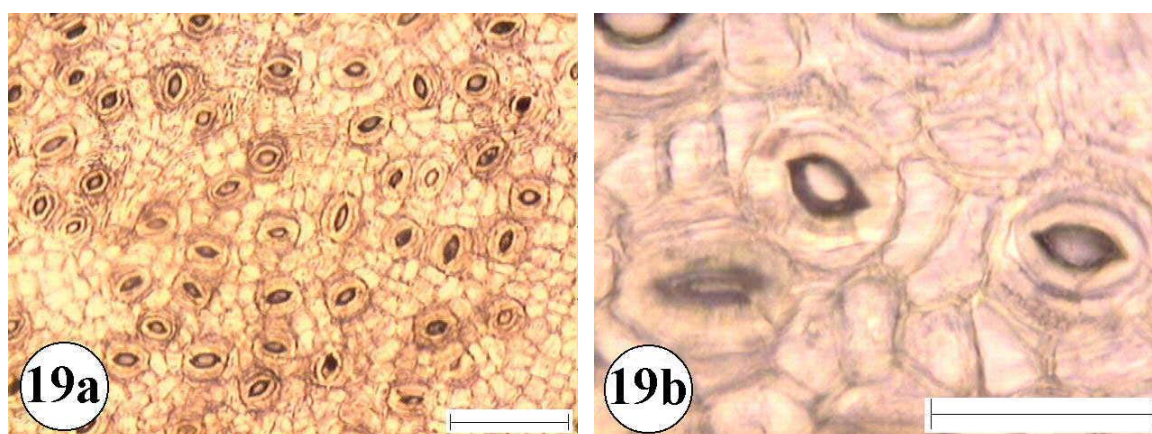


Figura 19: Epiderme foliar de *Roupala montana* 19a e 19b superfície abaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. A barra menor representa 100  $\mu\text{m}$  e a maior 50  $\mu\text{m}$ .

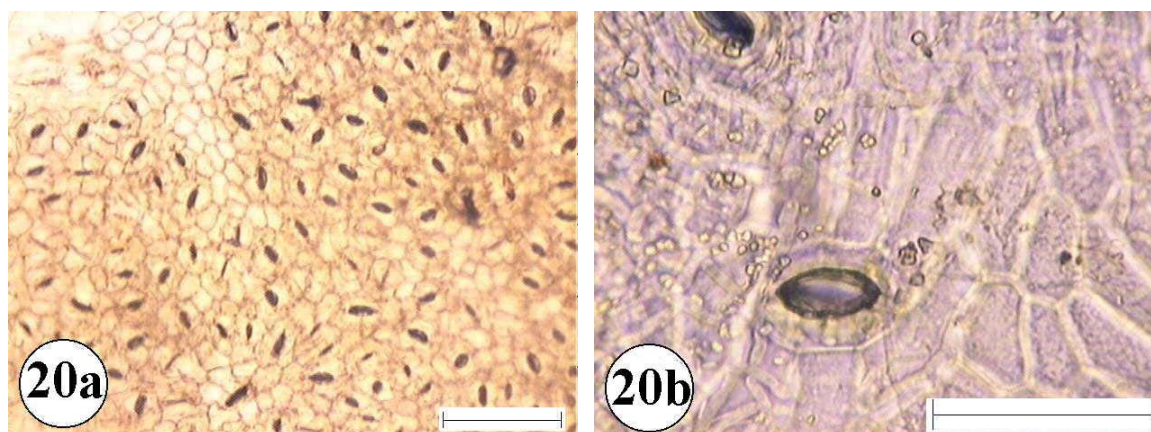


Figura 20: Epiderme foliar *Vochysia tucanorum* 20a e 20b superfície abaxial com aumento de 10 e 40 vezes respectivamente. A barra menor representa 100  $\mu\text{m}$  e a maior 50  $\mu\text{m}$ .

### 3.2 – As dimensões dos Poros estomáticos

#### 3.2.1 – Comprimento dos Poros

A espécie *Kielmeyera coriacea* apresentou a maior medida em comprimento do poro estomático com aproximadamente 25,2 $\mu$ m surpreendentemente na superfície superior da folha porém sua largura máxima ficou entorno de 3,3 $\mu$ m representando 50% da largura constatada nos poros da superfície inferior . No outro extremo a espécie *Casearia sylvestris* apresentou a menor medida no comprimento do poro, aproximadamente de 5,6 $\mu$ m encontrado na superfície superior o que era de se esperar, pois as dimensões reduzidas dos poros encontrados na superfície superior de plantas anfiestomáticas restringe as perdas de água nessas superfícies sujeitas as condições evaporativas e de insolação mais severas que as superfícies inferiores das folhas . Os valores das espécies, com o desvio padrão se encontram na Tabela 2.

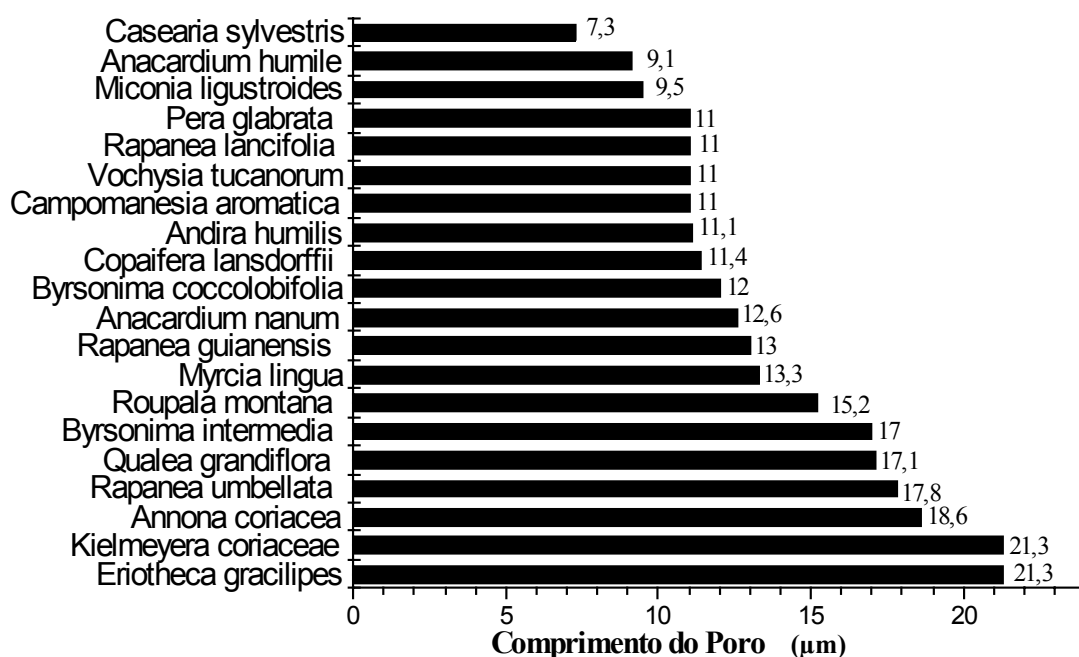


Figura 21: Distribuição das vinte espécies estudadas por ordem crescente do Comprimento do Poro Estomático.

### 3.2.2 – Largura do poro

A espécie *Copaifera langsdorffii* apresenta o menor valor de largura dos poros estomáticos com 2,4 $\mu\text{m}$ . A espécie *Rapanea umbellata* apresentou os maiores valores, 8,2 $\mu\text{m}$ . A comparação da distribuição das espécies entre o comprimento e a largura do poro estomático não permite fazer correlação. A ordem das espécies não são as mesmas. Os valores absolutos e desvio padrão se encontram listados na Tabela 2

### 3.2.3 – Área Total do Poro Estomático.

A distância entre as células guarda através do poro aberto ou seja a largura é geralmente de 5 a 15 $\mu\text{m}$  e o maior eixo do poro elíptico ou seja o comprimento pode ser de 20 $\mu\text{m}$ . Para folhas de dicotiledôneas os estômatos são usualmente mais numerosos nas superfície inferior do que na superfície superior quando presentes. Uma freqüência de 40 a 300 estômatos por  $\text{mm}^2$  é representativo para a superfície inferior para a maioria da folhas. Os poros dos um estômatos abertos podem ocupar de 02 até 2% de área da superfície foliar (Larcher, 1995).

Os valores absolutos e desvio padrão encontrados em espécies de cerrado estão apresentados na Tabela 2.

A espécie *Casearia sylvestris* apresentou a menor área do poro: 18,7 $\mu\text{m}^2$  e a espécie *Rapanea umbellata* a maior área do poro: 114 $\mu\text{m}^2$ . A ordem de distribuição das espécies por área total do poro, possui a mesma seqüência da distribuição das espécies do comprimento e da largura. Isto é conseqüência da variabilidade de formas da estrutura dos estômatos, tanto das células guarda quanto das células anexas.

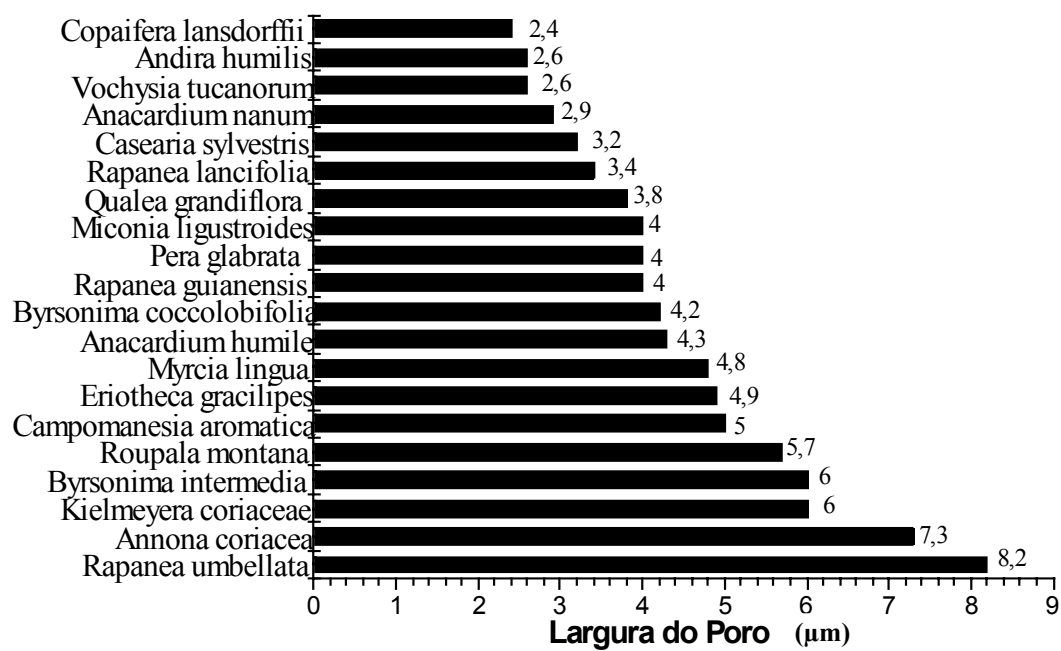


Figura 22: Distribuição das vinte espécies estudadas por ordem crescente da Largura do Poro Estomático.

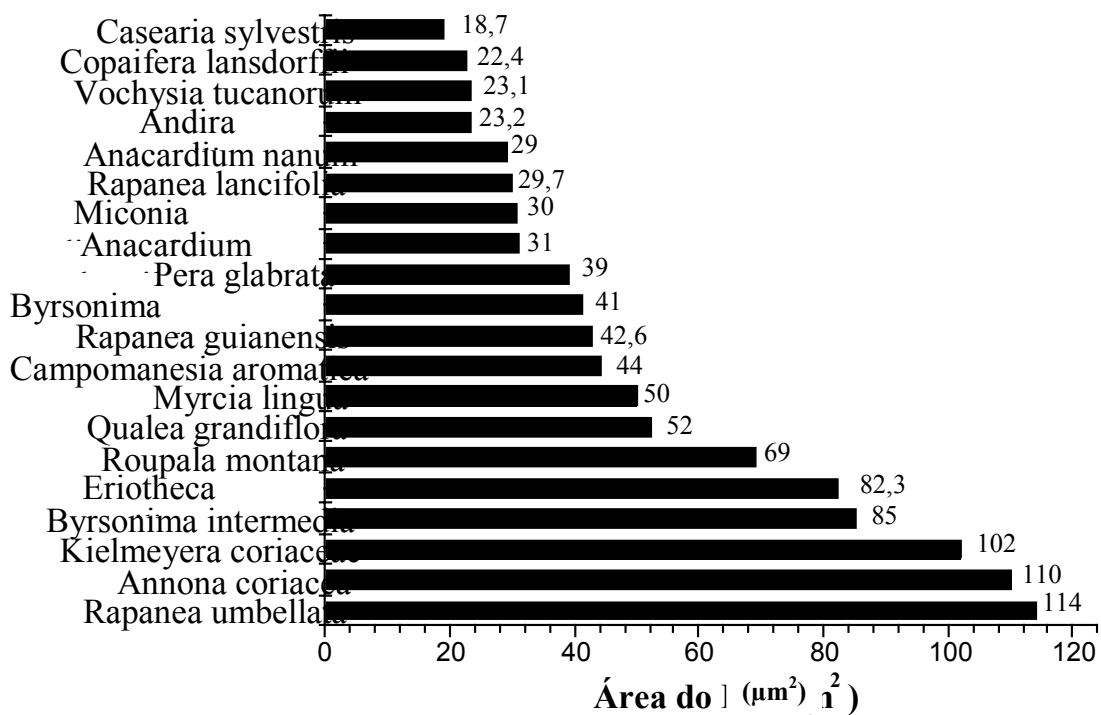


Figura 23: Distribuição das vinte espécies estudadas por ordem crescente da Área Total do Poro Estomático.



Tabela 2 :Valores da média e respectivo desvio padrão do comprimento ,largura e área total dos poros estomáticos Em destaque as espécies anfiestomáticas e os valores encontrados para a superfície adaxial (ad) e abaxial (ab). As espécies estão listadas em ordem decrescente de porosidade foliar total. <sup>G</sup> espécie de larga distribuição e <sup>C</sup> espécies de cerrado.

Planta	Acrônimo	Comprimento do poro ( $\mu\text{m}$ )	Largura máxima do poro ( $\mu\text{m}$ )	Área total do poro ( $\mu\text{m}^2$ )
<i>Rapanea umbellata</i> <sup>G</sup>	R. u	17,8 ± 2	8,2 ± 1,1	114 ± 23
<i>Myrcia lingua</i> <sup>C</sup>	M. l	13,3 ± 1,5	4,8 ± 0,9	50 ± 12
<i>Roupala montana</i> <sup>G</sup>	R. m	15,2 ± 2,4	5,7 ± 1,9	69 ± 17
<i>Byrsonima intermedia</i> <sup>G</sup>	B. i	17 ± 2	6 ± 1	85 ± 10
<i>Qualea grandiflora</i> <sup>C</sup>	Q. g	17,1 ± 1,7	3,8 ± 1,1	52 ± 18,4
<i>Anacardium humile</i> <sup>C</sup>	(ad) A. h	7,44 ± 1,3	2,1 ± 0,4	12,7 ± 4,2
	(ab) A. h	9,1 ± 0,8	4,3 ± 0,9	31 ± 6,9
<i>Campomanesia aromatica</i> <sup>C</sup>	C. a	11 ± 1	5 ± 1	44 ± 6
<i>Eriotheca gracilipes</i> <sup>G</sup>	E. g	21,3 ± 2,7	4,9 ± 1,3	82,3 ± 20
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> <sup>C</sup>	B. c	12 ± 1,7	4,2 ± 0,8	41 ± 13,4
<i>Annona coriacea</i> <sup>C</sup>	A. c	18,6 ± 3,4	7,3 ± 1,6	110 ± 44
<i>Miconia lingustroides</i> <sup>C</sup>	M. li	9,5 ± 0,9	4 ± 1,2	30,7 ± 10
<i>Casearia sylvestris</i> <sup>G</sup>	(ad) C. s	5,6 ± 0,7	1,2 ± 0,3	5,5 ± 1,4
	(ab) C. s	7,3 ± 1,2	3,2 ± 0,9	18,7 ± 7,7
<i>Rapanea guianensis</i> <sup>G</sup>	R. g	13 ± 1,6	4 ± 0,5	42,6 ± 9
<i>Vochysia tucanorum</i> <sup>C</sup>	V. t	11 ± 1,2	2,64 ± 0,5	23,1 ± 6
<i>Kielmeyera coriacea</i> <sup>C</sup>	(ad) K. c	25,2 ± 4	3,3 ± 0,6	66,3 ± 19
	(ab) K. c	21,3 ± 2,4	6 ± 1,4	102 ± 32
<i>Anacadium nanum</i> <sup>C</sup>	(ad) A. n	11,5 ± 1	1 ± 0,8	8,6 ± 1,3
	(ab) A. n	12,6 ± 1,5	2,9 ± 0,6	29 ± 8
<i>Andira humilis</i> <sup>C</sup>	An. h	11,1 ± 0,9	2,6 ± 0,7	23,2 ± 7,2
<i>Copaifera lansdorffii</i> <sup>G</sup>	C. l	11,4 ± 1,4	2,4 ± 0,5	22,4 ± 6,2
<i>Pera glabrata</i> <sup>G</sup>	P. g	11 ± 1	4 ± 1	39 ± 7
<i>Rapanea lancifolia</i> <sup>G</sup>	R. l	11 ± 2	3,4 ± 1	29,7 ± 10

### 3.3 – Área foliar

O resultado das medidas de área foliar, densidade estomática, comprimento, largura e área total do poro estomático bem como a porosidade foliar total estão listados na Tabela 3.

A espécie *Casearia sylvestris* apresentou a maior densidade estomática com 602 estômatos/mm<sup>2</sup> na superfície inferior e 316 estômatos/mm<sup>2</sup> na superfície superior apresentando diferenças não só no número mas também nas dimensões dos aparatos estomáticos entre a superfície inferior e a superior, contrastando com essa elevada densidade estomática, essa mesma espécie apresentou a menor área de poro com 18,7µm<sup>2</sup> possuindo um índice de porosidade foliar de 1,12 %.

No outro extremo da densidade estomática (Figura 24) encontra-se a espécie *Kielmeyera coriacea* onde foi observado 80 estômatos/mm<sup>2</sup> de área foliar na superfície inferior e 43 estômatos/mm<sup>2</sup> de área foliar na superfície superior também ficou evidenciado diferenças significativas não só no número de estômatos mas também entre as dimensões e a área total dos poros entre as duas superfícies foliares. Para a espécie *Kielmeyera coriacea* observou-se exatamente o inverso do observado para a espécie *Casearia sylvestris* ou seja um baixo número de estômatos/mm<sup>2</sup> porém com estômatos que apresentaram grandes dimensões e com isso a maior área do poro, para o conjunto de vinte espécies estudadas, com total de 102 µm<sup>2</sup>. A porosidade foliar, resultado da interação desses dois fatores, foi de 1,09 %. Ou seja observou-se uma relação inversa entre o tamanho do poro e a densidade estomática evidenciando estratégias adaptativas totalmente opostas entre as duas espécies.

**Tabela 3:** Valores da média e respectivo desvio padrão da área foliar, densidade estomática e porosidade foliar total. Em destaque as espécies anfiestomáticas e os valores encontrados para a superfície adaxial (ad) e abaxial (ab). As espécies estão listadas em ordem decrescente de porosidade foliar total. <sup>G</sup> espécie de distribuição geral e <sup>C</sup> espécies de cerrado.\* indica espécie de cerrado.

Planta	Acronimo	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Densidade estomática (estômatos/mm <sup>2</sup> )	Porosidade foliar total (% de área foliar)	
<i>Rapanea umbellata</i> <sup>G</sup>	R. u	37,4 ± 5,8	230 ± 6,1	2,63	
<i>Myrcia lingua</i> <sup>C</sup>	M. l*	9,9 ± 1,7	468 ± 8	2,38	
<i>Roupala montana</i> <sup>G</sup>	R. m	52,6 ± 11,2	306 ± 7,1	2,11	
<i>Byrsonima intermedia</i> <sup>G</sup>	B. i	29,2 ± 3	250 ± 5	2,1	
<i>Qualea grandiflora</i> <sup>C</sup>	Q. g*	47,1 ± 18,6	372 ± 7,1	1,93	
<i>Anacardium humile</i> <sup>C</sup>	(ad) A. h*	69 ± 18,8	203 ± 6	0,26	1,87
	(ab) A. h*		520 ± 16,1	1,61	
<i>Campomanesia aromatica</i> <sup>C</sup>	C. a*	18,5 ± 3	412 ± 5	1,8	
<i>Eriotheca gracilipes</i> <sup>G</sup>	E. g	76,5 ± 24,9	204 ± 7,1	1,68	
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> <sup>C</sup>	B. c*	35,5 ± 6,3	398 ± 8,7	1,63	
<i>Annona coriacea</i> <sup>C</sup>	A. c*	89,4 ± 26,3	146 ± 4	1,6	
<i>Miconia lingustroides</i> <sup>C</sup>	M. li*	19,5 ± 7,5	467 ± 13,5	1,43	
<i>Casearia sylvestris</i> <sup>G</sup>	(ad) C. s	10,9 ± 2,4	316,4 ± 11	0,17	1,29
	(ab) C. s		602 ± 16,3	1,12	
<i>Rapanea guianensis</i> <sup>G</sup>	R. g	28,9 ± 6	295 ± 6,3	1,26	
<i>Vochysia tucanorum</i> <sup>C</sup>	V. t*	20,3 ± 3,1	520 ± 13	1,2	
<i>Kielmeyera coriacea</i> <sup>C</sup>	(ad) K. c*	98 ± 28,8	43 ± 1	0,28	1,09
	(ab) K. c*		80 ± 1,9	0,81	
<i>Anacardium nanum</i> <sup>C</sup>	(ad) A. n*	56,9 ± 6,8	72,3 ± 2	0,06	0,97
	(ab) A. n*		312 ± 6,5	0,91	
<i>Andira humilis</i> <sup>C</sup>	An. h*	124,5 ± 35	381 ± 8,6	0,89	
<i>Copaifera lansdorffii</i> <sup>G</sup>	C. l	64,7 ± 9	364 ± 6,4	0,81	
<i>Pera glabrata</i> <sup>G</sup>	P. g	37,4 ± 5	214 ± 4	0,8	
<i>Rapanea lancifolia</i> <sup>G</sup>	R. l	18,4 ± 2,8	252 ± 3,7	0,75	

A área foliar variou de 9,9 cm<sup>2</sup> em *Myrcia lingua* até 124,5 cm<sup>2</sup> *Andira humilis* sendo a primeira de folhas simples e a segunda, de folhas compostas nesse caso considerada como área foliar a soma das áreas dos folíolos.

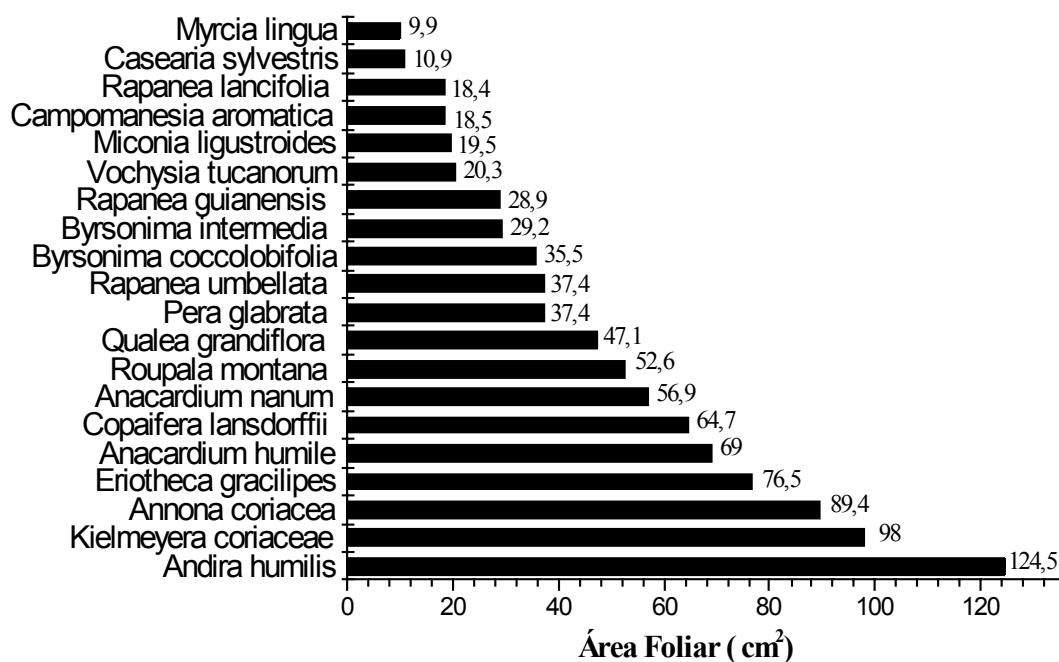


Figura 24: Distribuição das vinte espécies estudadas em ordem crescente de Área Foliar.

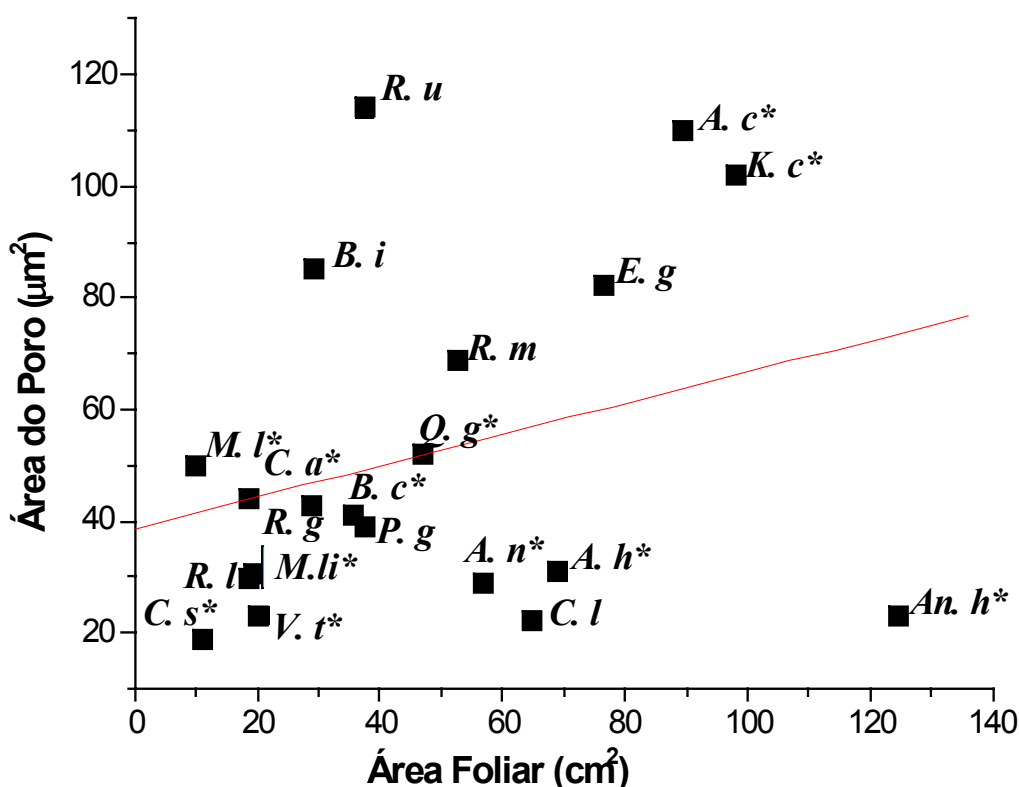


Figura 25: Correlação linear entre os parâmetros Área foliar e Área do poro de vinte espécies de ocorrência no cerrado. Os acrônimos encontram-se na Tabela 2. \* indica espécies de cerrado.

A primeira vista a correlação entre Área Foliar e Área do Poro (Figura 25) parece discordar de toda a possível hipótese da combinação dos diferentes parâmetros estomáticos na busca da restrição da perda de água pela planta nas severas condições evaporativas do ambiente de cerrado, já que mostra uma reta que indica o crescimento da área do poro com o respectivo aumento da área foliar.

Essa análise poderia levar a falsa impressão de se tratar de plantas com elevada porosidade foliar, mas ocorre o fato de que as plantas aqui estudadas quando apresentaram os maiores poros estomáticos também apresentaram as menores densidades estomáticas que correlacionados, resultam em uma porosidade foliar intermediária indicando mais uma vez a busca da restrição da perda de água para o ambiente.

Analisado pela ótica das combinações possíveis entre os parâmetros

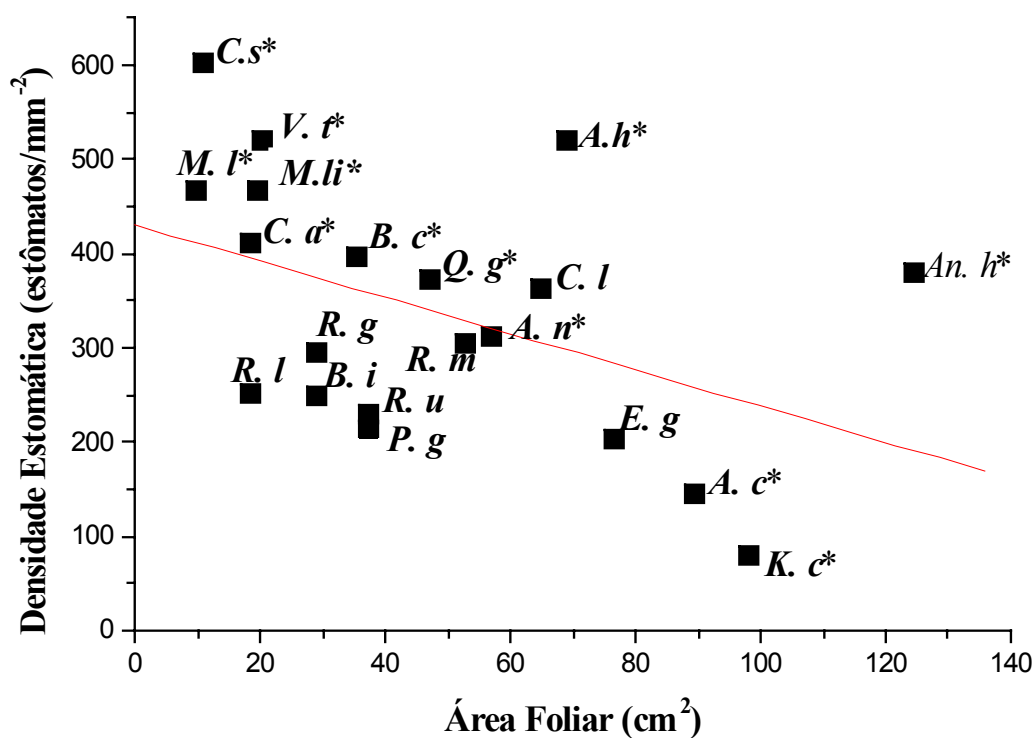


Figura 26: Correlação linear entre os parâmetros Área foliar e Densidade Estomática de vinte espécies de ocorrência no cerrado. Os acrônimos encontram-se na Tabela 2.

Na Figura 26 pode ser comprovado que a tendência entre os parâmetros área foliar e densidade estomática é inversamente proporcional, ou seja quanto maior a área foliar menor é a densidade estomática. Isto favorece uma boa eficiência no controle da perda de água. Plantas com grandes superfícies foliares e elevado números de estômatos podem ser encontradas em florestas tropicais onde não sofrem nenhuma restrição hídrica mesmo que sazonal.(Popma, 1992)

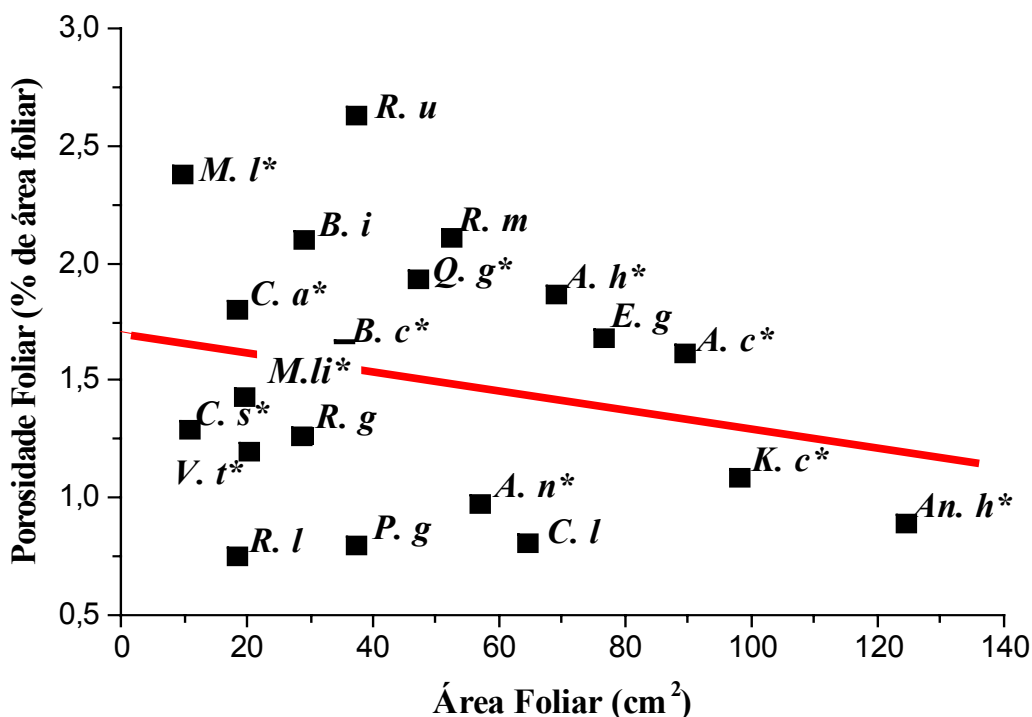


Figura 27: Correlação linear entre os parâmetros Área foliar e Porosidade foliar de vinte espécies de ocorrência no cerrado. Os acrônimos encontram-se na Tabela 2..

A correlação entre a área foliar e a porosidade foliar (Figura 27) mostra uma ligeira tendência em concentrar as espécies com folhas de tamanho mediano e porosidade também intermediária mas a reta mostra a diminuição da porosidade foliar com a diminuição da porosidade foliar total mais uma vez sinalizando para a melhor restrição da perda de água da planta para a atmosfera .

### 3.4 - Densidade Estomática

No conjunto das 20 espécies estudadas, 16 delas apresentaram estômatos somente na superfície abaxial (inferior) das folhas sendo classificadas como hipoestomática (tabela 3) e somente quatro delas apresentaram estômatos em ambas as superfícies foliares sendo classificadas como anfiestomáticas. Os valores extremos de densidade se encontram na Figura 28.

*Anacardium humile* apresentou densidade estomática média de 520

estômatos/mm<sup>2</sup> para a superfície inferior e de 203 estômatos/mm<sup>2</sup> para a superfície superior o que representa uma diferença de 60% no número de estômatos entre as duas superfícies;

*Anacardium nanum* apresentou densidade estomática média de 312 estômatos/mm<sup>2</sup> para a superfície inferior e de 72 estômatos/mm<sup>2</sup> para a superfície superior representando diferença de 80% entre as duas superfícies ;

A espécie *Casearia sylvestris* apresentou a maior densidade estomática com 602 estômatos/mm<sup>2</sup> na superfície inferior e 316 estômatos/mm<sup>2</sup> na superfície superior apresentando diferenças não só no número mas também nas dimensões dos aparatos estomáticos entre a superfície inferior e a superior, contrastando com essa elevada densidade estomática, essa mesma espécie apresentou a menor área de poro com 18,7 µm<sup>2</sup> possuindo um índice de porosidade foliar de 1,12 %.

No outro extremo da densidade estomática encontra-se a espécie *Kielmeyera coriacea* onde foi observado 80 estômatos/mm<sup>2</sup> na superfície inferior e 43 estomâtos/mm<sup>2</sup> na superfície superior, também ficou evidenciado diferenças significativas não só no número de estômatos mas também entre as dimensões e a área total dos poros entre as duas superfícies foliares. Para esta espécie observou-se exatamente o inverso do observado para a espécie *Casearia sylvestris* ou seja um baixo número de estomatos.mm<sup>2</sup> de área foliar porém com estômatos que apresentaram as maiores dimensões e com isso a maior área do poro, para o conjunto de vinte espécies estudadas, com total de 102 µm<sup>2</sup>. A porosidade foliar, resultado da interação desses dois fatores, foi de 1,09 %. Ou seja observou-se uma relação inversa entre o tamanho do poro e a densidade estomática evidenciando estratégias adaptativas totalmente opostas entre as duas espécies.



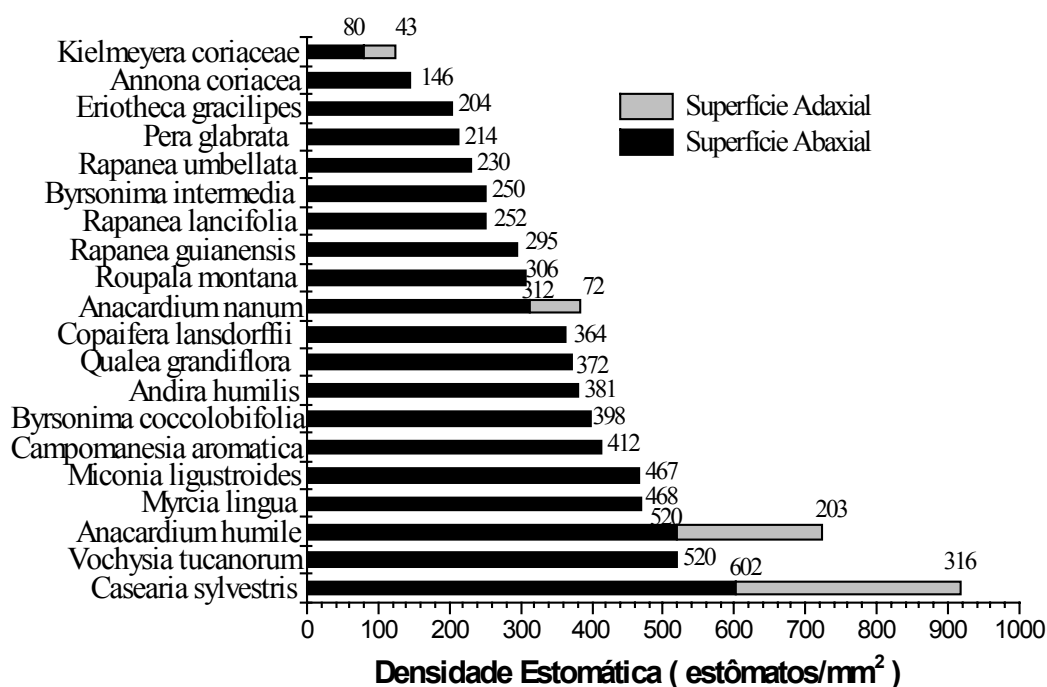


Figura 28- Distribuição das vinte espécies estudadas em ordem crescente de Densidade estomática.

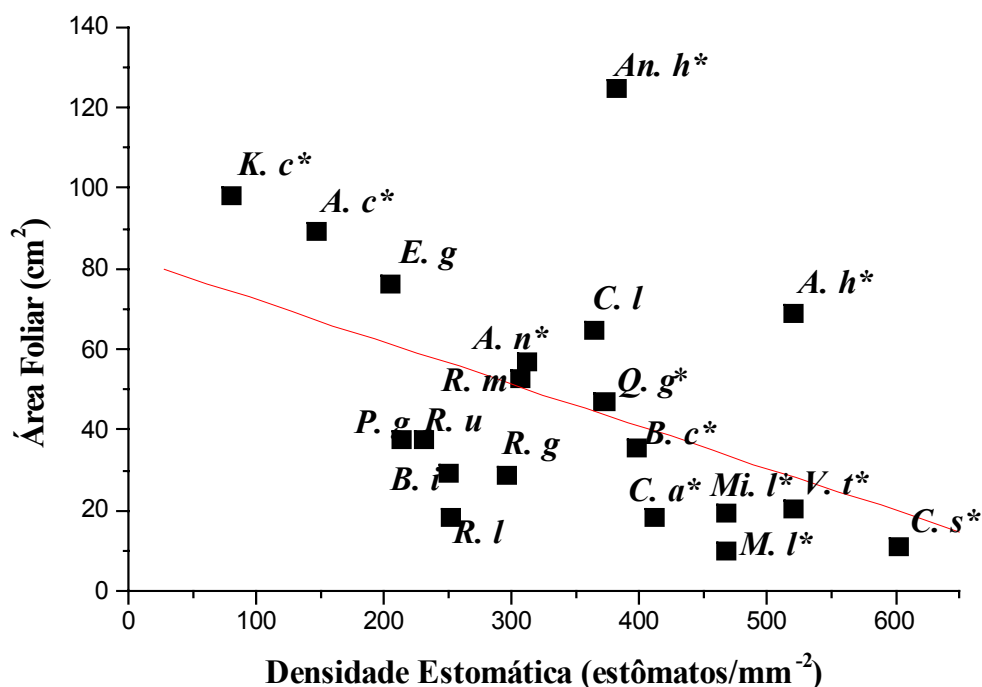


Figura 29: Correlação linear entre os parâmetros Densidade Estomática e Área Foliar de vinte espécies de ocorrência no cerrado. Os acrônimos encontram-se na Tabela 2.

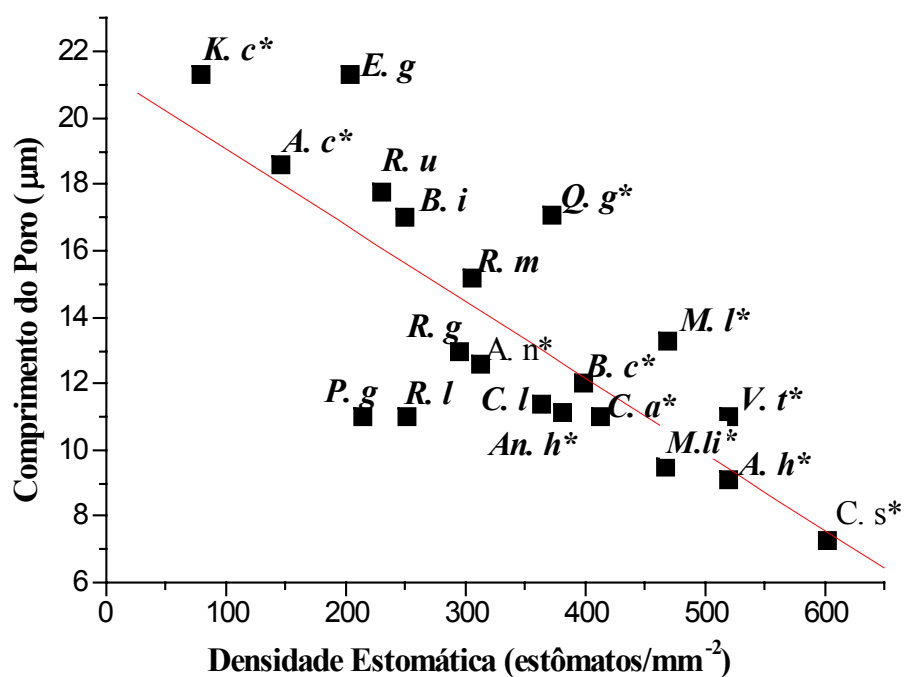


Figura 30: Correlação linear entre os parâmetros Densidade Estomática e Comprimento do Poro Estomático de vinte espécies de ocorrência no cerrado. Os acrônimos encontram-se na Tabela 2.

Na Figura 29 observa-se uma correlação entre a Densidade Estomática e Área Foliar e na Figura 30 uma correlação entre a Densidade Estomática e Comprimento do Poro. Ambas as relações apresentaram uma correlação negativa.

Claramente percebe-se que a maioria das plantas estudadas apresentaram poros com comprimento de 8 a 18µm e poucas acima dessa medida as plantas que apresentaram os maiores comprimentos do poro possuem as menores densidades estomáticas e também a recíproca é verdadeira, pelo menos no ambiente de cerrado.

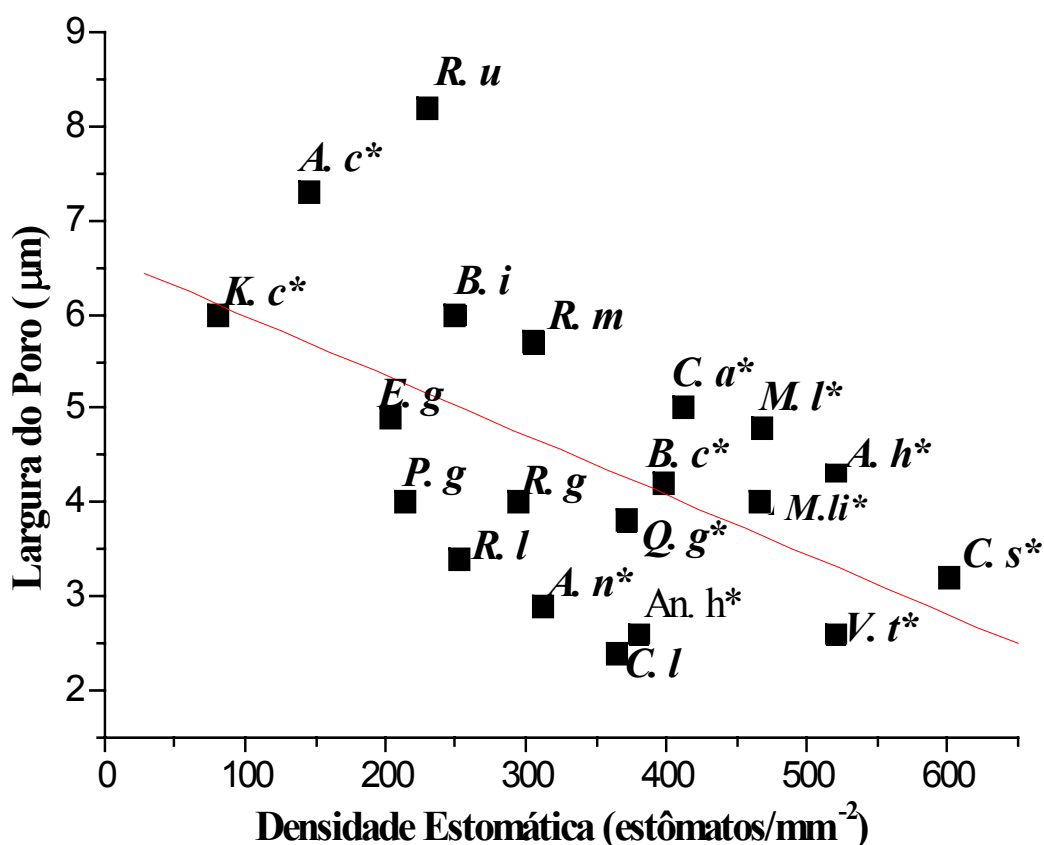


Figura 31: Correlação linear entre os parâmetros Densidade Estomática e Largura do Poro de vinte espécies de ocorrência no cerrado. Os acrônimos encontram-se na Tabela 2.

A largura do poro é a medida mais efetiva para se determinar a porosidade foliar máxima uma vez que o comprimento do poro estomático não sofre mudanças em suas dimensões o que só ocorre com a sua largura, que a planta controla através de um sensível mecanismo que em última análise busca a eficiência nas trocas gasosas e no uso da água.

A Figura 31 evidencia a correlação negativa entre a largura do poro e a densidade estomática, o que pode indicar um controle mais eficiente na abertura dos poros estomáticos, ou seja plantas que possuem poros com grande abertura os possuem em menor número e as plantas com elevado número de estômatos apresenta-os com pequenas dimensões de abertura proporcionando um controle mais apurado sobre o conjunto, mesmo que numeroso.

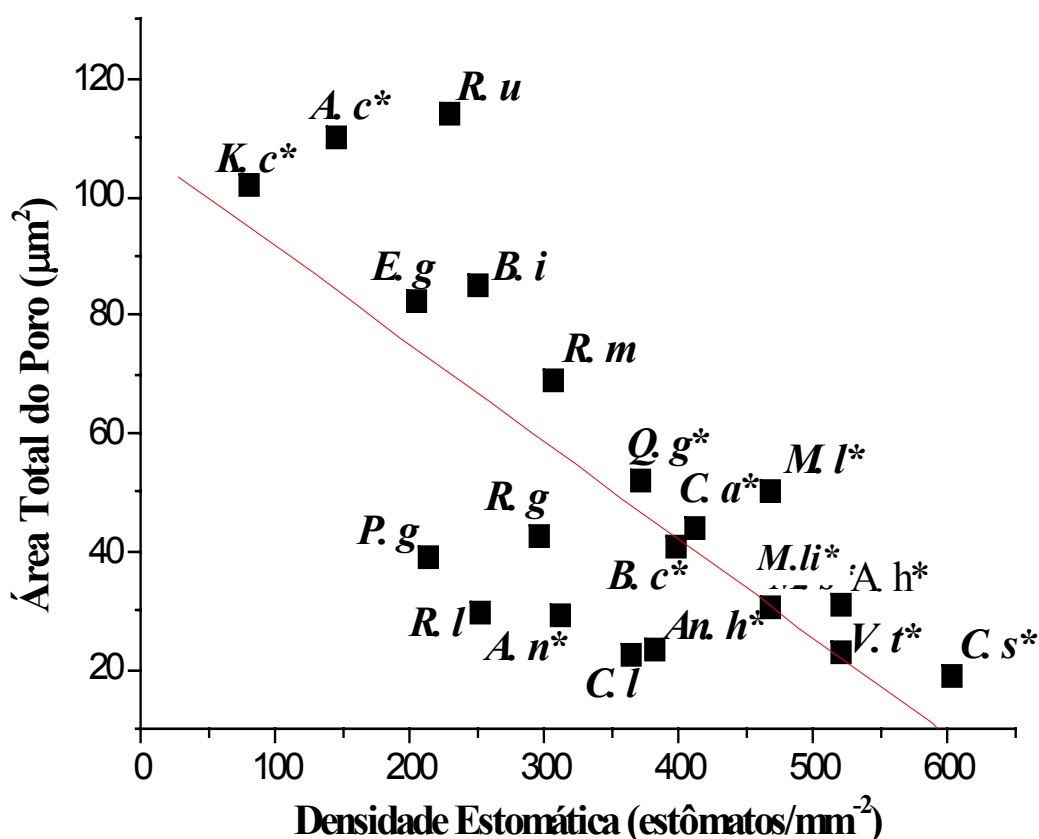


Figura 32: Correlação linear entre os parâmetros Densidade Estomática e Área Total do Poro de vinte espécies de ocorrência no cerrado. Os acrônimos encontram-se na Tabela 2.

A Figura 32 apresenta a correlação entre a densidade estomática e área total do poro. Esta figura demonstra uma clara tendência em buscar a máxima economia de água pelas plantas no cerrado: diminuição da área total do poro em plantas que apresentaram elevada densidade estomática ou seja uma maneira de diminuir a área efetiva por onde ocorre a perda de água já que uma elevada densidade estomática combinada a um grande poro estomático resultaria em uma elevada porosidade foliar total, o que tornaria o controle do movimento de abertura e fechamento do poro estomático muito mais difícil para a planta, resultando em altas taxas de perda de água ainda mais nas severas condições evaporativas que o cerrado pode vir a apresentar. Plantas com essas características podem ser encontradas em ambientes onde restrições hídricas dificilmente ocorram.

Mendonça *et. al.* (1988) examinando a características da ultra-estrutura e avaliação da densidade estomática em folhas de plantas daninhas monocotiledôneas através da impressão da folha em lâmina de vidro com adesivo instantâneo obteve os seguintes resultados : A espécie *Commelina benghalensis* apresentou estômatos dispersos em ambas as superfícies foliares, ocorrendo 25 e 39 estômatos/mm<sup>2</sup> nas faces adaxial e abaxial respectivamente. *Cyperus rotundus* apresentou uma fileira de estômatos nas margens foliares na face adaxial e na abaxial os estômatos ocorreram em fileiras paralelas (135 estômatos/mm<sup>2</sup>). *Brachiaria decumbens*, *B. Plantaginea*, *Cenchrus echinatus* e *Panicum maximum* apresentaram densidade estomática (adaxial/abaxial ) na ordem de 131/89, 151/120, 35/44 e 157/114, respectivamente. *Cynodon dactylon*, *Digitaria horizontalis*, *D. insularis* e *Eleusine indica* apresentaram 384/329, 56/84, 62/97 e 115/84, respectivamente para superfície adaxial e abaxial. Algumas espécies de monocotiledôneas estudadas apresentaram densidade estomática na superfície adaxial superior a encontrada na superfície abaxial fato esse não constatado para espécies do cerrado onde via de regra a densidade estomática da superfície abaxial das folhas supera grandemente aquela encontrada na superfície adaxial. Possivelmente pelas condições evaporativas não tão severas a que as plantas do primeiro grupo estarem sujeitas.

Sundberg (1986) fez uma comparação da distribuição e do comprimento do estômato em plantas suculentas e não suculentas de deserto . As espécies suculentas, tem significadamente poucos estômatos por unidade de área comparadas com não suculentas similarmente o comprimento do estômato nas suculentas é siginificadamente maior do que na maioria das espécies não suculentas, embora houvesse uma tendência de diminuir o comprimento do estômato com a crescente densidade estomática

Malone (1993) estudou a resposta da densidade estomática e o comprimento do poro em plantas crescidas em diferentes gradientes de CO<sub>2</sub>, ( 200 a 350  $\mu$ -mol/mol) observou que a densidade estomática diminuía e o comprimento da abertura estomática aumentava ligeiramente com o acréscimo da concentração de CO<sub>2</sub>.

Hoover (1986) estudou a resposta ecológica em plantas do gênero *Begônia* observou que populações que crescem próximas a queda da cachoeira tem maiores e mais numerosos estômatos se comparadas com populações que crescem afastadas desse ambiente notadamente úmido, indicando a evidencia ecológica que o conjunto estomático da *begônia* ajudam na conservação da água

A relação entre a densidade estomática e as mudanças de concentração atmosférica de  $\text{CO}_2$  mostraram que a densidade estomática diminui significadamente em resposta ao aumento das concentrações de  $\text{CO}_2$ .

Mansfield (1998) afirma que a poluição do ar cria pequenas mudanças na composição gasosa da atmosfera e que tem muitos impactos diferentes em plantas terrestres . Algumas das mais importantes envolve mudanças no controle estomático e na condutância foliar A evolução proveu um complexo mecanismo através do qual o estômato responde a uma larga escala de fatores ambientais para contrabalançar a conflitante prioridade de ganho de carbono para a fotossíntese e a conservação de água. Esse mecanismo envolve respostas diretas das células guarda a fatores ambientais e a comunicação hormonal dentro da planta, permitindo ajustar a condutância de acordo com a umidade de solo. Os vários aspectos destes delicados mecanismos de equilíbrio podem ser perturbados por poluentes do ar. Modificações da regulação do uso da água pela planta por  $\text{SO}_2$  e  $\text{O}_2$  estão sendo estudados a alguns anos, mas há ainda alguns obstáculos a nossa compreensão entre espécies ou entre genótipos da mesma espécie. Um resultado surpreendente de alguns estudos recentes é a sugestão que a poluição por  $\text{CO}_2$  pode perturbar o controle das relações da água em algumas espécies porque seus estômatos não se fecham suficientemente no ar enriquecido de  $\text{CO}_2$  o que poderia levar a uma perda excessiva de água pela planta .

Berling (1993) estudou as respostas da densidade estomática em folhas de *Olea europaea egyptian* para as mudanças de concentração de  $\text{CO}_2$  desde 1327 A.C . A distribuição desse espécie é confinada a um tipo de clima mediterrâneo de modo que as folhas dessa espécie de idades diferentes foram formadas sob temperaturas similares mas níveis diferentes de  $\text{CO}_2$  nos últimos 3.000 anos. As medidas da densidade estomática foram

feitas através de moldes com resina das folhas de *Olea europaea* oriundas da tumba do faraó Tutankhamun que datam de 1327 A.C e comparadas com os valores obtidos de outros materiais datados de 332 A.C, 1818 e 1978. Junto as quatro datas fornecem um registro de como a planta respondeu ao aumento na concentração atmosférica do CO<sub>2</sub> durante esse período. Os resultados demonstram que de acordo os estudos similares que examinam a resposta da densidade estomática das plantas sob três escalas de tempo (dezenas, centenas e milhares de anos) a densidade estomática diminui com o aumento da concentração do CO<sub>2</sub> .

Bakker (1991) estudou o efeito da umidade na densidade estomática e na sua relação com a condutância foliar em *Cucumis sativus*, *Lycopersicon esculentum*, *Capsicum annum* e *Solanum melongena* em uma escala de umidade de 0,2 a 1,6 Kpa . A densidade estomática foi mais elevada na umidade mais elevada, o comprimento do poro aumentou na umidade elevada em três das espécies e a largura aumentou em uma espécie. Nenhuma diferença significativa na condutância da folha foi observada entre as plantas crescidas sob pré tratamentos diferentes da umidade e concluiu que a densidade e o tamanho do estômato foi afetado pela umidade na escala investigada não influenciando significadamente na condutância da folha.

Woodward *et al.*, (1998) fizeram experimentos com espécies de árvores, arbustos e herbáceas cultivadas sob diferentes pressões parciais de CO<sub>2</sub> e mostraram que a densidade estomática sofre um incremento com a diminuição da pressão parcial de CO<sub>2</sub> de 34 Pa para 22,5 Pa. A densidade estomática reponde a reduzida pressão parcial simulando condições de altas altitudes (3000 m), quando a fração de CO<sub>2</sub> permaneceu inalterada. Quando a pressão parcial de CO<sub>2</sub> aumenta de 35 Pa para 70 Pa a densidade estomática diminui rapidamente. Medidas de trocas gasosas em folhas que tiveram o desenvolvimento em diferentes pressões parciais de CO<sub>2</sub> mas um baixo déficit de pressão de vapor, indicou baixa taxa fotossintética mas uma alta condutância estomática para uma reduzida pressão parcial de CO<sub>2</sub>. Experimentos com populações de *Nardus stricta* indicaram diferenças genéticas nas respostas da densidade estomática para pressões de CO<sub>2</sub> simulando altitudes ao nível do mar até 2000m. Plantas de altitudes mais

elevadas mostraram maiores declíneos na densidade estomática quando a pressão de CO<sub>2</sub> foi aumentada.

*Casearia sylvestris* apresentou densidade estomática média de 602 estômatos/mm<sup>2</sup> para a superfície inferior e de 316 estômatos/mm<sup>2</sup> para a superfície superior representando 47% a diferença entre as duas superfícies;

*Kielmeyera coriaceae* apresentou densidade estomática média de 80 estômatos/mm<sup>2</sup> para a superfície inferior e de 43 estômatos/mm<sup>2</sup> para a superfície superior o que representa uma diferença de 46% no número de estômatos entre as duas superfícies.

As correlações entre o parâmetro densidade estomática com os demais aqui estudados também podem evidenciar mecanismos pelos quais as plantas do cerrado buscam a economia hídrica através da restrição da transpiração que se dá através da área porosa da folha resultado da combinação de todos esses parâmetros .

### 3.5 - Porosidade Foliar

O índice de porosidade indica em porcentagem o quanto da superfície foliar pode ser utilizada como passagem para as trocas gasosas. Como já foi descrito essa área é o resultado do produto da densidade estomática com a área do poro, essa área assemelha-se a uma elipse ( A abertura estomática é controlada através da conformação de duas células guarda circundando um poro, essas células geralmente são em formato de rins.)

Para o parâmetro porosidade foliar a espécie *Rapanea umbellata* apresentou o maior índice ficando com 2,68% apesar dessa espécie apresentar 230 estômatos/mm<sup>2</sup> o que não é tão elevado assim ,eles possuem dimensões relativamente grandes em média 17,8 µm de comprimento e 8,2 µm de largura o que resulta em uma área de aproximadamente de 114 µm<sup>2</sup> uma área de poro extremamente grande se comparada com a espécie que apresentou a menor área de poro 29,7µm<sup>2</sup> que foi surpreendentemente uma planta pertencente ao mesmo gênero, a *Rapanea lancifolia*. Isso demonstra a grande plasticidade genotípica desse gênero de planta (Figura 33).

Para as quatro espécies que apresentaram estômatos na superfície



superior, a porosidade total e extremamente baixa para todas. *Kielmeiera coriacea* apresentou 0,28% como índice de porosidade para a superfície superior, *Anacardium humile* 0,26%, *Casearia sylvestris* 0,17% e *Anacardium nanum* com a menor de todas 0,06%. Evidenciando uma grande diferença da porosidade entre as duas superfícies percebe-se também que as dimensões dos poros sofreram grande redução na superfície superior mais marcadamente na largura dos poros o que poderia dotar o aparato estomático de maior velocidade de resposta às variações internas ou da atmosfera que a envolve.

A correlação entre Porosidade Foliar e Área Foliar (Figura 34) já foi mostrada nas características foliares mas essa figura permite melhor visualizar a tendência da reta que é a gradativa diminuição da área foliar com o sucessivo aumento da porosidade foliar total caso isso não ocorresse a planta estaria sujeita a excessiva perda de água através da área porosa elevada associada a uma grande área foliar não sendo compatível com as severas condições evaporativas do cerrado principalmente em épocas de seca onde as restrições hídricas são mais pronunciadas.

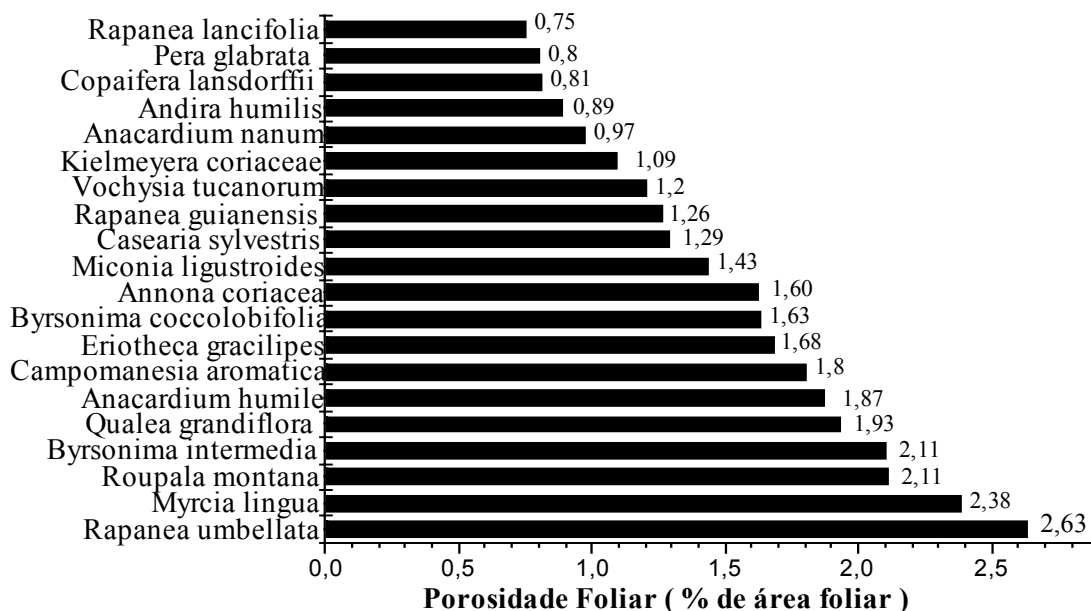


Figura 33: Distribuição das vinte espécies estudadas em ordem crescente de Porosidade Foliar Total.

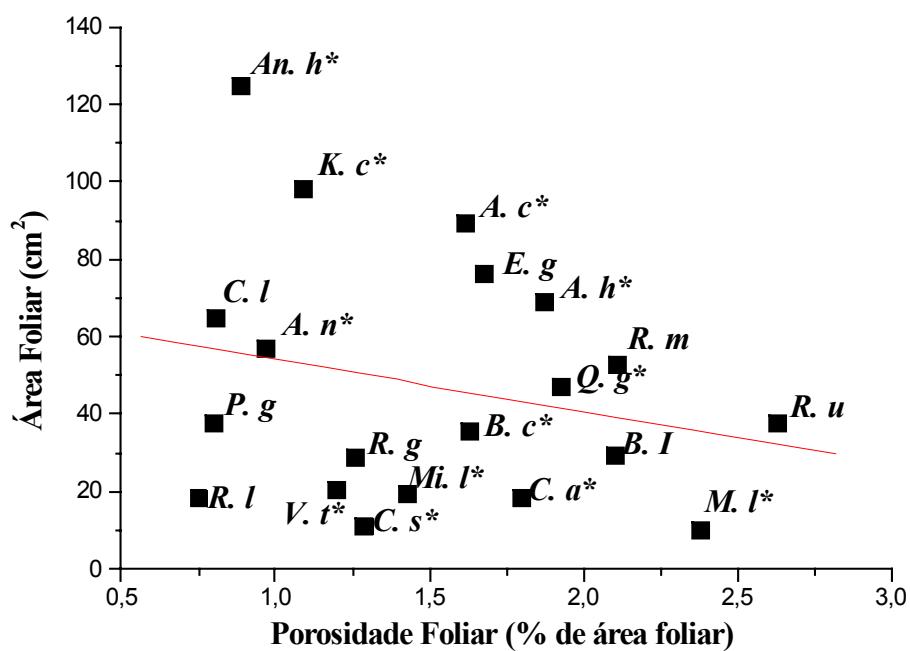


Figura 34: Correlação linear entre os parâmetros Porosidade Foliar e Área Foliar de vinte espécies de ocorrência no cerrado. Os acrônimos encontram-se na Tabela 2..

As correlações entre Porosidade Foliar com as Dimensões dos Poros como Largura ( Figura 36), Comprimento ( Figura 37) e Área do Poro (Figura 38) mostram-se positiva, o que indica que espécies com maior porosidade foliar possuem poros com maiores dimensões.

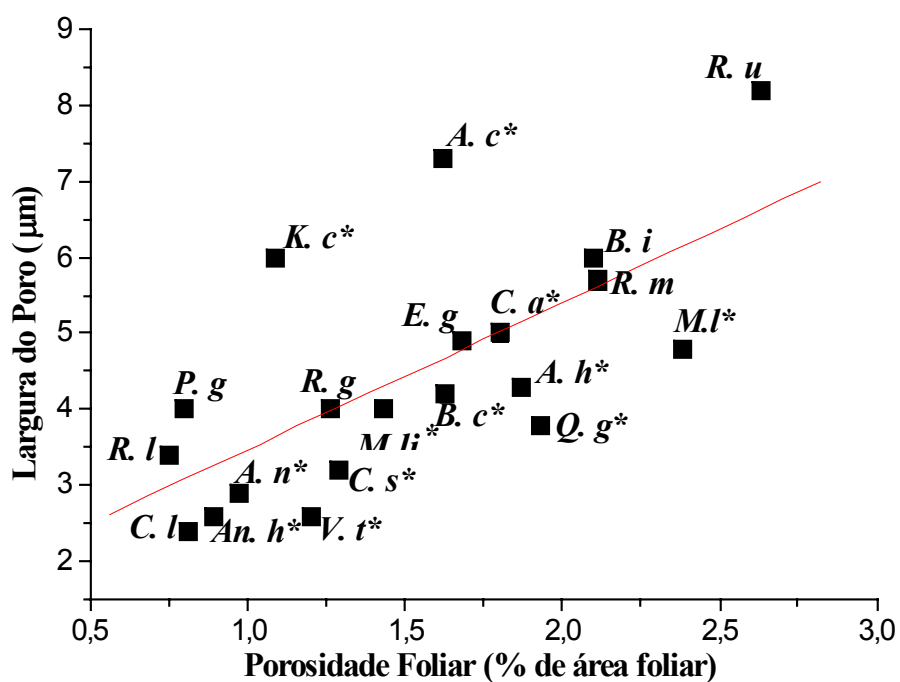


Figura 35: Correlação linear entre os parâmetros Porosidade Foliar e Largura do Poro de vinte espécies de ocorrência no cerrado. Os acrônimos encontram-se na Tabela 2..

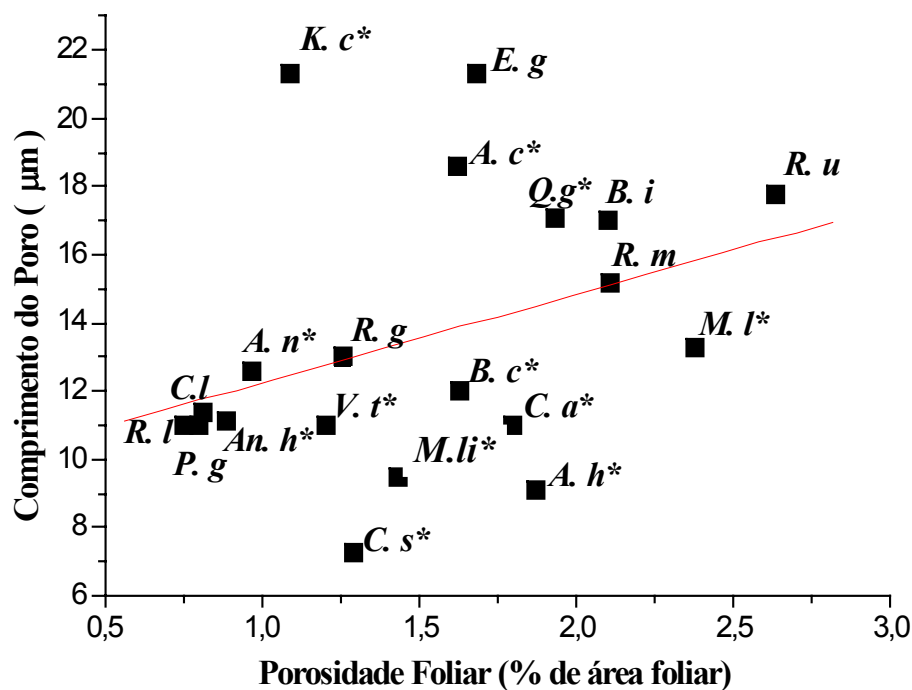


Figura 36: Correlação linear entre os parâmetros Porosidade Foliar e Comprimento do Poro de vinte espécies de ocorrência no cerrado. Os acrônimos encontram-se na Tabela 2..

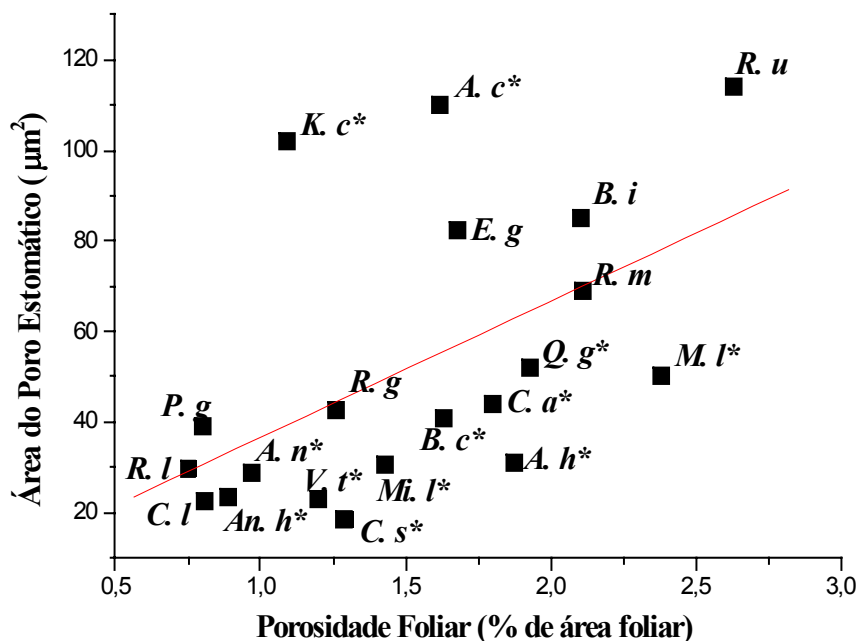


Figura 37: Correlação linear entre os parâmetros Porosidade Foliar e Área do Poro estomático de vinte espécies de ocorrência no cerrado. Os acrônimos encontram-se na Tabela 2..

A correlação entre a Porosidade Foliar e Densidade Estomática (Figura 38) permite visualizar quase uma linearidade entre os dois parâmetros onde as plantas tenderam a distribuir-se em uma faixa de porosidade e que vai de aproximadamente 0,75% a 2,0% independente do número de estômatos. Com o aumento da densidade estomática ocorre leve aumento da porosidade foliar na média fato esse possível graças a combinação do parâmetro Densidade Estomática com os outros parâmetros já visto ou seja já vimos que com o aumento da Densidade Estomática a área foliar tende a diminuir assim como a largura, o comprimento e por conseqüência a área do poro dessa forma ocorre um ajustamento para uma faixa ótima ou no mínimo sub-ótima de porosidade foliar total.

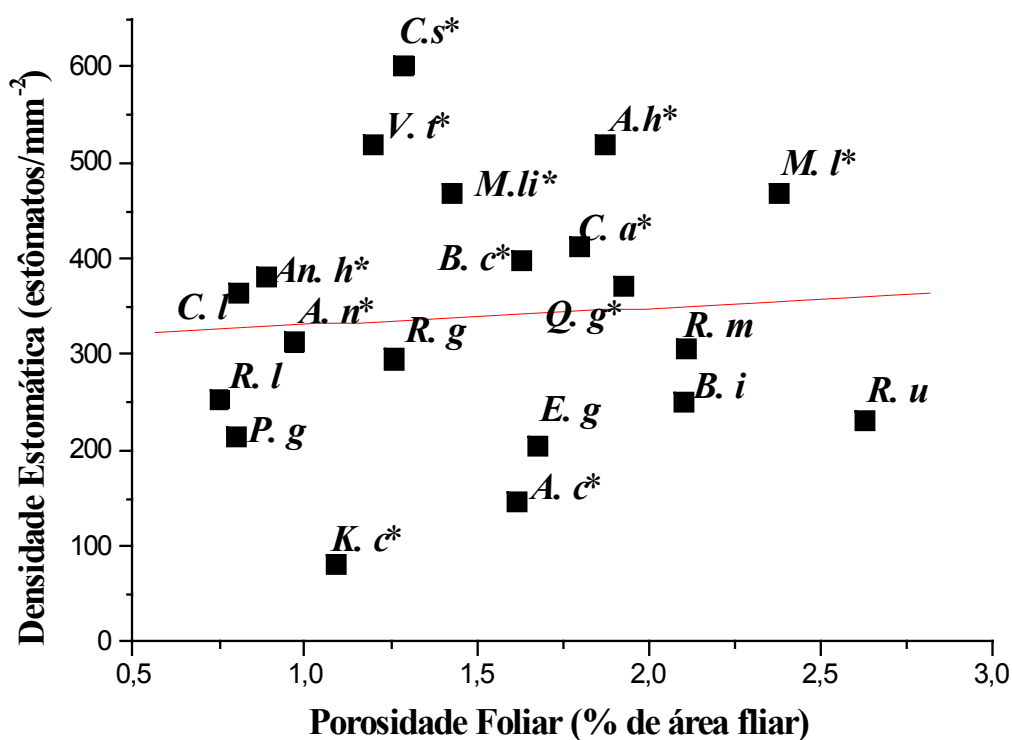


Figura 38: Correlação linear entre os parâmetros Densidade Estomática e Porosidade Foliar em vinte espécies encontradas no cerrado. Os acrônimos encontram-se na Tabela 2.

Segundo Larcher (1995) na maioria das plantas, a área porosa compreende de 0,5 a 1,2% da superfície da folha, embora em árvores de floresta tropical essa área possa ser de até 3,5%. A área porosa é essencialmente pequena em plantas suculentas e em folhas escleromorfas. Tabela 4.

Somente por pouco tempo os estômatos permanecem totalmente abertos, pois raramente as condições favoráveis à abertura estomática podem ser encontradas todas ao mesmo tempo. No entanto, situações extremas, as quais forçam o fechamento completo dos estômatos por tempo prolongado, são eventos comuns, especialmente durante a seca.

Por meio da variação da abertura estomática, a planta controla o influxo de CO<sub>2</sub> e inevitavelmente perde água para a atmosfera (com exceção se a atmosfera estiver 100% saturada de umidade). Deve-se

entender que, neste processo, as células fechadoras estão em constante movimento e que o poro estomático oscila: abrindo e fechando. Também está comprovado que, para uma mesma folha, nem todos os aparatos estomáticos estão, ao mesmo tempo, com uma mesma abertura. Sobretudo, em situações de estresse ocorre uma forte heterogeneidade na abertura estomática (Larcher, 1995).

Valores máximos de fotossíntese líquida para espécies do cerrado 6,5-14 (20)  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Prado, 1997) Plantas de deserto anuais de inverno 20-40 (60)  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

O fechamento estomático ocasionado pela seca é consequência de uma combinação de vários processos, sob a condição de deficiência hídrica, o fluxo interno de água na folha torna-se insuficiente para a manutenção da turgescência da epiderme foliar. A tendência dos estômatos se fecharem nessa condição é reforçada por elevado déficit de saturação de vapor na atmosfera

A perda de água na forma de vapor ocorre mais rapidamente que a absorção do  $\text{CO}_2$ . Além disso, as moléculas de  $\text{H}_2\text{O}$  são menores e se difundem 1,5 vez mais rapidamente que as moléculas de  $\text{CO}_2$ . Na maioria das plantas, a área porosa compreende de 0,5%-1,2% da superfície da folha, embora em árvores de floresta tropical essa área possa ser de 3%. A área porosa é essencialmente pequena em planta suculentas e em folhas escleromorfas (Larcher, 1995).

Tabela 4: Valores máximos e mínimos da densidade estomática, comprimento, largura e área total do poro estomático e porosidade foliar total em diferentes formações vegetais, segundo Larcher, 1995. Números entre parênteses indicam valores extremos. Em destaque valores encontrados para espécies de cerrado.

Plantas	Densidade Estomática (estômatos/mm <sup>2</sup> )	Comprimento do Poro (μm)	Largura do Poro (μm)	Área Total do Poro (μm <sup>2</sup> )	Porosidade Foliar (% de área foliar)
Árvores de florestas tropicais	200 – 600 (900)	10 – 25	3 – 8	-	1,5 – 3
Esclerófilas	100 – 500 (1000)	10 – 15	1 – 2	-	0,2 – 0,5
Árvores decíduas	100 – 300 (600)	5 – 15	1 – 6	-	0,5 – 1,2
Arbustos de deserto	150 – 300	10 – 15	-	-	0,3 – 0,5
Plantas de montanhas	150 – 300 (500)	10 – 25	5 – 10	-	1
Palmeiras	150 – 180	15 – 24	2 – 5	-	0,3 – 1
Herbáceas de locais ensolarados	100 – 200 (300)	10 – 20	4 – 5	-	0,8 – 1
Herbáceas de locais sombreados	50 – 100 (200)	15 – 30	5 – 6	-	0,8 – 1,2
Gramíneas	50 – 100 (500)	20 – 30	3	-	0,5 – 0,7
Plantas lenhosas do Cerrado*	80 – 602	7,3 – 21,3	2,4 – 8,2	18,7 – 114	0,75 – 2,63

\* Este trabalho.

Contaminação do meio e morte das células podem conduzir a resultados errôneos. Células do mesofilo são indesejáveis pois seu conteúdo celular pode extravasar alterando a concentração do meio causando reações no aparato estomático

Análise estomática em híbridos somáticos de citros, obtidos através da fusão de protoplastos, ocasionam incremento no nível de ploidia de uma planta e causa o aumento do tamanho de seus tecidos, devido ao maior volume celular (Costa *et al.*, 2000). Portanto, o número e tamanho de estômatos estão relacionados com o nível de ploidia da planta. A análise morfológica foliar demonstrou que os híbridos poliploides apresentaram menor número de estômatos por área porém de maior tamanho em relação aos parentais diploides. O autor conclui que a análise morfológica foliar em poliploides possui valor diagnóstico para identificação de híbridos somáticos.

Uma correlação entre os parâmetros de porosidade com valores de trocas gasosas em espécies de cerrado precisa de uma análise mais detalhada. Primeiro porque grande parte das espécies estudadas neste trabalho não foram estudadas sob em relação as suas trocas gasosas e, segundo, que é necessário um trabalho conjunto entre valores de troca gasosas, mecanismo de funcionamento da abertura do poro e porosidade foliar.

Kano (1998) cita em seu trabalho que a maior capacidade fotossintética encontrada foi com a espécie *Hilaria rigida* uma planta C4 cujo valor seria igual a  $67 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ;

Prado (1997) em sua tese de doutorado cita que 80% dos valores de capacidade fotossintética máxima ( $A_{\text{max}}$ ) por ele encontrado em vinte espécies do cerrado crescendo em condições de campo situaram-se em uma faixa de distribuição de 6,0 a  $13,9 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  e os maiores valores para *Miconia albicans* de  $12,9 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  e para *Miconia lingustroides* de  $14 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  e faz referência sobre a planta C3 *Camissonia claviformis* cujo valor de  $A_{\text{max}}$  pode chegar a  $59,0 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$



Tabela 5: Valores relativos às trocas gasosas, existentes na literatura, tais como Fotossíntese líquida máxima (A)  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , Condutância estomática máxima (gs)  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e transpiração máxima. (Retirada de vários autores)

Espécie	Condutância Estomática Máxima (gs) ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	Transpiração Máxima (E) ( $\text{m mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	Fotossíntese Líquida Máxima (Amax) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
<i>Anacardium nanum</i>	1,04 *	6,13 *	9,86 *
<i>Andira humilis</i>	1,28 *	8,91 *	11,5 *
<i>Annona coriacea</i>		5,30 **	9,3 ***
<i>Casearia sylvestris</i>	0,22 **	5,38 **	6,04 **
<i>Eriotheca gracilipes</i>	1,13 *	8,33 *	13,94 *
<i>Kielmeyera coriacea</i>	0,40 ****	5,73 ****	10,5 ***
<i>Miconia lingustroides</i>			14,0 ***
<i>Rapanea umbellata</i>			6,8 *****
<i>Campomanesia aromatica</i>			10,5 ***

\* Kano, 1993; \*\* Moraes e Prado, 1998; \*\*\* Prado 1994; \*\*\*\* Moraes e Prado 1997; \*\*\*\*\* Mattos, 1992

#### 4.- Conclusões

Observou-se uma tendência da diminuição da densidade estomática e da porosidade foliar com o aumento da área foliar, isto estaria ligado a uma estratégia para a economia de água que ocorre através da transpiração e que se dá através da área porosa da folha.

O aumento da área do poro estomático com o aumento da área foliar é contrabalançado pela diminuição da densidade estomática fato que permite à planta se ajustar a uma faixa ideal de porosidade foliar em condições de alta demanda evaporativa.

Observa-se tendência de diminuição da área total do poro com o aumento da densidade estomática, o que pode resultar em uma maior rapidez de resposta do movimento estomático em condições desfavoráveis.

As correlações efetuadas corroboram com a hipótese da restrição à perda de água, pelas espécies de cerrado, uma vez que buscam com a combinação desse diferentes parâmetros métricos dos estômatos ajustarem-se a uma faixa restrita de porosidade foliar.

Para as espécies anfiestomáticas ocorre diferenças significativas entre as duas superfícies com relação a densidade e as dimensões dos poros estomáticos indicando diferenças na funcionalidade entre as duas superfícies.

## 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB" SABER, A. N. A organização natural das paisagens inter. e subtropicais brasileiras. In FERRI, M. G. III *Simpósio sobre o cerrado*. São Paulo EDUSP Edgard Blucher, 1971b. p. 1-14.
- ALMEIDA, S. P.; Proença, C. E. B.; Sano, S. M.; Ribeiro, J. F. Cerrado: espécies vegetais úteis. Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 1998. Xiii + 464p
- ALVIN, P. T., Silva, J. E Comparação entre os Cerrados e a região Amazonica em termos agroecologicos In. *Simposio sobre o Cerrado*, 5., 1979. Brasília - Cerrado: uso e manejo. Brasília: Editerra, 1980. P 143-160
- BAKKER, J. C. Effects of humidity on stomatal density and its relation to leaf conductance. *Scientia horticultrae* (Amsterdam) 48 (3 – 4) : 205 – 212, 1991.
- BEERLING, D. J.; CHALONER; W. G. Stomatal density responses of Egyptian *Olea europaea* L. leaves to CO<sub>2</sub> change since 1327 BC. *Annals of botany* 71 : 431 – 435, 1993
- BERNER, R. A. GEOCARB II a revised model of atmospheric CO<sub>2</sub> over Phanerozoic time. *American Journal of Science* 294, 59 – 91. 1994.
- BERNER, R. A.; CANFIELD, D. E. A new model for atmospheric oxygen over Phanerozoic time. *American Journal of Science* 289, 331 – 361. 1989.
- CASTRO, A. A. J. F.; MARTINS, F. R.; SHEPHERD, G. J. Comparação florística–geográfica (Brasil) de amostras de Cerrado. In CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 46., 1995, Ribeirão Preto, SP. Resumos. Ribeirão Preto: USP/Sociedade Botânica do Brasil, 1995. p. 125.

- COSTA, M.A.P.C; ALMEIDA, W.A.B.; MOURÃO FILHO, F.A.; MENDES, B.M.J. & RODRIGUEZ, A.P.M.. 2000..Análise estomática em híbridos somáticos de *Citrus*, obtidos através da fusão de protoplastos. *Resumos do XIII Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo* pag. 27
- COUTINHO, L. M. O conceito de Cerrado. *Rev. Bras. Bot.*, 1: 17-23, 1978.
- DANSEREAU, P. *Biogeography, an ecological perspective*. New York; The Ronald presss. 349p. 1957.
- EDWARDS, D.; ABBOTT, G. D., RAVEN, J. A. Cuticles of early land plants: a paleoecophysiological evaluation. In Kersteins G, ed. *Plant cuticles: an integrated functional approach*. Oxford: Bios, 1 – 31. 1996.
- EITEN, G. Cerrado Vegetation of Brasil. *Botanical Review*, v.38, p. 201-341, 1972
- FERRI, M. G. *Plantas do Brasil: Espécies do Cerrado*. São Paulo: Edgard Blucher, 1969. 239p.
- GRAHAM, J. B.; DUDLEY, R.; AGUILAR, N. M.; GANS, C. Implications of the late Palaeozoic oxygen pulse for physiology and evolution. *Nature* 375, 117 – 120. 1995.
- HOOVER, W. S. Stomata and stomatal clusters i bBegonia : Ecological response in two Mexican species. *Biotropica* 18 (1): 16 – 21, 1986
- JUNIPER, B. E.; JEFREE, C. E. *Plant surfaces*. Ed. Ward Arnold, London. 1983.
- KANNO, S. S. *Curso diário e sazonal das trocas gasosas e potencial hídrico foliar em três espécies lenhosas do Cerrado: Anacardium nanun St. Hill, Andira humilis Marth ex Benth e Erioteca gracilipes (K. Schum) A. Robins.*, PPG.ERN Universidade Federal de São Carlos, São Carlos 1993 100 p. (Dissertação).

- KANNO, S. S. *Estudo ecofisiológico de duas espécies nativas do cerrado: Kielmeyra coriacea e Kielmeyera variabilis – A disponibilidade hídrica e sua relação com as trocas gasosas, o potencial hídrico foliar e a fenologia.*, PPG.ERN Universidade Federal de São Carlos, São Carlos 1998 181p. Tese de Doutorado
- LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos, RIMA, 2000.
- LARCHER, W. *Physiological Plant Ecology*. New York, Springer – Verlag, 1995. 303p.
- LOPES, A. S. *Solos sob Cerrado: características, propriedades, manejo*. 2. Ed. Piracicaba: Potafos, 1984, 162p
- LORANDI, R. *Variação dos valores de PH em duas unidades de mapeamento de solos do campus da Universidade Federal de São Carlos (SP)*. Rel. de estágio. 1988.
- LORENZI, H. *Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*. Nova Odessa, SP: Ed. Plantarum, 1992.
- MALONE, S. R.; MAYEUX, H. S.; JOHNSON, H. B.; POLLEY, H. W. Stomatal density and aperture length in four plant species grown across a subambient CO<sub>2</sub> gradient. *American Journal of Botany* 80 (12): 1413 – 1418.
- MANSFIELD, T. A. Stomata and plant water relations: does air pollution create problems?. *Environmental Pollution* 101 : (1) 1- 11, 1998.
- MARTIN, J. T.; JUNIPER, B. E. *The cuticle of plants*. St. Martin's Press, N. Y. 1970.
- MATTOS, E. A. *Trocas gasosas em folhas de três espécies arbórea do Cerradão da Fazenda Canchim, São Carlos (SP). A disponibilidade hídrica durante a estiagem de inverno limita a abertura estomática ?*

- São Carlos, PPG.ERN, Universidade Federal de São Carlos, 1992. 156 p. (Dissertação).
- MATTOS, E. A.; REINERT, F.; MORAES, J. A. P. V. Comparison of carbon isotope discrimination and CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O gas exchange between the dry and wet season in leaves of several Cerrado woody species. *Rev. Brasileira de Fisiologia Vegetal.*, 9(2): 77-82, 1997.
- McELWAIN, J. C.; CHALONER, W. G. Stomatal density and index of fossil plants track atmospheric carbon dioxide in the Palaeozoic. *Annals of Botany* 76, 389 – 395, 1995.
- MORAES, J. A. P. V.; PRADO, C. H. B. A. Fotossíntese e relações hídricas em vegetação de Cerrado – *Rev. Oecologia Brasiliensis*, vol. IV. PPGE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil 1997.
- MORAES, J. A. P. V.; PRADO, C. H. B. A. Photosynthesis and water relations in CERRADO vegetation. *Rev. Oecologia Brasiliensis*, vol. IV. PPGE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil 1998.
- PEARCY, R. W.; BJORKMAN, D.; CALDWELL, M. M.; KEELEY, J.E.; MONSON, R.W.; STRAIN, B. R. Carbon gain by plants in natural environments. *Bioscience*, V. 37, n.1, p. 21- 29. 1987.
- POPMA, J.; BONGERS, J.; WERGER, M. Gap-dependence and leaf characteristics of trees in a tropical lowland rain forest in Mexico. *Oikos* 63: 207 – 214, 1992.
- PRADO, C. H. B. A. *Capacidade fotossintética de algumas espécies lenhosas do Cerrado sob condições de campo – São Carlos, PPG.ERN, Universidade Federal de São Carlos, 1994 (Tese de Doutorado). 131p.*

- PRADO, C. H. B. A.; MORAES, J. A. P. V.; MATTOS, E. A. Gas exchange and leaf status in potted plants of *Copaifera langsdorffii*. 1 Responses to water stress. *Photosynthetica*, 30 (2): 207-213, 1994.
- PRADO, C. H. B. A.; MORAES, J. A. P. V.; MATTOS, E. A. Gas exchange and leaf status in potted plants of *Copaifera langsdorffii*. 2 Probable influence of low air humidity. *Photosynthetica*, 30 (2): 207–213, 1994.
- SANO, S. M.; ALMEIDA, S.P. ed. *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, 1998. Xii + 556p.
- SCHULZE, E.D.; TURNER, N.C.; GOLLAN, T.; SHACKER, K. A. Stomatal responses to air humidity and to soil drought. In: *Stomatal action* “Zeigler, G. D. Faroumar & I. R. Conan” (eds). Standford Universties Press, Standford, L. A. 503p. 1987.
- SILVA, A. C. *Caracterização de três fisionomias do Cerrado na Fazenda Canchim – São Carlos*, PPG.ERN, Universidade Federal de São Carlos. 1994 (Dissertação).100p.
- SUNDBERG, M. D. A comparison of stomatal distribution and length in succulent and non-succulent desert plants. *Phytomorphology* 36 (1- 2): 53 – 66.
- TENHUNEN; BEYSCHLAG, W.;LANGE, O. L.; HARLOY, P.C. Change during summer drought in leaf CO<sub>2</sub> uptake rates of *Macchia* shrubs growing in Portugal: limitation duo to photosynthetic capacity, carboxylation efficiency, and stomatal conductance. In: *Plant response to stress*. V. G 15 (eds) J.D Nato Asi Series.

TOLENTINO, M. *Estudo crítico sobre o clima da região de São Carlos. Prefeitura Municipal de São Carlos. Monografia. Prefeitura Municipal de São Carlos. 1967.*

WOODWARD, F. I. Do plants really need stomata ?. *Journal of Experimental Botany*, vol. 49, Special Issue. Pp 471 – 480, March 1998.

WOODWARD, F. I.; BAZZAZ, F. A. The responses of stomatal density to carbon dioxide partial pressure. *Journal of Experimental Botany* 39 (209) : 1771 – 1782, 1988

ZIEGLER, E. The biology of stomatal guard cells, *Ann. Rev. Plant. Physiol.*; V. 34, p. 441 – 475, 1983