

Anatomia quantitativa de folhas de *Eschweilera* em uma floresta de terra firme na Amazônia Central

Apesar da importância do papel dos estômatos, ainda há uma escassez de estudos que relacionam a anatomia quantitativa e os aspectos climáticos do desenvolvimento da folha, sobretudo para plantas que ocupam o estrato superior do dossel florestal na Amazônia Central. Assim, o estudo teve como objetivo investigar as características da anatomia quantitativa dos limbos foliares de árvores da família Lecythidaceae que fizeram emissão de folhas nas épocas de menor e maior precipitação: período seco e chuvoso, respectivamente, em uma floresta de terra firme na Amazônia Central. O estudo foi conduzido no período de menor e maior precipitação, em uma floresta de Terra firme na Amazônia Central. Os dados meteorológicos do local foram obtidos por conjunto de sensores que estão instalados em uma torre de 80 m de altura. As variáveis foram: (a) temperatura do ar, (b) precipitação, (c) teor de água no solo e (d) umidade relativa do ar. Enquanto que a radiação fotossinteticamente ativa (PAR), foram obtidos diretamente do site da NASA. Foram identificadas na área de estudo, três árvores pertencentes à família Lecythidaceae que fizeram emissão de folhas nos dois períodos sazonais (no período de maior e também no de menor precipitação), ambas do gênero *Eschweilera*. E destas árvores, coletados um total de 9 galhos, e destes selecionados um total de 27 folhas, das quais foram amostrados 162 campos epidêmicos das lâminas foliares. Foi determinada anatomia quantitativa a nível de epiderme nas lâminas foliares. E os parâmetros determinados foram: diâmetros polar (DP) e equatorial (DE) dos estômatos (μm), razão entre DP por DE (DP/DE) que expressa o potencial máximo da abertura estomática, área estomática (AE), densidade estomática e (?E) que indica o número de estômatos (f) em uma determinada área ($\text{f} \cdot \text{mm}^2$), e o índice estomático (IE) expresso em porcentagem. A variação entre período mais e menos chuvoso não determinou mudanças em todos os indivíduos da mesma forma, mas as plantas de *E. cyathiformis* responderam diferentemente a mudança de estação onde uma das plantas modificou a relação DP/DE e a outra mudou o padrão da densidade estomática (?E) sugerindo uma maior elasticidade quanto a variação climática. As mudanças nas condições ambientais, determinadas pela diminuição da chuva na região, determinou aumentos na densidade estomática da planta 92 sem aumentar área estomática total. E para a planta 123 que possui o maior diâmetro de caule determinou aumentos dos valores de abertura potencial máxima, razão diâmetro polar e equatorial das células guardas.

Palavras-chave: Amazônia; Sazonalidade climática; Modulação estomática.

Quantitative anatomy of *Eschweilera* leaves in a firm land forest in Central Amazon

Despite the importance of the role of stomata, there is still a scarcity of studies that relate the quantitative anatomy and climatic aspects of leaf development, especially for plants that occupy the upper stratum of the forest canopy in Central Amazon. Thus, the study aimed to investigate the characteristics of the quantitative anatomy of the leaf blades of trees of the Lecythidaceae family that produced leaves in the periods of lower and higher rainfall: dry and rainy seasons, respectively, in a firm land forest in Central Amazon. The study was conducted in the period of lowest and highest rainfall, in a firm land forest in Central Amazon. The meteorological data of the place were obtained by a set of sensors that are installed in an 80 m high tower. The variables were: (a) air temperature, (b) precipitation, (c) soil water content and (d) relative air humidity. While photosynthetically active radiation (PAR) were obtained directly from the NASA website. In the study area, three trees belonging to the Lecythidaceae family that produced leaves in the two seasonal periods (in the period of higher and also of lower rainfall), both of the genus *Eschweilera*, were identified. From these trees, a total of 9 branches were collected, and from these selected a total of 27 leaves, from which 162 epidemic fields of leaf blades were sampled. Quantitative anatomy was determined at the epidermis level on the leaf blades. And the parameters determined were: polar (DP) and equatorial (DE) diameters of the stomata (μm), ratio between DP by DE (DP/DE) that expresses the maximum potential of stomatal opening, stomatal area (AE), stomatal density and (?E) which indicates the number of stomata (f) in a given area ($\text{f} \cdot \text{mm}^2$), and the stomatal index (IE) expressed as a percentage. The variation between the more and less rainy period did not determine changes in all individuals in the same way, but the *E. cyathiformis* plants responded differently to the change of season where one of the plants modified the DP/DE ratio and the other changed the density pattern. Stomata (?E) suggesting greater elasticity in relation to climate variation. The changes in environmental conditions, determined by the decrease in rainfall in the region, determined increases in the stomatal density of plant 92 without increasing the total stomatal area. And for plant 123, which has the largest stem diameter, it determined increases in the values of maximum potential opening, polar and equatorial diameter ratio of the guard cells.


Keywords: Amazon; Climatic seasonality; Stomatal modulation.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.


Received: **11/11/2022**

Approved: **23/11/2022**

Aldeize Santos Tribuzy 
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4458528135554300>
<http://orcid.org/0000-0003-1949-9836>
aldeizesantos@yahoo.com.br

Antônio Ocimar Manzi 
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0575383574431005>
<http://orcid.org/0000-0002-4860-6031>
amazi@gmail.com

Giordane Augusto Martins
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9995010989211917>
giordanimartins@gmail.com

Edgard Siza Tribuzy 
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3775720692542821>
<http://orcid.org/0000-0002-6834-8535>
estribuzy@gmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.011.0012

Referencing this:

TRIBUZY, A. S.; MANZI, A. O.; MARTINS, G. A.; TRIBUZY, E. S.. Anatomia quantitativa de folhas de *Eschweilera* em uma floresta de terra firme na Amazônia Central. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.13, n.11, p.139-148, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.011.0012>

INTRODUÇÃO

As características anatômicas das folhas são definidas durante seu crescimento e desenvolvimento (DIAS, et al. 2016), e podem ser moduladas pelas condições ambientais, dentre eles, o déficit de pressão de vapor (DPV), a temperatura do ar e disponibilidade de luz e água para a planta (SPANNER, 2022). Assim, as características da anatomia foliares podem indicar as condições ambientais diferentes experimentadas durante o seu crescimento e desenvolvimento (POOLE, 1996).

Folhas que se desenvolvem durante um período de estresse hídrico tendem a apresentar características anatômicas que permitam seu funcionamento de forma eficiente em tais condições (BINKS et al., 2016), podendo apresentar estômatos com tamanho reduzido, conferindo maior controle de abertura e fechamento estomático (SANTOS et al., 2022).

Os estômatos são estruturas morfológicas microscópicas, sendo encontradas na camada epidérmica de órgãos vegetais especialmente nas folhas. Ademais, os estômatos são estruturas que permitem as trocas de água e gás carbônico (CO₂) (BARBOSA et al., 2018; ZOULIAS et al., 2020). Assim, estas estruturas tem um papel na dinâmica de assimilação de gás carbônico, bem como na manutenção das condições hídricas da planta além de contribuir com a dissipação de energia na folha (WANG et al. 2020).

Mediavella et al. (2021) relatam que as características anatômicas estomáticas das folhas que se desenvolvem em diferentes condições de disponibilidade de água tendem a variar. Além disto, limbos foliares formados em condições limitantes de água tendem a formar estruturas que permitem o melhor controle da perda de água. Em se tratando da luz, esta atua como reguladora de vários processos do desenvolvimento das plantas, incluindo a anatomia foliar (DAMAIYANI et al., 2022). Assim, folhas expostas sob diferentes condições de luminosidade, apresentam diferenças anatômicas, sendo que as folhas que crescem sob alta luminosidade, apresentam maior densidade estomática, menor área foliar e menos complexos coletores de luz, quando comparadas às folhas que crescem em ambientes mais sombreados, e estas alterações nas estruturas das folhas estão relacionadas à capacidade de adaptação das plantas nos diferentes ambientes (SANTOS et al., 2022).

Entender as características anatômicas no limbo foliares de plantas do dossel superior da floresta de terra firme, em folhas emitidas em distintos períodos sazonais, de árvores pertencentes a mesma família e gênero é importante. Isto permite o entendimento da formação das características anatômicas que os indivíduos desenvolvem, permitindo ao vegetal otimizar e balancear os processos da fotossíntese e a eficiência de controle da perda da água, ajustando-se às condições ambientais (CALVO et al., 2020; GAHLOT et al., 2019).

Apesar da importância do papel dos estômatos para os vegetais, ainda há uma escassez de estudos que relacionam a anatomia quantitativa e os aspectos climáticos do desenvolvimento da folha, sobretudo para plantas que ocupam o estrato superior do dossel florestal na Amazônia Central. Neste contexto, o presente estudo teve o objetivo de investigar as características da anatomia quantitativa dos limbos foliares de árvores da Família *Lecythidaceae* que fizeram emissão de folhas nas épocas de menor e maior

precipitação: período seco e chuvoso, respectivamente, em uma floresta de terra firme na Amazônia Central.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma área de floresta de terra firme no sítio de pesquisas do projeto *Amazon Tall Tower Observatory* - ATTO, localizado na Estação Científica do Uatumã, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, INPA, na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã (RDS-Uatumã). Segundo a classificação de Köppen, a região é do tipo Amw, tropical, úmido e quente.

Os dados meteorológicos do local foram obtidos por conjunto de sensores que estão instalados em uma torre de 90 m de altura. Deste conjunto de dados utilizou-se: (a) temperatura do ar, (b) precipitação, (c) teor de água no solo e (d) umidade relativa do ar. Enquanto que os dados de (e) radiação fotossinteticamente ativa (PAR), foram obtidos diretamente do site da NASA¹ (visualizado em 23 de março de 2022), sendo coletados dados a cada hora, para o período de coleta com as coordenadas locais do ATTO, obtido dos satélites ambientais operacionais geoestacionários (GOES) em conformidade com o descrito por Souza et al. (2005).

Estes dados são obtidos por vários registradores de dados (CR3000 e CR1000, Campbell, Scientific Inc., EUA). A temperatura e a umidade relativa do ar foram determinadas por um sensor termohigrometro (Thermohygrometer CS215, Rotronic Measurement Solutions, UK), na altura de 36 m de altura, a precipitação foi determinada por um pluviômetro automático (TB4, Hydrological Services Pty. Ltd., Austrália) alocado no topo da torre (ANDREAE et al., 2015).

Os dados de evapotranspiração foram obtidos pela equação de Thornthwaite (1948), considerando os dados de latitude do sítio de coleta citado acima, os dados de temperatura e precipitação disponibilizados do sítio de coleta. Para os valores de déficit de pressão de vapor do ar foram calculados com base nas equações de Dalton para capacidade de saturação de água diminuída da umidade atual descrita na equação de Tetens (ANGELOCCI et al., 2004).

O estudo foi conduzido em dois períodos sazonais: de maior e menor precipitação, conhecidos como chuvoso e seco, respectivamente. Neste estudo foram coletados galhos das copas do dossel superior da floresta, que apresentavam folhas novas (FN) expostas à luz solar. Definiu-se FN àquelas que foram emitidas no período sazonal em que o ramo foi coletado. Para caracterizar as folhas novas nos galhos foram avaliadas as características tais como: grau lignificação, esverdeamento e amadurecimento das folhas e galhos.

A identificação das árvores estudadas foi realizada por parobotânicos do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e depositadas no herbário do INPA. Foram realizadas quatro campanhas, sendo duas no período mais chuvoso (maio de 2019 e de 2021) e duas no período menos chuvoso (setembro de 2019 e 2020).

Foram identificadas na área de estudo, três plantas pertencentes à família *Lecythidaceae* que fizeram emissão de folhas nos dois períodos sazonais, ambas do gênero *Eschweilera*. Estas plantas estavam

¹ <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

identificadas pelos números 92, 123 e 144, sendo a primeira e a segunda *E. cyathiformis*, com 25,5 e 49,1 centímetros de diâmetro, respectivamente. Enquanto a planta 144 está classificada como *E. micranta*, com 27,3 centímetro em de diâmetro. Todos os três indivíduos ocupavam o estrato superior do dossel florestal.

De cada um dos indivíduos, foram coletados três galhos, com um metro de comprimento cada. Foram retiradas três folhas por galho, completamente expandidas e em bom estado fitossanitário, as quais foram conservadas em álcool 70%. A figura 1 ilustra o esquema amostral realizado em cada período sazonal, onde foram selecionadas três árvores, e destas coletadas um total de 9 galhos mais expostos a luminosidade do dossel superior florestal, e destes selecionados um total de 27 folhas, das quais foram amostrados 162 campos das epidermes.

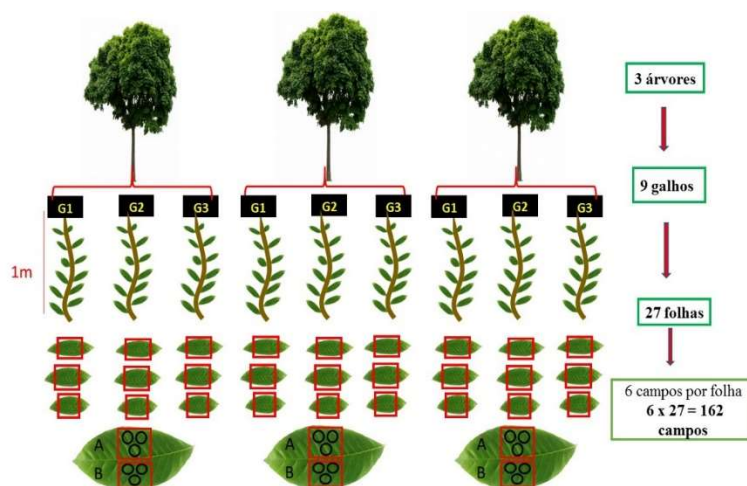


Figura 1: Esquema de coleta realizado em cada período sazonal das plantas amostradas.

Para a dissociação das epidermes, foram seccionadas duas amostras da mesma folha: lado direito (A) e esquerdo (B) da região central no terço médio foliar, as quais foram imersas em solução de Franklin, e levadas à estufa (CienlaB 60 I) com temperatura de 70 °C por um período de 24 h, conforme adaptação de Kraus et al. (1997). Após a dissociação, as epidermes foram retiradas da solução de Franklin e postas em placas de Petri contendo água destilada, afim de serem retirados os excessos de mesofilo ou quaisquer impurezas aderidas à lâmina da epiderme foliar.

As amostras foram coradas em Safranina, e posteriormente desidratadas em diferentes soluções alcoólicas de 30%, 50%, 70%, até 90%. Após a desidratação foi realizada a montagem das lâminas, com glicerina para facilitar a abertura do tecido e a visualização do mesmo. Cada lâmina continha a face abaxial e adaxial de um dos lados (A ou B) de uma folha, sendo que os dois lados foliares A e B foram preparados histologicamente.

A verificação em microscópio óptico (Carl Zeiss Microscopy GmbH), com câmera acoplada foi realizada com campo de visão ampliada em 400x, sendo observada cada epiderme (face da folha: adaxial e abaxial) e aquelas que apresentavam estômatos foram fotografadas. Amostras dos lados A e B foram fotografadas em três campos distintos cada, ou seja, seis fotos por folha, totalizando 54 campos amostrado por árvore, obtendo um total de 162 campos amostrados (Figura 1). Para obtenção de uma escala foram tiradas fotografias de uma lâmina milimetrada e nos campos fotografados foi adicionado a escala, onde a

cada 184 pixels da imagem corresponde a 20 mm. As fotografias foram analisadas utilizando o software ImageJ (RUEDEEN et al., 2017).

Foram avaliados os comprimentos dos diâmetros polar (DP) e equatorial (DE), expressos em micrometros (μm), bem como a razão entre DP por DE (DP/DE) que expressa o potencial máximo da abertura estomática. Foram determinadas ainda a área estomática (AE) determinada pela equação $AE = (\pi \cdot (DP/2) \cdot (DE/2)) \cdot \rho E$, onde π representa o número irracional 3,1415 e ρE é a densidade estomática que indica o número de estômatos (ϕ) em uma determinada área, e foi expressa em $\phi \cdot \text{mm}^2$ e o índice estomático (IE) que foi determinado pela equação $IE = \rho E / (\rho E + \rho O) \cdot 100$, onde ρO é a densidade de células epidérmicas ordinárias, com valores expressos em percentagem.

Os dados foram analisados em delineamento em esquema fatorial onde os tratamentos foram os dois períodos sazonais e cada uma das três plantas. O nível de significância adotado foi a cinco por cento ($p \leq 0,05$), quando encontrados valores de significância foram realizados teste de Tukey para determinar a diferença mínima entre médias, ao mesmo nível de significância. Para os cálculos estatísticos foi utilizado o programa BioEstat.5.3 (AYRES et al., 2007).

RESULTADOS

Observando as variáveis micrometeorológicas locais dos dois anos de coleta, pode ser verificado que as médias diárias de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) têm valores maiores para os períodos menos chuvoso, de $439 \pm 32,9 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, os meses com maiores valores de PAR foram setembro. Já a média para os meses chuvosos foi de $386 \pm 6,5 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ com as menores médias de PAR verificadas de dezembro e maio (Figura 2A). A diferença das médias entre um período sazonal e outro foi de $53 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. As máximas de PAR para ambos os períodos sazonais foram maiores que $1500 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Ainda na figura 2A, as temperaturas média e máxima do ar foram maiores $1 \text{ }^\circ\text{C}$ no período seco quando comparado ao chuvoso, enquanto a temperatura mínima foi praticamente constante ao longo do ano. Notadamente, observa-se que há maior quantidade de energia nos períodos mais secos, com picos de temperatura média e máxima em setembro.

Nesta época mais seca evidencia-se ainda, menores quantidades de chuva que se estendem de junho a outubro, valores entre 50 e $100 \text{ mm} \cdot \text{mês}^{-1}$, enquanto a precipitação média nos meses mais chuvosos fica em torno de $260 \text{ mm} \cdot \text{mês}^{-1}$ (figura 2B). Os valores de evapotranspiração (ETo) variaram muito pouco entre os períodos, contudo, no período mais seco há uma maior ETo em torno de $144 \text{ mm} \cdot \text{mês}^{-1}$, sendo que nos meses chuvosos a demanda de ETo fica em torno de $136 \text{ mm} \cdot \text{mês}^{-1}$.

Em ambas as profundidades de solo analisadas (10 e 60 cm), para teor de H_2O neste trabalho, como pode ser observado na figura 2B, verifica-se que o período seco teve menor teor de água no solo, com valor médio de $0,190 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ na profundidade de 10 cm enquanto nos 60 cm o valor médio foi de $0,338 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$. Já no período de chuva verifica-se teores de água no solo de $0,217$ e $0,361 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ para as profundidades de 10 e 60 cm, respectivamente. E na figura 2C observa-se os valores de umidade relativa do ar (UR) e déficit de pressão de vapor do ar (DPV), onde pode ser verificado que nos períodos secos há uma tendência de

diminuição da UR, enquanto o DPV aumenta implicando em uma maior demanda evaporativa pela atmosfera.

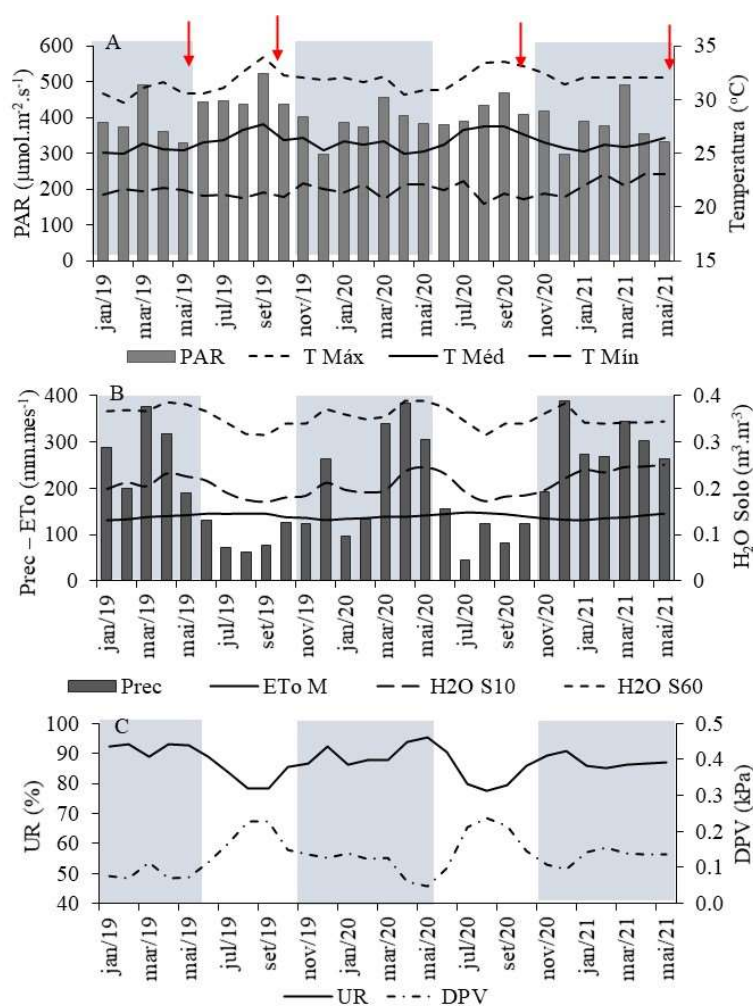


Figura 2: Distribuição dos valores dos parâmetros meteorológicos no período de coleta. A parte em tom azul refere-se ao período chuvoso enquanto a em branco a época que menos chove do ano. As setas em vermelho indicam a época das coletas. Em **A** valores médios de radiação fotossinteticamente ativa (■ PAR) expressa em $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, no eixo y principal e temperaturas máxima (--- T Máx), média (— T Méd) e mínima (- · - T Mín) expressas °C, no secundário; **B** apresenta valores para precipitação (■ Prec) e evapotranspiração (— ETo), ambos em $\text{mm}\cdot\text{mês}^{-1}$, no eixo y principal, enquanto no secundário apresenta valores de água no solo a profundidade em centímetros de 10 (— · - H₂O S10) e 60 (--- H₂O S60), expressos em $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$; enquanto **C** apresenta no eixo y principal valores para umidade relativa do ar (— UR) expressa em porcentagem (%) e no eixo y secundário déficit de pressão de vapor do ar (- · - DPV) expresso em quilo Pascal (kPa).

A avaliação estatística dos valores associados a anatomia quantitativa das plantas de *Eschweilera*, apontam que não houveram diferenças determinadas pelo desenvolvimento foliar nos distintos períodos sazonais. Entretanto, foram capturadas variações significativas na formação foliar entre os diferentes indivíduos. Observando os valores da figura 3A da razão diâmetro polar (DP) pelo diâmetro equatorial (DE) (DP/DE), verifica-se que: no período seco há um aumento de aproximadamente 20% no valor médio para a planta 123, sendo os demais valores semelhantes entre si, tanto entre os períodos sazonais, quanto entre os diferentes indivíduos. Os valores de DP foram todos semelhantes entre si (Figura 3B), aproximadamente 25 mm, enquanto na figura 3C pode ser observado que os valores de DE foram semelhantes entre si, com média aproximada de 14,6 mm, para todos os períodos amostrados em todos os indivíduos exceto para planta 123

no período seco que reduziu seu DE para 10,94 mm, determinando o aumento na abertura potencial máxima dos estômatos (DP/DE).

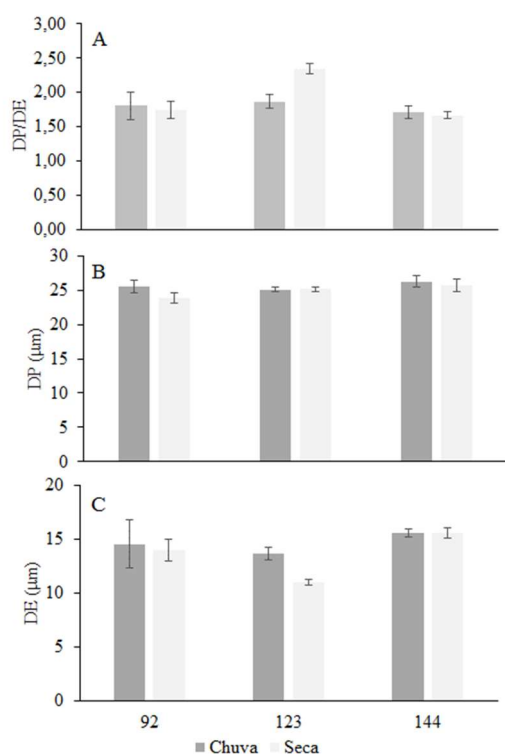


Figura 3: Valores médios de potencial máximo de abertura estomática (DP/DE), diâmetro polar (DP) e diâmetro equatorial (DE) expressos em micrometros (mm). As barras verticais representam o desvio padrão da média de cada parâmetro.

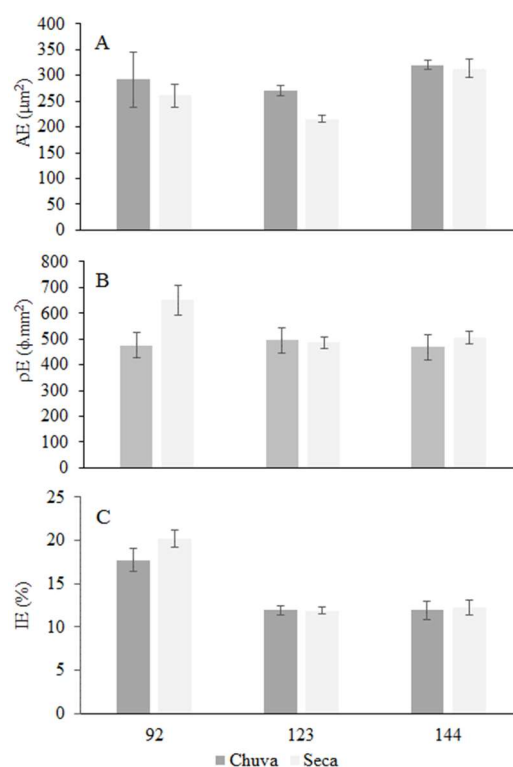


Figura 4: Valores médios da área estomática (AE) expressa em mm², densidade estomática (ρE) que foi expresso em número de estômatos (φ) por milímetro quadrado (mm²) de folhas (φ.mm²) e índice estomático (IE) expressos em porcentagem (%). As barras verticais representam o desvio padrão da média de cada parâmetro.

Os valores de área estomática (AE) (mm²) apresentam uma tendência de acompanhar as variações verificadas para DE, onde a planta 123 apresenta diminuição do valor médio de área estomática para as folhas que são emitidas no período seco (Figura 4A). Por outro lado, a densidade estomática (ρE) para folhas emitidas na planta 92 no período seco, apresentou maiores valores médios, quando comparado com as demais plantas e em relação a ela mesmo no período chuvoso (Figura 4B).

Os valores verificados para densidade conforme figura 4B, mostram que a planta 92 têm os maiores valores destes parâmetros, no período que menos chove, enquanto as plantas 123 e 144 têm valores estatisticamente semelhantes entre si, contudo a mesma tendência não é verificada para o IE, que tem maiores valores que as demais plantas, mas não é diferente entre os dois períodos sazonais na planta 92 (Figura 4C). Pode ser destacado ainda que o índice estomático da planta 92 é superior as demais plantas, tanto no período chuvoso quanto no seco, indicando uma tendência de adaptação plástica ao ambiente em que as folhas estão se desenvolvendo.

DISCUSSÃO

As condições ambientais de alta irradiação geralmente ultrapassam àquelas consideradas ótimas

para as plantas (FRANCO et al., 2007; COSTA et al., 2015) o que as permite, sob tais condições, desenvolver características anatômicas semelhantes nos dois períodos sazonais.

Os teores de água no solo geralmente são bem correlacionados com o status hídrico das plantas (KONINGS et al., 2021), como pode ser verificado na figura 2B, os solos da área de coleta mesmo na época mais seca ainda apresentam cerca de 19% de água no solo na camada de zero a dez centímetros sendo a mais sensível ao dessecamento, haja vista a maior quantidade de raízes desta zona, na floresta amazônica (SPANNER et al., 2022). Konings et al. (2021) mostram em seu trabalho que um solo com valores de $0,15 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ elevam a concentração de água no vegetal aos seus limites de saturação acima de $8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ que podem ser considerados adequados.

Oliveira (2020) trabalhando na região da Amazônia oriental, evidenciou que a manutenção da umidade do solo antecede os eventos de precipitação evidenciando um importante mecanismo de redistribuição de água no solo das camadas mais profundas para camadas mais superficiais. Isto pode estar refletir na falta de diferença nos parâmetros anatômicos avaliados entre os distintos períodos sazonais, que podem estar associados as condições das disponibilidades hídricas (BASHIR et al., 2020; AASAMAA et al., 2001).

A transpiração em indivíduos de floresta tropical, controlada por estômatos, pode ser sensível a interações de fatores abióticos como intensidade luminosa e DPV (BERG et al., 2019). Embora seja conhecida a influência da PAR e DPV, a água do solo parece ter um papel determinante para indução de mecanismos anatômicos que proporcionam aumentos no controle estomático. Estes mecanismos podem ter determinado a falta de diferenças estatísticas entre os distintos períodos sazonais, enquanto as diferenças individuais de formação para cada período podem estar mais ligadas a PAR e DPV do micro hábitat que a folha desenvolveu (SANTOS et al., 2022).

Associado a diminuição da precipitação no período sazonal com menor quantidade de chuvas e o consequente o aumento da demanda de evaporativa de água pelo ar, verifica-se um leve aumento da ETo e diminuição da água no solo, juntamente com a diminuição da umidade relativa e consequente aumento do déficit de pressão de vapor do ar DPV, aumentando a necessidade de transpiração das plantas na região do dossel florestal (SPANNER et al., 2022), eventos que pode ter contribuído para que as respostas individuais da planta 123 em aumentar a relação DP/DE e a planta 92 aumentar o número de estômatos por unidade de área, como mecanismos para controlar melhor a perda de água. Aparentemente, a espécie *E. cyathiformis* parece apresentar uma maior plasticidade para modular a formação estomática com a variação climática local.

Mediavella et al. (2021) relatam que as características anatômicas estomáticas de plantas que se desenvolvem em diferentes condições de disponibilidade de água, tendem a variar, bem como limbos foliares formados em condições limitantes de água tendem a formar estruturas que permitem o melhor controle da perda de água. As mudanças de razão DP/DE mostram que a planta 123 busca aumentar a regulação estomática para as folhas que são emitidas no período seco, podendo estar associada a um maior efeito do DPV desta época. Além disto, esta planta apresenta maior diâmetro do caule e possivelmente maior altura

no dossel florestal, tendo suas folhas mais expostas aos fatores climáticos atmosféricos.

Para Grisi et al. (2008) o aumento da relação DP/DE aponta para um formato mais elipsoide que determina uma maior funcionalidade dos estômatos, podendo ser associado a maior eficiência do uso da água, a possibilidade de controlar melhor a saída de água na folha pode ser mais importante em si que a quantidade de estômatos. A maior ρE na planta 92 verificada na figura 4B, pode estar relacionada ao aumento da quantidade de luz ou um evento de maior resistividade a perda de água, a que as folhas foram expostas, o que pode refletir na melhoria do controle estomático (SANTOS et al., 2022), entretanto a área abertura estomática não foi variou indicando que a planta ainda estava em boas condições hídricas (BASHIR et al., 2020)

A presença de luz, por exemplo, regula positivamente o desenvolvimento estomático, podendo levar à alterações na densidade e índice estomático (ZOULIAS et al., 2020). Uma baixa densidade estomática restringe a difusão vertical de CO_2 por meio da folha e reduz as taxas fotossintéticas, no entanto, a alta densidade estomática provoca a diminuição da difusão de CO_2 causando a baixa assimilação de carbono (SIMON et al., 2020).

CONCLUSÕES

Os períodos de maior e menor precipitação, não determinaram mudanças na anatomia quantitativa nas plantas do gênero *Eschweilera* observadas neste estudo.

O aumento da incidência da radiação (PAR) e do déficit de pressão de vapor do ar (DPV), determinadas pela diminuição da chuva na região, causou aumentos na densidade estomática da planta 92 sem aumentar área estomática total. E para a planta 123 que possui o maior diâmetro de caule determinou aumentos dos valores de abertura potencial máxima, razão diâmetro polar e equatorial das células guardas.

AGRADECIMENTOS: Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de doutorado, ao Programa de pós-graduação em Clima e Ambiente (INPA/UEA), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), ao Observatório Nacional da Torre Alta da Amazônia – ATTO, onde foram obtidas as amostras botânicas, ao Laboratório de Silvicultura da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), onde as amostras botânicas foram analisadas, e a Fundação Amazônica de Defesa da biosfera (FDB).

REFERÊNCIAS

AASAMAA, K.; SÖBER, A.; RAHI, M.. Leaf anatomical characteristics associated with shoot hydraulic conductance, stomatal conductance and stomatal sensitivity to changes of leaf water status in temperate deciduous trees. **Functional Plant Biology**, v.28, n.8, p.765-774, 2001. DOI: <http://doi.org/10.1071/PP00157>

ANDREAE, M. O.; ACEVEDO, O. C.; ARAÚJO, A.; ARTAXO, P.; BARBOSA, C. G. G.; BARBOSA, H. M. J.; YÁÑEZ-SERRANO, A. M.. The Amazon Tall Tower Observatory (ATTO): overview of pilot measurements on ecosystem ecology, meteorology,

trace gases, and aerosols. **Atmos. Chem. Phys.**, v.15, p.10723–10776, 2015. DOI: <http://doi.org/10.5194/acp-15-10723-2015>

ANGELOCCI, L. R.; MARIN, F. R.; OLIVEIRA, R. F.; RIGHI, E. Z.. Transpiration, leaf diffusive conductance, and atmospheric water demand relationship in an irrigated acid lime orchard. **Braslian Journal Plant Physiology**, v.16, n.1, p.53-64. 2004. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1677-04202004000100008>

AYRES, M.. **BioEstat**: aplicações estatísticas nas áreas das

ciências bio-médicas. 5 ed. Pará: Sociedade Civil Mamirauá, 2007.

BARBOSA, L. C.; PORTO, S. M.; BERTOLDE, F. Z. Análise estomática de duas espécies arbóreas nativas de mata atlântica. **Revista Pindorama**, v.8, n.8, p.1-9, 2018.

BASHIR, K.; SOHAIL, A.; ALI, U.; ULLAH, A.; UI HAQ, Z.; GUL, B.; SUNERA; ASGHAR, M.. Foliar micromorphology and its role in identification of the Apocynaceae taxa. **Microscopy Research and Technique**, v.83, n.7, p.755-766, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1002/jemt.23466>

BERG, A.; SHEFFIELD, J.. Evapotranspiration partitioning in CMIP5 models: uncertainties and future changes. **Journal of Climate**, v.32, p.2653–2671, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0583.1>

BINKS, O.; MEIR, P.; ROWLAND, L.; COSTA, A. C.; VASCONCELOS, S. S.; OLIVEIRA, A. A. R.. Limited acclimation in leaf anatomy to experimental drought in tropical rainforest trees. **Tree Physiology**, v.36, p.1550–1561, 2016. DOI: <http://doi.org/10.1093/treephys/tpw078>

CALVO, C. R.; REYES, C. M. P.; ARMAS, I. A.; TAMARGO, A. P.. Characterization of stomata in the species *Juglans jamaicensis* ssp. *insularis* (Griseb.) H. Schaarschm. (walnut tree). **Revista Cubana de Ciencias Forestales**, v.8, n.1, p.122-128, 2020.

DAMAIYANI, J.; FIQA, A. P.; RINDYASTUTI, R.; LESTARI, D. A.; RAHADIANTORO, A.; YULISTYARINI, T.. Comparative anatomical study of leaves for twelve Indonesian woody plant species. **Biodiversitas Journal of Biological Diversity**, v.23, n.7, 2022. DOI: <http://doi.org/10.13057/biodiv/d230751>

DIAS, D. P.; FREITAS, K. K. S.; FREITAS, D. V.. Características estruturais de folhas em diferentes estádios fenológicos de *Tectona grandis* L.f. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.13, n.23, 2016. DOI: http://doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2016_022

GAHLOT, L.; KHANNA, V.. Stomatal Index of a few common tree species in the Kishangarh Marble Slurry Dump-yard area, Ajmer (Rajasthan): A case study. **Journal of Applied and Natural Science**, v.11, n.1, p.193-198, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.31018/jans.v11i1.1977>

GRISI, F. A.; ALVES, J. D.; CASTRO, E. M. D.; OLIVEIRA, C. D.; BIAGIOTTI, G.; MELO, L. A. D.. Avaliações anatômicas foliares em mudas de café 'catuai' e 'siriema' submetidas ao estresse hídrico. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1730-1736, 2008. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1413-70542008000600008>

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M.. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica: EDUR, 1997.

MEDIAVILLA, S.; MARTÍN, I.; ESCUDERO, A.. Plant

ontogenetic changes in vein and stomatal traits and their relationship with economic traits in leaves of three Mediterranean oaks. **Journal of Plant Ecology**, v.14, n.6, p.1090-1104, 2021. DOI: <http://doi.org/10.1093/jpe/rtab051>

POOLE, I.; WEYERS, J. D. B.; LAWSON, T.; RAVEN, J. A.. Variations in stomatal density and index: implication for paleoclimatic reconstructions. **Plant, Cell and Environment**, Amsterdam, v.19, n.6, p.705-712, 1996. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1996.tb00405.x>

RUEDEN, C. T.; SCHINDELIN, J.; HINER, M. C.; DEZONIA, B. E.; WALTER, A. E.; ARENA, E. T.; ELICEIRI, K. W.. ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image data. **BMC bioinformatics**, v.18, n.1, p.1-26, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1186/s12859-017-1934-z>

SANTOS, M. DE F.; RUAS, N. R.; FERREIRA, A. N.; FERRANTE, M.; GAVILANES, M. L.; CARVALHO, E. E. N.. Análise estomática em folhas de *Siparuna guianensis* Aubl. (Siparunaceae). **Research, Society and Development**, v.1, n.1, p.e17111124722, 2022. DOI: <http://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.24722>

SIMON, N. M. L.; SUGISAKA, J.; HONJO, M. N.; TUNSTAD, S. A.; TUNNA, G.; KUDOH, H.; DODD, A. N.. Altered stomatal patterning accompanies a trichome dimorphism in a natural population of *Arabidopsis*. **Plant Direct**, v.4, n.9, p.1-6, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1002/pld3.262>

SOUZA, R. A. F.; CORRÊA, M. P.; CEBALLOS, J. C.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; LIMA, F. A.; MACEDO, S. R.. Contribuições à Meteorologia por satélite: produtos operacionais do CPTEC. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.2, p.52-64, 2005.

SPANNER, G. C.; GIMENEZ, B. O.; WRIGHT, C. L.; MENEZES, V. S.; NEWMAN, B. D.; COLLINS, D.; JARDINE, K. J.; JUÁREZ, R. I. N.; LIMA, A. J. N.; RODRIGUES, J. R.; CHAMBERS, J. Q.; HIGUCHI, N.; WARREN, J. M.. Dry Season Transpiration and Soil Water Dynamics in the Central Amazon. **Frontier Plant Science**, v.24, n.13, p.825097, 2022. DOI: <http://doi.org/10.3389/fpls.2022.825097>

THORNTHWAITE, C. W.. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical review**, v.38, n.1, p.55-94, 1948. DOI: <http://doi.org/10.2307/210739>

WANG, F.; ROBSON, T. M.; CASAL, J. J.; SHAPIGUZOV, A.; APHALO, P. J.. Contributions of cryptochromes and phototropins to stomatal opening through the day. **Functional Plant Biology**, v.47, n.3, p.226-238, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1071/FP19053>

ZOULIAS, N.; BROWN, J.; ROWE, J.; CASSON, S. A.. HY5 is not integral to light mediated stomatal development in *Arabidopsis*. **Plos One**, v.15, n.1, p.1-13, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0222480>

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.