

ALGUNS ASPECTOS DA ANATOMIA-ECOLÓGICA DE *Persea americana* Mill (abacateiro) E INTERPRETAÇÕES FISIO-ECOLÓGICAS

Marcia Martins Martinez^a
Moacyr Eurípedes Medri^b

RESUMO

No presente trabalho são apresentadas as diferenças anatômicas em folhas situadas em diferentes estratos de uma mesma árvore de *Persea americana* Mill, mostrando através de análise de regressão linear, coeficiente de correlação conclusivos a respeito das relações diretas e significativas no tocante aos parâmetros anatômicos estudados, evidenciando interdependências dos mesmos. Do ponto de vista histológico, onde se tomou como parâmetro o número e tamanho de estômatos, volume do mesófilo, área xilemática útil, floema, tecido mecânico e epidérmico, e de outro lado, condições microclimáticas diferentes, *P. americana* evidencia ser uma espécie bastante plástica, havendo uma relação direta se correlacionada ao seu amplo comportamento adaptativo, sendo tão plástica quanto *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (Medri, 1977) e muito mais que *Bertolletia excelsa* Humb. & Benpl. (Medri, 1978).

PALAVRAS-CHAVE: Anatomia Ecológica; Inter – Relações – Anatomia – Físio – Ecologia.

1 – INTRODUÇÃO

Persea americana Mill (abacateiro) é uma espécie originária da América, tendo como centro de origem o México e a América Central (SIMÃO¹⁶); (PRANCE & SILVA¹¹), sendo atualmente cultivada em quase todas as zonas tropicais e subtropicais da terra.

O abacateiro é uma planta de folhas persistentes, contudo, algumas variedades apresentam hábito caducifólio.

Pelo seu largo cultivo em variadas regiões, desde climas semelhantes aos do seu centro de dispersão até outros menos favoráveis, como o sul dos Estados Unidos e mesmo o sul do Brasil, onde se têm períodos significativamente mais frios, resolveu-se averiguar a capacidade histológica adaptativa de suas folhas sob a influência de diferentes condições do ambiente tentando correlacionar a plasticidade fenotípica de suas folhas ao comportamento adaptativo das plantas. Tomou-se folhas com órgãos de estudos por serem estes, provavelmente, os mais acessíveis às variações, quando comparadas aos demais da planta. Entre outros, MULLER-STOLL⁹; SATALFELT¹⁷ e ESAU⁴, estudaram as variações em folhas provocadas por deficiências nutricionais do solo, enquanto SELLECK & SHUPPERT¹³, anotaram características mais xéricas em folhas situadas em estratos superiores, decorrentes da maior luminosidade, maior temperatura e menor umidade relativa do ar.

MEDRI⁷, estudando histologicamente folhas de *Hevea brasiliensis*, constatou incrementos da base da árvore

para o ápice nos seguintes parâmetros: diâmetro e número de elementos xilemáticos, calibre de células crivadas, espessura da folha e número de estômato/mm². LEITE & LLERAS⁶, estudando *Pogonophora Schomburgkiana*, verificaram diferenças entre folhas da base e do ápice da planta, sendo obtidos resultados semelhantes por MEDRI & LLERAS⁸ ao estudarem folhas de *Bertolletia excelsa*.

Foram amostradas no presente trabalho, folhas de diferentes estratos de *P. americana* e destas, tomados alguns parâmetros de estudo tais como: áreas e espessuras de folhas, frequência e calibre de elementos xilemáticos, disposição dos tecidos vasculares e mecânicos e frequência estomática, com os quais efetuaram-se análises de correlação.

2 – MATERIAL E MÉTODO

Escolheu-se ao acaso cinco árvores de *Persea americana* (abacateiro) localizadas no Campus da Universidade Estadual de Londrina e proximidades, Paraná, apresentando alturas de 12 metros, começando a copa a três metros acima do solo.

Para o estudo de áreas e espessuras foliares, frequências do número de estômatos/mm² de superfície epidérmica em diferentes folhas, tamanho das células estomáticas, número e calibre dos elementos xilemáticos, volume das células parenquimáticas e disposição de tecidos mecânicos, coletou-se 50 folhas adultas, de sol, situadas a 3m e 10 metros de altura do solo.

^a Estagiária do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas do Departamento de Biologia Geral da Universidade Estadual de Londrina.

^b Professor de Botânica do Departamento de Biologia Geral da Universidade Estadual de Londrina.

As áreas das folhas determinadas com o auxílio de um integrador de área foliar HAYASHE-DENKOH (modelo AAC-400), enquanto que as espessuras foram calculadas com o uso de ocular micrometrada.

Nos estudos da frequência estomática em folhas dos dois diferentes estratos (3 e 10 metros), amostraram-se as regiões médias das mesmas, distantes a 1cm da nervura central. Os estômatos foram analisados em lâminas confeccionadas mediante impressões obtidas com o emprego de esmalte incolor e também através de epiderme dissociadas e coradas com safrina.

Os comprimentos das células estomáticas foram medidos com o auxílio de ocular micrometrada.

As secções das folhas e pecíolos foram realizadas após fixação e parafinização. As lâminas foram coradas em safrina verde rápido e montadas com bálsamo do Canadá. As medidas de diâmetro dos elementos xiláticos foram também realizadas com ocular micrometrada.

As lâminas foram analisadas ao microscópio e os tecidos e estruturas foram desenhadas com o auxílio de câmara clara sobre papel vegetal.

As análises de regressão linear entre os parâmetros anatômicos assim como os testes de probabilidades (Distribuição student, foram efetuados segundo SIEGEL¹⁵.

3 – RESULTADOS

A população de dados obtidos através da amostragem das áreas de folhas situadas a 3 metros do solo, mostra uma média significativamente maior ($P = 0,001$) que a amostrada a 10 metros de altura. Foram observadas, também, que o comprimento médio dos pecíolos diminui com maior altura das folhas da planta, igualmente ocorrendo com o diâmetro dos mesmos (Fig. 1).

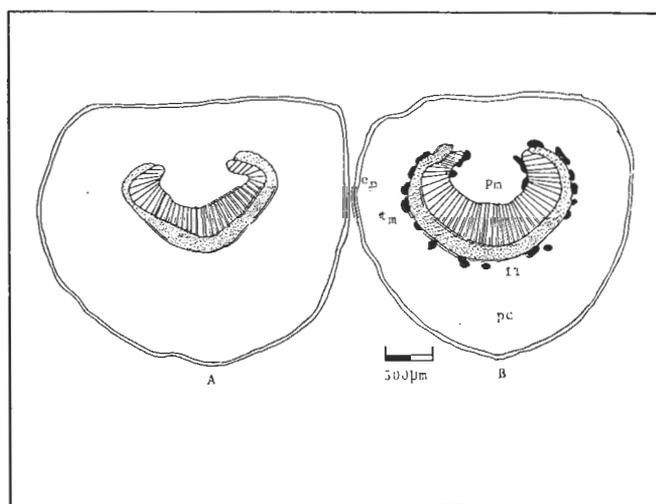


Figura 1 – Corte transversal de pecíolo de *P. americana*. Representação esquemática de pecíolo a 3m (A) e a 10m (B) de altura do solo. ep, epiderme; pc, parênquima cortical; tm, tecido mecânico; fl, floema; xi, xilema; pm, parênquima medular.

Uma epiderme monoestratificada reveste os pecíolos, sendo ela menos pavimentosa em pecíolos situados a 10 metros de altura que a 3 metros. A cutícula, oticamente plana em secção transversal, é relativamente mais espessa em folhas situadas nos estratos superiores (Fig. 2).

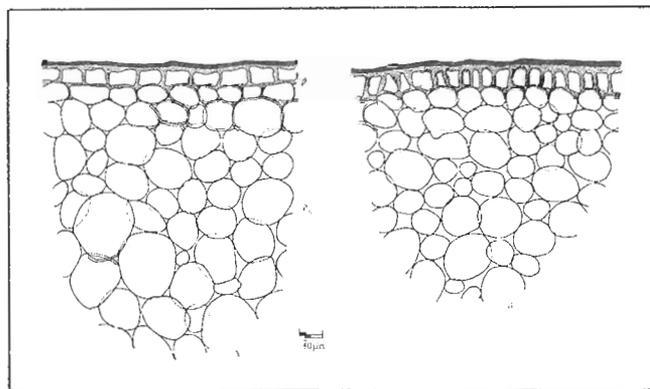


Figura 2 – Corte transversal de pecíolos de *P. americana*. Vista de tecidos epidérmicos e parenquimáticos corticais em pecíolos a 3m (A) e a 10m (B) de altura do solo. Ep, epiderme; C, cutícula; Pc, parênquima cortical.

Os tecidos, parenquimático cortical, floemático, xilemático, mecânico e medular, juntamente com o de revestimento, formam o pecíolo, sendo relativamente maiores as percentagens de tecido parenquimático cortical (Fig. 1). As células parenquimáticas corticais são relativamente maiores que as dos outros tecidos, sendo aquelas das camadas mais profundas, duas a três vezes maiores que os volumes das epidérmicas (Fig. 2). As células parenquimáticas apresentam-se ligeiramente esféricas deixando freqüentes espaços intercelulares (Fig. 2).

Ao comparar, em secção transversal, as células parenquimáticas corticais entre as folhas situadas a 3 e 10 metros, verifica-se diferenças significativas ($P = 0,001$) de áreas, sendo menores a 10 metros de altura (Fig. 2).

As observações mostram que a maior quantidade ou a maior espessura da casca dos pecíolos em folhas situadas nos estratos mais inferiores são decorrentes do maior volume de células coloradas entre o tecido epidérmico e o cilindro vascular.

Pecíolos situados a 10 metros de altura apresentam maiores percentagens de tecido xilemático que os situados a 3 metros, sendo mais freqüente o número de vasos por unidade de área do xilema nos estratos superiores. As observações mostram que a maior freqüência de elementos xilemáticos em pecíolos situados a 10 metros de altura é conseqüente da existência de menor número de células parenquimáticas entre eles, estando portanto mais próximos (Fig. 3). As diferenças de espessura das paredes dos elementos do xilema não são significativas, enquanto que as paredes das células parenquimáticas do xilema de pecíolos situados a 10 m são marcadamente mais espessadas que em pecíolos situados a 3 metros (Fig. 3).

Os elementos xilemáticos de pecíolos situados a 10

m de altura mostram diâmetros significativamente maiores ($p = 0,001$) que os situados em pecíolos a 3 metros, apresentando respectivamente 44,95 e 37,25 um de diâmetro.

Tanto o xilema quanto o floema não apresentaram, a nível de pecíolo, um anel vascular contínuo, sendo interrompidos na face superior.

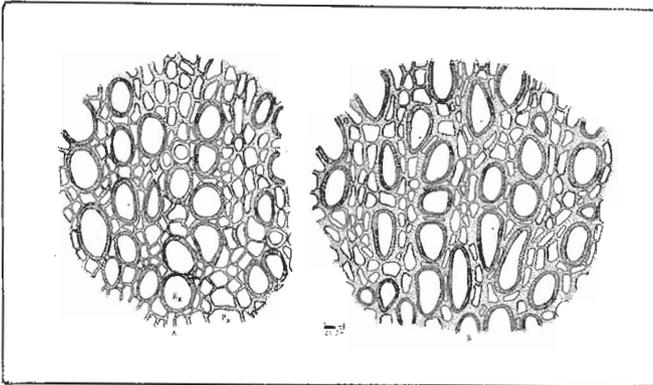


Figura 3 – Corte transversal de pecíolos de *P. americana*. Vista de tecido xilêmico em pecíolo situados a 3m (A) e a 10m (B) de altura do solo. Ex, elemento xilêmico; Px, parênquima xilêmico.

O tecido floemático, apesar de se distribuir segundo uma bainha, concentra seus vasos e forma grupos em espaços equidistantes. Entre grupos de vasos observam-se células maiores de paredes finas caracterizando um parênquima floemático.

As células floemáticas condutoras em pecíolos situados a 10 metros de altura são notadamente maiores que a situada em pecíolos a 3 metros (Fig. 4).

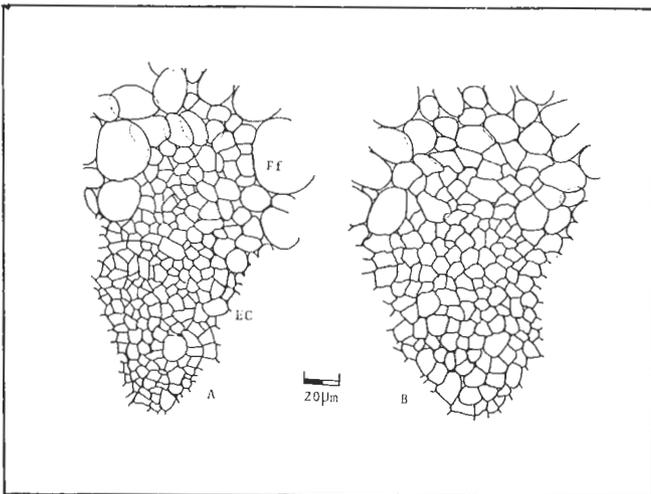


Figura 4 – Corte transversal de pecíolo de *P. americana*. Vista de tecido floemático em pecíolos situados a 3m (A) e a 10m (B) de altura do solo. EC, elemento crivado; Pf, parênquima floemático.

Não são observadas células mecânicas em pecíolos si-

tuados a 3 metros de altura, enquanto que nos pecíolos a 10 metros, observam-se grupos de células parcialmente lignificadas e lumem reduzido (Fig. 5). Estes grupos não constituem uma bainha contínua envolvente do sistema vascular, porém, situam-se periféricamente ao mesmo (Fig. 1). Vale salientar a existência, também, de pequenos grupos de células mecânicas, isoladas, situadas junto do xilema (Fig. 1).

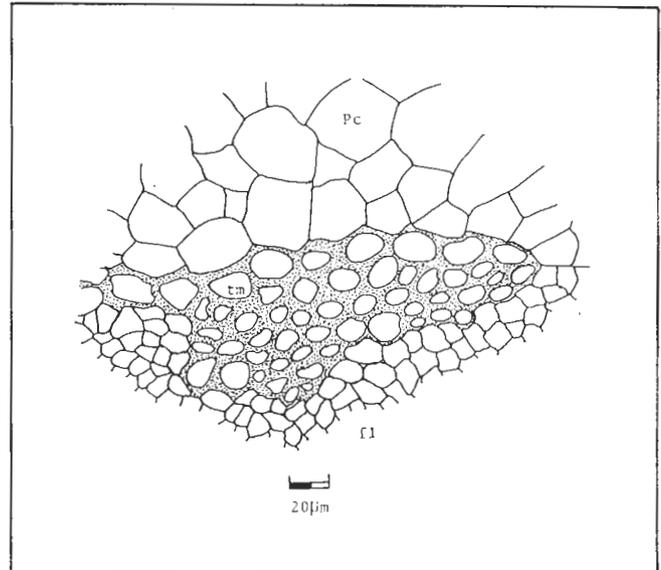


Figura 5 – Corte transversal de pecíolo de *P. americana*. Vista de tecido floemático (fl), mecânico (tm) e parenquimático cortical (pc) em pecíolos situados a 10 metros de altura do solo.

As folhas situadas a 10 metros de altura do solo são significativamente mais espessas ($p = 0,001$) que as situadas a 3 metros (Fig. 6 e 7). A análise de regressão linear mostra uma relação direta e significativa ($r = 0,9489$) a nível de 1%, entre os dois parâmetros referidos (Fig. 7). As observações mostram que as maiores espessuras das folhas nos estratos superiores são decorrentes dos maiores volumes das células paliçádicas. As células paliçádicas, além de mais largas, são ainda mais longas em folhas a 10 m do que em folhas situadas a 3m de altura do solo (Fig. 6). Tanto em folhas situadas a 3m como nas situadas a 10 m, observam-se divisões frequentes a nível de células paliçádicas, ocorridas periclinal e anticlinalmente. Esta observação se faz ao comparar o comprimento das células epidérmicas com a largura das paliçádicas em secção transversal (Fig. 6). O tecido lacunoso, comparando folhas a 3m e 10m, não mostra diferenças significativas (Fig. 6). As células epidérmicas de folhas situadas nos estratos superiores apresentam-se mais altas que as dos estratos inferiores, sendo as diferenças estatisticamente significativas ($P = 0,001$) (Fig. 6). A figura 8 mostra uma relação direta entre a altura e a espessura da epiderme da lâmina foliar. As espessuras das cutículas, comparando folhas dos dois diferentes estratos, não mostram diferenças estatisticamente significativas, sendo oticamente plana em ambas as superfícies das folhas e nos dois estratos (Fig. 6).

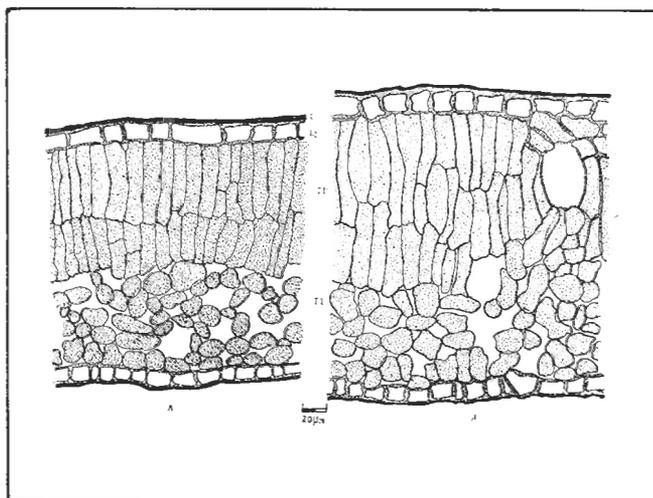


Figura 6 – Corte transversal da lâmina foliar de *P. americana*.
 A – folha a 3 metros de altura; B – folha a 10 metros de altura.
 C, cutícula; EP, epiderme; PP, parênquima paliçádico; Pl, parênquima lacunoso.

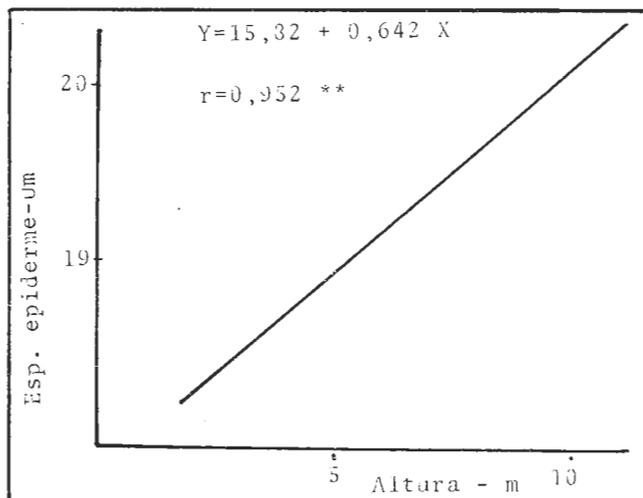


Figura 8 – Análise de regressão linear entre os parâmetros: altura e espessura da epiderme superior.

Em vista de superfície as células epidérmicas superiores e inferiores de folhas situadas a 3 metros de altura são notadamente maiores que as situadas a 10 metros. A geometria das células epidérmicas superiores e inferiores de folhas do estrato superior é melhor definida, enquanto que a 3 metros as paredes celulares apresentam-se com sinuosidades (Fig. 9).

Não se observa estômatos nas epidermes superiores em nenhum dos estratos em estudo, enquanto as epidermes inferiores de folhas situadas a 3 m e 10 metros, mostram em média, respectivamente 200 e 284,4 estômatos por mm^2 , sendo esta diferença, estatisticamente significativa ($P = 0,001$).

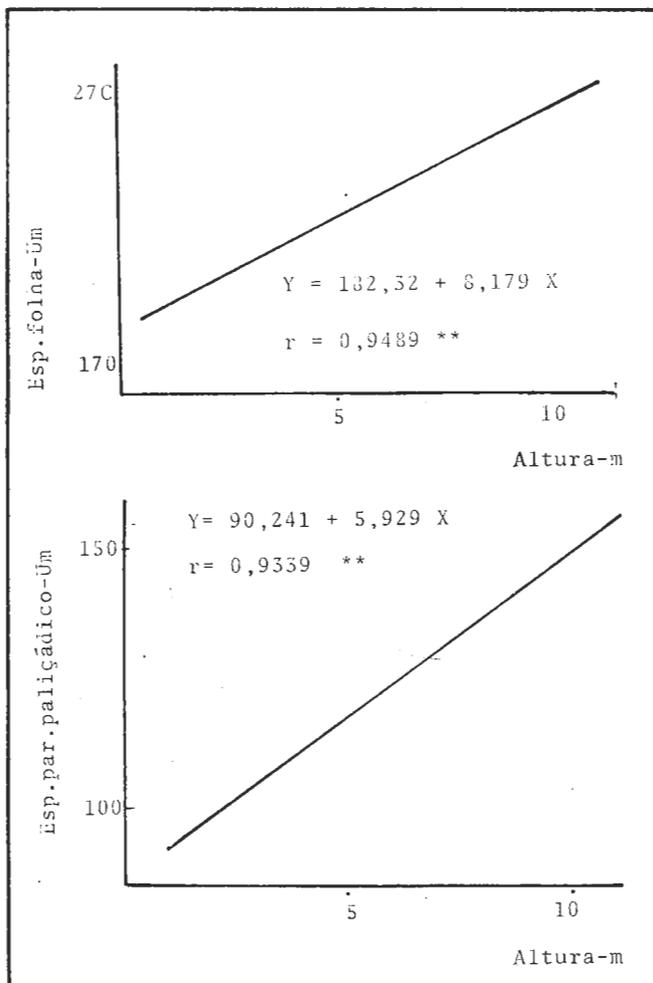


Figura 7 – Análise de regressão linear entre os parâmetros: A – altura e espessura de folha; B – altura e espessura de parênquima paliçádico.

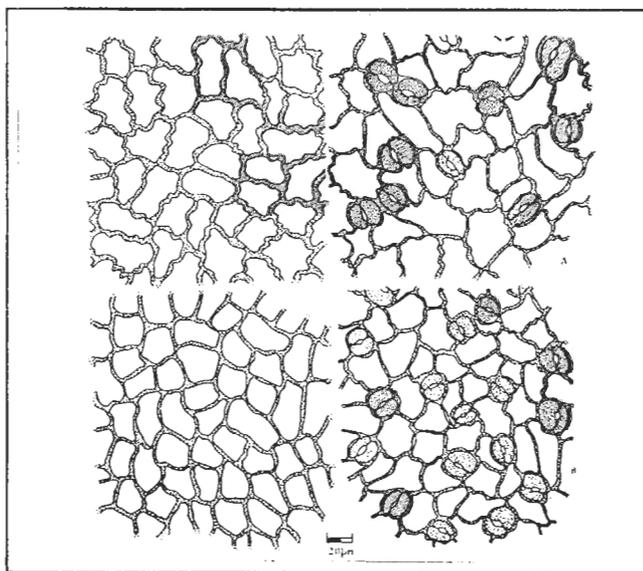


Figura 9 – Vista frontal de epidermes de folhas situadas a 3 metros (em cima) e a 10 metros (em baixo). Esquerda, epidermes superiores; Direita, epidermes inferiores.

A maior frequência de estômatos (mm^2) em folhas do estrato superior é conseqüente da menor área (vista de superfície) das células epidêmicas comuns e subsidiárias, menor tamanho das células estomáticas e de maneira muito significativa, da menor frequência de células epidêmicas comuns situadas entre as subsidiárias (Fig. 9) e ou estomáticas.

A tabela 1 mostra população de dados obtidos através das análises estomáticas de frequência e de tamanho, sendo ambas as comparações dos respectivos parâmetros, significativas ($p = 0.001$).

Tabela 1 – Número e tamanho de estômatos situados em folhas a 3m e 10 metros de altura do solo.

N. Obs.	ALTURAS			
	3 m	10 m	3 m	10 m
	Número de estômatos/ mm^2		Comprimento de Estômatos – μm	
01	190,8	254,4	20,24	16,79
02	230,55	278,25	20,24	16,33
03	246,45	318,00	21,85	16,33
04	230,55	230,5	23,00	21,85
05	130,8	286,2	19,32	19,78
06	206,7	254,4	22,31	18,17
07	198,75	357,75	20,47	19,09
08	182,85	318,00	20,24	20,70
09	246,45	302,1	19,78	20,24
10	174,9	214,65	19,55	19,78
11	246,45	246,45	21,85	18,40
12	130,8	246,45	19,55	20,01
13	238,5	318,00	20,70	20,47
14	222,6	302,1	22,08	18,17
15	222,6	278,25	19,55	18,40
16	130,8	214,65	21,39	18,40
17	206,70	286,2	20,01	17,94
18	214,65	294,15	21,85	18,40
19	206,7	389,55	20,01	18,17
20	198,75	294,15	20,47	16,10
\bar{X}	199,86	284,36	20,72	17,87

P = 0,001

P = 0,001

A análise de regressão linear entre os parâmetros altura da folha na planta e o número de estômatos/ mm^2 de superfície epidérmica, mostra um coeficiente de correlação significativo ($r = 0,7115$) a nível de 5%, havendo uma relação direta (Fig. 10).

A figura 11 mostra uma relação direta entre os parâmetros espessura de folha e o número de estômatos, com um coeficiente de correlação significativo ($r = 0,706$) a nível de 5%.

Também é significativa a correlação direta entre o número de estômatos e do diâmetro dos elementos xilemáticos, com um coeficiente de correlação de $r = 0,711$

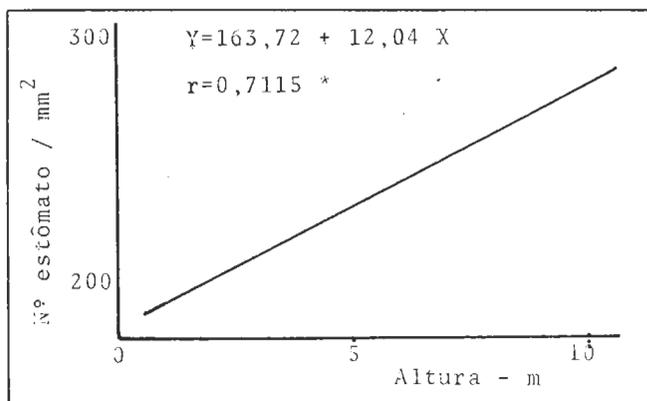


Figura 10 – Análise de regressão linear entre os parâmetros: altura e o número de estômatos/ mm^2 de superfície epidérmica.

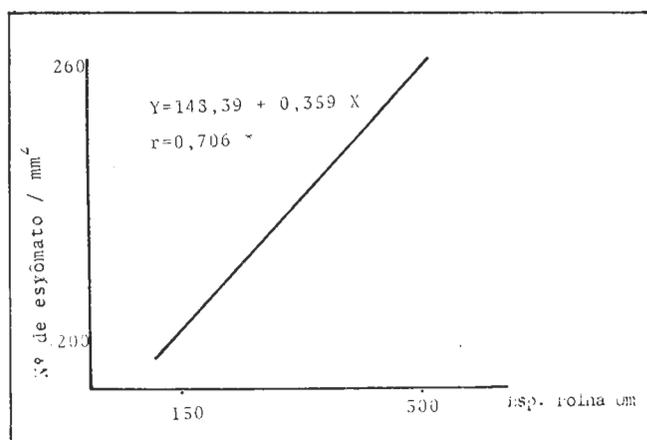


Figura 11 – Análise de regressão linear entre os parâmetros: espessura da folha e o número de estômatos/ mm^2 de epiderme.

(Fig. 12) havendo mais estômatos e elementos de xilema mais calibrosos nas folhas situadas no estrato superior. Vale salientar que há também uma relação direta e significativa ($r = 0,738$) entre a espessura da folha e o diâmetro dos elementos xilemáticos (Fig. 13).

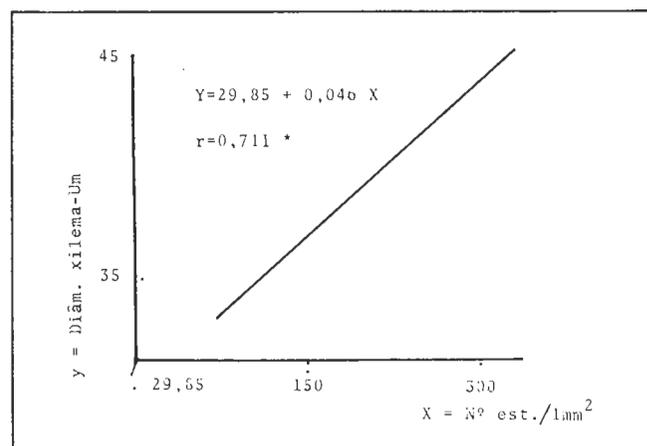


Figura 12 – Análise de regressão linear entre os parâmetros: número de estômatos/ mm^2 de superfície epidérmica e o diâmetro de elementos xilemáticos.

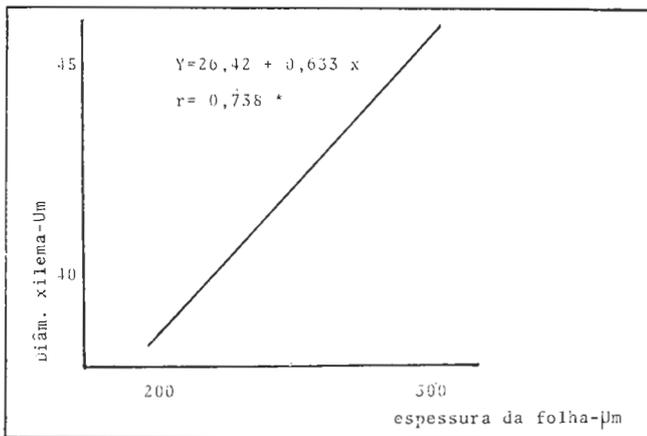


Figura 13 — Análise de regressão linear entre os parâmetros: espessura da folha e o diâmetro de elementos de xilema.

4 — DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A elevada relação volume/superfície de folhas xerofíticas, associado ao espessamento do mesófilo decorrente de incrementos de comportamento das células paliçádicas, tem sido postulado por muitos autores, entre eles, SCHIELDS¹⁴, ESAU⁴ e LARCHER⁵. COWART², TURREL¹⁸, PICKETT¹⁰ e ESAU⁴, citam maior espessura em folhas de sol quando comparadas com as de sombra, enquanto que WYLIE²⁰ cita que as folhas desenvolvidas sob a ação da luz são menores.

As folhas de *P. americana* não fogem a estas regras, mostrando a 10 metros de altura, mais caracteres xeromórficos que as situadas a 3 metros. A maior espessura das folhas das células epidérmicas, sobre tudò as superiores, assim como os incrementos dos comprimentos das células paliçádicas, havendo maior relação volume/superfície em folhas do estrato superior. Este aumento progressivo da relação volume/superfície em função da altura, parece estar influenciado por uma maior concentração de auxinas no interior destas folhas mais iluminadas, produto de emigração destes fitohormônios da periferia (LLERAS⁶). COWART², ANDERSON¹ e MEDRI⁷ registraram maiores quantidades de tecidos fotossintetizantes em folhas vivendo em ambientes mais xéricos, sendo que em condições de maior luminosidade e espessura do mesófilo (maior volume) funciona como um tampão da luz aumentando consideravelmente a produtividade primária destas folhas. Do ponto de vista ecológico, as folhas com maior relação volume/superfície, mostram um tampão mais eficiente,

sendo importante (em ambientes xéricos, tais como nos estratos superiores) a redução da área transpiratória com relação ao volume.

O maior número de elementos xilemáticos, assim como o seu maior calibre em folhas do estrato superior, encontrados em *p. americana*, está de acordo com os resultados obtidos em *Hevea brasiliensis* e *Bertholletia excelsa* (MEDRI^{7,8}), enquanto que estes mesmos trabalhos postulam também, comportamento semelhante aos vasos crivados. *P. americana* mostrou que as folhas mais xéricas (10 metros), além de possuírem área floemática funcional (útil) mais elevada, seus elementos crivados têm maior volume comparados aos das folhas situadas a 3 metros. O aumento progressivo das áreas floemáticas e também o maior volume das células crivadas, pode ser explicado com base na maior eficiência fotossintética das folhas de sol, o que produzirá uma maior concentração de açúcares (LANCHER⁵), sendo que a maior concentração relativa (auxinas: açúcares) de açúcares produzirá mais floema (DOLESSANDRO & ROBERTS³).

P. americana mostrou maior quantidade de tecido mecânico em folhas situadas sob condições mais xerofíticas, estando de acordo com os resultados obtidos em outras espécies (STALFELT¹⁷, LEITA & LLERAS⁶, MEDRI^{7,8}).

A relação inversa entre os tamanhos das células epidérmicas e o comprimento das células paliçádicas em folhas desenvolvidas sob condições xerofíticas já foi discutido por LLERAS⁶ (1977) e MEDRI⁷, assim como o sentido ecológico deste parâmetro.

SALISBURY¹² e LLERAS⁶ discutiram amplamente o aumento do número de estômatos por unidade de área, sendo que em condições mais xéricas, a folha precisa aproveitar mais eficientemente o tempo limitado de umidade relativa alta para realizar trocas de gases com o meio ambiente, explicando a maior área de poros (área estomática útil) (MEDRI⁷).

As análises de regressão linear efetuadas entre os parâmetros, diâmetros dos elementos xilemáticos com número de estômatos ou entre espessura de folhas, fornecem coeficientes de correlação conclusivos a respeito das relações diretas entre eles, evidenciando as interdependências dos mesmos.

P. americana parece ser uma espécie bastante plástica do ponto de vista histológico, havendo uma relação direta se correlacionada ao seu amplo comportamento adaptativo, sendo tão plástica quanto *Hevea brasiliensis* (MEDRI⁷) e muito mais que *Bertholletia excelsa* (MEDRI⁸).

ABSTRACT

In the present work are presented anatomical differences in leaves situated in different strata on the same tree of *Persea Americana*. Analysis of linear regression and tests of coefficient of correlation demonstrate that in respect to the relationships of the anatomical parameters studied, there is much interdependence. The histological point of view compares such parameters as number and size of stomata, volume of mesophyll, area of functional xylem, phloem, supportive tissue and epidermic tissue, and on the other hand different microclimatic positions, demonstrates that *Persea Americana* is an extremely plastic species with much adaptability; as plastic as *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. and much more plastic than *Bertholletia excelsa* Humb. & Benpl.

KEY- WORDS: Ecological Anatomy; Anatomical inter-relations, Physiological Ecology.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDERSON, Y. G. Seasonal development in sun and shade leaves. *Ecology*, 36: 430 – 439, 1955.
2. COWART, F. F. Apple leaf structure as related to position of the leaf upon the shoot and to type of growth. *Am. Soc. Hort. Sci. Proc.*, 33: 145–148, 1935.
3. DELESSANDRO, G. & ROBERTS, L. W. Induction of xylogenesis in pith parenchyma explants of *Lactuca*. *Amer. Jour. Bot.*, 58: 378–385, 1971.
4. ESAU, K. *Anatomy of seed plants*. New York, Willy & Sons, 1960. 376p.
5. LARCHER, W. *Physiological plant ecology*. Berlim, Springer verlag, 1975. 252 p.
6. LEITE, A. M. & LLERAS, E. Ecofisiologia de plantas da amazônia. I. Anatomia foliar e ecofisiologia de *Pogonophora schoinburgkiana* Miers. (Euphorbiaceae). *Acta Amazônica*, 8 (3): 1978.
7. MEDRI, M. E. *Alguns aspectos da anatomia ecológica de folha de Hevea brasiliensis Müell. Arg.* IINPA – FUA, 1977. Tese (mestr.).
8. MEDRI, M. E. & LLERAS, E. Ecofisiologia de plantas da amazônia. 2. Anatomia foliar e ecofisiologia de *Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. (castanha do Pará) Lecythidaceae. *Acta Amazônica*, 9 (1): 15–23, 1979.
9. MULLER–STOLL, W. R. Der einfluss der ernährung auf die xeromorphie der hochmoopflanzen. *Planta*, 35: 225–251, 1947.
10. PICKETT, W. F. The relationship between the internal structure and photosynthetic behavior of apple leaves. *Kansas Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.*, 42, 1937.
11. PRANCE, G. T. & SILVA, M. F. *Árvore de Manaus* Manaus, CNPq/INPA, 1975. 312 p.
12. SALISBURY, E. J. On the causes ecological significance of stomatal frequency, with special reference to woodland flora. *Phil Trans. Roy. Soc. London ser. B.*, 46: 1–65, 1927.
13. SELLECK, G. W. & SHUPPERT, K. Some aspects of microclimate in a pine forest and an adjacent prairie. *Ecology*, 38: 650–653, 1957.
14. SHIELDS, L. M. Leaf xeromorphy as related to physiological and structural influences. *Bot. Rev.*, 16: 399–447, 1950.
15. SIEGEL, S. *Non parametric statistic for the behavioral sciences*. New York, McGraw-Hill, 1956. 312 p.
16. SIMÃO, S. *Manual de Fruticultura*. São Paulo, Ceres, 1971. 530 p.
17. STALFELT, M. G. Morphologie und anatomie des blattels als Transpirationsorgan. In: *Handbuch der pflanze physiologie*, 3: 324–341, 1956. (citado por Medri, 1977).
18. TURREL, F. M. The area of the internal exposed surface of dicotyledon leaves. *Am. Jour. Botany*, 23: 225–264, 1936.
19. TURREL, F. M. Correlation between internal surface and transpiration rate in mesomorphic and xeromorphic leaves grown Under artificial light. *Bot. Gaz.*, 105: 413–425, 1944.
20. WYLE, R. B. Differences in foliar organization among leaves from four locations in the crown of an isolated tree (*Acer platanoides*). *Iowa. Acad. Sci. Proc.*, 56: 189–198, 1949.