

RELAÇÕES HÍDRICAS DO AÇAIZEIRO EM MATA DE VÁRZEA DO ESTUÁRIO DO AMAZONAS¹

Cláudio José Reis de Carvalho², John Rombold³, Daniel Curtis Nepstad⁴ e Tatiana Deane de Abreu Sá²

Laboratório de Ecofisiologia Vegetal, Embrapa, Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental, Belém, PA, 66095-100, Brasil.

RESUMO - As relações hídricas do açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) foram avaliadas em plantas adultas, vegetando em ecossistemas típicos de mata inundável do estuário amazônico, com o objetivo de verificar os possíveis efeitos da inundação periódica total ou parcial dos sistemas radiculares e de outros fatores ambientais sobre o fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera. Foram avaliados, nas épocas chuvosa e seca, a condutância estomática ao fluxo de vapor d'água, o potencial hídrico foliar, o teor relativo de água dos tecidos foliares e o teor relativo de água no ponto de perda de turgor dos tecidos dos folíolos, relacionando-os com o déficit de pressão de vapor d'água da atmosfera (DPV), radiação solar e altura das marés. O açaizeiro tem uma condutância máxima baixa ($0,160 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) em relação a outras palmeiras e os seus estômatos respondem mais à radiação solar do que ao DPV. Observou-se também que a espécie é adaptada a ambientes de hipoxia do sistema radicular e que as inundações periódicas, por efeito das marés, não afetam a absorção de água pelas raízes. Também na época seca (estação das marés baixas), esta espécie mantém a absorção de água em níveis suficientes para suprir a demanda transpiratória.

Termos adicionais para indexação: açai, alagamento, Amazonas, condutância estomática, estuário, *Euterpe oleracea*, raízes, relações hídricas, várzea.

WATER RELATIONS OF AÇAÍ PALM IN TIDAL FORESTS OF THE AMAZON ESTUARY

ABSTRACT - The water relations of açai palm (*Euterpe oleracea* Mart.) were evaluated in mature plants growing in a typical tidal flooded ecosystem of the Amazon estuary, in order to assess the effects of the partial or total root system flooding, and others environmental factors, in the soil-plant-atmosphere water transfer process. Stomatal conductance, leaf water potential, relative water content and the leaflet relative water content at the turgor loss point, were measured hourly in the rainy and dry seasons, and correlated with the vapor pressure deficit in the atmosphere, solar radiation and tide height. The results show that this species has a low maximum conductance value ($0.160 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) when compared to other palm species. The stomatal movements of this species are more closely linked to variations in the solar radiation than to the vapor pressure deficits. This species is well adapted to hypoxia prone environments and periodical flooding by tides does not affect the water uptake capacity of the roots. Also in the dry season (low tides season), the species maintains water absorption at levels sufficient to supply the transpiration demand.

Additional index terms: açai palm, Amazon estuary, *Euterpe oleracea*, flooding, roots, stomatal conductance, tide, water relations.

¹ Recebido em 24/07/1998 e aceito em 07/12/1998.

² Embrapa - Amazônia Oriental, C. P. 48, 66095-100, Belém, PA, Brasil. (carvalho@cpatu.embrapa.br)

³ Acordo Museu Paraense Emílio Goeldi/O.D.A.

⁴ Woods Hole Research Center, E.U.A.

INTRODUÇÃO

Estima-se que na região do estuário amazônico, exista uma superfície de aproximadamente 25 km² cobertos por ecossistemas de mata inundável, dos quais 88% estão submetidos a um regime de inundações frequentes (Lima, 1956). Apesar destas áreas apresentarem um grande potencial para a produção de alimentos e outros produtos florestais (Lima, 1956; Anderson, 1986; 1988), pouco se conhece a respeito da resposta dos componentes vegetais desses ecossistemas aos alagamentos diuturnos, dependentes dos regimes das marés. Nestas áreas, o açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma das espécies de maior ocorrência, sendo encontrada indiscriminadamente em terrenos de várzea, igapó e terra firme, muitas vezes em formações quase puras (Cavalcante, 1991). Estima-se que cerca de 10.000 km² das áreas do estuário amazônico sejam cobertas por matas onde domina o açazeiro (Calzavara, 1972), o que o torna uma das espécies ecologicamente mais importantes para esses ecossistemas.

A coleta e comercialização dos frutos dessa palmeira constituem-se em atividades muito importantes sob o ponto de vista socioeconômico, pois o suco extraído da polpa dos frutos é consumido em larga escala pela população regional. No entanto, atualmente essa espécie tem sido submetida a uma intensa exploração predatória, com vistas à exploração do palmito, levando a um processo de erosão genética.

O alagamento periódico das raízes durante as marés altas é mais longo durante a estação chuvosa, quando os sistemas radiculares dos açazeiros permanecem no mínimo três horas em cada ciclo de maré totalmente submersos, e inundados por um lençol freático superficial durante os intervalos. Por outro lado, durante a estação seca, as marés altas não invadem totalmente as várzeas, e o lençol freático desce a mais de um metro sob a superfície do solo.

Devido à natureza argilosa dos solos destes ecossistemas, na estação seca formam-se rachaduras com a conseqüente quebra e exposição das raízes finas, o que potencialmente provoca uma redução na absorção de água.

O presente trabalho visou avaliar o comportamento hídrico desta palmeira, em face das alternâncias das condições de alagamento e secamento do solo nos ecossistemas de várzea do estuário amazônico.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados foram coletados em populações nativas de açazeiros próximas à Estação Ecológica do Museu Paraense Emílio Goeldi, na ilha do Combu (1°29'16"S; 48°27'30"W). A ilha apresenta uma formação típica da área do estuário amazônico e situa-se a 1,5 km ao sul da cidade de Belém, Pará, Brasil. Durante o período chuvoso, que vai de janeiro a maio, as partes mais baixas (várzea baixa e igapó) são inundadas diariamente pelas marés que, na época de maior volume, as cobrem completamente.

Os solos das partes baixas são de origem sedimentar e extremamente argilosos, do tipo "gley" pouco húmico (Vieira, 1975). Em geral, o lençol freático é alto, ficando a menos de um metro da superfície do solo, mesmo na várzea alta e, nas zonas de igapó, são cobertos por uma lâmina d'água durante todo o ano. Estes solos são caracterizados por uma alta porcentagem de caulinita e silte e muito pobres em areia (Falesi, 1986).

O clima é semelhante ao da região de Belém, caracterizado por total de chuva elevado (média de 2.900 mm), e ocorrência de totais superiores a 60 mm, em todos os meses do ano. A temperatura do ar é característica de região quente e úmida, não exibindo variação sazonal marcante, e a temperatura média anual situa-se em torno de 25,9°C (médias mensais entre 25,4°C e 26,4°C), enquanto que as médias anuais das temperaturas máxima e mínima são de, respectivamente, 31,5°C (médias mensais entre 30,4°C e 32,3°C) e 22,0°C (médias mensais entre 21,6°C e 22,6°C). A umidade do ar também mostra pouca variabilidade sazonal, exibindo média anual de 86%, e valores médios mensais entre 83% e 91% (Brasil, 1992). A estação chuvosa vai de dezembro a maio, enquanto que durante o resto do ano as chuvas são mais espaçadas.

Os dados foram coletados em uma população de açazeiros vegetando em solo de várzea baixa próxima a um igapó. Foram selecionadas seis palmeiras emergentes de diferentes touceiras não-manejadas, que apresentavam de 8 a 12 metros de altura.

Nos meses de março (estação chuvosa) e dezembro (final da estação seca) de 1992, foram seguidos os cursos diários do potencial hídrico das folhas (Ψ_f), da condutância estomática (g_s), do teor relativo de água (TRA) das folhas e do nível do lençol freático e da altura da maré. As medidas foram feitas a cada hora, segundo o tempo local. Ao final do ciclo de medidas do mês de dezembro, foram coletados folíolos para o estabelecimento de curvas pressão-volume.

Em cada período de coleta de dados, foram selecionadas folhas novas e completamente expandidas, correspondendo à posição filotáxica 3 ou 4, a partir da flecha, e que estivessem bem iluminadas pelo sol. A resistência difusiva foliar foi avaliada com um "Transient Porometer" modelo LI-700 (Licor, Lincoln, NE, USA), na face abaxial dos folíolos da região mediana da folha, os quais, logo após a mensuração, foram cortados a 10mm de distância do ráquis, colocados em sacos de plástico e usados para a mensuração do potencial hídrico foliar. Após correção para temperatura da folha, os dados de resistência difusiva obtidos, foram transformados para condutância (Mcdermitt, 1990; Pearcy *et al.*, 1991).

Para a mensuração do potencial hídrico, foi usada uma câmara de pressão "Soil Moisture" modelo 3005 (Soil Moisture Equipment, Santa Barbara, CA, USA). Para a selagem do folíolo na câmara, a nervura central da parte basal foi exposta, cortando-se 10mm do limbo (Schollander *et al.*, 1965; Ritchie & Hinckley, 1975). Avaliações preliminares mostraram não haver diferença significativa entre os valores do Ψ_f medido na nervura e no limbo dos folíolos.

O teor relativo de água foi estimado retirando-se 12 discos (seis de cada lado do folíolo), de 10mm de diâmetro, do mesmo folíolo usado para a avaliação do potencial hídrico. Os discos foram colocados em frascos hermeticamente fechados e pesados em balança analítica. A massa saturada dos discos foi obtida após os mesmos terem sido deixados durante 8 horas flutuando sobre água, a 25°C, no escuro, e a massa seca após terem ficado 48 horas em estufa, a 80°C, com ventilação forçada (Weatherley, 1950).

O nível do lençol freático no local da coleta de dados foi medido em quatro poços piezométricos, dispostos ao redor das touceiras usadas, enquanto que o nível da maré foi avaliado com uma escala numerada, disposta no meio do leito do rio que passa ao lado do local selecionado.

Os folíolos usados para as curvas pressão-volume foram coletados ao amanhecer. As bases foram colocadas em um vasilhame com água e o conjunto foi envolto com saco de plástico para compor uma câmara úmida onde os folíolos permaneceram por 3 horas (Parker & Pallardy, 1987). Foi usada uma câmara de pressão semelhante à anteriormente descrita e o procedimento para as medidas foi também similar àquele usado no campo. Os folíolos foram expostos ao ar, em intervalos de tempo gradativamente maiores, para permitir a perda de água natural dos tecidos (Turner, 1981), após o que eram avaliados a matéria fresca e a nova pressão de equilíbrio. O procedimento foi terminado ao serem obtidos no mínimo 16 pares de pontos, quando os folíolos foram colocados para secar em estufa com ventilação forçada a 80°C, para ser obtido o peso seco. A massa na saturação foi obtida por extrapolação a um potencial zero da relação entre a matéria fresca e o potencial de pressão dos quatro ou cinco primeiros pontos (Ladiges, 1975).

Os dados meteorológicos foram obtidos na estação climatológica da Embrapa Amazônia Oriental, distante cerca de 6,5 km em linha reta do local do experimento. No período de coleta de dados do mês de dezembro, os valores de temperatura e umidade ao nível do dossel foram obtidos com dois sensores capacitivos instalados ao nível da copa e acoplados a um "datalogger" modelo 21X (Campbell Scientific, U.K).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados dizem respeito a dias considerados típicos das épocas chuvosa e seca (05/03 e 06/12/98) e foram escolhidos em função da coincidência do horário da maré alta, que ocorreu entre 12 e 13 horas.

Durante o período chuvoso (março), o volume das marés foi alto, cobrindo o sítio experimental durante pelo menos três horas em cada ciclo de 12 horas e o lençol freático permaneceu sempre superficial (Fig.1). Com o abaixamento da maré, ocorreu a retirada de parte da água acumulada no horizonte superficial do solo, permitindo apenas uma pequena troca do seu volume. Nesta situação, a maior parte da rizosfera ativa das plantas permaneceu alagada e, a despeito de haver uma renovação de parte dessa água, submetida a uma condição de hipoxia, visto que o O_2 dissolvido é rapidamente con-

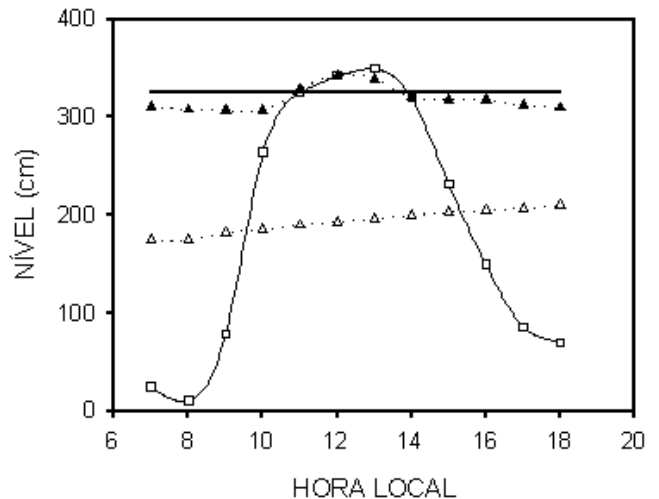


FIGURA 1- Variação do nível do lençol freático no local da coleta de dados, e da altura da maré medida no meio do leito do rio nos dias das outras mensurações. Estação Ecológica da ilha do Combú (— nível do solo, □ níveis da maré em março, ▲ variação do lençol freático em março e em dezembro Δ).

sumido pela ação dos microorganismos, mesofauna e raízes, resultando no acúmulo de gases tóxicos como CO_2 , N_2 , H_2 , CH_4 e H_2S (Ponnamperuma, 1972, 1984; Pezeshki, 1994).

Na estação seca (dezembro), o volume das marés não foi suficiente para cobrir a superfície do solo, porém a altura do lençol freático variou em função do aumento diário do nível do rio, com um atraso causado pela baixa capacidade de infiltração dos solos do local em condições saturadas. Nesta época, também foram verificadas rachaduras na superfície do solo, devido à sua constituição rica em caulinita e silte, causando quebra e secamento das raízes finas superficiais.

Nas plantas não tolerantes ao alagamento, um dos primeiros sinais de reação é o fechamento estomático (Kozłowski & Pallardy, 1984; Pezeshki, 1994), porém as plantas estudadas não apresentaram essa reação. Na figura 2, pode ser visto o comportamento estomático de açazeiros em dias típicos do período chuvoso e seco.

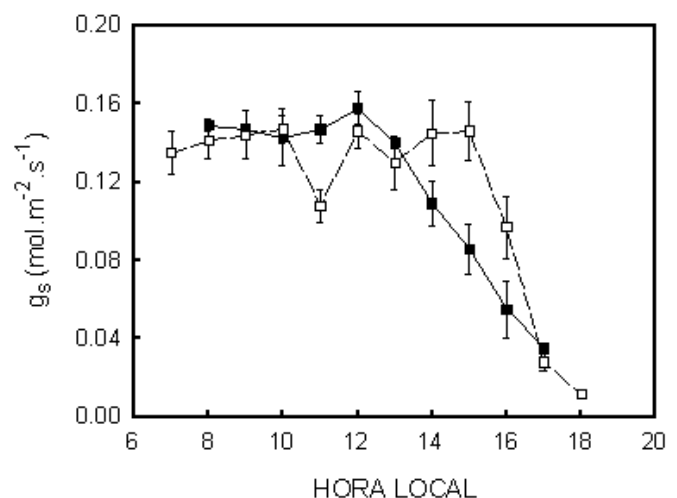


FIGURA 2- Curso diário da condutância estomática de folíolos de açazeiros em dois dias típicos de março (■) e dezembro (□). (média ± erro padrão da média, n = 6).

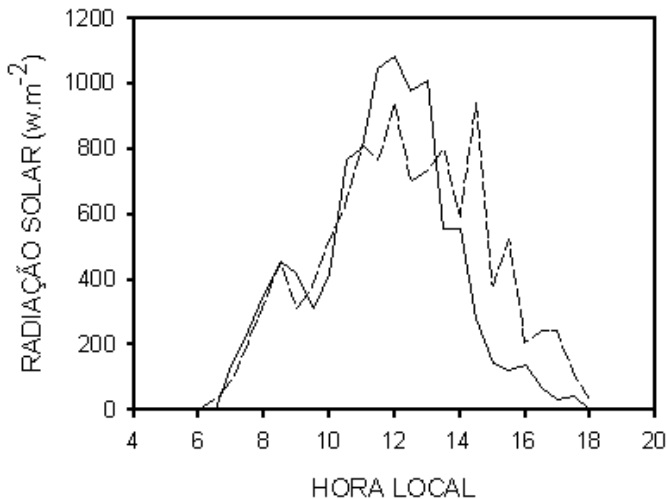


FIGURA 3- Radiação solar global obtida em posto meteorológico no dia das medidas de campo (— março, --- dezembro).

No primeiro, os valores de g_s nas primeiras horas da manhã foram altos, mas, a partir de 12 horas, houve um gradual fechamento estomático causado provavelmente pelo aumento da nebulosidade e formação de nuvens de chuvas, que nesta região são mais frequentes após o meio dia. No período seco, os valores de g_s observados no início da manhã foram ligeiramente mais baixos do que os obtidos em março, porém, os estômatos permaneceram abertos por mais tempo, em função da distribuição mais uniforme da radiação solar. Somente por volta de 11 e 13 horas, a diminuição da radiação provocada pela passagem de nuvens pesadas causou reduções bruscas na condutância.

A distribuição da radiação solar global nos mesmos dias das medidas de condutância estomática (Fig. 3) mostra que apesar dos valores máximos (por volta de 12 horas), observados em março, serem mais elevados, a queda após o meio dia é abrupta, pois são mais frequentes as formações de nuvens que diminuem a radiação incidente.

Em dezembro, observa-se nesta região um aumento da nebulosidade devido ao acúmulo de partículas provenientes das queimadas, prática muito comum na região, usada como método de preparo do solo para plantio. Por esse motivo, os valores máximos de radiação solar mantiveram-se próximos ou por vezes inferiores aos obtidos em março. No entanto, a distribuição diária da radiação solar ($\geq 600 \text{ w.m}^{-2}$) foi mais uniforme, fazendo com que os valores de condutância nestas épocas se mantivessem mais próximos dos valores máximos observados ($0,160 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) durante quase todo o dia, reduzindo-se gradualmente a partir de 15 horas.

Comparados com outras espécies de palmeiras de terra firme, os valores máximos de g_s medidos em folíolos de açazeiro podem ser considerados baixos. Em condições de alimentação hídrica não limitante e DPV inferior a 1,8 kPa, foram encontrados valores máximos de g_s variando entre 0,600 e 0,800 $\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, dependendo da idade das plantas e da posição filotática das folhas

de *Elaeis guineensis* Jacq. (Dufrene & Saugier, 1993). Em plantas adultas de *Orbygnia martiana* foram medidos valores máximos de g_s entre 0,300 e 0,800 $\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ nas estações seca e chuvosa, respectivamente, e ainda concomitantemente, foram observados valores variando entre 0,614 e 0,066 $\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ em folíolos de *Astrocaryum mumbaca*, palmeira de sub-bosque (Sá et al., 1996). Por outro lado, estes valores são mais próximos aos obtidos em palmeiras jovens (quatro meses) de açazeiro ($0,100 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) e de *Mauritia vinifera* Mart. ($0,160$ a $0,220 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) com dez meses de idade, ambas em bom estado de hidratação (Calbo, 1996).

O sincronismo entre os resultados apresentados nas figuras 2 e 3 pode ter sido prejudicado pelo fato de que a radiação global incidente não foi medida "in situ". Porém, analisados em conjunto, sugerem que os estômatos do açazeiro, na situação estudada, respondem mais prontamente às variações da radiação incidente do que aos prováveis distúrbios na absorção de água, causados pelo alagamento na época chuvosa e quebra de raízes finas superficiais na época seca.

Um outro fator que normalmente está relacionado com a condutância estomática é o déficit de pressão de vapor d'água da atmosfera (DPV). O DPV máximo (1,96 kPa) ocorreu por volta de 15 horas, quando a condutância estomática já estava em franco declínio, reduzindo-se para aproximadamente 0,5 kPa no horário seguinte (Fig. 4).

Por outro lado, os valores sob abrigo registrados em dezembro são muito mais elevados (máximo de 2,95 kPa), mantendo-se assim por todo o dia. No meio do dossel, o déficit foi menor, acompanhando os valores registrados sob abrigo, porém, atingindo o máximo de 1,32 kPa. Estes valores são baixos devido à contribuição do fluxo de vapor d'água do solo, da lâmina d'água do rio próximo ao sítio experimental e da própria transpiração das folhas, pois a condutância manteve-se em valores próximos do máximo até às 16 horas, só decaindo possivelmente por redução da radiação solar

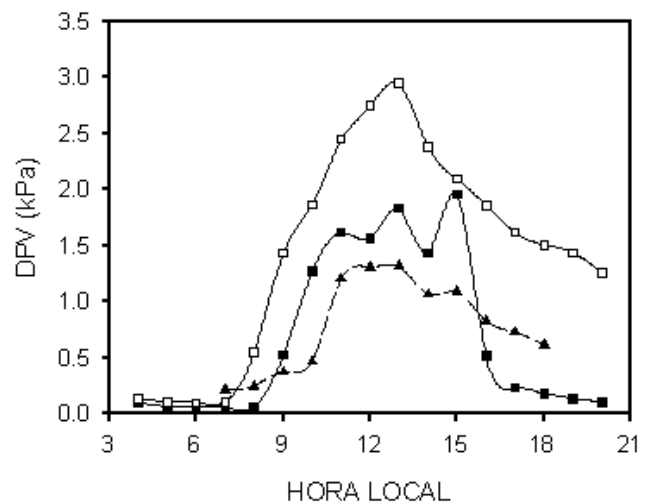


FIGURA 4- Variação diária do DPV medida em posto meteorológico (sob abrigo), nos dias de medidas de março (■) e dezembro (□) e diretamente sob o dossel de folhas de açazeiros no mês de dezembro (▲).

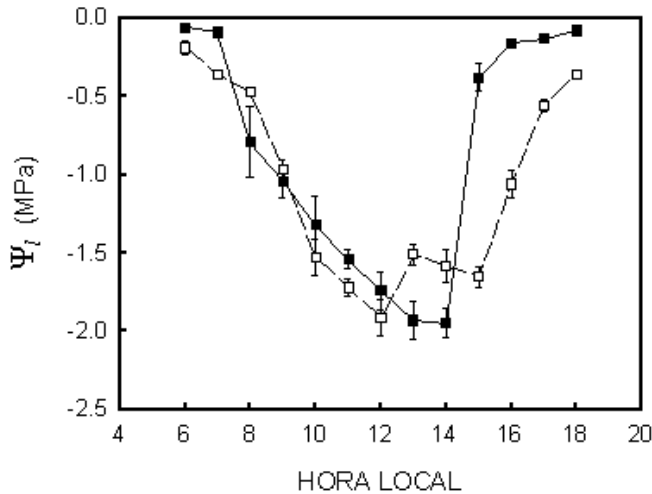


FIGURA 5- Curso diário do potencial hídrico (Ψ_t) dos folíolos de açazeiros em dois dias típicos de março (■) e dezembro (□). (Média \pm erro padrão da média, n = 6).

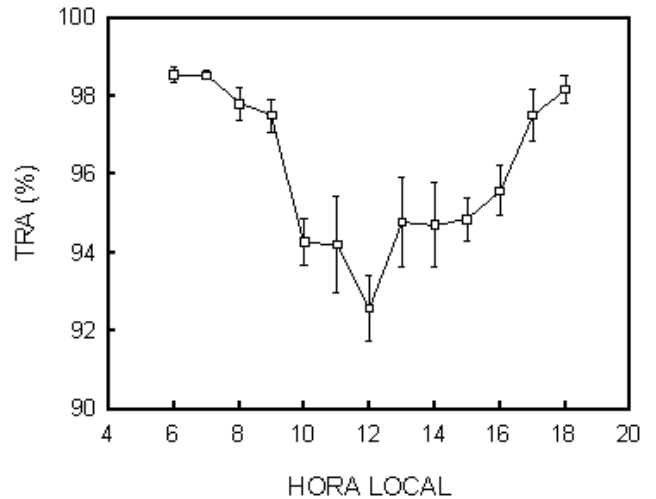


FIGURA 6- Curso diário do Teor Relativo de Água (TRA) dos folíolos de açazeiros em dia típico de dezembro. (Média \pm erro padrão da média, n = 6).

incidente nas folhas.

As variações do potencial hídrico foliar (Fig. 5) estão mais ligadas à disponibilidade de radiação e ao DPV, que influenciam a abertura estomática e o fluxo de vapor d'água do interior da folha para o ambiente, do que propriamente ao comportamento da maré. Comparando-se a variação da condutância estomática (g_s) do mês de março, com a variação diária do potencial hídrico, pode-se constatar que há boa correspondência entre a redução da abertura dos estômatos e a elevação do potencial hídrico (Figs. 2 e 5). O acúmulo de nuvens de chuva entre as 13 e 14 horas resultou em uma brusca redução no DPV a qual, juntamente com o fechamento estomático provocado pela redução da radiação, possibilitou rápida reidratação dos tecidos foliares e conseqüente recuperação do potencial hídrico que passou de aproximadamente -2,0MPa aos níveis observados ao amanhecer, em menos de duas horas, a despeito dos sistemas radiculares das plantas terem permanecido inundados, mostrando que o alagamento não reduz a absorção de água.

Esse comportamento repetiu-se em dezembro, quando não houve inundação pela maré e o lençol freático permaneceu baixo. Porém, nessa época, a recuperação do potencial hídrico no final da tarde foi mais lenta devido à quebra das raízes finas superficiais e menor disponibilidade de água nas camadas superficiais do solo. De qualquer modo, logo no início da noite, os altos valores do potencial hídrico dos folíolos mostraram que a porção mais profunda do sistema radicular pôde suprir a demanda de água necessária para repor o déficit interno das palmeiras.

Em ambas as épocas, o aumento quase simultâneo do potencial hídrico que segue o fechamento estomático pressupõe boa condutividade hidráulica do xilema, visto que a reidratação das células das folhas deu-se rapidamente.

Mesmo na época seca, o teor relativo de água nos tecidos foliares (Fig. 6) permanece elevado, atingindo um valor mínimo de 92%, com um potencial hídrico corres-

pondente de aproximadamente -2,0MPa às 12:00 horas. O valor deste potencial mínimo aproxima-se bastante ao obtido no período chuvoso e, juntamente com os elevados teores relativos de água dos tecidos foliares, mostra que as plantas não estavam submetidas a défices hídricos acentuados, mesmo em dezembro.

O valor mínimo atingido pelo teor relativo de água dos folíolos na estação seca (92%) situa-se acima do ponto de perda de turgor dos tecidos foliares, que em média foi de 88% (Fig. 7), confirmando o fato de que as plantas do sítio experimental não estavam sujeitas a uma deficiência de água acentuada ao ponto de provocar a perda de turgor dos tecidos do mesófilo.

A ocorrência de açazeiros em áreas periodicamente

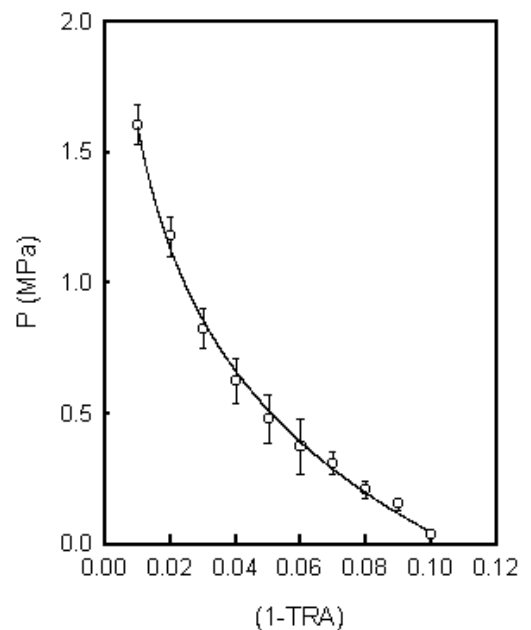


FIGURA 7- Relação entre a o potencial de pressão (P) e o déficit hídrico (1 - TRA) de folíolos de açazeiro colhidos em dezembro ($Y = -1,5076 - 0,67461nX$, $r^2 = 0,9962$). Cada ponto representa a média \pm erro padrão da média, n = 8.

sujeitas ao alagamento, juntamente com os resultados de estudos com plantas jovens em condições controladas, onde foram constatadas a ocorrência constitutiva das enzimas álcool desidrogenase e lactato desidrogenase nos tecidos de raízes e caule, e formação de aerênquima em condições normais de oxigenação (Paula, 1975; Anderson, 1988; Neto *et al.*, 1995) confirmam o fato de que esta espécie é adaptada a condições de baixa disponibilidade de oxigênio no solo.

Os resultados mostrados neste trabalho tornam clara a inexistência de períodos de deficiência hídrica causada quer pelo alagamento das raízes durante a época chuvosa e de marés altas quer pelo secamento superficial do solo e quebra de raízes finas na estação seca. Por outro lado, vê-se que a abertura estomática destas palmeiras apresenta uma grande dependência da disponibilidade de radiação solar.

Na situação do ecossistema estudado, o açazeiro mantém a absorção de água em níveis capazes de suprir a demanda transpiratória durante todo o ano.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com recursos financeiros provenientes do acordo entre o Museu Paraense Emílio Goeldi e a O.D.A. (Overseas Development Agency) e da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental).

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, A.B. Use and management of native palm forests. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1. 1984, Belém.. **Anais**. Belém, Embrapa-CPATU, 1986, v.2, p. 253-261.
- ANDERSON, A.B. Use and management of native forests dominated by açai palm (*Euterpe oleracea* Mart.) in the amazon estuary. In: M.J. BALICK (Ed). The Palm - Tree of Life: Biology, Utilization and Conservation. **Advances in Economical Botany**, 6:144-154, 1988.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **DNMET Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992. 84p.
- CALBO, M.E.R. **Trocas gasosas do açai e buriti sob estresse de déficit de água e crescimento, porosidade e trocas gasosas do buriti sob inundação**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 1996, 123p. Tese de Doutorado.
- CALZAVARA, B.B.G. **[As possibilidades do açazeiro no estuário amazônico.] Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará**, Belém, n° 5, p. 1 - 103, 1972.
- CAVALCANTE, P.B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. Belém, CEJUP, 1991. 279p.
- DUFRENE, E. & SAUGIER, B. Gas exchange of oil palm in relation to lighth, vapour pressure deficit, temperature and leaf age. **Functional Ecology**, 7: 97-104, 1993.
- FALESI, I. C. O estado atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazônia Brasileira. In: INSTITUTO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO NORTE, **Zoneamento agrícola da Amazônia, 1 aproximação**. (Belém, PA), 1972, p. 68-122 (IPEAN. Boletim Técnico).
- KOZLOWSKI, T. T. & PALLARDY, S. G. Effect of flooding on water, carbohydrate, and mineral relations. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed). **Flooding and plant growth**. New York, Academic Press, 1984. p.165-193. [Physiological Ecology and Series of Monographs, Texts and Treatises].
- LADIGES, P.Y. Some aspects of tissue water relations in three populations of *Eucalyptus viminalis* Labill. **New Phytologist**, 75: 53 - 62, 1975.
- LIMA, R.R. **A agricultura nas várzeas do estuário do Amazonas**. Belém, IAN, 1956. p.1-164 (IAN. Boletim Técnico, 33).
- LIMA, R.R. Várzeas da Amazônia brasileira e sua potencialidade agropecuária. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., 1984 Belém, PA. **Anais**. Belém, Embrapa - CPATU, 1986. v.6, p. 141-164.
- McDERMITT, D.K. Sources of error in the estimation of stomatal conductance and transpiration from porometer data. **HortScience**, 25 (12): 1538-1548, 1990.
- NETO, M. A. M.; ALVES, J.D. & OLIVEIRA, L.E.M. Anaerobic metabolism of *Euterpe oleracea*. II - Plant tolerance mechanism to anoxia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 7 (1):47 -51, 1995.
- PARKER W.C. & PALLARDY S.G. The influence of resaturation method and tissue type on pressure-volume analysis of *Quercus alba* L. seedlings. **Journal of Experimental Botany**, 38 (188): 535-549, 1987.
- PAULA, J.E. de. Anatomia de *Euterpe oleracea* Mart. (Palmae da Amazônia). **Acta Amazonica**, 5 (3): 265-278, 1975.
- PEARCY, R.W.; SCHULZE, E.-DETLEF; ZIMMERMANN, R., Measurement of transpiration and leaf conductance. In: PEARCY, R.W.; EHLERINGER, J.; MOONEY, H.A.; RUNDEL, P.W. (Eds). **Plant physiological ecology: field methods and instrumentation**. New York, Chapman & Hall, 1991. p. 137-153.
- PEZESHKI, S.R. Plant response to flooding. In: WILKINSON, R.E. (Ed). **Plant-environment interactions**. Marcel Dekker, Inc., 1994. p.289-321.
- PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**. 24: 29-96, 1972.
- PONNAMPERUMA, F.N. Effect of flooding on soils. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed). **Flooding and plant growth**. (New York, Academic Press, 1984. p.10-45.
- RITCHIE G.A. & HINCKLEY T.M. The pressure chamber as an instrument for ecological research. **Advances in Ecological Research**. 9:165-254,1975.
- SÁ, T.D.A.; COSTA, J.P.R. & ROBERTS, J.M. Forest and pasture conductances in southern Pará, Amazonia. In: GASH, J.H.C.; NOBRE, C.A., ROBERTS J.M; VICTORIA R.L. (Eds). **Amazonian deforestation and climate**. Chichester, John Wiley & Sons, 1996, p.241-263.
- SCHOLANDER P.F., HAMMEL H.T., BRADSTREET E.D. & HEMMINGSEN E.A. Sap pressure in vascular plants. **Science**, (149): 920-922, 1965.
- TURNER N.C. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. **Plant and Soil**, 58: 339-366, 1981.
- VIEIRA, L.S. **Manual da ciência do solo**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres. 1975. 464p.
- WEATHERLEY P.E. Studies in the water relations of the cotton plant. I- The field measurements of water deficits in leaves. **New Phytologist**, 49:81-97, 1950.