

3. Ecofisiologia do umbuzeiro

José Moacir Pinheiro Lima Filho

Introdução

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) é uma espécie do gênero *Spondias*, família Anacardiaceae, com distribuição geográfica endêmica para o semi-árido brasileiro (Prado e Gibbs, 1993), não existindo relatos da sua ocorrência em outras regiões do planeta. É uma espécie de grande importância para o bioma caatinga pois além de sobreviver sob as condições hostis do clima semi-árido, consegue produzir uma grande quantidade de frutos que, segundo Mors, (1994), são ricos em carboidratos e ácido ascórbico. Além de desempenhar papel nutricional, a comercialização dos frutos do umbuzeiro é a principal fonte de renda para a maioria dos pequenos agricultores durante a época de safra. Este trabalho tem como objetivo contribuir para o conhecimento do comportamento ecofisiológico do umbuzeiro dentro das condições climáticas da região semi-árida do Nordeste brasileiro. Além da apresentação das informações existentes sobre o tema serão também abordadas algumas características morfo-anatômicas e aspectos da sua fenologia que contribuem para a performance ecofisiológica desta espécie.

Distribuição geográfica

A área de vegetação natural do umbuzeiro é limitada pela mata atlântica, pelo cerrado e pela região pré-amazônica (Santos, 1997). É encontrado nas caatingas elevadas da Serra da Borborema, serras do Seridó norte-riograndense, Agreste piauiense e Caatingas pernambucanas e baianas e no norte de Minas Gerais (Mendes, 1990), principalmente nas áreas com temperaturas entre 13°C a 38°C, umidade relativa entre 30% e 80%, pluviosidade anual de 400 a 800 mm e 3.000 horas de insolação (Duque, 1980). O umbuzeiro se desenvolve nos mais variados tipos de solos do Nordeste brasileiro, principalmente, dentro da grande unidade de paisagem Depressão Sertaneja, onde há uma maior ocorrência dos solos Brunos não Cálcicos, Podzólicos Distróficos e Eutróficos. Neste cenário, o umbuzeiro desenvolve o seu ciclo anual juntamente com o sisal (*Agave sisalana* Perr.) da imburana de ²cheiro (*Fonsea cearensis* Fr.All.) e de outras espécies próprias do mesmo habitat (Duque, 1980), necessitando de um período de estresse hídrico para iniciar o seu ciclo reprodutivo anual (Cavalcanti et al., 2000).

Aspectos morfo-anatômicos

O umbuzeiro é uma árvore de pequeno porte, com altura que varia de 4 a 6 m e copa umbeliforme, podendo atingir um diâmetro em torno de 10 a 15 m (Carvalho, 1986). Apresenta sistema radicular especializado formado por raízes longas, espalhadas horizontalmente, próximas à superfície do solo, com túberas que se caracterizam como intumescências, providas de tecido lacunoso e celulósico (Lima, 1990), cuja função principal é o armazenamento de água, minerais e outros solutos importantes para a manutenção de um balanço hídrico favorável, sob condições de deficiência hídrica (Lima Filho e Silva, 1988; Lima Filho, 2001). O caule apresenta de 3-5 ramificações principais, sendo que estas podem ocorrer desde a base ou até a 1 m de altura do solo (Pires, 1990). Apresenta casca morta de espessura média entre 2 a 5 mm, áspera e rígida, de

cor cinza claro a negro e uma casca viva, de espessura média entre 5 e 12 mm, avermelhada internamente e que por incisão exhibe exsudato transparente e resinoso (Lima, 1982). As folhas são pecioladas, alternas, imparipenadas, com folíolos oblongo-ovalados, com base obtusa ou cordada, ápice agudo ou obtuso, com cerca de 2-4 cm de comprimento, 2-3 cm de largura e margens serrilhadas ou inteiras lisas (Gomes, 1990, Pires, 1990), podendo apresentar pilosidades (Lima, 1994). Esta última característica facilita os mecanismos de dissipação de energia, mantendo a temperatura das folhas próxima à do ar (Larcher, 2000). O fruto é uma drupa elipsoidal, glabra ou levemente pilosa de tamanho variado, com a extremidade proximal, em relação ao pedúnculo, mais afunilado do que a distal (Silva e Silva, 1974)

Fenologia

Uma das estratégias utilizadas pelo umbuzeiro para sua sobrevivência durante a estação seca é a abscisão de suas folhas para reduzir a superfície transpiratória e, conseqüentemente, a perda de água. Na Figura 1, são apresentadas as fases fenológicas do umbuzeiro, plotadas sobre a curva de crescimento em densidade foliar, juntamente com o volume da precipitação observada durante o ciclo produtivo 1994-1995. Observa-se que durante a estação seca, suas folhas entram em processo de senescência ficando a planta em estado de dormência vegetativa até a ocorrência das primeiras chuvas. A abscisão foliar do umbuzeiro geralmente tem início um a dois meses após a última precipitação, porém o lançamento das primeiras flores ocorre cerca de 36 dias após a queda das folhas velhas. Folhas velhas são consideradas fontes de substâncias inibidoras da floração (Davenport e Nunez-Elisea, 1997). Ainda sob condições de seca, aparecem as primeiras folhas localizadas na base das inflorescências. Estas folhas irão, provavelmente, prover os fotossintatos necessários ao seu crescimento inicial, bem como dos novos frutos. Entretanto, o crescimento vegetativo é incrementado somente após as primeiras chuvas. A frutificação inicia-se a aproximadamente 25 dias após a floração e a maturação dos frutos, em torno de 120 dias. Entretanto, as datas de início e duração das fases fenológicas citadas poderão variar de ano a ano de acordo com as ocorrências dos eventos climáticos observados em cada ano, ou entre regiões. De acordo com Cavalcanti et al (2000), o ciclo reprodutivo do umbuzeiro ocorre na ausência de precipitações e no período em que as temperaturas máximas e mínimas e umidade relativa do ar alcançam os níveis mais críticos. É possível também que a data de início da floração esteja associada ao acúmulo de sinais indutores percebidos pela planta gerados em consequência da intensidade de estresse hídrico sofrido anteriormente, associado à ocorrência de baixas temperaturas durante o período de dormência vegetativa. Estes eventos são os principais geradores de sinais que induzem ao florescimento da mangueira (Davenport e Nunez-Elisea, 1997), espécie da mesma família do umbuzeiro. Por outro lado, o crescimento vegetativo é exponencialmente incrementado logo após as primeiras chuvas alcançando, no ciclo 1994-1995, um valor máximo de densidade foliar em torno de $1,45 \text{ m}^{-1}$, no período de ocorrência da maior precipitação. Este valor poderá também variar anualmente, de acordo, com a intensidade e distribuição da precipitação.

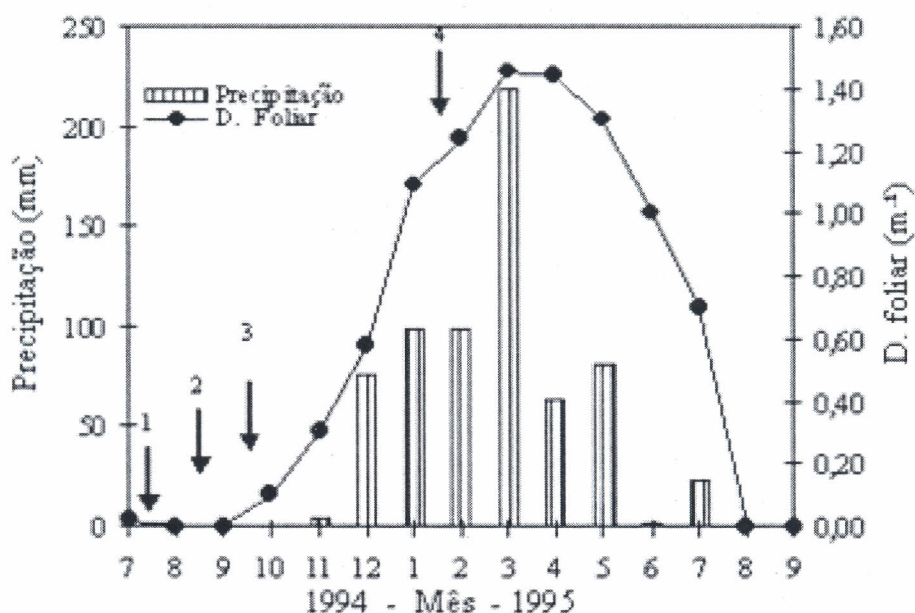


Figura 1. Relação entre a precipitação, densidade foliar e as fases fenológicas do umbuzeiro (1- queda de folhas; 2- floração; 3- frutificação; 4- maturação), observada durante o ciclo produtivo 1994-1995. Lima Filho (2007), dados não publicados

Características do dossel

De maneira geral, a estrutura do dossel do umbuzeiro adulto é de formato hemisférico, onde a radiação solar é bastante atenuada. Infelizmente, publicações envolvendo o umbuzeiro, nesta linha de pesquisa, são inexistentes. Porém, observações recentes realizadas pelo autor (dados não publicados) em plantas adultas apresentando uma densidade foliar em torno de $2,0 \text{ m}^{-2}$, obtida com auxílio de um analisador de dossel descrito por Welles e Norman (1991), indicam que, ao penetrar no dossel, cerca de 80% da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) é atenuada na primeira camada de um metro da parte superior de copa. Apenas 4,4 % da PAR alcança as folhas localizadas na camada mais inferior (Figura 2). Por outro lado as folhas localizadas na camada superior do dossel apresentam maiores índices de clorofila, obtidos com um clorofilômetro portátil (SPAD, Minolta), atingindo valores em torno de 32,1 (valor SPAD) com tendência a decrescer com a altura das observações (Figura 3). Com uma densidade foliar observada em torno de $1,2 \text{ m}^{-2}$, esta camada é provavelmente a mais importante no que diz respeito às trocas gasosas do umbuzeiro. De fato, informações obtidas pelo autor sobre trocas gasosas realizadas nas camadas de folhas expostas à radiação solar ($\text{PAR} = 1750 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), com auxílio de um IRGA (Long et al., 1996), indicaram valores de condutância, estomática, transpiração e fotossíntese em torno de $0,16 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, $6,5 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $8,79 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente. Já nas camadas mais inferiores ($\text{PAR} = 30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), tanto a condutância como a transpiração apresentaram valores significativamente mais baixos, em torno de $0,05 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $2,2 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente. A fotossíntese apresentou taxa negativa, da ordem de $-2,56 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (dados não publicados), sugerindo que as folhas da camada mais baixa do dossel do umbuzeiro, sob condições de baixa iluminação, apresentam-se como drenos de fotossintatos. Entretanto, alguma radiação poderá eventualmente penetrar no dossel, beneficiando algumas folhas. Por

estarem menos expostas a altas temperaturas e ventos secos estas folhas poderão realizar alguma fotossíntese e manter suas demandas energéticas básicas.

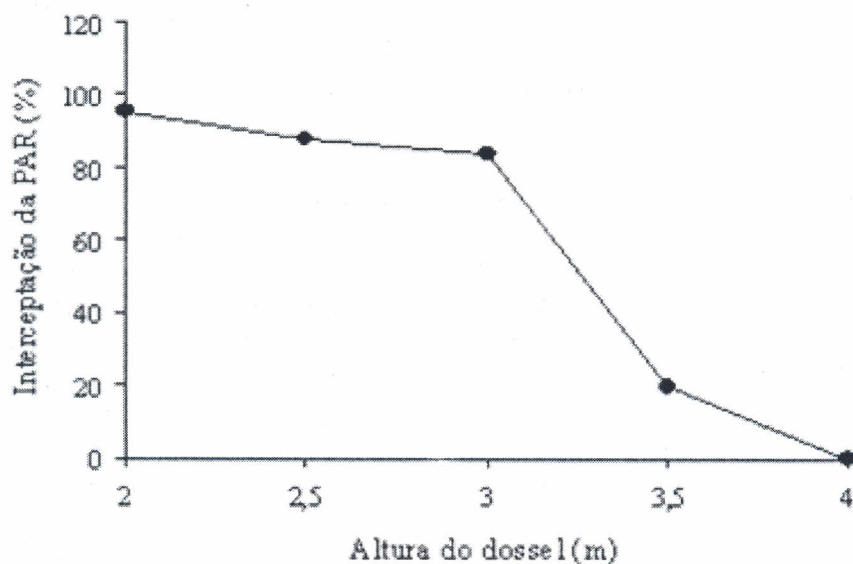


Figura 2. Porcentagem da radiação fotossinteticamente ativa (PAR), interceptada pelo umbuzeiro, em função da altura das observações no dossel. Lima Filho (2007), dados não publicados

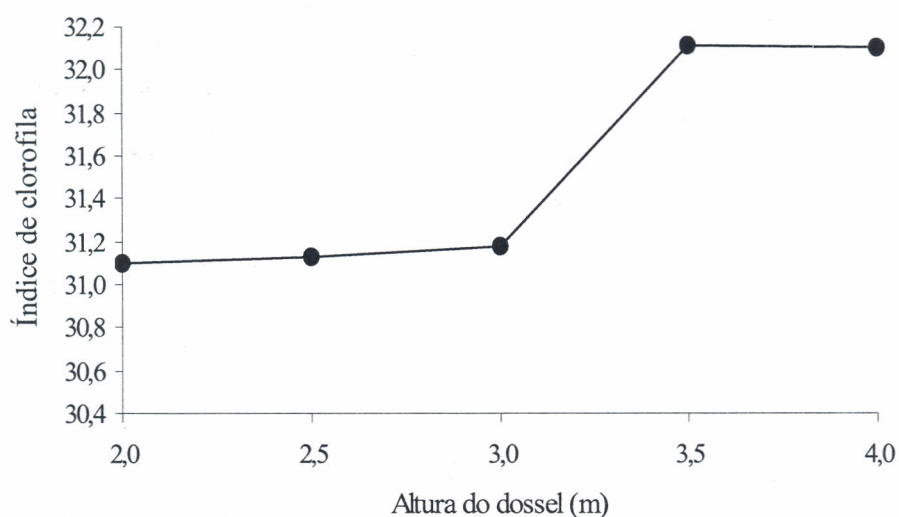


Figura 3. Variação no índice de clorofila (SPAD) observado em falhas de umbuzeiro em função da localização no dossel. Lima Filho (2007), dados na publicados

Comportamento hídrico do umbuzeiro

O comportamento hídrico do umbuzeiro foi inicialmente estudado por Ferri e Laboriau (1952) e Ferri (1953,) tomando com base o comportamento estomático. Estes autores observaram que a transpiração, obtida pelo método de pesagem atingiu o ponto

máximo diário às 9 h, antecipando em sete horas o momento de evaporação máxima. Em outro estudo, a taxa de transpiração máxima foi registrada às 7 h. Entretanto, os valores foram tão baixos que foram considerados como transpiração cuticular (Ferri 1953). De fato, Ferri (1978) sugere que os estômatos do umbuzeiro são pequenos e não possuem qualquer mecanismo de proteção, ou seja, fecham-se rapidamente ao primeiro sinal de deficiência hídrica. Recentemente, Lima Filho (2001) estudou as relações hídricas do umbuzeiro através do monitoramento do potencial hídrico e seus componentes (Turner, 1981), objetivando compreender os mecanismos pelos quais esta espécie mantém seu balanço hídrico interno durante as estações chuvosa e seca. Durante a estação chuvosa, os valores mais baixos de potencial hídrico foram obtidos às 14 h, quando foram detectados – 1,55 MPa. Neste momento, o potencial osmótico atingiu – 1,57 MPa, culminando com uma pressão de turgor de 0,02 MPa. Este baixo valor pode ser resultado do incremento da densidade foliar e, conseqüentemente, da superfície transpiratória, provocando efeitos negativos sobre o balanço hídrico interno. Isto sugere que o fluxo de água através da planta pode não ter sido suficiente para manter um balanço hídrico satisfatório no momento de maior demanda evapotranspiratória, devido às resistências impostas ao fluxo da água no sistema solo-planta-atmosfera descritas por Taiz e Zeiger (1991). Ainda de acordo com Lima Filho (2001), o umbuzeiro apresenta uma queda progressiva no potencial osmótico, mesmo após a recuperação do potencial hídrico da planta ao final do dia, resultando em valores de pressão de turgor semelhante aos observados no início do dia, sugerindo a ocorrência de um ajustamento osmótico a nível foliar. Sob condições de seca, os valores mais baixos de potencial hídrico e potencial osmótico foram observados em torno das 8 h, atingindo, respectivamente, – 0,97 MPa e – 1,17 MPa, resultando em uma pressão de turgor de 0,2 MPa. A pressão mais baixa ocorreu às 16 h, atingindo 0,16 MPa. Estes resultados sugerem que o umbuzeiro mantém um balanço hídrico estável durante o dia, sob condições de deficiência hídrica, provavelmente por apresentar baixa transpiração (Lima Filho e Silva, 1988) e devido ao armazenamento da água nas túberas. Segundo Cavalcanti et al. (2002), o sistema radicular de plantas adultas pode apresentar cerca de 370 túberas com um peso médio de 683,5 kg por planta. De acordo com Lima (1990), estas estruturas podem atingir 20,0 cm de diâmetro e são geralmente encentradas entre 10,0 cm e 30,0 cm de profundidade.

O papel das túberas sobre o balanço hídrico do umbuzeiro foi evidenciado por Lima Filho (2007), após estudar o comportamento hídrico e as trocas gasosas de plantas jovens propagadas por sementes e por estaquia e submetidas a estresse hídrico durante 20 dias. Segundo este autor, as plantas propagadas por sementes mantiveram valores de potencial hídrico, condutância estomática, transpiração e fotossíntese significativamente maiores sob condições decrescentes de disponibilidade de água no solo. Porém, as plantas propagadas por estaquia foram incapazes de manter um balanço hídrico adequado devido à ausência de túberas no sistema radicular. De acordo com Nascimento et al (1993), plantas propagadas por estaquia dificilmente formam túberas no sistema radicular. Estes autores verificaram, 24 meses após o transplante, que mudas de umbuzeiro propagadas por sementes apresentaram um índice de sobrevivência na ordem de 100%, enquanto que aquelas propagadas por estaquia atingiram apenas 6%. Por outro lado, espécies do gênero *Spondias*, como umbu-cajá (*Spondias* sp.), umbuguela (*Spondias* sp.), cajá (*S. lutea* L.), cajá-manga (*S. cytherea* Sonn.) e ceriguela (*S. purpurea* L.), enxertadas em umbuzeiro (*S. tuberosa* Arr. Câmara), apresentaram durante a estação seca um comportamento hídrico semelhante ao observado para o umbuzeiro pé-franco, devido à presença de túberas no sistema radicular do porta-enxerto (Lima Filho e Santos, 2006). Apesar da melhoria no balanço hídrico das espécies, os valores de condutância estomática, transpiração e fotossíntese caíram significativamente ao longo do período nas espécies estudadas, sugerindo a existência de algum sinal de controle da abertura

estomática presente no sistema radicular do porta-enxerto, embora, para o umbuzeiro, a redução nas trocas gasosas tivesse sido menos acentuada.

Trocas gasosas

O comportamento ecofisiológico envolvendo as trocas gasosas do umbuzeiro durante as estações de seca e chuvosa foi estudado por Lima Filho (2004). Durante a estação seca, o umbuzeiro apresentou uma baixa condutividade estomática logo no início do dia, decrescendo à medida que aumentou o déficit de pressão de vapor. De acordo com este autor, os valores mais altos para condutância, transpiração e fotossíntese foram observados em torno de 6 h, decrescendo até atingir os valores mais baixos entre 10 h e 14 h. Embora muito baixa, a transpiração foi mantida, reforçando a importância das túberas na estabilização do balanço hídrico do umbuzeiro. Já a assimilação de CO₂ foi mais afetada que a transpiração, atingindo valores próximos a 0 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ nas horas de maior demanda evapotranspiratória. Este evento está provavelmente relacionado ao fato de que o umbuzeiro, por ser uma espécie com mecanismo de fixação de carbono tipo C3, pode apresentar queda no ganho fotossintético sob condições de alta temperatura devido à fotorrespiração (Taiz e Zeiger, 1991). Entretanto, durante a estação chuvosa, a condutividade estomática, transpiração e fotossíntese foram significativamente maiores, atingindo os valores mais altos entre 8 h e 10 h e os mais baixos em torno das 14 h. Constatou-se também, principalmente durante a estação chuvosa, um aumento destas variáveis às 16 h indicando que o umbuzeiro exibe dois picos diários de trocas gasosas.

Este comportamento pode ocorrer mesmo em plantas sob boas condições de disponibilidade de água, devido a variações na temperatura e umidade relativa do ar durante o dia (Schulze et al., 1975).

Considerações finais

Os resultados acima apresentados indicam que o umbuzeiro apresenta estratégias para sobreviver e produzir frutos nas condições estressantes do seu habitat natural. Além das características morfo-anatômicas que lhe são peculiares, como o desenvolvimento de túberas no sistema radicular, a abscisão das folhas e o controle estomático do fluxo transpiratório, parecem ser os mecanismos que mais influenciam a performance ecofisiológica do umbuzeiro sob tais condições. Com isso, é possível delinear o seguinte cenário: No início da época seca, quando a disponibilidade de água no solo declina rapidamente, a redução brusca da condutância estomática restringe drasticamente a transpiração da planta e as folhas iniciam o processo da abscisão. A medida que a superfície transpiratória é reduzida, o balanço hídrico interno tende a entrar em equilíbrio, devido à água presente nas túberas. Este equilíbrio é mantido até o lançamento das primeiras folhas, no final da estação seca. Estas folhas apresentam baixíssima condutância estomática às trocas gasosas. Com a chegada das primeiras chuvas o rápido crescimento da superfície transpiratória provoca um desequilíbrio entre a absorção de água e a transpiração em momentos de grande demanda evapotranspiratória. Assim, no final da estação chuvosa, o potencial hídrico do umbuzeiro atinge valores muito mais negativos que durante a época seca. Apesar disso o turgor dos tecidos foliares é mantido devido a uma queda muito mais acentuada no potencial osmótico dos tecidos, permitindo à planta ajustar-se osmoticamente e manter a condutância estomática favorável às trocas gasosas.

De maneira geral, os resultados obtidos até o momento sugerem aplicações práticas para o manejo da floração do umbuzeiro. Sabe-se que, sob condições naturais, o umbuzeiro necessita de um período de estresse hídrico para iniciar a sua fase produtiva. A captação de água e a manutenção da umidade do solo através de cobertura morta

poderão manter a folhagem por um período maior provocando um atraso no início da floração e da frutificação, possibilitando ao agricultor extrativista o escalonamento da produção de uma determinada área. Trabalhos nesta linha vêm sendo desenvolvidos por este autor, na Embrapa Semi-Árido.

Referências

CARVALHO, V.C. de. **Structure et dynamique de la végétation en milieu tropical semi-aride: la caatinga de Quixaba (Pernambuco, Brésil) du terrain a l'analyse des donnees MSS/Landsat**. 1986. 332p. Dissertação (Doutorado) – Université de Toulouse, 1986.

CAVALCANTI, N. de B.; LIMA, J.L.S.; RESENDE, G.M.; BRITO, L.T. de L. Ciclo reprodutivo do imbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr. Cam.) no semi-árido do nordeste brasileiro. **Revista Ceres**, 47(272): 421-439, 2000.

CAVALCANTI, N. de B.; REZENDE, G.M.; BRITO, L.T. de L. Levantamento da produção de xilopódios e os efeitos desua retirada sobre a frutificação e persistência de plantas nativas de imbuzeiros (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). **Ciência Agrotécnica**, v.26, n.5, p.927-942, 2002.

DAVENPORT, T.L.; NÚÑEZ-ELIZEA R. Reproductive physiology. In: LITZ, R.E. (Ed.). **The mango botany, production and uses**. Wallingford: UK Cab Internacional, 1997. p.69-146.

DUQUE, G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 3.ed. Mossoró: Fundação Guimarães Duque, 1980. 316p. (Fundação Guimarães Duque. Coleção Mossoroense, 142).

FERRI, M.G. Ecologia comparada del "cerrado"y da la "caatinga". In: CONGRESO VENEZOLANO DE BOTANICA, 5., 1978, Barquisimeto, Lara. **Anales...**Barquisimeto, Lara: Universidad Centro Occidental, 1978, p.189-243.

FERRI, M.G. Water balance of plants from Caatinga II. Further information on transpiration and stomate behavior. **Revista Brasileira de Biologia**, v.3, n.13, p.237-244, 1953.

FERRI, M.G.; LABOURIAU, L.G. Water balance of plants from "caatinga" I. Transpiration of some of the most frequent species of the "caatinga"of Paulo Afonso (Bahia) in the rainy season. **Revista Brasileira de Biologia**, v.3, n.12, p.301-312, 1952.

*GOMES, R.P. **O umbuzeiro**. In: _____. Fruticultura brasileira. 11.ed. São Paulo: Nobel, 1990. p.426-428.

*LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. 531p.

LIMA, J. L. S de. **Reconhecimento de trinta espécies arbóreas e arbustivas da caatinga através da morfologia da casca**. 1982. 144f. Dissertação (Mestrado em Botânica)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1982.

LIMA, R.S. de. **Estudo morfo-anatômico do sistema radicular de cinco espécies arbóreas de uma área de caatinga do Município de Alagoinha- PE**. 1994. 103p. Tese (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE. 1994.

- LIMA FILHO, J. M. P. Gas exchange of the umbu tree under semiarid conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n. 2, p. 206-208, 2004.
- ✱ LIMA FILHO, J. M.P. Internal water relations of the umbu tree under semi-arid conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n.3, p.518-521, 2001.
- LIMA FILHO, J. M. P. Water status and gas exchange of umbu plants (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) propagated by seeds and stem cuttings. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29, n.2, p. 355-358, 2007.
- LIMA FILHO, J. M. P.; SANTOS, C. A. S. Potencial hídrico e trocas gasosas de espécies do gênero *Spondias* tendo o umbuzeiro como porta-enxerto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 19., 2006, Cabo Frio. **Palestras e Resumos...** Cabo Frio: SBF/UENF/UFRRJ, 2006. p.361.
- ✱ LIMA FILHO, J.M.P.; SILVA, C.M.M de S. Aspectos fisiológicos do umbuzeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.10, n.23, p.1091-1094, 1988.
- LONG, S.P.; FARAGE, D.K.; GARCIA, R. L. Measurement of leaf and canopy photosynthetic CO₂ exchange in the field. 1996. **Journal of Experimental Botany**, v. 47, p.1629-1642, 1996.
- ✱ MENDES, B. V. **Umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr. Camara): importante fruteira do semi-árido**. Mossoró: ESAM, 1990. 67p. (ESAM, Coleção Mossoroense, Série C, 564).
- ✱ MORS, W.B. A social function for the flora of the cerrado and the caatinga. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.66, p.85-89, 1994. Suplemento.
- NASCIMENTO, C. E. de S.; OLIVEIRA, V. R. de; NUNES, R.F.de; ALBUQUERQUE, T. C. S. de. Propagação vegetativa do umbuzeiro. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Resumo...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993, v.2, p.454-456.
- ✱ PIRES, M. G. M. **Estudo taxonômico e área de ocorrência de *Spondias tuberosa* Arr. Cam. (umbuzeiro) no estado de Pernambuco- Brasil**. 1990. 290f. Dissertação (Mestrado em Botânica) -Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1990.
- ✱ PRADO, D. E.; GIBBS, P. E. Patterns of species distribution in the dry seasonal forests of South America. **Annals of Missouri Botanical Gard**, v.80, p.902-927, 1993.
- ✱ SANTOS, C. A. F. Dispersão da variabilidade fenotípica do umbuzeiro no semi-árido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.9, p.923-930, set. 1997.
- SCHULZE, E.D.; LANGE, O.L; KAPPEN, L.; EVENARI, M.; BUSHBON, U. The role of air humidity and leaf temperature in controlling stomatal resistance of *Prunus armeniaca* L. under desert conditions. II. The significance of leaf water status and internal carbon dioxide concentration. **Oecologia**, v.18, p.219-233, 1975.
- SILVA, A.Q. da; SILVA, A. da. Observações morfológicas e fisiológicas sobre *Spondias tuberosa* Arr. Câm. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 25., 1974, Mossoró, **Anais...** Recife: Sociedade Botânica do Brasil, 1974. p-5-15.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. California: The Benjamin – Cummings Publishing Company, 1991. 559p.

TURNER, N.C. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. **Plant and Soil**, v.58, p.339-366, 1981.

WELLES, J. M.; NORMAN, J. M. Instrument for indirect measurement of canopy architecture. **Agronomy Journal**, v.83, p.818-825, 1991.