

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE ESPÉCIES DECÍDUAS E SEMPRE VERDES AO DÉFICIT HÍDRICO EM AMBIENTES DE CAATINGA: UMA ABORDAGEM CIENCIOMÉTRICA

Rubenice da Costa Correia ¹; Brenna Hortins de Oliveira²; Wanderleya Kelliane Lemos Pimentel³ e Sérgio de Faria Lopes

Universidade Estadual da Paraíba (1, 2, 3,4); rubenicecorreia@hotmail.com¹; brennaquimica@gmail.com²; wanderleyalemos97@gmail.com³ e defarialopes@gmail.com

Resumo:

Em ambientes de Caatinga a escassez hídrica é um dos fatores limitantes a distribuição das populações naturais, exigindo destas ajustes dinâmicos morfofisiológicos e estratégias ecológicas que permitam sua adaptação e sobrevivência à seca. Assim, espécies com comportamentos fenológicos distintos, sempre verde e decíduas coexistem desenvolvendo mecanismos adaptativos que tolerem ou evitem à seca. Desta forma, na tentativa de identificar as principais respostas fisiológicas das espécies vegetais com fenologias diferentes ao déficit hídrico para evitar ou tolerar à seca, assim como determinar o período com maior quantitativo de trabalhos publicados na temática em questão foi realizada uma análise cienciométrica, cuja base de dados literária utilizada foram Google Acadêmico, Scielo, Web of Science e Scopus, sendo os três últimos obtidos a partir do portal de periódicos CAPES (buscar por base), nestes foi realizado o levantamento dos dados utilizando-se de palavras chaves tanto em português como em inglês. Em seguida, com os trabalhos obtidos foi feita uma triagem para selecionar apenas os artigos que estivessem de acordo com a temática em questão. Um total de 17 publicações foram obtidas, mas apenas nove foram selecionados para análise. O período de 2006-2016 foi marcado por escassas publicações, com destaque ao ano de 2015 com quatro publicações. Quanto às estratégias, as decíduas apresentam principalmente a deciduidade foliar a baixa densidade de madeira. Enquanto que as sempre-verdes evitam e toleram à seca com maior longevidade foliar, mas com área foliar reduzida, maior massa foliar específica (MFE) e maior conteúdo de matéria seca foliar (CMSF), elevadas concentrações de cera na cutícula permitem maior resistência a seca, na proteção das folhagens contra a insolação, associado a isso a presença de sirigil na lignina. Desta forma, esta análise cienciométrica evidenciou a escassez de trabalhos que enfatizem as relações adaptativas de espécies com fenologias distintas ao ambiente semiárido nordestino em resposta a elevada restrição hídrica, condição natural da região. Podendo ser também evidenciado os diferentes mecanismos e estratégias ecológicas adotadas pelas espécies vegetais que permitem a tolerância e evitação à seca.

Palavras-chave: Respostas fisiológicas, déficit hídrico e fenologia

Introdução

A restrição hídrica afeta o desenvolvimento de plantas exigindo, em tais situações, ajustes dinâmicos morfofisiológicos que garantam a adaptação e sobrevivência mesmo em situações de estresse (NOGUEIRA, 2013). Nessa perspectiva, as Florestas Tropicais Sazonalmente Secas, como a Caatinga (BULLOCK, MOONEY, & MEDINA, 1995; PENNINGTON, LAVIN, & OLIVEIRA-FILHO, 2009), encontram-se condicionadas pelo déficit hídrico em decorrência de irregularidade nas chuvas, elevada intensidade luminosa e altas temperaturas (TROVÃO et al., 2007), cujas espécies vegetais com diferentes comportamentos fenológicos, sempre verdes e decíduas, respondem com estratégias ecológicas funcionais relacionadas a evitação ou tolerância à seca (EAMUS, 2000; LIMA; RODAL, 2010). A ocorrência simultânea de espécies sempre verdes e decíduas (EAMUS, 1999; FU et al., 2012, ACKERLY, 2004, CARVALHO et al., 2007) está associada ao tipo de estratégia em resposta à seca e a forma de utilização da água (SOUZA et al., 2015).

Espécies decíduas evitam à seca perdendo a cobertura da folhagem durante o período de escassez hídrica, além de diminuir a transpiração com intuito de evitar a perda de água (LIMA & RODAL, 2010; LIMA et al., 2012). Enquanto que as espécies sempre verdes sustentam a folhagem e suportam à seca com atributos funcionais que aumentam a resistência à restrição hídrica, como a maior densidade de madeira, menor perda de água por transpiração e a redução da área foliar (FICHTLER, 2013). Associado a isso, modificações nas folhas evitam a perda excessiva de água, como por exemplo, a presença de tricomas que reduzem a transpiração e aumentam a reflexão da luz, assim como uma cutícula mais espessa, contendo até mesmo compostos hidrofóbicos (FIGUEIREDO et al., 2015), como cera, que fornecem proteção contra luz ultravioleta.

A cienciometria atua diretamente na mensuração e análise científica de publicações de diferentes assuntos e áreas do conhecimento (RADOSEVIC, 2014; SILVA et al., 2011), com intuito de entender o avanço científico de uma determinada linha de investigação. Nesse sentido, poucos estudos sobre grupos fenológicos de espécies de Caatinga foram realizados. Assim, objetivamos realizar uma análise cienciométrica a respeito das diferentes respostas fisiológicas adaptativas relacionadas a tolerância e evitação à escassez hídrica desenvolvidas por espécies decíduas e sempre verdes em ambiente de Caatinga, além de mensurar o quantitativo de artigos publicados com essa abordagem ao longo dos anos.

Metodologia

Para a análise cienciométrica (quantificação e a mensuração de publicações científicas) foram utilizadas a base de dados do Google Acadêmico, Scielo (*Scientific Electronic Library Online*), *Web of Science* e Scopus, sendo os três últimos obtidos a partir do portal de periódicos CAPES (buscar por base). Posteriormente foi realizado o levantamento de dados, utilizando-se de combinações de palavras chaves tanto em português como em inglês que remetesse as respostas fisiológicas de espécies vegetais com fenologias distintas em ambiente de caatinga: Espécies sempre verdes + espécies decíduas + respostas fisiológicas + déficit hídrico + Caatinga e, em inglês: *Deciduous species* + *Evergreen species* + *Physiological responses* + *Water deficit* + Caatinga.

Com listagem dos trabalhos obtidos após o levantamento nas bases supracitadas foi realizada uma triagem para selecionar apenas os artigos que estivessem de acordo com a temática em questão, filtrando as informações que indicassem as estratégias fisiológicas das plantas sempre verdes e decíduas na Caatinga e como atuam para evitar ou tolerar as condições de estresse hídrico.

Com a revisão da literatura existente obteve-se: (1) A quantidade de trabalhos publicados nos últimos anos, (2) As principais respostas fisiológicas das espécies vegetais com fenologias diferentes ao déficit hídrico e se esta resposta é utilizada para evitar ou tolerar à seca.

Resultados e discussão

Espécies vegetais desenvolvem estratégias adaptativas para melhor utilização da água e resistência ao déficit hídrico em ecossistemas de clima semiárido (TROVÃO et al., 2007). No entanto, o conhecimento sobre a performance das plantas nestes ambientes ainda é escasso (FIGUEIREDO et al., 2016). Esta condição de restrição hídrica é considerada um dos principais fatores ambientais responsáveis por afetar direta ou indiretamente os processos fisiológicos e fenológicos das plantas (SOUZA, 2015), potencialmente *trade-offs*. Com isso, as plantas com comportamentos fenológicos distintos (sempre verdes e decíduas), respondem a seca apresentando atributos morfológicos, anatômicos e fisiológicos para tolerar ou evitar a restrição hídrica em ambientes de Caatinga (WANG et al., 2001; EAMUS, 2000).

Desta forma, neste levantamento cienciométrico foram encontrados 17 trabalhos, mas apenas nove foram selecionados para análise, uma vez que abordam de forma abrangente a temática em questão, o que indica a ausência de pesquisas enfocando a vegetação em áreas Caatinga, especificamente as estratégias adaptativas que permitem a sobrevivência em condições de restrição hídrica. O período com maior índice de publicações foi no ano de 2015, com apenas quatro publicações, enquanto que nos demais apenas um trabalho foi publicado por ano (FIGURA 1).

Foram encontradas diferentes estratégias fisiológicas para tolerar ou evitar à restrição hídrica pelas espécies sempre verdes e decíduas. Para evitar custos de manutenção no período de estresse hídrico, as espécies decíduas dispõem de uma estratégia de perda das folhas ou deciduidade foliar, assim como menores valores de densidade de madeira. Vários estudos também ressaltam que no período chuvoso, as espécies decíduas tendem a apresentar elevados potenciais hídricos, área foliar específica (AFE), área foliar (AF), condutância estomática (g_s) e maior taxa fotossintética por unidade de massa (A_{mass}), a fim de adquirirem recursos suficientes para superarem o período de seca (TABELA 1).

Já as espécies sempre-verdes em condições adversas modulam seus mecanismos internos para manter sua funcionalidade evitando ou tolerando à seca, com maior longevidade foliar, mas com área foliar reduzida, maior massa foliar específica (MFE) e maior conteúdo de matéria seca foliar (CMSF). Estudos apontam que elevadas concentrações de cera na cutícula permitem maior resistência a seca, na proteção das folhagens contra a insolação, associado a isso a presença de sirigil na lignina (TABELA 1).

Como evidenciado neste estudo cienciométrico, a ocorrência simultânea de espécies decíduas e sempre verdes demonstra a presença de mecanismos dinâmicos para utilização da água, tornando tais espécies hábeis para evitar e/ou tolerar a estiagem (FIGUEIREDO, 2016; ODENING et al., 1974). No período de estiagem, as plantas decíduas desenvolvem mecanismos adaptativos para esta condição, como a deciduidade foliar, evitando a transpiração em elevadas taxas e, conseqüente perda de água e nutrientes (SILVA et al., 2014; PINTO et al., 2006; SOUZA et al. 2015), assim como redução na densidade da madeira (LIMA et al., 2013; REICH et al., 2003) para maior armazenamento de água em seu caule (SWENSON, 2012).

Na presença do dossel estas plantas caducifólias apresentam maior Área Foliar Específica, Área Foliar, condutância estomática, com elevados potenciais hídricos e alta taxa fotossintética por unidade de massa quando comparadas às sempre verdes, indicando uma relação de custo-benefício para construção da folha (EAMUS et al., 1999; SOUZA et al., 2015), visto que com elas poderão obter recursos nutricionais necessários ao período de escassez hídrica.

Em contrapartida, espécies sempre-verdes são conservativas no uso da água, suportam a seca com atributos funcionais que aumentam a resistência à restrição hídrica (ODENING et al., 1974; FICHTLER, 2013), reduzindo a área foliar evitando a perda excessiva de água e nutrientes (CORNELISSEN et al., 2003), assim como a minimização da condutância estomática e a capacidade fotossintética, havendo maiores controles das trocas gasosas para impedir a perda de água e consequente desidratação da folha (FIGUEIREDO et al., 2015). Valores elevados de conteúdo de matéria seca foliar presentes nas espécies sempre verdes está relacionado diretamente à resistência aos riscos e maior dureza das folhas (PÉREZ-HARQUINDEGUY, 2015).

Características relacionadas a madeira também influenciam na sobrevivência das plantas perenifólias em situação de restrição hídrica. Lima e colaboradores (2015) enfatizam que a presença de sirigil na composição da lignina na madeira aumenta a resistência a ação de patógenos, além de possibilitar menor vulnerabilidade ao embolismo do xilema e a retenção das folhas por mais tempo (Maior Longevidade Foliar) (LIMA et al., 2015; FIGUEIREDO et al., 2015). Além disso, Pereira e colaboradores (2016) verificaram que em espécies perenes da Caatinga, a presença de elevadas concentrações de compostos hidrofóbicos na cutícula, como a cera epicuticular principalmente contendo cadeias n-alcanos, mantém a impermeabilidade da cutícula protegendo a folha e também evitando a perda de água excessiva (PEREIRA et al., 2016). Outrossim para resistência destas plantas, as folhas podem apresentar tricomas que reduzem a transpiração e aumentam a reflexão da luz ultravioleta protegendo o tecido fotossintético (FIGUEIREDO et al., 2015).

Embora trabalhos já tenham sido desenvolvidos a fim de avaliar a relação existente entre a fenologia foliar e estratégias hídricas de espécies em ambientes sazonalmente secos (MEDINA & FRANCISCO 1994; EAMUS 1999; MEDIAVILLA & ESCUDERO, 2003), poucos são os estudos que enfoquem a vegetação xerófila da Caatinga no semiárido

nordestino, a qual se encontra num processo avançado de degradação, seja isto resultante de fatores antrópicos ou naturais (ARAÚJO et al., 2010).

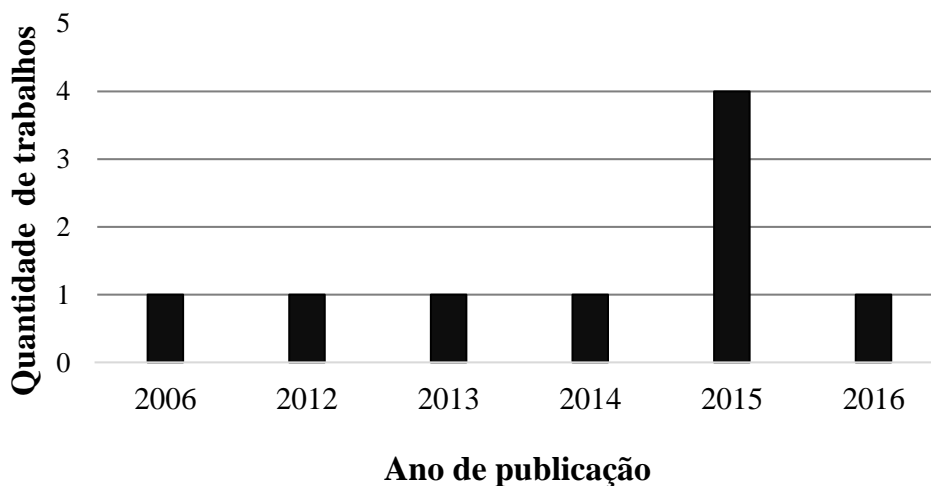


Figura 1: Trabalhos publicados nos últimos anos sobre as estratégias fisiológicas em ambiente de Caatinga.

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS	ESPÉCIES DECÍDUAS		ESPÉCIES PERENES	
	TOLERAR	EVITAR	TOLERAR	EVITAR
Deciduidade foliar	-	X	-	-
Elevados potenciais hídricos	-	X	-	-
Componentes na lignina	-	-	X	-
Baixa Densidade de Madeira	-	X	-	-
Elevada concentrações de cera epicuticular	-	-	X	-
Maior Área Foliar	X	X	-	-
Maior Área Foliar Específica	X	X	-	-
Maior Condutância Estomática	X	X	-	-
Maior Taxa de Fotossíntese por Massa Foliar	X	X	-	-
Maior Longevidade Foliar	-	-	X	-
Maior Massa Foliar Específica	-	-	X	X
Maior Conteúdo de Matéria Seca Foliar	-	-	X	X

Tabela 1. Principais respostas fisiológicas de espécies perenes e decíduas frente para tolerar ou evitar a seca frente ao estresse hídrico.

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS	Quantidade de trabalhos publicados	
	Espécie decídua	Espécie perene
Deciduidade foliar	1	0
Presença de sirigil na composição da lignina	0	1
Baixa DM	2	0
Elevada concentrações de cera epicuticular	0	1
Maior AF	1	0
Maior AFE	1	0
Maior Gs	1	0
Redução da Gs	0	1
Maior taxa de <i>Amass</i>	1	0
Maior LF	0	1
Maior MFE	0	1
Maior CMSF	0	1
Redução da Gs	0	1

Tabela 2. Quantidade de trabalhos publicados sobre as estratégias ecológicas de espécies decíduas e sempre verdes.

Conclusão

O déficit hídrico como resultado da elevada intensidade luminosa, altas temperaturas e chuvas extremamente irregulares em áreas de Caatinga requer das espécies adaptações em todo corpo vegetativo e reprodutivo que promovam seu desenvolvimento e sobrevivência enquanto espécie.

Verificamos nesse estudo, que espécies com comportamentos fenológicos diferentes investem, numa relação de custo-benefício, em estratégias morfológicas e fisiológicas que evitem e/ou tolerem à seca, principalmente no órgão responsável pelos processos fotossintéticos, as folhas. Com adaptações que variam desde a perda da folhagem

em espécies decíduas e, nas sempre verdes com redução da área foliar e requisitos relacionados a resistência e dureza das folhas frente à patógenos ou injúrias mecânicas.

Desta forma, esta análise cienciométrica evidenciou a escassez de trabalhos que enfatizem as relações adaptativas de espécies com fenologias distintas ao ambiente semiárido nordestino em resposta a elevada restrição hídrica, condição natural da região. Podendo ser também evidenciado os diferentes mecanismos e estratégias ecológicas adotadas pelas espécies vegetais que permitem a tolerância e evitação à seca.

Referências

- ACKERLY, D. 2004. Functional strategies of chaparral shrubs in relation to seasonal water deficit and disturbance. **Ecological Monographs**, 74: 25-44.
- BULLOCK, S. H., MOONEY, H. A.; MEDINA, E. 1995. **Seasonally dry tropical forests**. Cambridge: Cambridge University Press.
- CARVALHO, A. N. F.; BUSTAMANTE, M. M.C.; KOZOVITS, A. R.; ASNER, G. P. 2007. Variações sazonais nas concentrações de pigmentos e nutrientes em folhas de espécies de cerrado com diferentes estratégias fenológicas. **Revista Brasil. Bot.**, 30: 19-27
- CORNELISSEN, J.H.C.; LAVOREL, S.; GARNIER, E.; DIAZ, S.; BUCHMANN, N.; GURVICH, D.E.; REICH, P.B.; TER STEEGE, H.; MORGAN, H.D.; VAN DER HEIJDEN, M.G.A. 2003. A handbook of protocols for standardized and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian journal of Botany** 51: 335-380.
- EAMUS, D. 1999. Ecophysiological traits of deciduous and evergreen woody species in the seasonal dry Tropics. **Trends in Ecology and Evolution**, 14: 11-16.
- EAMUS, D.; O'GRADY, A.P.; HUTLEY, L. 2000. Dry season conditions determine wet season water use in the wet-dry tropical savannas of northern Australia. **Tree Physiology** 20: 1219-1226.
- FICHTLER, E; WORBES, M.; BLANCHART, S. 2013. Relations between water balance, wood traits and phenological behavior of tree species from a tropical dry forest in Costa Rica a multifactorial study. **Tree Physiology**, 33: 527-536.
- FIGUEIREDO, K. V. de. 2016. **Ecofisiologia de duas espécies lenhosas, sempre-verde e decídua: estudo de caso com *Cynophalla flexuosa* e *Annonaleptopetalaem* Floresta Tropical Sazonal Seca**. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Biologia Vegetal.

FIGUEIREDO, K.V. et al. 2015. Changes in leaf epicuticular wax, gas exchange and biochemistry metabolism between *Jatropha mollissima* and *Jatropha curcas* under semi-arid conditions. **Acta Physiologiae Plantarum**, 37: 108.

FU, P.L.; JIANG, Y.J.; WANG, A.Y.; BRODRIBB, T.J.; ZHANG, J.L.; ZHU, S.D.; CAO, K.F. 2012. Stem hydraulic traits and leaf water-stress tolerance are co-ordinated with the leaf phenology of angiosperm trees in an Asian tropical dry karst forest. **Annals of Botany** 110: 189-199.

LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N. 2010. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Enviroments**, 74: 1363-1373.

LIMA, A. L. A.; SAMPAIO, E. V. D. S. B.; DE CASTRO, C. C.; RODAL, M. J. N.; ANTONINO, A. C. D.; DE MELO, A. L. 2012. Do the phenology and functional stem attributes of woody species allow for the identification of functional groups in the semiarid region of Brazil? **Trees**, 26: 1605-1616.

LIMA, T. R. A. de. 2015. **Lignina é um bom preditor da resistência de espécies ao estresse hídrico?** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Biologia, Fortaleza.

MEDIAVILLA, S.; ESCUDERO, A. 2003. Stomatal responses to drought at a Mediterranean site: a comparative study of co-occurring woody species differing in leaf longevity. **Tree Physiology** 23: 987-996.

NOGUEIRA, J. M. P. 2013. **Análise sistêmica das respostas fisiológicas foliares de espécies sempre-verdes e decíduas à disponibilidade hídrica.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ODENING, W.R.; STRAIN, B.R.; OECHEL, W.C. 1974. The effect of decreasing water potential on net CO₂ exchange of intact desert shrubs. **Ecology**, 55: 1086-1095.

PENNINGTON, R. T., LAVIN, M.; OLIVEIRA-FILHO, A. 2009. Woody plant diversity, evolution, and ecology in the tropics: Perspectives from seasonally dry tropical forests. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, 40: 437–457.

PEREIRA, S. C. F. 2016. **Efeito da remoção da cera epicuticular e disponibilidade hídrica sobre o metabolismo fotossintético foliar de uma espécie sempre verde de Caatinga.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Biologia vegetal, Recife.

PÉREZ-HARQUINDEGUT et al. 2013. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, v.1, n.3, p. 167-234

PINTO, M. S. C.; CAVALCANTE, M. A. B.; ANDRADE, M. V. M. de. 2006. (Forrageiro potential of caatinga, fenologia, methods of evaluation of the foliar area and the effect of the

hídrico deficit on the growth of plants. **Revista Electrónica de Veterinaria (REDVET)**, 3: 1-11

RADOSEVIC, S.; YORUK, E. 2014. Are there global shifts in the world science base? Analysing the catching up and falling behind of world Regions. **Scientometrics** 101:1897-1924.

SILVA, M. R., HAYASHI, C. R. M.; HAYASHI, M. C. P. I. 2011. Análise Bibliométrica e Cientométrica: desafios para especialistas que atuam no campo. **Revista de Ciência da Informação e Documentação** 2: 110-129.

SOUZA, B. C.; OLIVEIRA, S. R.; ARAÚJO, F. S.; LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N. 2015. Divergências funcionais e estratégias de resistência à seca entre espécies decíduas e sempre verdes tropicais. **Rodriguésia**, 66: 021-032.

SWENSON, N. G. 2012. The functional ecology and diversity of tropical tree assemblages through space and time: from local to regional and from traits to transcriptomes. **ISRN Forestry**.

TROVÃO, D. M. B. M. et al. 2007. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 11: 307–311.

WANG, W. X. et al. Biotechnology of plant osmotic stress tolerance: physiological and molecular consideration. **Acta Horticulturae**, 560: 285-292, 2001