



## ADAPTAÇÕES VEGETAIS PARA SOBREVIVÊNCIA EM AMBIENTE DE CAATINGA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

AMANDA DA SILVA SANTOS; REVERSON DA SILVA

### RESUMO

O ambiente de Caatinga durante muito tempo foi descrito como um local pobre em biodiversidade, no entanto, atualmente é notável o quanto esse ambiente é rico em diversidade, inclusive em espécies endêmicas, tendo essas que se adaptarem as condições ambientais impostas. Por fazer parte do semiárido, a Caatinga apresenta clima seco com baixo nível de precipitação, o que favorece a presença de vários tipos de estresses abióticos, sendo o principal deles, escassez hídrica. Portanto, o objetivo desse trabalho foi buscar na literatura mecanismos e estratégias das espécies vegetais da Caatinga para conseguir sobreviver nas condições ambientais enfrentadas, para isso, foram realizadas buscas nas bases de dados: Google acadêmico, Scopus, Periódicos CAPES, SciELO e Web of Science. Como as folhas são os órgãos principais para a perda de água, a maioria das adaptações são encontradas nesse órgão, o que não descarta a influência de órgãos como caule e raiz nesse processo adaptativo, assim como ações enzimáticas e metabólicas. Desse modo, os vegetais do ambiente apresentam uma gama de mecanismos adaptativos que lhes permitem a sobrevivência em um local repleto de estresses abióticos, conseguindo controlar a perda de água, o índice de radiação recebida e a temperatura de seus tecidos, fatores esses que podem levar facilmente a um colapso vegetal tratando-se de indivíduos não adaptados a tais condições.

**Palavras-chave:** Semiárido; Estresses abióticos; Vegetação

### 1 INTRODUÇÃO

Assim como todos os organismos vivos, as plantas estão inseridas em um ambiente complexo onde necessitam sobreviver e se reproduzir (Taiz et al., 2017). Por serem organismos sésseis, elas necessitam se adaptar as condições ambientais ao qual estão expostas. Em ambientes com altas demandas adaptativas, os organismos precisam ter uma alta plasticidade e aclimatação, com propósito de conseguir colonizar e se estabelecer em determinados locais com altos índices de estresses abióticos.

A Caatinga conta com extensão territorial de aproximadamente 912.529 km<sup>2</sup> e se caracteriza como um ambiente exclusivamente brasileiro, compreendendo todos os estados do nordeste do Brasil (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe) e o norte do estado de Minas Gerais, localizado na região Sudeste, assim, a Caatinga ocupa 70% do território do nordeste e 11% do território nacional (Sudene, 2019). O termo Caatinga deriva do tupi guarani (ka'a tinga), que significa mata branca, uma referência a aparência esbranquiçada do ambiente em épocas secas, onde a maioria das suas espécies vegetais perdem suas folhas, restando apenas a paisagem esbranquiçada dos caules. (Prado, 2003).

Essa região é marcada pela escassez hídrica, contando com chuvas irregulares e de baixo nível, atrelado a baixa umidade relativa (cerca de 60%) e altas temperaturas do ar (entre 20,1 e 32,9 °C). Condições essas que são associadas a elevadas pressões atmosféricas e alta

probabilidade de os organismos vegetais serem submetidos a estresses abióticos (Santos, 2021). Apesar de ser uma região unicamente brasileira a Caatinga é o ambiente menos protegido no Brasil, contando com apenas 2% de sua área ocupado com reservas ambientais (Leal et al., 2005). Durante muito tempo, esse ambiente foi tido como baixo em biodiversidade e endemismos, no entanto, atualmente é notório o quanto a Caatinga é rica em espécies, principalmente espécies nativas e endêmicas. Como ressalta o trecho a seguir de Porto(2001).

[...] do ponto de vista da vegetação nativa, aí é que a diferença comparativa do nosso trópico semiárido com outros do resto do planeta é grande. O mundo todo tem inveja de nós. Como a biodiversidade da nossa Caatinga é rica e variada! A natureza gastou milhões de anos para criar e adaptar uma vegetação, dotando-a de estruturas e mecanismos que são capazes de fazê-la sobreviver anos de seca e se regenerar, num curto espaço de tempo, tão logo cheguem às primeiras chuvas (PORTO, 2001 p.02).

Atrelado a toda a importância do ambiente pode-se acrescentar o fato de suas espécies apresentarem características fisiológicas que refletem adaptações complexas e peculiares às condições ambientais únicas.

Logo, a sobrevivência de plantas nesses ambientes depende da combinação de inúmeras adaptações morfológicas, anatômicas e fisiológicas, que se refletem na capacidade de absorver e reduzir a perda de água, assim como suportar a desidratação (FAHN; CUTLER, 1992), com isso, fatores ambientais como temperatura, radiação, disponibilidade de água e umidade atmosférica desempenham papel importante na evolução adaptativa das plantas.

Segundo Prado (2003), ainda existe uma grande falta de conhecimento da biodiversidade da Caatinga, fazendo-se necessários mais estudos para melhorar o entendimento de sua flora e conseqüentemente agregar com possíveis medidas de conservação de suas áreas e espécies.

Portanto, esse artigo objetiva descrever, por meio de uma revisão de literatura, os principais mecanismos adaptativos das espécies vegetais estabelecidas no ambiente de Caatinga.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Com critério descritivo, a realização do presente trabalho ocorreu com uma ampla busca de trabalhos (Artigos científicos e livros) nos indexadores mais relevantes tratando-se do tema pesquisado: Google acadêmico, Scopus, Periódicos CAPES, SciELO e Web of Science, seguido da leitura completa dos artigos e parcial dos livros encontrados. Palavra - chaves como Caatinga, Adaptações vegetais e semiárido foram utilizadas nas bases de busca, tanto em língua portuguesa quanto em língua inglesa.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Snyder e Tartowski (2006) caracterizam a Caatinga como um ambiente com curtos períodos de chuvas, associados a longos períodos de estiagem, relacionando ainda a alta radiação solar e elevadas temperaturas do ar, fatores então que não se tornam favoráveis ao estabelecimento de plantas, exigindo das mesmas estratégias para sobrevivência.

Assim, as espécies vegetais que se estabelecem no ambiente supracitado, as chamadas xerófilas, apresentam diversas adaptações para conseguirem sobreviver em meio a grande gama de estresse enfrentado. As adaptações, conseqüentemente, são essenciais para a sobrevivência desses indivíduos, por adaptação entende-se o ajuste dos sistemas naturais ou humanos em resposta a estímulos climáticos observados ou previstos, com objetivo de aumentar a resiliência desses sistemas (IPCC, 2007).

Para Barros e Soares (2013), as plantas desses ambientes desenvolveram uma combinação de características que são responsáveis pela maior capacidade de absorção de água,

redução da evapotranspiração e maior suporte ao estresse hídrico, sendo a água considerada um fator limitante do desenvolvimento dos organismos presentes no ambiente.

Sabe-se que a folha é o órgão responsável pela transpiração e conseqüentemente a perda de água, assim, as plantas da Caatinga em sua maioria adaptam esse órgão ocorrendo assim as espécies caducifólias, ou a “transformação” das folhas em espinhos o que permitem as plantas economizarem no uso da água (Silva et al., 2020).

As espécies caducifólias apresentam a perda total de suas folhas em determinadas épocas do ano, principalmente em situações de estresse hídrico, outro fator relevante no entanto, é que as folhas são os órgãos especializados pra realizarem o processo de fotossíntese, com isso, espécies caducifólias desenvolveram a capacidade de alocar cloroplastos (organela responsável pela fotossíntese) em seus caules, conseguindo manter seu metabolismo ativo e conseqüentemente permanecer no ambiente durante os períodos de estiagem (Souza, 2020).

Ainda tratando da ausência de folhas, as espécies da família *Cactaceae*, conhecidos como cactos apresentam um elevado número de adaptações para a redução da evapotranspiração e redução da perda de água, dentre elas a substituição das folhas por espinhos, diminuindo então a transpiração, segundo Cavalcante et al. (2013), o caule dos cactos são fotossintetizantes (apresentam cloroplastos) e em sua maioria suculentos, ou seja, demonstram uma incrível capacidade de armazenamento de água, o que atrelado a um metabolismo adaptado a falta de água (Metabolismo CAM) permite aos cactos se estabelecerem em ambientes inóspitos para muitas outras espécies.

A dificuldade de desenvolvimento dos vegetais em florestas semiáridas não se resume apenas a disponibilidade hídrica, fatores como radiação e temperatura também se mostram limitadores do desenvolvimento, uma vez que Sousa (2020) afirma que a posição geográfica do ambiente semiárido (Caatinga) corrobora com a alta radiação recebida no local, as plantas, no entanto, necessitam de índices diários de radiação para manter seu metabolismo ativo o que é benéfico ao indivíduo, todavia, Ribeiro (2023), afirma que uma alta taxa de radiação pode saturar o aparato fotossintético e causar danos ao indivíduo podendo causar senescência foliar e leva-lo inclusive a morte. Atrelado a absorção de radiação, acontece o aumento da temperatura dos tecidos vegetais, necessitando então de resfriamento, e tal processo envolve a transpiração, elevando o índice de perda de água, sendo assim, a transpiração torna-se “um mal necessário”, atuando para evitar o superaquecimento e morte do indivíduo.

Assim, os vegetais devem apresentar modificações em sua anatomia foliar, dentre as adaptações são descritas por Barros e Soares (2013) a cobertura das folhas por tricomas, a localização dos estômatos (estrutura responsável pelas trocas gasosas e transpiração) na face abaxial, presença de cutícula cerosa acima das células epidérmicas e ainda folhas menores (microfilia) que em maioria são compostas ou bicompostas, diminuindo e fragmentando o limbo foliar e com isso, reduzindo a absorção de radiação e temperatura, com isso, tais estruturas garantem uma maior sobrevivência do indivíduo no ambiente, uma vez que Sandquist e Ehleringer, (1997), trazem em seus resultados que essas estruturas irão promover uma maior reflexão da radiação solar, evitando o estresse luminoso, assim como evitar o superaquecimento das estruturas e tecidos vegetais, além de tornar mais espreca a camada limítrofe (camada de ar na superfície foliar), que funciona como uma barreira a perda de água, que tende a sair por difusão da folha (menor temperatura e maior umidade) para o ar ambiente (maior temperatura e menor umidade).

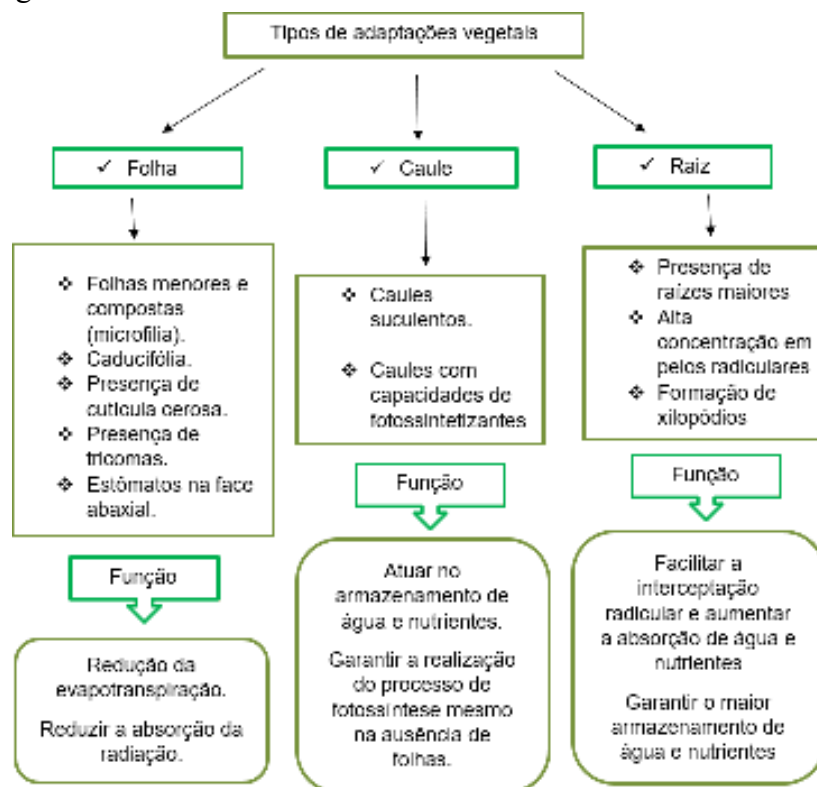
Complementando as adaptações morfológicas e anatômicas, as raízes das plantas do ambiente de Caatinga também contam com estratégias para maximizar a sua eficiência na absorção de água e nutrientes. Para Cavalcanti e Resende (2008), a maioria das espécies desenvolvem raízes longas (chegando a duas vezes o tamanho da parte área da planta) e ramificadas, contando ainda com uma grande quantidade de pelos radiculares conseguindo, portanto, um maior sucesso na interceptação radicular e com isso absorver mais água e

nutrientes do solo. Os xilopódios merecem destaque e são estruturas comumente encontradas nas raízes da vegetação da Caatinga, pois eles apresentam a função de aumentar a capacidade de armazenamento de água e nutrientes pelas raízes, funcionando como bolsas que maximizam o armazenamento e a medida que a escassez hídrica se tornando constante, a água e nutrientes armazenados são requeridos pela planta auxiliando na sua sobrevivência no período de estiagem (Cavalcanti; Resende, 2006).

De acordo com Mello (2012), além das adaptações anatômicas encontradas nas raízes das plantas, essas ainda podem contar com associações simbióticas com fungos micorrizos para garantir maiores chances de sobrevivência. Os fungos apresentam as mais variadas funções benéficas ao vegetal, como por exemplo, solubilização de fosfato, facilitando a nutrição mineral (He et al., 2002), promove maior resistência contra fitopatógenos (Liu et al., 2007), e garante uma maior tolerância ao estresse hídrico e salino (Beltrano e Ronco, 2008; Maia e Yano-Melo, 2005).

As adaptações anatomorfológicas (Figura 1) e fisiológicas supracitadas são resultados de processos evolutivos a nível genético e a plasticidade fenotípica, o que garantiram a sobrevivência em ambientes extremos e com alto nível de pressão ambiental como é o caso das florestas secas, ao qual a Caatinga está inserida.

**Figura 1:** Esquema dinâmico dos tipos de adaptações anatomorfológicas dos vegetais em ambiente de Caatinga encontrados na literatura.



**Fonte:** Autores (2024).

A fisiologia das espécies também é adaptada ao ambiente, uma vez que no semiárido os vegetais podem apresentar um ciclo de vida curto, o que Souza (2020) descreve como uma estratégia para se reproduzir nos períodos favoráveis, ou seja, nos períodos chuvosos, onde a taxa de sucesso reprodutivo é elevada. Para as espécies perenes que enfrentam a seca durante seus ciclos de vida, essas desenvolveram estratégias como a dormência de suas sementes. Fowler (2000), descreve que dormência é o impedimento da germinação em condições

ambientais não favoráveis, nas quais a plântula seria facilmente suprimida pela pressão ambiental, com isso, a semente se mantém estável no solo, até que haja condições ambientais favoráveis à sua germinação e desenvolvimento, garantindo a reprodução e estabelecimento no ambiente.

Adaptações bioquímicas também são citadas na literatura, Souza (2023) descreve em seus resultados que o acúmulo de solutos nos vacúolos celulares permite que o potencial hídrico das células fique menor do que o do solo, o que por difusão permite a passagem da água do solo para a planta. A formação de espécies reativas de oxigênio é um processo comum em vegetais que recebem alta radiação, por tanto, essas espécies tendem a desenvolver mecanismos para anular a ação desses “radicais livres”, evitando os danos causados pelo estresse oxidativo. A defesa antioxidante é representada principalmente pela enzima superóxido dismutase (SOD), desse modo, a capacidade de controle enzimático para proteção do estresse oxidativo é um mecanismo importante para auxiliar na tolerância a seca (Ahmed et al., 2009).

#### 4 CONCLUSÃO

Diante do exposto, é nítido o quanto o ambiente de Caatinga é rico em espécies e principalmente espécies endêmicas com uma importante capacidade de se adaptar as condições ambientais impostas, onde os vegetais necessitam desenvolver estratégias para alcançar a sobrevivência. Ficando claro que as modificações em sua maioria são em nível foliar, todavia, órgãos como caules e raízes também são de extrema importância no processo de adaptação, além de elementos metabólicos, fisiológicos e bioquímicos, onde a união desses fatores constituem as estratégias necessárias para o pleno desenvolvimento vegetal.

Vale ressaltar que grande parte dessas adaptações se referem ao combate ao estresse hídrico, uma vez que no ambiente há uma alta pressão ecológica em relação a escassez hídrica, mas que esse não é o único estresse ao qual o vegetal necessita se adaptar, contando com elementos como escassez de nutrientes, alta radiação e temperatura, fatores esses que juntos, pressionam e moldam a vegetação da Caatinga.

#### REFERÊNCIAS

AHMED, C.B.; BENROUINA, B.; SENSOY, S.; BOUKHRIS M.; ABDALLAH, F.B. Changes in gas exchange, proline accumulation and antioxidative enzyme activities in three olive cultivars under contrasting water availability regimes. *Environ Exp Bot*, 2009. 67(2): 345-352.

ANDQUIST, D. R.; EHLERINGER, J. R. Intraspecific variation of leaf pubescence and drought response in *Encelia farinosa* associated with contrasting desert environments. *New Phytologist*, v. 135, p. 635-644, 1997.

BARROS, I. O.; SOARES, A. A. Adaptações anatômicas em folhas de marmeleiro e velame da Caatinga brasileira. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, p. 192-198, 2013.

BELTRANO, J.; RONCO, M. G. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: Effect on growth and cell membrane stability. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v. 20, p. 29-37, 2008.

CAATINGA, O. Bioma. O Bioma CAATINGA. *Licuri*, p. 10, 2021.

CAVALCANTE, A.; TELES, M.; MACHADO, M. Cactos do semiárido do Brasil: guia

ilustrado. **Campina Grande: INSA**, 2013.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M. Ocorrência de xilopódio em plantas nativas de imbuzeiro. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 3, 2006.

CAVALCANTI, N. de B.; DE RESENDE, G. M.; BRITO, LT de L. Crescimento de plantas de imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) na Caatinga. 2008.

CLIMATE CHANGE 2007: Synthesis Report-Summary for Policymakers, Contribution of Working Groups I-III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. **IPCC Fourth Assessment Report**, 2007.

FAHN, A.; CUTLER, D. F. **Xerophytes**. Berlin: Gebüder Borntraeger, 1992. FOWLER, J. A. P.; BIANCHETTI, A. Dormência em sementes florestais. 2000.

HE, X.; MOURATOV, S.; STEINBERGER, Y. Temporal and spatial dynamics of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi under the canopy of *Zygophyllum dumosum* Boiss. in the Negev Desert. **Journal of arid environments**, v. 52, n. 3, p. 379–387, 2002.

LEAL, I. R. et al. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 139-146, 2005.

LIU, J. et al. Arbuscular mycorrhizal symbiosis is accompanied by local and systemic alterations in gene expression and an increase in disease resistance in the shoots. **The Plant Journal**, v. 50, n. 3, p. 529-544, 2007.

MAIA, L. C.; YANO-MELO, A. M. Role of arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils. **Mycorrhizas: role and applications (VS Mehrotra, ed.)**. Allied Publishers, New Dehli, p. 282-302, 2005.

MELLO, C. M. A. de et al. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em área de Caatinga, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, p. 938-943, 2012.

PORTO, E. R. O Semiárido brasileiro: quem me dera ter um! Disponível em [www.cpatia.embrapa.br/artigos/semiariohtml](http://www.cpatia.embrapa.br/artigos/semiariohtml). Acesso 15 de abr. de 2024.

PRADO, D. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife, Brasil: [s.n.]. RIBEIRO, J. W. A et al. Estresse luminoso no crescimento e desenvolvimento da Bromeliaceae neoregelia “fireball”. **Scientific Electronic Archives**, [S. l.], v. 16, n. 2, 2023.

DOI: 10.36560/16220231658. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1658>. Acesso em: 1 dez. 2023.

SANDQUIST, D. R.; EHLERINGER, J. R. Intraspecific variation of leaf pubescence and drought response in *Encelia farinosa* associated with contrasting desert environments. **The New Phytologist**, v. 135, n. 4, p. 635-644, 1997.

SANTOS, W. R. et al. Eficiência do Uso da Água para Espécies da Caatinga: uma Revisão Para o Período de 2009-2019. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 05, p. 2573-2591, 2021.

SILVA, G. et al. Cultivo de plantas forrageiras de apelo regional para o Semiárido Brasileiro sob a perspectiva de técnicas agrometeorológicas para melhorar a resiliência: uma revisão. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 10, pág. e1449108291, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i10.8291. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/8291>. Acesso em: 25 nov. 2023.

SNYDER, K. A.; TARTOWSKI, S. L. Multi-scale temporal variation in water availability: Implications for vegetation dynamics in arid and semi-arid ecosystems. *Journal of arid environments*, v. 65, n. 2, p. 219–234, 2006.

SNYDER, K. A.; TARTOWSKI, S. L. Multi-scale temporal variation in water availability: implications for vegetation dynamics in arid and semi-arid ecosystems. **Journal of Arid Environments**, v. 65, n. 2, p. 219-234, 2006.

SOUZA, D. D. **Adaptações de plantas da Caatinga**. Oficina de Textos, 2020. SOUZA, L. M.; RIBEIRO, B. M.; ROMÊNIA, P. N. K. Estratégias adaptativas à limitada disponibilidade hídrica em espécies arbóreas da Caatinga. **Multidisciplinary Sciences Reports**, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 1–22, 2023. DOI: 10.54038/ms.v3i3.43. Disponível em: <https://multidisciplinarysciences.org/multidisciplinaysciences/article/view/43>. Acesso em: 2 dez. 2023.

SUDENE. Ministério do Desenvolvimento Regional: delimitação do semiárido. Disponível em: Acesso em: 25 de abr. de 2023.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.