



BIANCA VIEIRA DE SOUZA

**TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO DE SEMENTES
EM REGIÕES TROPICAIS: UMA REVISÃO DOS
ECOSSISTEMAS BRASILEIROS**

LAVRAS – MG

2022

BIANCA VIEIRA DE SOUZA

**TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO DE SEMENTES EM REGIÕES TROPICAIS: UMA
REVISÃO DOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Ciências Biológicas, para a obtenção do título de Licenciatura.

Profª. Dra. Elisa Monteze Bicalho
Orientadora

MSc. Geovane da Silva Dias
Coorientador

LAVRAS – MG

2022

BIANCA VIEIRA DE SOUZA

**TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO DE SEMENTES EM REGIÕES TROPICAIS: UMA
REVISÃO DOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS**

**DESICCATION TOLERANCE OF SEEDS FROM TROPICAL REGIONS: A
REVIEW OF BRAZILIAN ECOSYSTEMS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Ciências Biológicas, para a obtenção do título de Licenciatura.

APROVADO em 11 de março de 2022.

Dra Elisa Monteze Bicalho UFLA

Dra Josyelem Tiburtino Leite Chaves UFLA

Dr Rafael Agostinho Ferreira UFLA

Profa. Dra. Elisa Monteze Bicalho

Orientadora

MSc. Geovane da Silva Dias

Coorientador

LAVRAS – MG

2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por estar ao meu lado, desde o início, não me deixando desistir, mesmo que o caminho fosse complicado, ele sempre estava comigo me incentivando e me guiando, me dando oportunidades para estar preparada para o futuro.

Aos meus pais Cristiana e Júlio, por acreditarem em mim, mesmo quando nem eu mesma acreditava, me instruindo da melhor forma com orientações.

À minha irmã Maria Júlia que me fazia sorrir a todo momento, principalmente nos momentos difíceis enfrentados ao decorrer dos anos.

Ao meu pai Agnaldo que mesmo estando no céu, me acompanhou em todo o processo, e estava ao meu lado nos momentos difíceis e felizes.

Ao meu namorado Victor, que mesmo entrando depois me incentiva, me ajuda e está sempre comigo, me dando forças para continuar.

Ao meu filho João Guilherme, que foi a inspiração e motivação para finalizar o curso e me esforçar para ser cada dia melhor.

Aos meus amigos(as) que passaram pela minha vida durante esse período, sou grata por cada momento que estive ao lado de vocês.

À minha família que mesmo longe sempre me incentivaram aos estudos e a seguir meus sonhos.

Obrigada a todos os professores das escolas que passei e da universidade que me ensinaram, não apenas o técnico do curso, mas também como ser uma pessoa melhor a cada dia, e nos mostrando que todos nossos sonhos serão possíveis, basta correr atrás.

RESUMO

O Brasil é um país continental, apresentando grande diversidade de ecossistemas com características próprias. Alguns ambientes brasileiros apresentam duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa. Cada ecossistema tem suas particularidades, podendo ter períodos mais prolongados ou curtos entre as estações, onde cada espécie vegetal está adaptada e consegue se estabelecer e completar seu ciclo de vida. Ao serem dispersas, as sementes podem passar por diferentes tipos de estresses, dentre eles o hídrico. Assim, o objetivo deste trabalho foi revisar publicações referentes às respostas de tolerância à dessecação em sementes de espécies de diferentes ecossistemas brasileiros a fim de verificar quais as estratégias são utilizadas pelas sementes nos ecossistemas. A revisão bibliográfica compreendeu artigos, dissertações, monografias, resumos simples e expandidos publicados nos últimos cinco anos. Neste período foram encontrados 20 trabalhos que estão associados ao tema de “tolerância à dessecação de sementes”, sendo os maiores números de publicações de 2021 e 2018/2019 e os menores de 2020. Os artigos foram os que mais contribuíram com a revisão, sendo 45% dos trabalhos revisados. Praticamente todas (90%) das publicações são referentes às espécies de hábito arbóreo, apenas dois estudos contaram com espécies de hábito herbáceo e arbustivo. Dentre as espécies estudadas de cada bioma, temos o maior número de espécies na Caatinga, seguida pelos demais biomas com apenas uma espécie. Os resultados obtidos nesse trabalho de revisão mostram que há trabalhos mais concentrados em ecossistemas que apresentam déficit hídrico sazonal (Caatinga) em relação a outros, cujos trabalhos são escassos. Foi possível perceber com que processos fisiológicos, como a germinação, podem ou não ser adiantados em decorrência da dessecação, influenciando no sucesso do estabelecimento de suas populações nessas regiões. A partir deste estudo, conclui-se que as sementes dos ecossistemas desenvolvem características distintas de tolerância à dessecação, e que os ciclos de hidratação e desidratação (HD) atuam influenciando positivamente, negativamente ou não tem efeito sobre a germinação, dependendo da periodicidade e intensidade dos ciclos HD.

Palavras-chaves: Ciclo de hidratação e desidratação, semente ortodoxa, germinação, hidratação descontínua, ecossistemas brasileiros.

ABSTRACT

Brazil is a continental country, presenting a great diversity of ecosystems with their own characteristics. Some Brazilian environments have two well-defined seasons, one dry and the other rainy. Each ecosystem has its own particularities, and may have longer or shorter periods between seasons, where each plant species is adapted and can establish itself and complete its life cycle. When dispersed, the seeds can undergo different types of stress, among them water stress. Thus, the objective of this work was to review publications referring to desiccation tolerance responses in seeds of species from different Brazilian ecosystems, in order to verify which strategies are used by seeds in the ecosystems. The literature review comprised articles, dissertations, monographs, simple and expanded abstracts published in the last five years. In this period, we found 20 papers that are associated with the topic of "seed desiccation tolerance", with the largest numbers of publications from 2021 and 2018/2019 and the smallest from 2020. Articles contributed the most to the review, being 45% of the reviewed papers. Practically all (90%) of the publications refer to species of tree habit, only two studies counted species of herbaceous and shrub habit. Among the species studied in each biome, we have the largest number of species in the Caatinga, followed by the other biomes with only one species. The results obtained in this review show that there are more studies focused on ecosystems that present seasonal water deficit (Caatinga) in relation to others, whose studies are scarce. It was possible to see which physiological processes, such as germination, may or may not be advanced as a result of desiccation, influencing the success of the establishment of their populations in these regions. From this study, it is concluded that ecosystem seeds develop distinct desiccation tolerance characteristics, and that hydration and dehydration (HD) cycles act by influencing positively, negatively, or have no effect on germination, depending on the periodicity and intensity of HD cycles.

Keywords: Hydration and dehydration cycle, orthodox seed, germination, discontinuous, hydration, Brazilian ecosystems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma com o levantamento bibliográfico de estudos para inclusão ou exclusão na revisão sobre a tolerância à dessecação em sementes em regiões tropicais	8
Figura 2 - Número de trabalhos por categorias.....	10
Figura 3 - Número de trabalhos científicos publicados entre os anos de 2017 a 2021 com a temática tolerância à dessecação.....	13
Figura 4 - Hábitos das espécies estudadas nos trabalhos científicos publicados entre os anos de 2017 a 2021 com a temática tolerância à dessecação.....	14
Figura 5 - Número de espécies estudadas com relação à tolerância à dessecação por bioma brasileiro.....	15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Trabalhos científicos encontrados na literatura que avaliaram a dessecação em sementes em diferentes ecossistemas brasileiros nos últimos cinco anos.....	10
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 Brasil: o país dos biomas contrastantes	2
2.2 A influência dos ambientes na germinação de sementes	6
3 METODOLOGIA	8
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	9
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	18
REFERÊNCIAS	18

1 INTRODUÇÃO

Ecossistemas tropicais apresentam uma sazonalidade entre as estações seca e chuvosa, e, a partir das características edafoclimáticas, podemos observar os diferentes tipos de adaptações utilizados pelos organismos que fazem parte da composição deste ambiente. Espécies da flora nativa desses ecossistemas apresentam diversos mecanismos para a sobrevivência nesses locais que dispõem de diversos fatores ambientais limitantes, entre eles a falta de água nas diferentes fases do ciclo de vida (PERONI; HERNÁNDEZ, 2011).

As sementes de plantas nativas, durante o seu desenvolvimento, passam por determinados processos metabólicos até o momento de serem dispersas para o ambiente e germinarem, formando plântulas e, posteriormente, todas as fases do ciclo de vida do vegetal. No final da maturação das sementes ortodoxas se tornam tolerantes à dessecação, ocorrendo a dessecação de seus tecidos, e diminuindo o seu metabolismo para que possa ser dispersa no ambiente, e permanecer no banco de sementes por meses ou até anos (CASTRO et al., 2004). Essa tolerância à dessecação permite a permanência dessas sementes no ambiente sem sua perda de viabilidade, na maior parte das sementes é adquirida na maturação, e acompanha o organismo nos períodos de estresses hídricos, e posteriormente a reidratação da semente (GROOT et al., 2003; HOEKSTRA et al., 2003).

No Brasil, existem diversos ecossistemas com variações nos níveis pluviométricos e de temperaturas, e todos esses processos causam perda e ganho de água, ocasionando ciclos de hidratação e desidratação (HD). Os ciclos HD ocorrem quando as sementes presentes no solo começam a embeber, a entrada de água é interrompida, devido a fatores abióticos como seca ou altas temperaturas, afetando ou não a germinação (MEIADO, 2013). Os ciclos HD são um evento natural, que acontecem em ambientes que apresentam sazonalidade entre a estação seca e chuvosa (MEIADO, 2013).

Com a ocorrência dos ciclos HD, as sementes passam por uma hidratação descontínua, o que atua como um *priming* natural, apresentando aumento no índice de sobrevivência, estabilização da germinação, e aquisição de “memória hídrica”. Nota-se que sementes que passam por hidratação descontínua, conseguem germinar mais rapidamente, e obtêm uma germinação mais sincronizada. Estas possuem maior capacidade de formar plântulas mais resistentes com maiores chances de sobrevivência aos estresses ambientais durante o seu estabelecimento (DUBROVSKY, 1996; RITO et al., 2009; MEIADO, 2013).

Outro processo que pode ocorrer decorrente ao ciclo de hidratação e desidratação é a tolerância a dessecação, aumentando a chance de sobrevivência dessa semente no ambiente. Dessa forma, se tem como hipótese, que as sementes de espécies nativas ao passarem por ciclos de hidratação e desidratação, apresentam respostas distintas de tolerância à dessecação, nos diferentes ambientes em que essas espécies ocorrem.

Entender os processos ecológicos e fisiológicos das sementes que passam por processos de hidratação descontínua nos diferentes ecossistemas do Brasil, se faz necessário. Sendo assim, o objetivo dessa revisão de literatura é ser uma ferramenta importante para observar quais as estratégias utilizadas pelas sementes na tolerância à dessecação (TD) e aos estresses ambientais, e prever estratégias de manejo em um cenário de mudanças climáticas futuras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Brasil: o país dos biomas contrastantes

O Brasil é um país tropical que possui como uma de suas principais características temperaturas acima de 30° C em pelo menos uma parte do ano nos ecossistemas diversos que abriga. Em ecossistemas úmidos, onde predominam altas temperaturas, as sementes de espécies nativas podem ser prejudicadas, pois, tal condição afeta justamente a emergência das plântulas (SBRUSSI; ZUCARELI, 2015). Dessa maneira, a exposição das sementes às altas temperaturas pode prejudicar a germinação e proporcionar danos irreversíveis no desenvolvimento das plântulas.

O Brasil possui biomas com diferentes características climáticas que influenciam diretamente nos tipos de vegetação. Os biomas brasileiros são regiões que compreendem grandes ecossistemas constituídos por uma comunidade biológica com características semelhantes. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), o Brasil possui seis biomas, sendo eles: bioma Amazônia, bioma Mata Atlântica, bioma Caatinga, bioma Cerrado, bioma Pantanal e bioma Pampa.

O *bioma Amazônia* ocupa praticamente 49% do território brasileiro, sendo o maior bioma do país, abrangendo diversos estados do Norte, Centro-Oeste e Nordeste do Brasil. Sua grandeza não se dá apenas em termos de área, pois esse bioma possui a maior floresta tropical do mundo, contendo cerca de 1/3 das reservas de florestas e também a maior bacia hidrográfica (IBGE, 2011). De acordo com a classificação de Köppen, a Amazônia brasileira é da categoria de clima tropical chuvoso, constituída por floresta tropical, sem estação fria e com temperatura média do mês quente acima de 18°C (BASTOS, 1992).

A Amazônia é formada por distintos ecossistemas como florestas densas de terra firme, florestas estacionais, florestas de igapó, campos alagados, várzeas, savanas, refúgios montanhosos e formações pioneiras. É também caracterizada pela elevada pluviosidade e altas temperaturas, que variam de 22 °C a 28 °C. No entanto, nos últimos anos têm sido relatadas mudanças no padrão climático da região amazônica, influenciado principalmente por alterações constantes no regime de chuvas e de temperatura, estimulado especialmente pelo desflorestamento, que estão associados ao desmatamento criminoso que tem aumentado anualmente (BARKHORDARIAN et al., 2019).

Pesquisadores do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM) constataram recentemente uma diminuição de umidade na atmosfera sobre a floresta amazônica, o que permite a ocorrência de incêndios e períodos prolongados de seca, em decorrência do déficit hídrico (BARKHORDARIAN et al., 2019). Ademais, Sales et al. (2020) alertam para possíveis alterações no regime hídrico de áreas degradadas, o que dificulta ainda mais a instauração de espécies florestais por meio da semeadura direta ou dispersão natural. Em floresta tropical úmida, as sementes que formam os bancos de sementes estão sujeitas às cheias e secas dos rios. Em um cenário de aumento de temperatura e diminuição do regime hídrico, essas sementes poderiam estar sujeitas a futuros eventos de ciclos HD e indução da tolerância à dessecação.

O *bioma Mata Atlântica* constitui um dos biomas mais complexos e diversos do Brasil, sendo a maior floresta pluvial tropical do continente americano, que no passado cobria mais de 1,5 milhões de Km², sendo 92% desta área no Brasil (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2002; LEAL; CAMARA, 2003). A elevação vai do nível do mar até 2.900 m, com mudanças na temperatura média do ar e com mudanças da profundidade do solo (MANTOVANI, 2003). De acordo com a classificação de Köppen, a Mata Atlântica encontra-se desde climas Aw (quentes com chuvas de verão) e Af (quente, sem estação seca), Cwa (temperado com verão quente úmido), Cwb (temperado com verão fresco e úmido), Cfa (temperado, sem estação seca e verão quente), a Cfb (temperado, sem estação seca e verão fresco); a pluviosidade varia de 800 a 4500mm, que em alguns locais dependem da chuva orográfica (RIBEIRO; WALTER, 1998). Esse bioma é um dos 25 *hotspots* mundiais de biodiversidade, e embora tenha sido bastante destruído, ele abriga mais de 8.000 espécies endêmicas de plantas vasculares, e uma grande variedade de espécies de animais (MYERS et al., 2000). Além disso, é também tido como um dos biomas tropicais com maior diversidade biológica de fisionomia constante. Contudo, é globalmente o mais ameaçado, pois sofre constantes ataques com destruição de suas tipologias e ecossistemas (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2002).

A Mata Atlântica possui uma alta diversidade florística e, portanto, caracteriza-se como um dos maiores ecossistemas do mundo em termos de quantidade de espécies, contendo em torno de 0,5% das mais de 300.000 espécies de seres vivos distribuídos ao redor do mundo (STEHMANN, João Renato et al., 2009). Apesar disso, atualmente o bioma Mata Atlântica ocupa apenas 13% do território brasileiro e representa o bioma mais ameaçado dentre os que ocorrem no Brasil, pois se encontra localizado na região litorânea, onde vive a maior parte da população (SCARANO; CEOTTO, 2015). Uma enorme quantidade de matas nativas foi substituída para dar lugar a novas fronteiras agrícolas e à urbanização da população brasileira, culminando na completa destruição de mais de 1 milhão de hectares de florestas entre 1985 e 1996 (YOUNG, 2006). Mesmo assim, a Mata Atlântica constitui um dos 35 lugares do mundo onde a biodiversidade se destaca (WILLIAMS et al., 2011).

O bioma *Caatinga* possui 750.000 km², o que representa 54% da região Nordeste e 11% do território brasileiro. Por conta de sua vasta extensão, abrange os estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Bahia e parte de Minas Gerais (ALVES; ARAÚJO, 2009). Ainda conforme estes autores, essa região possui solos cristalinos e praticamente impermeáveis e também terrenos com boa reserva de água subterrânea. De acordo com a classificação de Köppen, a Caatinga é representada pelo BSh (baixa latitude e altitude), com precipitação inferior a 800 mm, onde podem ser observados maiores períodos secos e menores chuvosos, com altas temperaturas (BERNARDES 1951; SENRA 1954; GUERRA 1955; VIEIRA 1960; GALVÃO 1966; KOTTEK et al. 2006).

Na caatinga, o ciclo de chuvas costuma ser bastante irregular, com precipitações pluviométricas médias anuais que variam de 400 a 800 mm. Todavia, as temperaturas possuem uma maior estabilidade, com média anual entre 24 e 26 °C (ALVES; ARAÚJO, 2009). Sendo assim, a escassez e a irregularidade de chuvas associadas às altas temperaturas são um aspecto do bioma Caatinga, que, por sua vez, possui uma fitofisionomia e uma vegetação florística singulares.

A Caatinga é caracterizada, genericamente, pela sua vegetação constituída majoritariamente de espécies xerófitas, lenhosas e decíduas, preponderantemente espinhosas. Além disso, possui diferentes estratos arbóreos, podendo ser esparsos, arbustivos e / ou herbáceos estacionais, que variam de acordo com o período chuvoso (ARAÚJO FILHO, 2011). Nesse sentido, este autor explica que o termo “caatinga” tem origem indígena e significa “vegetação aberta, clara ou branca, cuja aparência típica, acinzentada, se verifica no período seco que varia normalmente de 6 a 8 meses”.

O *bioma Cerrado* apresenta uma estação seca, com três a sete meses de duração, e outra de chuvas constantes, pluviosidade média anual na faixa de 800-1.800 mm (precipitação média anual de 1.394 mm), temperatura média anual entre 20°C e 27°C e médias anuais de umidade relativa do ar de, aproximadamente, 60%. A maior parte da área é livre de geadas (ABSÁBER, 1981; ADÁMOLI et al. 1986; NIMER; BRANDÃO, 1989). Conforme classificação de Köppen, o Cerrado é caracterizado pela presença de invernos secos e verões chuvosos, sendo caracterizado pela classificação de Köppen de Aw (quentes com chuvas de verão). O período chuvoso é concentrado nos meses de outubro a março com temperaturas médias altas (RIBEIRO; WALTER, 1998).

De acordo com os recentes levantamentos realizados pelo IBGE (2004), a área total do Cerrado considerada foi de 203,9 milhões de hectares, a qual corresponde a um quarto da superfície do país. No entanto, parte significativa dessa área encontra-se antropizada, ou seja, coberta com culturas agrícolas, pastagens cultivadas, silvicultura, áreas urbanas, áreas de mineração, mosaico de ocupações e solo exposto, o que corresponde a 43,6% do bioma (SANO et al., 2020). Diferentemente da Caatinga, o Cerrado possui um clima sazonal, tanto em relação à pluviosidade quanto em relação às suas médias anuais de temperatura (IBGE, 2004). Essa sazonalidade se dá, principalmente, à grande extensão territorial e posição geográfica do Cerrado brasileiro, que compreende a uma ampla diversidade de litologias, formas de relevo, cotas altimétricas e solos, conferindo a esse bioma uma alta heterogeneidade ambiental (PEREIRA; VENTUROLI; CARVALHO, 2011).

A vegetação do Cerrado é considerada uma das mais diversas do Brasil, sendo a savana, os campos e as florestas os tipos de vegetação predominantes, respectivamente (IBGE, 2004). A distribuição e a manutenção das diferentes fitofisionomias do bioma Cerrado estão relacionadas com fatores edáficos e topográficos, além da ocorrência de fogo e perturbações antrópicas (OLIVEIRA FILHO et al., 1989).

A expansão das fronteiras agrícolas associadas a menor ocorrência de chuvas pode submeter as espécies vegetais do Cerrado a um cenário de secas mais prolongadas, e conseqüentemente a eventos de hidratação descontínua de suas sementes.

O *bioma Pantanal* está localizado na região central da América do Sul e é considerado a maior planície sujeita a inundações periódicas do mundo (SOUZA, C. A.; LANI, J. L.; SOUSA, J. B., 2006). Com uma área total estimada de 160.000 km², o Pantanal está presente no Brasil, no Paraguai e na Bolívia, no entanto, mais de 90% desse bioma encontra-se em territórios brasileiros, apesar de ocupar somente 1,76% deste (OLIVEIRA et al., 2020).

Esse bioma possui uma baixa variação no gradiente topográfico, ou seja, que lhes confere uma de suas principais características (PEREIRA et al., 2010). No entanto, comumente verifica-se cordões arenosos que não inundam (ASSINE, 2005). O Pantanal possui duas estações bem definidas: uma chuvosa, que ocorre geralmente de outubro a março, e outra seca, entre abril e setembro (PEREIRA et al., 2010).

De acordo com a classificação de Köppen, o bioma Pantanal está inserido no grupo de clima tropical com estação seca ou clima de savana (Aw) e exibe temperaturas médias mensais superiores a 18°C. Nesse sentido, a vegetação predominante é representada predominantemente por Savana Arborizada, Savana Florestada, Savana Gramíneo-lenhosa, Pastagem e Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (SILVA et al., 2000).

Ressalta-se que, no pantanal brasileiro, o período de alagamento anual atinge em média $26 \pm 7\%$ da área total do bioma (CARDOZO et al., *in press*), sendo que o efeito dessa cobertura incide diretamente sobre a dinâmica do fluxo de energia, de temperatura da superfície e do ar e, conseqüentemente, do ciclo hidrológico regional (PEREIRA et al., 2010). Esses fatores são significativos para estimular a adaptação das sementes para garantir a germinação e o consecutivo estabelecimento das espécies em ambientes restritivos.

O Pantanal é um bioma propício para os estresses de cunho hídrico, pois, de acordo com Larcher (2000), o fator extrínseco (água) exerce grande ação danosa sobre a planta, tanto na restrição quanto no excesso.

2.2 – A influência dos ambientes na germinação de sementes

São diversos os fatores que podem influenciar na germinação das sementes, sendo a umidade e a temperatura os principais condicionantes. No entanto, os ecossistemas tropicais também estão sujeitos a agentes estressores generalizados, como os resultantes das ações antrópicas que levam ao desmatamento, destruição de hábitat, dentre outros, que interferem nos padrões climáticos e, conseqüentemente, na biodiversidade florística dos biosistemas (BARLOW et al., 2018).

Devido às condições de escassez hídrica, a embebição de água pelas sementes é constantemente interrompida, havendo inconstâncias no processo, que resultam nos ciclos de hidratação e desidratação (HD) (MEIADO, 2013). Isso ocorre porque, de maneira geral, as sementes se encontram superficialmente no solo, onde a água lixívia e evapora com maior facilidade

Os ciclos HD permitem que as sementes adquiram maior resistência à dessecação, devido a criação de uma “memória hídrica”, que é promovida justamente pelos processos de embebição e secagem. Sendo assim, a memória hídrica possibilita às sementes conservarem os

padrões da hidratação prévia, ativando genes específicos da planta que culminam em tolerância aos estresses ambientais (LIMA; MEIADO, 2017).

A capacidade de suportar a dessecação dos estresses hídricos, requer a presença de proteínas protetoras, carboidratos específicos, moléculas que reestruturam lipídios de membrana e mecanismos regulatórios que orientam um programa de expressão gênica (GIAROLA et al., 2017)

O novo relatório do IPCC (2018) prevê um aumento da temperatura e diminuição da precipitação para a região semiárida do Brasil, acarretando em secas mais prolongadas e diminuindo o período chuvoso. As sementes das espécies desse bioma estão sujeitas a eventos de ciclos HD mais intensos e constantes.

Diversos autores corroboram que a interação da semente com o ambiente exerce grande influência sobre a capacidade germinativa e estabelecimento da nova plântula com êxito (COPETE et al., 2011; REIS; DANTAS; PELACANI, 2012; WYSE; DICKIE, 2018).

A germinação é possibilitada por um conjunto de processos fisiológicos inerentes à própria semente por fatores bióticos e abióticos, iniciando-se com a embebição e culminando na protrusão da raiz primária (WYSE; DICKIE, 2018). Para tanto, a relação com o ambiente em que a semente se encontra é de fundamental importância para que os processos germinativos ocorram de maneira próspera (COPETE et al., 2011; REIS; DANTAS; PELACANI, 2012).

Entretanto, quando ocorre modificações nesse ambiente como falta de água, aumento da temperatura do ambiente, que interferem nas condições ótimas, reações ocorrem em todos os níveis funcionais da semente, podendo ser de caráter reversível, num primeiro momento, ou se tornar irreversível (LARCHER, 2000).

Em situações em que as condições do ambiente são desfavoráveis, como escassez de água, as sementes iniciam a hidratação de seus tecidos, onde, quando há chuva, elas começam a absorver novamente a água, ocorrendo a retomada da respiração para formação de ATP, síntese de mRNA e reparo do DNA, ativação das proteínas com ação enzimática e a síntese de proteínas. Na segunda fase, não há uma quantidade alta de absorção de água, ocorrendo o processo de ativação total do metabolismo, com síntese e duplicação do DNA e do RNA, início do uso das reservas armazenadas e alongamento das células da radícula, tendo, assim, a abertura da semente e, por fim, a absorção de água mais uma vez, quando ocorre os processos de mitoses e divisões celulares, para o crescimento, que configura a terceira fase (VIRGENS, 2019).

Na embebição das sementes, a primeira e à segunda fase, as sementes ainda são tolerantes à dessecação e, por esse motivo, pode ocorrer modificações das condições do ambiente, que ela conseguirá se manter. Já na terceira fase, ela fica sensível à perda de água,

podendo ocorrer problemas, como mortes celulares, modificações nas estruturas, diminuição do tempo de protusão da radícula, com a falta da mesma.

Desta forma, visando melhor compreender as respostas aos fatores relacionados às flutuações ambientais nos diferentes biomas brasileiros, destaca-se a importância de estudos voltados para esclarecer as adaptações que as sementes adquirem para estabelecer um novo estado de equilíbrio quando exposta a estresse ao longo do tempo (PEREIRA et al., 2014; WILLADINO et al., 2017).

3 METODOLOGIA

Para a realização da revisão bibliográfica, foram realizadas buscas nas principais plataformas digitais nacionais e internacionais, tais como Google Acadêmico, Scielo, e-Periódicos Capes e PubMed. As pesquisas foram realizadas utilizando palavras-chaves como “ciclo de hidratação e desidratação”, “semente ortodoxa”, “germinação”, “hidratação descontínua”, “hidrocondicionamento”, “tolerância à dessecação”, “memória hídrica”, “Caatinga”, “Amazônia”, “Cerrado”, “Mata Atlântica”, “Pantanal”, “Pampa” – (em inglês – “hydration and dehydration cycle”, “seed orthodox”, “germination”, “discontinuous hydration”, “hydropriming”, “desiccation tolerance” and “hydration memory”). A revisão bibliográfica compreendeu artigos, dissertações, monografias, resumos e resumos expandidos, publicados nos últimos cinco anos, de 1 janeiro de 2017 a 1 outubro de 2021 (Figura 1).

Figura 1 - Fluxograma com o levantamento bibliográfico de estudos para inclusão ou exclusão na revisão sobre a tolerância à dessecação em sementes em regiões tropicais.



Foram selecionados os estudos que propuseram, em seus respectivos contextos, palavras-chaves e informações relevantes sobre as adaptações das sementes ortodoxas após passagem por ciclos de hidratação e desidratação e enquanto a sua TD. A finalidade foi de compreender qual seriam as características fisiológicas utilizadas pelas sementes para tolerar

eventos de estresse hídrico, e quais as diferentes estratégias utilizadas por sementes de espécies nativas distribuídas nos diferentes ecossistemas brasileiros.

Os trabalhos levantados nesta revisão foram divididos em quatro categorias de pesquisa, de acordo com as espécies alvo de estudo: 1 – Hábito (arbóreo, arbustivo e herbáceo); 2 – Bioma (Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Amazônia); 3 – Tipo de publicação (artigo, resumo, resumo expandido, dissertação e monografia); e 4 – Referências bibliográficas (identificação dos trabalhos publicados). Todas essas informações foram retiradas dos trabalhos selecionados e de sites complementares, como o Reflora (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>), local onde buscou-se as informações de hábito, *status* de conservação e nomenclatura das espécies estudadas.

Todos os dados retirados foram organizados em forma de tabelas e gráficos, com informações devidamente separadas para facilitar no momento de pesquisa dos trabalhos, a fim de facilitar a visualização e a compreensão dos trabalhos selecionados, bem como para otimizar a busca de trabalhos que chamem a atenção do leitor desta revisão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao total foram identificados mais de 80 trabalhos nas bases de dados utilizados na busca, dos quais 7 foram duplicados, e 19 foram eliminados da revisão bibliográfica após leitura dos títulos, resumos, palavras-chave, que não se enquadraram na finalidade da pesquisa sobre sementes com tolerância à dessecação. Nesse sentido, restaram 54 trabalhos para leitura completa. Desse total, após análise criteriosa, 34 foram eliminados, e os outros 20 foram selecionados para compor esta revisão.

Os artigos contribuíram com o maior número de trabalhos para esta revisão, com 9 (45%) do total, seguido por resumos com 6 (30%) e dissertações com 3 (15%). Dentre os demais tipos de trabalhos avaliados, os resumos expandidos e as monografias contribuíram igualmente com apenas um (5%), portanto, os menos representativos em termos de quantidade, conforme indicado na Figura 2.

<i>Anadenanthera colubrina</i>	X	X		X			NASCIMENTO; DANTAS; MEIADO, 2021
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	X	X		X	X		(LIMA; DANTAS; MEIADO, 2018) (NASCIMENTO; DANTAS; MEIADO, 2021)
<i>Hymenaea Courbaril L.</i>	X	X			X		SANTANA et al., 2017
<i>Leucaena leucocephala</i>	X	X				X	CASTRO, 2017
<i>Libidibia ferrea</i>	X		X		X		HORA; MEIADO, 2017
<i>Macroptilium atropurpureum</i>		X	X		X		LIMA; MEIADO; OLIVEIRA, 2018
<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	X	X			X		NICOLAU et al., 2020
<i>Mimosa tenuiflora</i>	X	X			X		LIMA; MEIADO, 2018
<i>Ormosia grossa</i>	X			X		X X	(SILVA, 2020);(SILVA, 2021)
<i>Parkinsonia praecox</i>	X		X			X	AZEVEDO, 2020
<i>Piptadenia moniliformis</i>	X	X					OLIVEIRA, 2019
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	X	X			X		(NICOLAU et al., 2020)(NASCIMENTO; DANTAS; MEIADO, 2021)
<i>Pterogyne nitens</i>	X	X			X		NASCIMENTO; DANTAS; MEIADO, 2021

<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	X		X	X	SILVA, 2021
<i>Senna Obtusifolia</i>	X	X		X	SILVA et al., 2018
<i>Senna spectabilis</i>	X	X		X	LIMA et al., 2018
RHAMNACEAE					
<i>Ziziphus joazeiro</i>	X	X		X	MENEZES et al., 2017
POLYGONACEAE					
<i>Triplaris gardneriana</i>	X	X		X	FREITAS; MEIADO; SILVA, 2021

A, AR, H, abreviam Arbórea, Arbusto, Herbáceo. CA, PA, CE, MA e AM abreviam Caatinga, Pantanal, Cerrado, Mata Atlântica e Amazônia, respectivamente. A = Artigo; R = Resumo; RE = Resumo Expandido; D= Dissertação; M = Monografia.

Fonte: Souza, B. **Tolerância à dessecação de sementes em regiões tropicais: Uma revisão dos ecossistemas brasileiros.** Monografia, Universidade Federal de Lavras, 2022.

A presente revisão bibliográfica compreendeu estudos publicados nos últimos cinco anos, de 1 de janeiro de 2017 a 1 de outubro de 2021. Nesse sentido, 2021 e 2018 foram os anos que mais contribuíram com trabalhos voltados para a temática abordada nesta revisão, ambos com 5 trabalhos, seguido do ano de 2017, com quatro pesquisas publicadas. Os anos de 2019 e 2020 foram os que menos apresentaram resultados relacionados com os termos de interesse buscados, respectivamente. Essa queda pode ser atribuída à pandemia de Covid-19, que, em 2020, assolou o mundo, afetando a condução das atividades de praticamente todas as áreas devido paralisação temporária das atividades econômicas não essenciais, principalmente no setor de serviços, devido a necessidade de isolamento social (PORSSE et al., 2020). Apesar disso, é possível observar na Figura 3 que, entre 2020 e 2021, houve um aumento expressivo do número de publicações com a temática “tolerância à dessecação de sementes”, com provável crescimento para os próximos anos, devido ao cenário de mudanças climáticas, que possibilitam os ciclos de hidratação e desidratação das sementes.

Uma das pautas que mais têm sido discutidas atualmente, com relação ao tema são as mudanças climáticas, que podem afetar a paisagem dos mais diversos ecossistemas (BARLOW et al., 2018), e, por isso, a tendência é de haver ainda mais estudos voltados com a temática TD. Visto que uma das principais consequências do aumento da temperatura média do planeta e diminuição da precipitação, é a ocorrência de períodos secos mais prolongados, havendo prejuízo às vegetações (LEDUC, 2007). Uma vez que tal fenômeno iria propiciar condições desfavoráveis para o estabelecimento das espécies nativas porque, a pretexto da redução do teor de água, as sementes podem perder sua capacidade germinativa (DELGADO; BARBEDO, 2007).

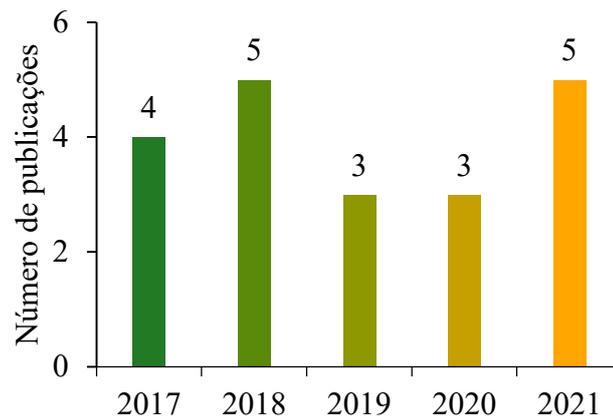


Figura 3 - Número de trabalhos científicos publicados entre os anos de 2017 a 2021 com a temática “tolerância à dessecação em sementes”

Entre os 20 trabalhos, praticamente todos (90%) estudaram espécies de hábito arbóreo, sendo que apenas dois outros trabalhos se dedicaram a estudar a adaptação de sementes de plantas herbáceas e arbustivas. Esses trabalhos com sementes de herbáceas e de arbustivas foram provenientes do bioma Caatinga, com as espécies *Macroptilium atropurpureum* e *Senna obtusifolia*. De acordo com Araújo Filho et al. (2011), a Caatinga possui fragmentos significativos de vegetação esparsa, constituída de espécies herbáceas de floresta estacional, o que pode justificar pesquisas com espécies de hábito herbáceo e arbustivo deste bioma.

Uma vez que a vegetação dos demais biomas estudados é caracterizada pela presença de matas, era de se esperar que o maior número de espécies estudadas nos trabalhos aqui investigados fosse de hábito arbóreo (Figura 4), pois são as principais representantes desses ambientes. A floresta amazônica, por exemplo, possui aproximadamente 16.000 espécies de árvores e abriga, em média, 10% da biodiversidade mundial (SILVA et al., 2020). A Mata Atlântica também constitui uma das florestas mais ricas em termos de biodiversidade do planeta, inclusive possuindo o recorde mundial de plantas lenhosas por hectare, sendo 8 mil delas endêmicas, ou seja, só existem na Mata Atlântica (LEDUC, 2007). Ademais, o bioma Pantanal também apresenta feições fitoecológicas semelhantes aos outros dois biomas mencionados anteriormente, porém, este é formado predominantemente pelas Savanas arborizadas e florestadas (SILVA et al., 2000).

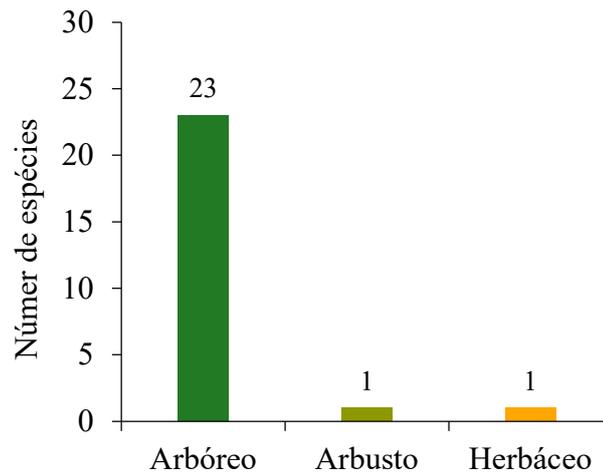


Figura 4 - Hábitos das espécies estudadas nos trabalhos científicos publicados entre os anos de 2017 a 2021 com a temática tolerância à dessecação.

Em relação ao número de espécies estudadas dentro de cada bioma, no que se refere à tolerância a dessecação (TD) em sementes, observou-se que a maioria pertencia ao bioma Caatinga, com 19 espécies (76%) estudadas, seguido do bioma Amazônia, com 3 (12%). Os demais biomas (Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal) contribuíram igualmente para a presente revisão, com apenas uma espécie (Figura 5). Uma vez que a presente revisão buscou compreender melhor quais foram os mecanismos que as sementes apresentaram para tolerar a dessecação em seus respectivos meios, e considerando que o bioma Caatinga apresenta considerável escassez e irregularidade de chuvas associadas à altas temperaturas durante um período prolongado no ano (SANTOS; DANTAS, 2021), era de se esperar que a maioria das espécies consideradas nos trabalhos avaliados fossem provenientes desse bioma, já que as condições climáticas do bioma Caatinga promovem eventos de hidratação e desidratação das espécies desse bioma (MEIADO, 2013).

O estabelecimento de uma nova planta depende em grande parte da sua semente, e seu consequente desenvolvimento, que se dá por processos complexos e prolongados (BEWLEY; BLACK, 1994). Naturalmente, algumas plantas podem apresentar um mecanismo que retarda a germinação de suas sementes, principalmente quando as condições do ambiente não são favoráveis para o seu desenvolvimento, passando a germinar quando tais condições retornam ao seu estado ótimo. Esse fenômeno é conhecido como dormência e é de suma importância para a sobrevivência das espécies (EIRA; CALDAS, 2000). Segundo Medeiros (2001), diferentemente das espécies de cultivo anual, as sementes de diversas espécies arbóreas apresentam germinação prolongada. À vista disso, o que poderia explicar o maior número de

plantas estudadas como sendo oriundas do bioma Caatinga (Figura 5) seria que, provavelmente, elas desenvolveram tais mecanismos como forma de adaptação às circunstâncias adversas do ambiente, e otimizaram o processo de germinação (MEDEIROS; EIRA, 2006).

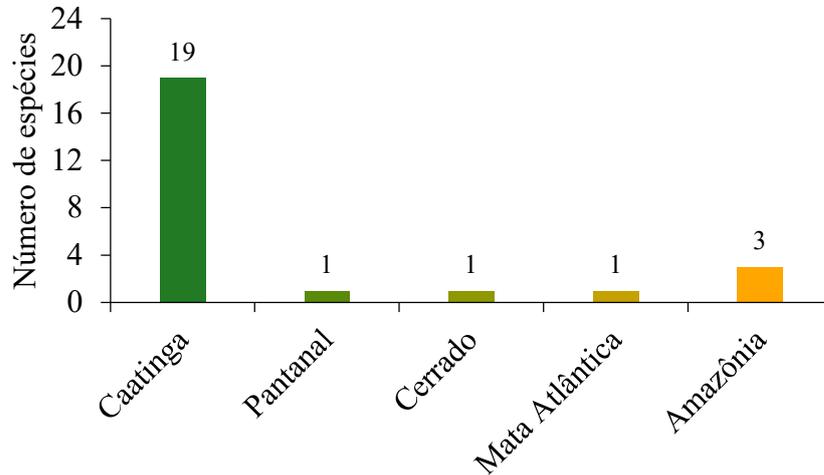


Figura 5 - Número de espécies estudadas com relação à tolerância à dessecação por bioma brasileiro.

Na presente revisão, foi possível constatar que, de fato, a TD é um dos mecanismos mais importantes das sementes, necessário ao seu ciclo de vida. E por isso evidencia uma estratégia adaptativa que possibilita o estabelecimento da planta sob condições de estresse ambiental, garantindo a perpetuação da espécie. Sabe-se que sementes ortodoxas possuem TD, uma vez que apresentam espontaneamente um baixo conteúdo de água, que varia de 2 a 5% de seu peso seco, e, com isso, podem permanecer viáveis por um longo período após sua dispersão no ambiente (CASTRO et al., 2004; CARDOSO, 2008).

Os mecanismos de proteção à dessecação são de suma importância para que as sementes ortodoxas consigam permanecer viáveis em situações de déficit hídrico, redirecionando seu metabolismo para corresponder sempre que submetidas a condições ideais (WALTERS, 2000). A disponibilidade de água é o fator preponderante para a germinação de uma semente não dormente (POPIGINIS, 1985). Devido aos impactos negativos que a ausência de água causa nos organismos, muitas espécies de sementes sofrem alguma alteração morfológica ou fisiológica para lidar com o déficit hídrico (BATTAGLIA et al., 2008), sendo que as sementes ortodoxas desenvolveram mecanismos específicos com capacidade de reduzir os danos provenientes da dessecação, como por exemplo, acúmulo de osmoprotetores como oligossacarídeos da série da rafinose, prolina, glicina-betaína, sistema antioxidante e a atuação

de proteínas da embriogênese tardia (*Late Embryogenesis Abundant* – LEA), carboidratos e enzimas antioxidantes (WALTERS, 2000).

Ao estudar os efeitos dos ciclos HD durante a germinação de sementes de *Senna spectabilis*, Lima (2019) concluiu que os ciclos de HD proporcionaram o fenômeno da “memória hídrica” nas sementes estudadas. Uma vez que sementes que foram submetidas à hidratação descontínua durante o processo de embebição produziram plântulas mais vigorosas e sementes mais tolerantes ao déficit hídrico. Santos (2019) também obteve resultados similares ao analisar os limites, aspectos fisiológicos e a relação da hidratação descontínua na TD em sementes e plântulas de *Tabebuia aurea*. Esse autor verificou que a hidratação descontínua não promoveu um aumento da TD das sementes, no entanto, ao passarem pelos ciclos de HD, foi observado um aumento do conteúdo de proteínas nas sementes submetidas à dessecação rápida, podendo-se concluir que as sementes apresentaram alta TD em função de alterações nos mecanismos bioquímicos importantes na manutenção desta tolerância e que podem ser promovidas pela hidratação descontínua.

Ecosistemas áridos e semiáridos fornecem as condições propícias para que ocorram os ciclos de HD, uma vez que são ambientes em que apresentam limitação da disponibilidade hídrica no solo, além do tempo reduzido que a água permanece disponível para que a semente absorva (LIMA; MEIADO, 2017). Devido ao clima hostil desses ambientes, as sementes podem sofrer interrupções no processo de embebição, o que resulta nos ciclos de HD (MEIADO, 2013). Além do elevado índice de sobrevivência durante a dessecação (DUBROVSKY, 1996, 1998), os ciclos de HD podem proporcionar outras vantagens ou desvantagens durante o processo germinativo das sementes de algumas espécies. Nicolau (2020) observou que a hidratação descontínua em sementes de *Mimosa caesalpinifolia* e *Pityrocarpa moniliformis* prejudica a germinação e o vigor das plântulas sobre o estresse hídrico até -0,6 MPa, no entanto quando utilizamos dois ciclos em *P. moniliformis* favorece a germinação sob o estresse hídrico mais severo (-0,8 Mpa).

Já em espécies de ecossistemas quente e úmido, mais especificamente a Mata Amazônica, Silva et. al. (2020), verificou através de seus estudos que as sementes de *Ormosia grossa*, são sensíveis a baixo potencial osmótico, mas quando é submetida a mais de dois ciclos de HD, sua tolerância aumenta, também nota-se que esta semente apresenta memória hídrica. No Cerrado, com clima relativamente quente, Silva et al. (2019), observou que o condicionamento das sementes aumenta a longevidade, aumentando seu período viável no solo. Na Mata Atlântica com clima subtropical úmido ao sul e tropical úmido ao norte, que também propicia os ciclos de HD, que são mostrados nos resultados de Hora (2017), que observou em

seu trabalho que a espécie *Libidibia férrea* ao passar pelo hidrocondicionamento favorecem a germinação, tempo médio de germinação e o índice de sincronização.

O Pantanal com o clima tropical continental também trouxe benefícios as sementes da espécie *Parkinsonia praecox* segundo Azevedo (2020), que mostra em seus estudos que os ciclos de HD aumentaram a tolerância ao déficit hídrico, aumentando a velocidade e porcentagem de germinação. A partir dos estudos podemos observar que além do tempo médio de germinação, a hidratação descontínua pode influenciar outros parâmetros na germinação de sementes. Lima (2019) demonstrou que sementes de *Senna spectabilis* apresentam memória hídrica, uma vez que, após serem submetidas aos ciclos de HD tiveram maior comprimento da parte aérea, maior diâmetro do caule e maiores valores de massa seca de folhas, caule e raízes.

As sementes das espécies dos diferentes ecossistemas apresentam diferentes características que conferem a elas TD. Em um cenário futuro de mudanças climáticas as sementes dessas espécies irão estar sujeitas a maiores períodos e intensidades de estresse hídrico, o que pode comprometer a sobrevivência de suas populações. Com os resultados obtidos dessa revisão bibliográfica foi possível identificar que há uma crescente produção de trabalhos sobre como as plantas toleram a dessecação atualmente e também prever ações futuras para a conservação dessas espécies.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ecossistema está sujeito a mudanças sucessivas a partir de modificações ambientais, por este motivo a flora nativa precisa estar sempre em evolução para conseguir manter seu ciclo de vida. Através dessa revisão bibliográfica identificamos que os ciclos de HD, acontecem em decorrência de uma hidratação descontínua que pode ocasionar em algumas espécies, tolerância a dessecação é à “memória hídrica” nas sementes, que em algumas melhoras sua germinabilidade, velocidade de germinação, aumento do vigor das plântulas, assim aumentando suas chances de sobrevivência nesse local.

A partir da revisão a hidratação descontínua pode conferir melhorias no tempo, velocidade e germinação das sementes da maioria das espécies encontradas na revisão, podendo ter efeitos no aumento da tolerância das plântulas a estresses futuros durante o seu estabelecimento. As sementes das espécies desses ecossistemas apresentam uma série de ajustes fisiológicos na TD.

Porém, em um cenário de mudanças climáticas que prevê o aumento em 1,5 °C até 2100, menor índice pluviométrico para as áreas tropicais (IPCC, 2021). Vários questionamentos são

feitos em relação a aclimatação e adaptação das plantas nativas a esse novo cenário, caso se concretize.

1. Quais os efeitos da hidratação descontínua nas plântulas e nas outras fases do ciclo de vida das plantas?
2. As sementes das plantas nativas de outros biomas como o Pampa e outras fitofisionomias dos biomas AM, CAA, CE, MA e PT? Também passa por esses ciclos?
3. Quais os ajustes bioquímicos, fisiológicos, epigenéticos e envolvidos na aquisição e perda da TD?

REFERÊNCIAS

- ABSÁBER, A. N. **Domínios morfológicos atuais e quaternários na região dos Cerrados. Craton & Intracraton.** São José do Rio Preto, v. 14, n. 1, p. 1-33, 1981.
- ADÁMOLI, J. et al. **Caracterização da região dos Cerrados.** In: GOEDERT, W. J. (Ed.). Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. Brasília, DF: Embrapa-CPAC, p. 33-74, 1986.
- ALVES, J. J. A.; DE ARAÚJO, M. A. **Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica.** Revista Caatinga, p. 11, 2009.
- ARAÚJO FILHO, J. C. **Relação solo e paisagem no Bioma Caatinga.** undefined, 2011.
- ASSINE, M. L. **River avulsions on the Taquari megafan, Pantanal wetland, Brazil.** Geomorphology, Tropical Rivers. v. 70, n. 3, p. 357–371, 1 set. 2005.
- AZEVEDO, W. L. C. T. **Sementes de espécie do Chaco possuem memória hídrica como adaptação ao estresse.** Universidade Federal de Mato Grosso – UFMS, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Mestrado, Dissertação, 2020.
- BARKHORDARIAN, A. et al. **A Recent Systematic Increase in Vapor Pressure Deficit over Tropical South America.** Scientific Reports, v. 9, n. 1, p. 15331, 25 out. 2019.
- BARLOW, J. et al. **The future of hyperdiverse tropical ecosystems.** Nature, v. 559, n. 7715, p. 517–526, jul. 2018.
- BASTOS, T. X. **O clima da Amazônia brasileira segundo Koppen.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, nº 87, p. 2, novembro, 1992.
- BATTAGLIA, M. et al. **The Enigmatic LEA Proteins and Other Hydrophilins.** Plant Physiology, v. 148, n. 1, p. 6–24, 1 set. 2008.
- BERNARDES, L.M.C. **Os tipos de clima do Brasil.** Bol. Geogr. 9, 988–997, 1951.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of Development and Germination.** Plenum Press, New York. 445p., 1994.

- CARDOSO, V. J. M. **Germinação**. p. 386-408. In: KERBAUY, G. B. (Ed.). *Fisiologia Vegetal*. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, 2008.
- CASTRO, R. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M. **Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água**. p. 69-92. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Orgs.). *Germinação: do básico ao aplicado*. Artmed, Porto Alegre, 2004.
- CASTRO, R. A. **Hidratação descontínua como estratégia adaptativa de sementes da exótica invasora *Leucaena leucocephala* (LAM.) DE WIT (FABACEAE)**. Universidade Federal de Sergipe, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e pesquisa programada de pós graduação em ecologia e conservação, Dissertação, 2017.
- COPETE, E. et al. **Physiology, morphology and phenology of seed dormancy break and germination in the endemic Iberian species *Narcissus hispanicus* (Amaryllidaceae)**. *Annals of Botany*, v. 107, n. 6, p. 1003–1016, 1 maio 2011.
- DELGADO, L. F.; BARBEDO, C. J. **Tolerância à dessecação de sementes de espécies de *Eugenia***. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, p. 265–272, fev. 2007.
- DUBROVSKY, J. G. **Discontinuous Hydration as a Facultative Requirement for Seed Germination in Two Cactus Species of the Sonoran Desert**. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, v. 125, n. 1, p. 33–39, 1998.
- DUBROVSKY, J. G. **Seed hydration memory in Sonoran Desert cacti and its ecological implication**. *American journal of botany (USA)*, 1996.
- EIRA, M. T. S.; CALDAS, L. S. **Seed dormancy and germination as concurrent processes**. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 12, p. 85–104, 1 jan. 2000.
- FLORA DO BRASIL 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 28 mar. 2022.
- FREITAS, R. S.; MEIADO, M. V.; SILVA, E. C. **Seed discontinuous hydration does not benefit germination, but improves drought tolerance of *Triplaris gardneriana* seedlings**. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 43, e55992, 2021.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas associados no período de 1995–2000**, São Paulo, 2002.
- GALVÃO, M.V. **Atlas Nacional do Brasil**. IBGE, Rio de Janeiro, 100 pp, 1966.
- GIAROLA, V.; HOU, Q.; BARTELS, D. **Angiosperm Plant Desiccation Tolerance: Hints from Transcriptomics and Genome Sequencing**. *Trends Plant Science*, v. 22, n. 8, p. 705–717, 2017.
- GROOT S. P. C., SOEDA Y., STOOPEN G, KONINGS M. C. J. M., GEEST A. H. M. **Gene expression during loss and regaining of stress tolerance at seed priming and drying**. In: Nicolás G, Bradford KJ, Côme D, Pritchard HD, editors. *The biology of seeds: recent research advances*. Cambridge: CAB International; 2003.
- GUERRA, I.A.L.T. **Tipos de clima do Nordeste**. *Rev. Bras. Geogr.* 17, 449–496, 1955.

HOEKSTRA F.A., GOLOVINA E. A., NIJSSE, J. **What do we know about desiccation tolerance mechanism?** In: Nicolás G, Bradford KJ, Côme D, Pritchard HD, editors. *The biology of seeds: recent research advances*. Cambridge: CAB International; 2003.

HORA, I. S.; MEIADO, M. V. **Hidratação descontínua em sementes de pau-ferro afetando sua tolerância a fatores abióticos**. 27º Encontro de Iniciação Científica – EIC, Ciências Biológicas, 122, 2017.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Biomass continentais do Brasil**, 2004 Biomass do Brasil - 1:5 000 000. 2004.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **“Geoestatísticas” revelam patrimônio ambiental da Amazônia Legal**. Censo 2010, Comunicação Social, junho 2011.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Mapa de Biomass do Brasil - Primeira Aproximação, território**. 2004.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **1º Workshop sobre representação de biomass compatível com a escala 1:250 000: diretrizes para definição de limites. (relatório técnico)**, p. 6, 2018.

IPAM (Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia). **Quais são os impactos prováveis destas mudanças no nível global**. 2015.

IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas). **Aquecimento Global de 1,5°C**. Relatório Especial aprovado na Primeira Sessão Conjunta dos Grupos de Trabalho I, II e III do IPCC, e acatado pela 48ª Sessão do IPCC, em Incheon, República da Coreia, em 6 de outubro de 2018.

IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas). **Sexto Relatório de Avaliação, Grupo de Trabalho I - A Base da Ciência Física 2021**.

JUNIOR, J. L. S.; FREITAS, R. S.; SILVA, E. C. **Discontinuous hydration improves germination and drought tolerance in *Annona squamosa* seedlings**. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 3, e56710313706, 2021.

KOTTEK, M., GRIESER J., BECK C., RUDOLF B., RUBEL F., **World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated**. *Meteorol. Z.* 15, 259–263, 2006.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, SP: Rima, 2000.

LEAL, C. G.; CAMARA I. G. **The Atlantic Forest of South America: Biodiversity status, threats, and outlook**. The center for applied biodiversity science at conservation international, Island press, 2003.

LEDUC, S. N. M. **Indução de Tolerância à Dessecação e Variações de Carboidratos Solúveis em Sementes de *Caesalpinia echinata* Lam. (Pau-Brasil) durante a Maturação**. p. 117, 2007.

LIMA, A. T. **Does discontinuous hydration of *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) seeds confer tolerance to water stress during seed germination?** Journal of Seed Science, v.40, n.1, p.036-043, 2018.

LIMA, A. T.; DANTAS, B. F.; MEIADO, M. V. **Efeitos da hidratação descontínua na germinação e longevidade de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (VELL.) MORONG (FABACEAE) em banco no solo da Caatinga.** Congresso Nacional de Botânica, XII Encontro de Botânicos do Centro-Oeste, 2018.

LIMA, A. T.; MEIADO M. V. **Effect of hydration and dehydration cycles on *Mimosa tenuiflora* seeds during germination and initial development.** South African Journal of Botany 116 (2018) 164–167, 2018.

LIMA, A. T.; MEIADO, M. V. **Discontinuous hydration alters seed germination under stress of two populations of cactus that occur in different ecosystems in Northeast Brazil.** Seed Science Research, v. 27, n. 4, p. 292–302, dez. 2017.

LIMA, A. T. **Memória hídrica de sementes: implicações ecofisiológicas durante a germinação e o desenvolvimento inicial de espécies da Caatinga.** 5 fev. 2019.

LIMA, A. T.; OLIVEIRA, D. M.; MEIADO, M. V. **Effect of hydration and dehydration cycles on *Macroptilium atropurpureum* seeds germination under water deficit conditions.** ResearchGate, Article in communications in plant sciences. January 2018.

MANTOVANI, W. **A degradação dos biomas brasileiros.** In: W.C. Ribeiro (ed.). Patrimônio ambiental brasileiro. pp. 367- 439. Editora Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MEDEIROS, A. C. S. **Aspectos de dormência em sementes de espécies arbóreas.** Embrapa Florestas-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2001.

MEDEIROS, A. C. S.; EIRA, M. T. S. **Comportamento fisiológico, secagem e armazenamento de sementes florestais nativas.** 2006.

MEIADO, Marcos Vinicius. **Evidências de memória hídrica em sementes da Caatinga.** In: Anais do 64 Congresso Nacional de Botânica: botânica sempre viva. Belo Horizonte, Sociedade Botânica do Brasil. p. 89-94, 2013.

MENEZES, I. C. et al., **Avaliação de memória hídrica em sementes e plântulas de juazeiro sob déficit hídrico.** XIII Congresso de Ecologia, Múltiplas ecologias: evolução e diversidade, 2017.

MYERS, N., R.A. MITTERMEIER, C.G. MITTERMEIER, G.A.B. Fonseca, J. K. **Biodiversity hotspots for conservation priorities.** Nature 403: 853-845, 2000.

NASCIMENTO J. P. B.; DANTAS, B. F.; MEIADO, M. V. **Hydropriming changes temperature thresholds for seed germination of tree species from the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest.** *Journal of Seed Science*, v.43, e202143004, 2021.

NICOLAU, J. P. B. et al., **Discontinuous hydration on the germination of *Mimosa caesalpinifolia* and *Pityrocarpa moniliformis* seeds under water stress.** *Rev. Caatinga*, Mossoró, v. 33, n. 2, p. 555 – 561, abr. – jun., 2020.

NIMER, E.; BRANDÃO, A. M. P. M. **Balanço hídrico e clima da região dos Cerrados.** Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

OLIVEIRA, I. L. DE et al. **Agroecologia em áreas úmidas.** *Cadernos de Agroecologia*, v. 15, n. 2, 13 jun. 2020.

OLIVEIRA FILHO, A. T. D. et al. **Environmental factors affecting physiognomic and floristic variation in an area of cerrado in central Brazil.** *Journal of Tropical Ecology*, v. 5, n. 4, p. 413–431, nov. 1989.

OLIVEIRA, J. C. D. **Hidrocondicionamento, secagem e armazenamento em sementes de *Piptadenia moniliformis* BENTH.** Universidade Federal Rural do Semiárido, Pró-Reitoria de Graduação, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia. Monografia, 2019.

PEREIRA, B. A. DA S.; VENTUROLI, F.; CARVALHO, F. A. **Florestas estacionais no cerrado: uma visão geral.** *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 41, p. 446–455, set. 2011.

PEREIRA, G. et al. **Impactos climáticos das áreas alagadas no Bioma Pantanal.** 16 nov. 2010.

PEREIRA, M. R. R. et al. **Estresse hídrico induzido por soluções de PEG e de NaCl na germinação de sementes de nabiça e fedegoso.** *Bioscience Journal*, p. 687, 1 jan. 2014.

PERONI, N. HERNÁNDEZ, M. I. M. **Ecologia de Populações e Comunidades.** Copyright © 2011 Universidade Federal de Santa Catarina. *Biologia/EaD/UFSC*. 2011.

POPIGINIS, F. **Fisiologia da Semente.** Brasília, 1985.

PORSSE, A. et al. **Nota Técnica NEDUR-UFPR, Impactos Econômicos da COVID-19 no Brasil.** [s.l: s.n.], 2020.

REIS, R. C. R.; DANTAS, B. F.; PELACANI, C. R. **Mobilização de reservas e germinação de sementes de *Erythrina velutina* Willd. (Leguminosae - Papilionoideae) sob diferentes potenciais osmóticos.** *Revista Brasileira de Sementes*, v. 34, p. 580–588, 2012.

RIBEIRO, J. F., WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado.** p. 89-166. In: SANO, S. M., ALMEIDA, S. P. de. (ed.) *Cerrado: ambiente e flora.* Planaltina: Embrapa-CPAC. xii + 556p. 1998.

RITO K. F., ROCHA E. A., LEAL I. R., MEIADO M. V. **As sementes de mandacaru têm memória hídrica?** *Boletín de La Sociedad Latino americana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas* 6: 26-31, 2009.

SALES, F. et al. **Impacts of Protected Area Deforestation on Dry-Season Regional Climate in the Brazilian Amazon.** *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 125, 3 ago. 2020.

SANTANA, S. T. S. et al., **Avaliação de memória hídrica no jatobá através da análise de Tra, solutos orgânicos e danos membranares.** 27º Encontro de Iniciação Científica – EIC, Ciências Biológicas, 144, 2017.

SANO, E. et al. **Características gerais da paisagem do bioma Cerrado.** In: [s.l: s.n.]. p. 21–37, 2020.

SANTOS, C. S. **Mecanismos envolvidos na tolerância à dessecação em sementes e plântulas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S. Moore (Bignoniaceae).** 6 fev. 2019.

SANTOS, K. C.; DANTAS, B. F. **Efeito dos ciclos de hidratação e desidratação em sementes de diferentes lotes de *Aspidosperma pyrifolium* Mart.** Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Laboratório de Fisiologia de Sementes, 2019.

SANTOS, K. C. DOS; DANTAS, B. F. **Influência da hidratação descontínua em sementes armazenadas de *Aspidosperma pyrifolium* Mart.** Zucc. Revista Agronomia Brasileira, v. 5, n. 2021, 2021.

SBRUSSI, C. A. G.; ZUCARELI, C. **Germinação sob altas temperaturas para avaliação do potencial fisiológico de sementes de milho.** Ciência Rural, Santa Maria, v.45, n.10, p.1736-1741, out, 2015.

SCARANO, F. R.; CEOTTO, P. **Brazilian Atlantic Forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change.** Biodiversity and Conservation, v. 24, n. 9, p. 2319–2331, 1 set. 2015.

SENRA, C.A.F. **Koppen e Serebrenick – Climas da Bacia do Rio São Francisco.** Rev. Bras. Geogr. 16, 370– 383, 1954.

SILVA, E. J. S. **Hidratação descontínua: aprimoramento da expressão do potencial fisiológico de sementes de *Ormosia grossa* Rudd e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby em condição de estresse hídrico.** Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Dissertação, 2021.

SILVA, E. J. S. et al., **Memória hídrica de sementes em espécie florestal amazônica como garantia de germinação em condição de estresse hídrico.** XXII Encontro de Pós Graduação, 6º semana integrada, 2020.

SILVA, G. H. et al., **Effect of Priming on Physiological Quality of *Handroanthus serratifolius* (Vahl.) Seeds.** Journal of Experimental Agriculture International, 2019.

SILVA, J. S. **A influência da hidratação descontínua na germinação de sementes de *Senna Obtusifolia* (L.) H.S. IRWIN & BARNEBY (FABACEAE),** Congresso Nacional de Botânica, XII Encontro de Botânicos do Centro-Oeste, 2018.

SILVA, M. P. D. et al., **Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo.** Brazilian Journal of Botany, 23, 143-152, 2000.

- SOUZA, C. A.; LANI, J. L.; SOUSA, J. B. Origem e Evolução do Pantanal Mato-Grossense. **VI Simpósio nacional de geomorfologia/regionalconferencegeomorphology. Geomorfologia tropical e subtropical: processos, métodos e técnicas/Tropical and subtropical geomorpholog: processesmethodsandtechniques. Goiânia**, v. 6, p. 6-10, 2006.
- STEHMANN, João Renato et al., **Plantas da floresta Atlântica**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2009.
- VIEIRA, M.C. **Elementos de Geografia e Cartografia**. Bol. Geogr. 18, 268–333, 1960.
- VIRGENS, I. V. **Avaliação Fisiológica e Bioquímica da Germinação de Sementes de Myracrodruon urundeuva Fr. All. (ANACARDIACEAE) Sob Diferentes Condições Abióticas**. Feira de Santana, BA. 2019.
- WALTERS, C. **Levels of recalcitrance in seeds**. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, v. 12, p. 7–21, 1 jan. 2000.
- WILLADINO, L. et al. **Mechanisms of tolerance to salinity in banana: physiological, biochemical, and molecular aspects**. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 39, 22 maio 2017.
- WILLIAMS, K. J. et al. **Forests of East Australia: The 35th Biodiversity Hotspot**. In: ZACHOS, F. E.; HABEL, J. C. (Eds.). Biodiversity Hotspots. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, p. 295–310, 2011.
- WYSE, S. V.; DICKIE, J. B. **Ecological correlates of seed dormancy differ among dormancy types: a case study in the legumes**. New Phytologist, v. 217, n. 2, p. 477–479, 2018.
- YOUNG, C. E. F. **Desmatamento e desemprego rural na Mata Atlântica**. Floresta e Ambiente, V.13, n.2, p. 75 - 88, 2006.