



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS IPORÁ**

BACHARELADO EM AGRONOMIA

MEMÓRIA DE PLANTAS AO ESTRESSE HÍDRICO

NATHÁLIA SOUSA SILVA RODRIGUES

Iporá, GO

2024

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CÂMPUS IPORÁ**

BACHARELADO EM AGRONOMIA

MEMÓRIA DE PLANTAS AO ESTRESSE HÍDRICO

NATHÁLIA SOUSA SILVA RODRIGUES

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano Câmpus Iporá, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr(a). Silvia Sanielle Costa de Oliveira

Iporá – GO

Junho, 2024

RR696m Rodrigues, Nathália Sousa Silva Rodrigues
Memória de Plantas ao Extresse Hídrico / Nathália
Sousa Silva Rodrigues Rodrigues; orientadora Silvia
Sanielle Costa de Oliveira Sanielle. -- Iporá, 2024.
19 p.

TCC (Graduação em Agronomia) -- Instituto Federal
Goiano, Campus Iporá, 2024.

1. Seca. 2. Priming . 3. Respostas Fisiológicas.
4. Aclimação. I. Sanielle, Silvia Sanielle Costa de
Oliveira, orient. II. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS IPORÁ

NATHÁLIA SOUSA SILVA RODRIGUES

MEMÓRIA DE PLANTAS AO ESTRESSE HÍDRICO

Trabalho de Curso defendido e APROVADO em 13 / 06 / 2024 pela banca examinadora constituída pelos membros:


Dr. SHELIO JULIO SILVA CRUZ
IF Goiano – Campus Iporá


Dra. VANESSA DE FATIMA GRAH PONCIANO
IF Goiano – Campus Iporá


Dra. SILVIA SANIELLE COSTA DE OLIVEIRA - Orientadora
IF Goiano – Campus Iporá

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese (doutorado) | ☐ Artigo científico |
| ☐ Dissertação (mestrado) | ☐ Capítulo de livro |
| ☐ Monografia (especialização) | ☐ Livro |
| ☒ TCC (graduação) | ☐ Trabalho apresentado em evento |

☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Local

/ /

Data


Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:



Documento assinado digitalmente
SILVIA SAMUELLE COSTA DE OLIVEIRA
Data: 27/01/2025 09:58:26 -0300
Verifique em <https://validar.ifg.gov.br>



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS IPORÁ

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 13 dias do mês de JUNHO do ano de dois mil e VINTE e QUATRO, realizou-se a defesa de Trabalho de Curso da acadêmica **NATHALIA SOUSA SILVA RODRIGUES**, do Curso de Bacharelado em Agronomia, matrícula 2020105200240147, cuja monografia intitula-se "**MEMÓRIA DE PLANTAS AO ESTRESSE HÍDRICO**". A defesa iniciou-se às 09 horas e 05 minutos, finalizando-se às 10 horas e 48 minutos. A banca examinadora considerou o trabalho APROVADO com média 8 no trabalho escrito, média 8,2 no trabalho oral apresentando assim, média aritmética final de 8,1 pontos, estando APTA para fins de conclusão do Trabalho de Curso.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o(a) acadêmico(a) deverá fazer a entrega da versão final corrigida em formato digital (Word e PDF) acompanhado do termo de autorização para publicação eletrônica (devidamente assinado pelo autor), para posterior inserção no Sistema de Gerenciamento do Acervo e acesso ao usuário via internet. Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.

SILVIA SANIELLE COSTA DE OLIVEIRA
(Presidente da Banca)

SIHELIO JULIO SILVA CRUZ
(Banca Examinadora)

VANESSA DE FÁTIMA GRAH POCIANO
(Banca Examinadora)

SUMÁRIO

SUMÁRIO	7
1 INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 ESTABELECIMENTO DO REGISTRO DA MEMÓRIA.....	11
2.2 MEMÓRIA AO ESTRESSE	13
3 MUDANÇAS GENÔMICAS	14
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

RESUMO

RODRIGUES, Nathália Sousa Silva. **Memória de plantas ao estresse hídrico** 2024. 58p
Revisão de Literatura (Curso de Bacharelado de Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Iporá, Iporá, GO, 2024.

As plantas estão continuamente expostas a mudanças ambientais, e o estresse hídrico é um dos fatores críticos que afetam seu desenvolvimento e produtividade. Nas últimas décadas, o entendimento de como as plantas percebem os sinais ambientais evoluiu, revelando que as plantas possuem a capacidade de desenvolver uma "memória" de exposição, permitindo-lhes responder de maneira mais eficiente a eventos futuros semelhantes. Isto abrange os mecanismos que convertem sinais de estresse ambiental em vias de sinalização celular e redes de transcrição genética, mediada por alterações epigenéticas, fisiológicas e metabólicas. Através da exposição prévia a um fator desencadeante, para uma resposta a adaptação das plantas a estresses bióticos ou abióticos que pode ocorrer mais tarde, o Priming tem sido proposto como base para a memória do estresse nas plantas. Essa memória induzida pelo priming pode persistir na geração atual ou mesmo na progênie. A importância da memória ao estresse no aumento da tolerância ao estresse abiótico está bem estabelecida em diversas culturas, e a capacidade das plantas de reter memórias relacionadas ao estresse tem sido associada a diversos mecanismos vegetais como mudanças morfológicas e moleculares, que auxiliam na adaptação das plantas à seca, como modificações nas histonas e metilação do DNA, a regulação do fechamento estomático e acúmulo de compostos osmoprotetores. Desta forma, para compreender sobre as mudanças nas plantas, visando a criação de uma alternativa, para auxiliar na diminuição de problemas, esta revisão com uma abordagem ampla, buscou evidenciar sobre os fundamentos da memória do estresse hídrico nas plantas.

Palavras-chave: Mudanças epigenéticas, priming, respostas fisiológica, adaptação.

ABSTRACT

RODRIGUES, Nathália Sousa Silva. **Plant memory to water stress** 2024. 58p Literature Review (Bachelor's Degree in Agronomy). Federal Institute of Education, Science and Technology Goiano – Câmpus Iporá, Iporá, GO, 2024.

Plants are continually exposed to environmental changes, and water stress is one of the critical factors that affect their development and productivity. In recent decades, understanding of how plants perceive environmental signals has evolved, revealing that plants possess the ability to develop an exposure "memory", allowing them to respond more efficiently to similar future events. This encompasses the mechanisms that convert environmental stress signals into cellular signaling pathways and genetic transcription networks, mediated by epigenetic, physiological and metabolic changes. Through prior exposure to a triggering factor, for a plant adaptation response to biotic or abiotic stresses that may occur later, Priming has been proposed as the basis for stress memory in plants. This priming-induced memory may persist in the current generation or even in progeny. The importance of stress memory in increasing tolerance to abiotic stress is well established in several cultures, and the ability of plants to retain stress-related memories has been associated with several plant mechanisms such as morphological and molecular changes, which help in plant adaptation. to drought, such as modifications in histones and DNA methylation, regulation of stomatal closure and accumulation of osmoprotective compounds. Therefore, to understand the changes in plants, aiming to create an alternative to help reduce problems, this review, with a broad approach, sought to highlight the foundations of water stress memory in plants.

Keywords: Epigenetic changes, priming, physiological responses, adaptation.

1 INTRODUÇÃO

Situações estressantes abióticas e bióticas são desafios constantes durante toda a vida da planta. As mudanças ambientais são bastante imprevisíveis, dependendo da duração, frequência de ocorrência e intensidade, as plantas podem enfrentar diferentes níveis de condições de estresse. Cada vez mais, tem sido reconhecida a capacidade das plantas de se prepararem para melhorar as respostas indutíveis ao estresse, um processo conhecido como primabilidade, para um estresse subsequente, no qual uma primeira experiência de estresse pode preparar o organismo para uma melhoria da resposta a um estresse subsequente. Esses efeitos de priming são por resposta de processos metabólicos de memória, afetando as respostas das plantas aos próximos novos eventos estressantes potenciais (Maserti et al., 2021)

O estresse hídrico tem sido relatado como um dos fatores de estresse abiótico mais destrutivos a nível mundial e gera um enorme impacto negativo na produção agrícola (Koua et al. 2021). A seca agrícola, pode se relacionar com o déficit de umidade na parte superior de cerca de um metro do solo, geralmente na zona radicular, impactando assim as culturas (Trenberth et al. 2014). Uma meta-análise de dados recolhidos entre 1980 e 2015 mostrou que o estresse hídrico promove reduções de 40% no rendimento do milho e de 21% no rendimento do trigo (Daryanto et al. 2016). Entre os anos de 2005 e 2015, as perdas econômicas induzidas pela seca foram estimadas em cerca de 29 mil milhões de dólares (Trenberth et al. 2014; FAO 2021).

A falta de água pode proporcionar inúmeras consequências negativas nas plantas, e essa ausência pode ocorrer em todos os estágios de crescimento e influenciar as relações hídricas da planta em todos os níveis, incluindo toda a planta, órgãos, níveis celulares e moleculares (Muscolo et al. 2015).

Devido às frequentes mudanças climáticas e condições extremas que ocorreram recentemente, as plantas provavelmente serão expostas a múltiplos estresses abióticos durante todo seu desenvolvimento, em vez de eventos de estresse únicos (Li e Liu 2016). Para sobreviver ao estresse e adaptar-se a ambientes adversos, as plantas têm de encontrar formas adequadas de responder a estresses recorrentes. Foi observado que a pré-exposição a um estresse biótico ou abiótico leve pode preparar as plantas para exposições subsequentes a estresse severo (Ramírez et al. 2015). A expressão “preparação de plantas” é geralmente usada no contexto de estresses para a aplicação de produtos químicos na primeira exposição, enquanto o processo semelhante é denominado “endurecimento” ou “aclimatação” no contexto de estresse abiótico (Avramova 2015).

Diversas pesquisas foram desenvolvidas e metodologias foram testadas para elucidar e conhecer os mecanismos de memória de estresse. Os resultados mostram que a memória do estresse está envolvida em modificações em diferentes níveis, incluindo níveis morfológicos, fisiológicos, transcricionais, translacionais e epigenéticos (Sun et al. 2018).

Assim, nessa revisão será abordado como ocorre registros de memória nas plantas e suas respostas, visando melhor entendimento da evolução e suas defesas contra agentes promotores de estresses abióticos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ESTABELECIMENTO DO REGISTRO DA MEMÓRIA

Na maioria das vezes, as plantas na natureza respondem a estímulos simultâneos e/ou subsequentes por meio de modificações em seu metabolismo, obtendo alterações no seu crescimento. Desta forma, as respostas anteriores podem afetar as subsequentes, o que é referido como priming quando se fala em interações ou adaptações, quando o desempenho da planta é melhorado sob estímulos abióticos não letais recorrentes ou cruzados, como seca, alta ou baixa temperatura e luz excessiva ou baixa (Galviz et al., 2020).

A memória do primeiro estresse (priming) e a recuperação da informação lembrada após o encontro com o estresse posterior são necessárias se houver um período prolongado sem estresse entre os dois eventos de estresse. A memória requer armazenamento de informações, o que nas plantas é realizado sem sistema nervoso e/ou cérebro central. As respostas das plantas (figura 1) dependem não apenas da capacidade intrínseca da planta para lidar com um estresse específico, mas também das condições do ambiente e da disponibilidade de simbioses (Douma et al., 2019).

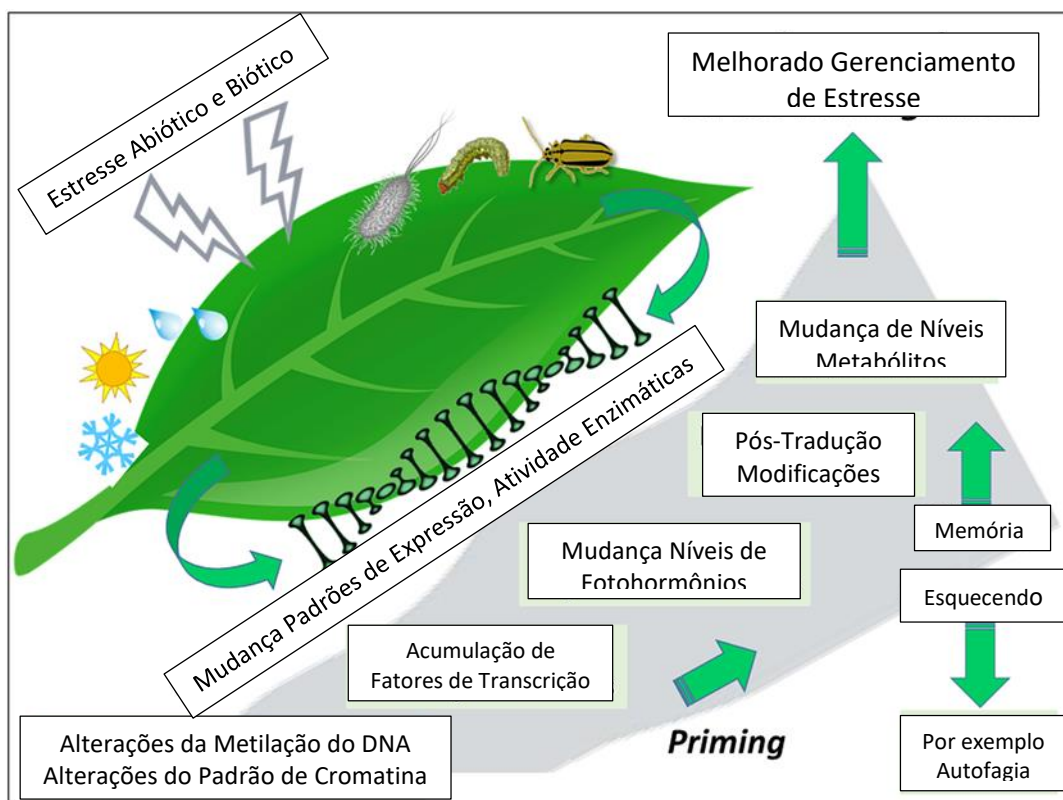


Figura 1. Visão geral das respostas das plantas ao estresse. Fonte: Hilker, M.e Schmülling, T., (2019)

As plantas podem seguir pelo menos três caminhos diferentes desde a percepção do estímulo até a resposta final: um direto, ocorrendo quase imediatamente com não dependência de estímulo anterior; e dois caminhos dependentes da memória, que são aprendizagem e armazenamento/recordação. Esses três caminhos podem ser totalmente independentes um do outro ou compartilhar algumas conexões (Galviz et al., 2020).

Os primeiros mecanismos moleculares que foram descritos sobre o processo da memória das plantas, se baseavam nas alterações dos níveis de metabólitos de sinalização e alguns fatores de transcrição. Essas mudanças podem explicar como o metabolismo das plantas é alterado e mantido mesmo após o final do período de estresse e como as plantas lidam com a exposição recorrente ao estresse. Assim, foi sugerido que o primeiro evento de estresse poderia desencadear acúmulo ou modificação pós-tradução de uma ou mais sinalizações de proteínas que, após serem sintetizadas ou modificadas, permanecem inativas. Isso permitiria uma resposta aprimorada ao perceber o segundo evento de sinalização, devido a uma hiperativação da proteína de sinalização (Galviz et al., 2020).

As respostas transcricionais resultantes de uma primeira exposição a um estímulo podem durar e induzir mudanças sustentadas na expressão gênica (ativação ou repressão) ou uma resposta modificada como hiperindução após um estímulo secundário. Os fitohormônios também foram identificados como moléculas importantes nas respostas de memória das plantas.

Vários estudos mostram que a exposição prévia a estresses afeta a síntese/degradação de giberelina (GA), ácido abscísico (ABA) e ácido salicílico (SA) em plantas (Galviz et al., 2020). Por outro lado, alguns fitohormônios podem causar modificações epigenéticas. Alguns hormônios vegetais têm efeitos significativos no empacotamento da cromatina, que é conciliado pela metilação do DNA e modificações de histonas (Turgut-Kara et al. 2020).

Em geral, as alterações epigenéticas e a ação hormonal estão correlacionadas entre si e uma não é apenas resultado da outra. Hormônios e mecanismos de memória epigenética podem operar juntos, gerando respostas a muitos estímulos externos. A modificação epigenética pode variar devido à natureza do estímulo e incluir mudanças no estado da cromatina, que podem ser responsáveis por mudanças na cauda das histonas, controle da expressão gênica por meio da metilação e desmetilação do DNA ou inativação de pequenos RNAs da RNA polimerase II e outros RNAs não codificantes (Turgut-Kara et al. 2020).

2.2 MEMÓRIA AO ESTRESSE

A riqueza de evidências sobre a memória das plantas sugere uma regulação complexa no nível molecular. A regulação fina exibida pelos efeitos da memória é provavelmente mediada por uma combinação de elementos genéticos e epigenéticos, que resultam em uma variedade de respostas plásticas internas e transgeracionais (Sharma et al. 2022).

A epigenética descreve padrões hereditários de variação fenotípica que não são exclusivamente atribuíveis a diferenças na sequência de DNA. Nas plantas, as modificações de histonas e a metilação do DNA são herdadas por meio de divisões celulares (mitose). No entanto, muitas plantas podem contornar o processo proliferando parcial ou mesmo exclusivamente por propagação vegetativa, e não se sabe se as plantas sofrem desmetilação em todo o genoma em células germinativas. Em *Arabidopsis*, a metilação do DNA pode ser herdada por meio de divisões celulares meióticas. Portanto, é altamente concebível que a transmissão mitótica e meiótica de modificações epigenéticas induzidas por estresse possa ocorrer em plantas superiores (Crisp et al., 2016).

As alterações na metilação do DNA podem ser induzidas por seca, inundação, limitação de nutrientes, choque de temperatura, infecção por patógenos, alta salinidade, exposição a metais pesados, radiação ultravioleta e herbivoria. Os padrões de modificação de histonas também são perturbados pela exposição ambiental e associados à expressão alterada. De fato, a dinâmica da cromatina em genes induzíveis pela seca durante a transição da ativação para a inativação pode mudar em poucas horas, semelhante às respostas transcrpcionais (Crisp et al., 2016).

A cromatina e a abundância de RNA interferente pequeno (siRNA) também mudam em resposta às condições ambientais. Vários exemplos de siRNAs ambientalmente responsivos foram relatados. Significativamente, o estresse, como temperatura elevada, pode ativar transcricionalmente locos cromossômicos normalmente silenciados pela cromatina repressiva. O estado transcricional dos genes também pode afetar e ser afetado por transposons próximos que respondem a mudanças nas condições ambientais. Evidências em arroz (*Oryza sativa*) e *Arabidopsis* destacam que o estresse fosfato pode desencadear a variação da cromatina quase inteiramente visando elementos transponíveis próximos aos genes (Secco et al., 2015).

Trabalho pioneiro em *Arabidopsis thaliana* e *Zea mays* mostrou que as plantas apresentam uma memória de estresse transcricional em resposta a múltiplas exposições à seca, revelando a existência de genes de memória. Esses genes são definidos como produzindo diferentes níveis de transcritos em resposta ao primeiro e ao segundo estresse, mas níveis basais de transcritos semelhantes aos das plantas não preparadas durante o período de recuperação (Jacques et al., 2021).

Assim, a memória é confirmada como um processo descentralizado que ocorre dentro de cada célula. No entanto, as respostas das plantas podem ocorrer não apenas no nível de uma única célula, mas também no nível do organismo multicelular inteiro. Então, células individuais são capazes de armazenar informações e, ao mesmo tempo, toda a planta pode ter memórias permanentes (Galviz et al., 2020).

3 MUDANÇAS GENÔMICAS

Os genótipos de arroz de terras altas e baixas (*Oryza sativa* L.) resultaram de longos períodos de seleção natural, sob diferentes condições hídricas e diferem muito em sua tolerância ao estresse hídrico. O arroz de terras baixas é cultivado em arrozais e o arroz de terras altas é cultivado em condições aeróbicas de campo. As respostas diferenciais ao estresse abiótico entre genótipos de arroz de terras altas e de terras baixas foram investigadas em níveis bioquímicos e moleculares e, especificamente, em ABA metabolismo, indicando o potencial comportamento diferencial entre os genótipos sob condições de seca (Auler et al., 2021).

Foram investigados dois genótipos de arroz (*Oryza sativa* L.), BRS Querência (várzea) e AN Cambara (serra). Ambos os genótipos pertencem à mesma subespécie (*indica*), apresentando características morfológicas semelhantes e ciclo vegetativo precoce, proporcionando assim uma base adequada para comparações experimentais.

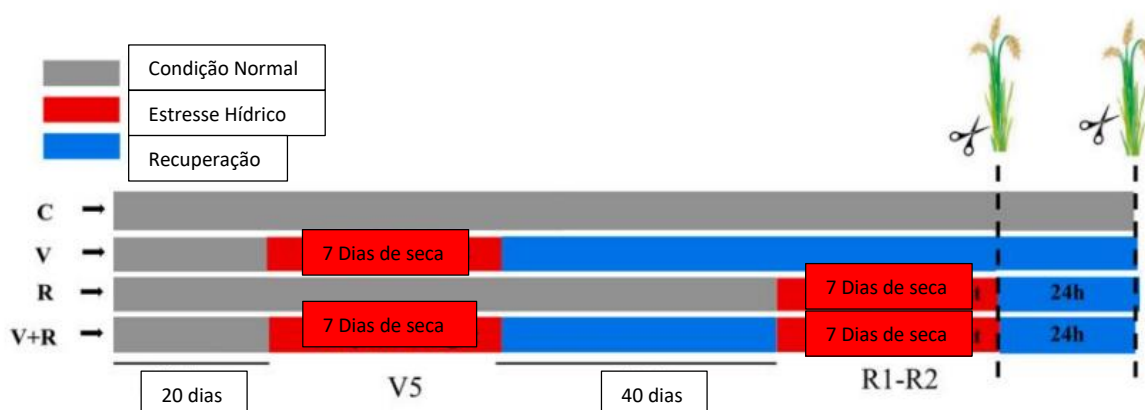


Figura 6. Delineamento experimental dos tratamentos realizados nos dois genótipos de arroz BRS Querência (várzea) e AN Cambara (serra). C: tratamento controle; V: seca aplicada na fase vegetativa; R: seca aplicada na fase reprodutiva; V + R: seca aplicada nas fases vegetativa e reprodutiva. Após a primeira colheita (fase reprodutiva), todos os tratamentos foram irrigados novamente e nova colheita foi realizada 24 horas depois. V5: estágio fenológico com cinco folhas maduras; R1-R2: início da fase reprodutiva (tesoura representa a época da colheita). Fonte: Auler et al. (2021).

Na escala fisiológica Auler et al. (2021), analisaram seis variáveis, como fotossíntese (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) e eficiência do uso da água (EUA), CTR (conteúdo relativo de água nas folhas) e parâmetros de eficiência fotoquímica. Quantificação relativa dos genes que codificam as proteínas D1 e D2 do centro de reação do PSII versus taxa fotossintética é interessante notar que a diferença na expressão desses genes entre os genótipos foi encontrada quando as plantas foram submetidas à seca na fase reprodutiva (R) (Fig. 7B, C, D e F). Uma única exposição à seca no estágio vegetativo (V) diminuiu a expressão de PsbD2 e PsbDA em ambos os genótipos (Fig. 7B e C). No entanto, todos os três genes tiveram sua expressão reprimida, quando o estresse hídrico foi aplicado na fase reprodutiva (R), embora a expressão fosse menor no genótipo das terras baixas em relação para o genótipo de terras altas. Curiosamente, o duplo estresse hídrico (V + R) aumentou a expressão de todos os três genes em ambos os genótipos, em comparação com os tratamentos V e R (Fig. 7A-C). Além disso, a regulação negativa dos genes observada em plantas expostas à seca apenas no estágio reprodutivo (R) também coincide com a menor taxa F_v / F_m (rendimento quântico máximo de PSII) entre os tratamentos em ambos os genótipos (Fig. 7A-C).

Após a reidratação, em ambos os genótipos, os genes das plantas sob tratamento V + R apresentaram expressão equivalente à das plantas controle, bem como elevada taxa F_v / F_m (em relação ao período de seca). Em plantas sob seca em evento único no estágio reprodutivo (R),

a expressão gênica permaneceu baixa, especialmente a de PsbD e PsbDA no genótipo de terras altas (Fig. 7D-F).

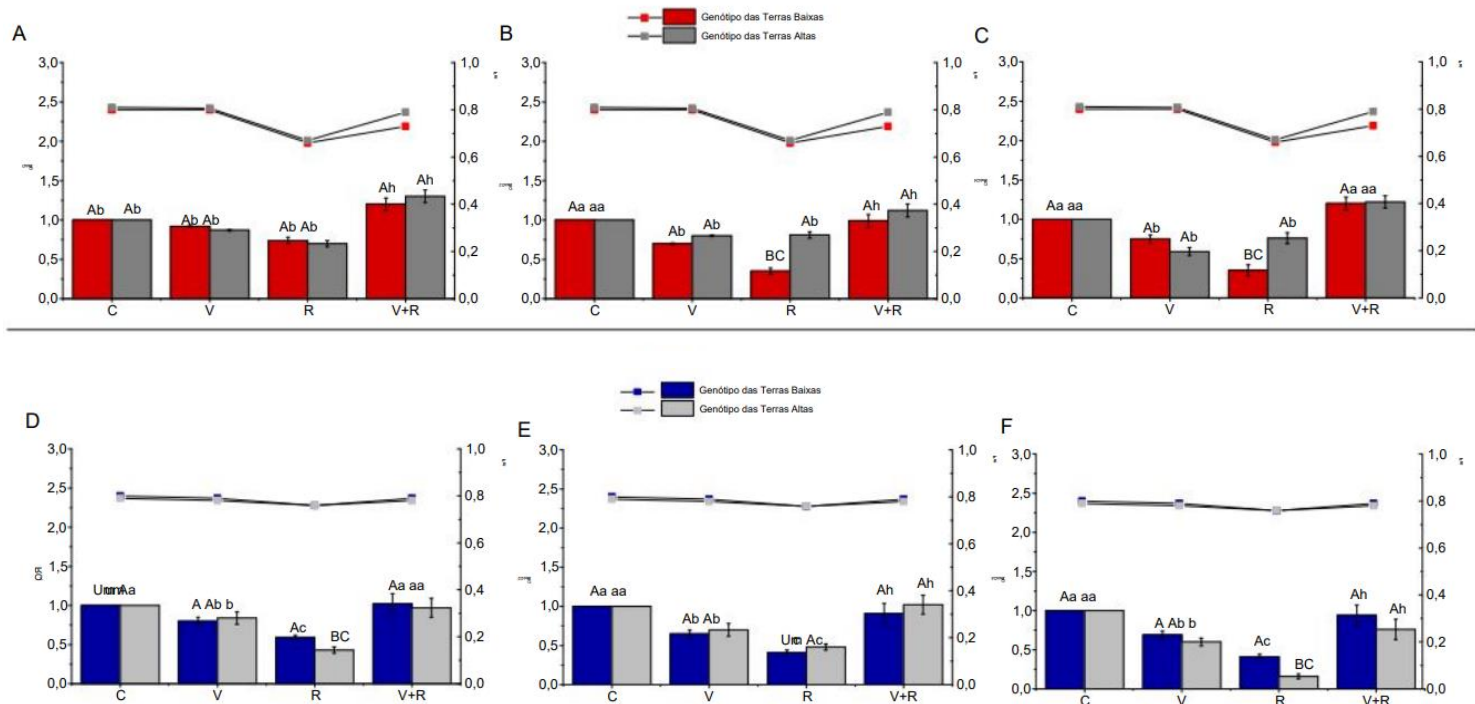


Figura 7. Expressão de genes (PsbD, PsbD2 e PsbDA) que codificam proteínas do centro de reação PSII e razão Fv/Fm (valor que está relacionado ao rendimento quântico máximo de PSII) (linha + símbolo) em diferentes tratamentos após seca (A, B e C) em BRS Querência (várzea) e AN Cambara (serra) e após 24 h de reidratação (D, E e F). Os valores são representados pela média de cada tratamento $\pm$ DP (n = 3 para RQ e n = 9 para A). Médias seguidas de letras maiúsculas iguais não diferem estatisticamente dentro dos genótipos e letras minúsculas não diferem entre os diferentes tratamentos. Fonte: Auler et al. (2021)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desta forma, a memória de plantas ao estresse hídrico representa um campo emergente e promissor na pesquisa científica, com implicações significativas para a agricultura, pois pode auxiliar em uma produção mais sustentável, otimizando a utilização da água e também melhorando a resistência das culturas. Além disso, estudo permitiu evidenciar que as plantas possuem mecanismos de memória moleculares que as capacitam a responder de maneira mais eficiente a eventos de estresse hídrico subsequentes. Esses mecanismos incluem alterações epigenéticas, acúmulo de proteínas de resposta ao estresse e a ativação de vias metabólicas específicas. Com a identificação desses mecanismos, é possível melhorar a adaptação das plantas ao estresse.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AULER, Priscila Ariane; SOUZA, Gustavo Maia; ENGELA, Marcela Regina Gonçalves da Silva; AMARAL, Marcelo Nogueira; ROSSATTO, Tatiana; SILVA, Maria Gabriella Ziglio; FURLAN, Cláudia Maria; MASERTI, Bianca Elena; BRAGA, Eugênia Jacira Bolacel. Stress memory of physiological, biochemical and metabolomic responses in two different rice genotypes under drought stress: The scale matters. **Plant Science**, v. 311, n. 110994, Out. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168945221001904>. Acesso em: 3 maio 2024.

AVRAMOVA, Zoya. Transcriptional ‘memory’ of a stress: transient chromatin and memory (epigenetic) marks at stress-response genes. **The Plant Journal**. Vol 83, pág 149–159, Mar 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/tpj.12832>. Acesso em 5 maio 2024.

CRISP, Peter A.; EICHTEN, Steven R.; BOREVITZ, Justin O.; POGSON, Barry J. Reconsidering plant memory: Intersections between stress recovery, RNA turnover, and epigenetics. **Science Advances**. Vol. 2, pág. 2; Fevereiro 2016. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1501340>.

D. SECCO, C. WANG, H. SHOU, MD SCHULTZ, S. CHIARENZA, L. NUSSAUME, JR ECKER, J. WHELAN, R. LISTER, A expressão gênica induzida por estresse impulsiona mudanças transitórias de metilação do DNA em elementos repetitivos adjacentes. *eLife* 4, e09343 (2015).

DARYANTO, Sthefani; WANG, Lixin; JACINTHE, Pierre-André. Global Synthesis of Drought Effects on Maize and Wheat Production. **PLOS ONE**. Maio 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156362>. Acesso em 5 maio 2024.

DOUMA, Jacob C.; VRIES, Jorad; POELMA, Erik H.; DICKE, Marcel; ANTEN, Niels. P. R.; e EVERS, Jochem B. Ecological significance of light quality in optimising plant defence. **Plant, Cell & Environment**. Vol 42, pág. 1065–1077, Mar 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6392137/>. Acesso em 5 maio 2024.

FAO. Making agrifood systems more resilient to shocks and stresses. **THE STATE OF FOOD AND AGRICULTURE 2021**. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cb4476en>. Acesso em 5 maio 2024

GALVIZ, Yutcelia C. F.; RIBEIRO, Rafael V.; SOUZA, Gustavo M. Yes, plants do have memory. **Theor. Exp. Plant Physiol.** Vol.32, pág 195–202; Maio 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40626-020-00181-y>

HILKER, Monika; SCHMULLING, Thomas. Stress priming, memory, and signalling in plants. **Plant, Cell & Environment**, v. 42, Fev 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/pce.13526>. Acesso em: 3 maio 2024.

JACQUES, Cécile; SALON, Christophe; BARNARD, Romain L.; VERNOUD, Vanessa e PRUDENT, Marion. Drought Stress Memory at the Plant Cycle Level: A Review. **Journals Plants**, v.10, edi.9, Set 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098847218300844>. Acesso em 3 maio 2024.

KOUA, Ahossi Patrice; OYIGA, Benedict Chijioke; BAIG, Mirza Majid; LEON, Jens; BALLVORA, Agim. Breeding Driven Enrichment of Genetic Variation for Key Yield Components and Grain Starch Content Under Drought Stress in Winter Wheat. **Frontiers in Plant Science**. Vol 12, Ago 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.684205>. Acesso em 5 maio 2024.

LI, Xiannan e LIU, Fulai. Drought stress memory and drought stress tolerance in plants: biochemical and molecular basis. **Drought stress tolerance in plants 1**. Capítulo, pág. 17–44, Maio 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-28899-4_2. Acesso em 5 maio 2024.

MUSCOLO A.; JUNKER A.; KLUKAS C.; WEIGELT-FISCHER K.; RIEWE D.; ALTMANN T. Phenotypic and metabolic responses to drought and salinity of four contrasting lentil accessions. **Journal of Experimental Botany**. Vol. 66; Edi 18, pág. 5467–5480, Maio 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jxb/erv208>. Acesso em 5 maio 2024.

RAMÍREZ DA, ROLANDO JL, YACTAYO W., MONNEVEUX P., MARES V., QUIROZ R. Improving potato drought tolerance through the induction of long-term water stress memory. **Plant Science**. Vol. 238, pág. 26–32, Set 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2015.05.016>. Acesso em 5 maio 2024.

SHARMA M, KUMAR P, VERMA V, SHARMA R, BHARGAVA B, IRFAN M. Understanding plant stress memory response for abiotic stress resilience: molecular insights and prospects. **Plant Physiology and Biochemistry**. Vol. 179, pág. 10–24, Maio 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0981942822001164>.

SUN, RZ.; LIN, CT.; ZHANG, XF.; DUAN, LX.; QI, XQ.; GONG, YH.; DENG, X. Acclimation-induced metabolic reprogramming contributes to rapid desiccation tolerance acquisition in *Boea hygrometrica*. **Environmental and Experimental Botany**. Vol. 148, pág. 70–84, Abril 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.01.008>. Acesso em 5 maio 2024.

TRENBERTH, Kevin E.; AIGUO, Dai; SCHRIER, Gerard van der; JONES, Filipe D.; BARICHIVICH, Jonathan; BRIFFA, Keith R. e SHEFFIELD, Justin. Trenberth KE, Dai A, van der Schrier G, Jones PD, Barichivich J, Briffa KR, Sheffield J (2014) Aquecimento global e mudanças na seca. *Mudanças Climáticas Nat* 4. Pág.17–22, Dez 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nclimate2067>. Acesso em 5 maio 2024