

RESPOSTAS BIOQUÍMICAS DE GENÓTIPOS DE AMARANTO (*Amaranthus spp.*) SOB ESTRESSE HÍDRICO

KARINA CARDOSO AMARAL¹; LARISSA ALVES RODRIGUES²;
SILVIA LETÍCIA RIVERO MEZA³; BETINA BUENO PERES⁴; RUAN BERNARDY⁵;
MAURÍCIO DE OLIVEIRA⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – cardosoamaralkarina@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – larissaalvesrodrigues23@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – silvialrmezaufpel@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – betinabuenop@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – ruanbernardy@yahoo.com.br

⁶Universidade Federal de Pelotas – mauricio@labgraos.com.br

1. INTRODUÇÃO

O amaranto (*Amaranthus spp.*), originário da região andina da América do Sul, é um pseudocereal de grande relevância histórica e nutricional. Por milênios, foi cultivado e consumido por civilizações pré-colombianas, que o consideravam sagrado em função de seu valor alimentar e de sua resistência a condições adversas (DAS, 2016). Entre as espécies domesticadas para a produção de grãos se destacam as *A. caudatus*, *A. cruentus* e *A. hypochondriacus*, enquanto no sul da Ásia ganharam destaque as espécies folhosas como a *A. tricolor* e *A. viridis* (DAS, 2016). É importante destacar que todas as variedades de amaranto produtoras de grãos também oferecem folhas comestíveis em estágio jovem, ampliando sua versatilidade alimentar.

O interesse mundial pelo amaranto tem crescido devido ao seu potencial nutricional e adaptação. Organizações como o Instituto do Amaranto e WorldVeg têm investido em programas de melhoramento, reconhecendo seu papel na segurança alimentar global (MUERS, 2018; BLAIR et al., 2023). Sua composição inclui aminoácidos essenciais como a lisina, treonina, leucina, glutamato e triptofano, em teores superiores aos encontrados em cereais convencionais (BERGHOFER e SCHOENLECHNER, 2002). Além disso, apresenta antioxidantes, ausência de glúten e benefícios associados à prevenção de doenças crônicas, cardiovasculares e metabólicas (TANG e TSAO, 2017; MEZA et al., 2022). Esses atributos reforçam sua importância como alternativas aos cereais tradicionais e como base para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios (MEZA et al., 2022).

No que se refere a tolerância a estresses abióticos, o amaranto se beneficia de seu metabolismo fotossintético do tipo C4, que garante a maior eficiência em condições de altas temperaturas e baixa disponibilidade hídrica (DAS, 2016; RIGGINS et al., 2021). Estudos têm demonstrado sua resiliência frente à seca, ao calor e à salinidade, embora os resultados variem entre espécies e genótipos. Enquanto alguns trabalhos mostram manutenção da produção sob estresse salino (ESTRADA et al., 2021), outros relatam reduções significativas no crescimento (GANDONOU et al., 2018). Evidências também apontam que cloroplastos e mitocôndrias desempenham papel central na adaptação e esses estresses, sugerindo a necessidade de mais pesquisas em nível celular (HUERTA-OCAMPO et al., 2009). Assim, ampliar os estudos sobre a diversidade genética do gênero *Amaranthus* é essencial para consolidá-la como cultivo estratégico frente às mudanças climáticas (ESTRADA et al., 2021; VARGAS-ORTIZ et al., 2021).

2. METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido na área experimental do Centro de Edafología y Biología Aplicada del Seguro do Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CEBAS, CSIC) na província de Múrcia, Espanha. Os genótipos utilizados foram Burganda e Kiwicha Perú cultivados sob condições de estresse hídrico (sem irrigação) e o controle (irrigação por gotejamento). Após a colheita, os grãos foram secos a 13% de umidade, e foram moídos em moinho de bolas com Nitrogênio Líquido e armazenados em uma câmara refrigeradora.

Os compostos fenólicos foram extraídos de acordo com a metodologia de MOLES et al. (2019). A leitura foi realizada em espectrômetro de placas a 750 nm. O teor de carotenoides totais foi extraído de acordo com a metodologia de SÉRINO et al. (2009). A leitura foi realizada em espectrômetro de placas a 663, 645, 505 e 453 nm. E o teor de aminoácido foi extraído de acordo com MEZA et al (2020).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1: Efeitos do estresse abiótico no teor de compostos bioquímicos de dois genótipos de grãos de amaranto.

<i>Genótipo</i>	<i>Controle</i>	<i>Estresse</i>
<i>Fenólicos livres (mg/g)</i>		
<i>Burganda</i>	1,07 ± 0,88 aA	0,11 ± 0,00 bA
<i>Kiwicha P.</i>	0,12 ± 0,01 bB	0,09 ± 0,01 bA
<i>Fenólicos Ligados (mg/g)</i>		
<i>Burganda</i>	1,12 ± 0,12 cB	1,17 ± 0,10 cB
<i>Kiwicha P.</i>	1,39 ± 0,28 bA	1,57 ± 0,36 aA
<i>Carotenoides (Mg/g)</i>		
<i>Burganda</i>	0,01 ± 0,00 aA	0,01 ± 0,00 aA
<i>Kiwicha P.</i>	0,01 ± 0,00 aA	0,01 ± 0,00 aA
<i>Leucina (Mg/g)</i>		
<i>Burganda</i>	0,04 ± 0,00 aA	0,04 ± 0,00 aA
<i>Kiwicha P.</i>	0,04 ± 0,00 aA	0,04 ± 0,00 aA
<i>Glutamate (Mg/g)</i>		
<i>Burganda</i>	0,04 ± 0,00 cC	0,21 ± 0,00 bA
<i>Kiwicha P.</i>	0,26 ± 0,00 aA	0,03 ± 0,00 cC

*Letras minúsculas comparam tratamentos dentro de cada genótipo (linha). Letras maiúsculas comparam genótipos dentro de cada tratamento (coluna).

Os resultados obtidos demonstraram que o estresse hídrico impactou de forma diferenciada os genótipos de amaranto analisados. O teor de fenólicos livres reduziu-se significativamente sob estresse em ambos os genótipos, revelando sensibilidade metabólica desse grupo de compostos. Por outro lado, os fenólicos ligados apresentaram aumento no genótipo Kiwicha Perú, sugerindo uma estratégia adaptativa de proteção antioxidante. Essa resposta reforça a relevância dos compostos fenólicos como moléculas associadas à tolerância ao estresse em *Amaranthus spp.* (ESTRADA et al., 2021).

No caso dos carotenóides, não foram observadas diferenças estatisticamente relevantes entre os tratamentos e genótipos, indicando estabilidade desse grupo de pigmentos frente ao déficit hídrico. Já a análise dos aminoácidos revelou alterações expressivas o glutamate apresentou forte aumento no genótipo Kiwicha Perú sob irrigação, mas redução significativa em condições de estresse, o que pode estar relacionado ao seu papel como precisar de compostos osmoprotetores (HUERTA-OCAMPO et al., 2011; ESTRADA, et al., 2021).

Esses achados corroboram estudos que apontam o amaranto como cultura resiliente em ambientes adversos, mas ressaltam que a resposta ao estresse varia entre genótipos e está associada a ajustes metabólicos específicos (RIVERO MEZA et al., 2022). Além disso, revisões recentes destacam que proteínas e peptídeos bioativos do Amaranto apresentam funções antioxidantes, anti-inflamatórias e anti-hipertensivas, que podem ser influenciadas por condições ambientais (KUMAR et al., 2024). Assim, a diversidade genética do gênero *Amaranthus* é um recurso estratégico para o desenvolvimento de cultivares adaptadas à seca e com maior valor funcional.

4. CONCLUSÕES

O estudo evidenciou que o estresse hídrico promove modificações relevantes no perfil bioquímico de grãos de amaranto, especialmente nos fenólicos e aminoácidos. Enquanto Burganda demonstrou maior estabilidade nos fenólicos ligados, Kiwicha Perú apresentou respostas metabólicas mais intensas, sugerindo diferentes mecanismos de tolerância. Os carotenoides permaneceram inalterados, mostrando baixa sensibilidade às variações de disponibilidade hídrica.

Por fim, esses resultados reforçam a importância do Amaranto como pseudocereal estratégico frente às mudanças climáticas, devido a sua resiliência e elevado valor nutricional. Entretanto, as diferenças entre os genótipos indicam a necessidade de programas de melhoramento que integrem análise fisiológicas, moleculares e agrônômicas. Dessa forma, a consolidação do Amaranto como cultura adaptada a estresses ambientais e como fonte de compostos bioativos de interesse para a indústria alimentícia e nutracêutica depende da continuidade de pesquisas interdisciplinares.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERGHOFER, E.; SCHOENLECHNER, R. Grain Amaranth. In: BELTON, P. S.; TAYLOR, J. R. N. (Ed.). **Pseudocereals and less common cereals: grain properties and utilization potential**. Berlin: Springer, 2002. p. 219-260.
- BLAIR, M. W.; RUIZ, D.; MADRID, E.; CARDONA, J. A. Amaranth genetic resources and their potential to improve food security under climate change. **Plants**, v. 12, n. 3, p. 567, 2023.
- DAS, S. Amaranthus: a promising crop of future. In: SINGH, M.; KUMAR, J. (Ed.). **Rediscovery of underutilized crops**. New Delhi: Springer, 2016. p. 167-184.
- ESTRADA, O. et al. **Physiological and biochemical responses of amaranth and quinoa to salinity stress**. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 162, p. 1-11, 2021.
- ESTRADA, Y. et al. Unraveling the strategies used by the underexploited amaranth species to confront salt stress: similarities and differences with quinoa

- species. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 604481, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.604481>.
- GANDONOU, C. B. et al. Effects of salinity stress on growth in different cultivars of Amaranth (*Amaranthus cruentus* L.). **Annals of Agricultural Sciences**, v. 63, n. 2, p. 165-172, 2018.
- HUERTA-OCAMPO, J. A. et al. Proteomic analysis of amaranth under drought stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 47, n. 10, p. 1009-1016, 2009.
- HUERTA-OCAMPO, J. A. et al. Proteomic analysis of amaranth under abiotic stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 47, n. 6, p. 80-86, 2011.
- KUMAR, H. et al. Amaranth and buckwheat grains: nutritional profile, development of functional foods, their pre-clinical cum clinical aspects and enrichment in feed. **Current Research in Food Science**, v. 9, p. 100836, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100836>.
- MEZA, N. et al. Nutritional quality and health benefits of amaranth grains: current knowledge and future research. **Food Chemistry**, v. 372, p. 131-313, 2022.
- MEZA, S. L. R. et al. Traditional tomato varieties improve fruit quality without affecting fruit yield under moderate salt stress. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 587754, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.587754>.
- MOLÉS, T. M. et al. Salinity in autumn–winter season and fruit quality of tomato landraces. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 1078, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01078>.
- MYERS, R. L. Amaranth: ancient food crop, rediscovered. **Food and Agriculture Organization (FAO) Bulletin**, v. 45, p. 17-23, 2018.
- RIGGINS, C. W. et al. Climate change and the future of amaranth cultivation. **Journal of Experimental Botany**, v. 72, n. 5, p. 1502-1515, 2021.
- RIVERO MEZA, S. L. et al. A review on amaranth protein: composition, digestibility, health benefits and food industry utilisation. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 58, p. 1564-1574, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.16056>.
- SÉRINO, S.; GÓMEZ, L.; COSTAGLIOLA, G.; GAUTIER, H. HPLC assay of tomato carotenoids: validation of a rapid microextraction technique. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 8753-8760, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf902113n>.
- TANG, Y.; TSAO, R. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health benefits: a review. **Molecules**, v. 22, n. 6, p. 903, 2017.
- VARGAS-ORTIZ, E. et al. Genetic diversity and adaptation of amaranth under drought and heat stress. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 1234, 2021.