



**Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

**Produção e qualidade de sementes de *Amaranthus cruentus* em função de épocas de  
semeadura**

**DÉBORA DE SOUZA MIRANDA**

**Ipameri-GO  
2023**

**M  
E  
S  
T  
R  
A  
D  
O**

DÉBORA DE SOUZA MIRANDA

**Produção e qualidade de sementes de *Amaranthus cruentus* em função de épocas de  
semeadura**

Orientador: Prof. Dr. Nei Peixoto

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ipameri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRA.

Ipameri-GO

2023

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

MD287      MIRANDA, Débora de Souza  
p            Produção e qualidade de sementes de amaranto em  
             função da época de semeadura / Débora de Souza MIRANDA;  
             orientador Nei Peixoto; co-orientador Fabrício  
             Rodrigues. -- IPAMERI, 2023.  
             43 p.

             Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação  
             Mestrado Acadêmico em Produção Vegetal) -- Unidade de  
             Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, 2023.

             1. Amaranto. 2. Rendimento de sementes . 3. Vigor  
             fisiológico.. I. Peixoto, Nei , orient. II. Rodrigues,  
             Fabrício , co-orient. III. Título.



## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** "PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTES DE AMARANTO EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE SEMEADURA"

**AUTOR(A):** Débora de Souza Miranda

**ORIENTADOR(A):** Nei Peixoto

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE(A) EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:

Prof. Dr. Nei Peixoto (Orientador)

Universidade Estadual de Goiás / Unidade Universitária Ipameri- GO

Prof. Dr. Janaina Borges de Azevedo França

Damásio Educacional /Unidade Ipameri- GO

Prof.ª Dr.ª Katiane Santiago Silva Benett

Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Ipameri- GO

### Registro de Declaração

Número: 194

Livro: R-01 Folhas: 03A

Data: 27/03/2023

Data da realização: 27 de Março de 2023

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudos.

À Universidade Estadual de Goiás (UEG), pela oportunidade de realização do curso e pelos ensinamentos adquiridos nesse período.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Nei Peixoto por me orientar e ter desempenhado tal função com dedicação, amizade e por todos os conselhos, pela ajuda e pela paciência com a qual guiou o meu aprendizado.

Aos meus avós por todo o apoio e pela ajuda, que muito contribuiu para a realização deste trabalho.

Aos meus pais e irmã, que me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho.

Aos amigos, que sempre estiveram ao meu lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período em que me dediquei a este trabalho.

A todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

Muito Obrigada!

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Geral.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Específico.....</b>	<b>8</b>
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1 <i>Amaranthus spp.</i> .....</b>	<b>9</b>
<b>3.2 Época de semeadura .....</b>	<b>11</b>
<b>3.3 Qualidade fisiológica de sementes .....</b>	<b>11</b>
<b>4. Referências bibliográficas .....</b>	<b>13</b>
<b>5. MATERIAL E MÉTODO .....</b>	<b>19</b>
<b>5.1 Experimento em campo.....</b>	<b>19</b>
<b>5.1.1 Delineamento Experimental .....</b>	<b>19</b>
<b>5.1.2 Dados Obtidos .....</b>	<b>20</b>
<b>5.1.3 Análise estatística.....</b>	<b>20</b>
<b>5.2 Experimento em laboratório.....</b>	<b>20</b>
<b>5.2.1 Teste de germinação .....</b>	<b>21</b>
<b>5.2.3 Envelhecimento acelerado .....</b>	<b>21</b>
<b>5.2.4 Teste de emergência de plântulas em campo .....</b>	<b>21</b>
<b>5.2.5 Índice de velocidade de emergência (IVE) .....</b>	<b>21</b>
<b>5.2.6 Tempo médio de emergência (TME) .....</b>	<b>21</b>
<b>5.2.7 Comprimento de plântulas .....</b>	<b>22</b>
<b>5.2.8 Condutividade elétrica .....</b>	<b>22</b>
<b>5.2.9 Massa de 1000 sementes .....</b>	<b>22</b>
<b>5.2.10 Análises estatísticas.....</b>	<b>22</b>
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>23</b>

<b>6.1</b>	<b>Experimento em campo.....</b>	<b>23</b>
	<b>Dados climatológicos .....</b>	<b>23</b>
<b>6.2</b>	<b>Experimento em laboratório.....</b>	<b>29</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>37</b>
<b>8.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>38</b>

## RESUMO

O amaranto é uma importante cultura para a segurança alimentar devido ao seu alto teor de aminoácidos essenciais, vitaminas e sais minerais nas folhas e nas sementes. Pouco se sabe sobre os diversos componentes dos sistemas produtivos, como épocas de semeadura e cultivares adaptadas aos diferentes biomas brasileiros. Neste trabalho objetivou-se identificar o comportamento de genótipos de amaranto, em latossolo vermelho amarelo do sudeste goiano, na Estação Experimental da Universidade Estadual de Goiás- Unidade Universitária de Ipameri, quanto à produção e qualidade de sementes em função de quatro épocas de semeadura, três no período seco, com irrigação, e uma no final do período chuvoso, sem irrigação. Foram avaliados 7 genótipos de *Amaranthus cuneatus*: Alegria, Aurelia's Verde, Elena's Rojo, Golden Giant, Juana's Orange, Opopeo e UEG 01 em quatro épocas de semeadura (24/02, 31/03, 05/05) de 2021 e (12/01) de 2022 em delineamento experimental de blocos casualizados com 4 repetições. Foram analisados os dados de altura de plantas no florescimento e maturidade, produção de sementes por  $\text{Kg ha}^{-1}$ , produção de sementes por plantas e comprimento de panícula. Para a qualidade de sementes foram realizadas as seguintes análises: teor de água, teste de Germinação, teste de envelhecimento acelerado, índice de velocidade de germinação, peso de 1000 sementes, condutividade elétrica e comprimento de plântulas. A temperatura média influenciou a altura das plantas, mas não teve correlação direta com o rendimento de sementes, as maiores produtividades ocorreram com a semeadura de 24/02/2021, utilizando irrigação, as cultivares mais produtivas foram, Aurelia's Verde, BRS Alegria e Elena's Rojo. Para a qualidade de sementes a primeira, segunda e quarta época foram favoráveis.

**Palavras-chave:** Amaranto, Pseudocereais, Adaptação, Rendimento de sementes e Vigor fisiológico.

## ABSTRACT

Amaranth is an important crop for food security due to its high content of essential amino acids, vitamins and mineral salts in leaves and seeds. Little is known about the different components of production systems, such as sowing times and cultivars adapted to different Brazilian biomes. The objective of this work was to identify the behavior of amaranth genotypes, in red yellow latosol in southeastern Goiás, at the Experimental Station of the State University of Goiás-Universidade Universitária de Ipameri, regarding the production and quality of seeds as a function of four sowing times, three in the dry season, with irrigation, and one at the end of the rainy season, without irrigation. Seven genotypes of *Amaranthus cruentus* were evaluated: Alegria, Aurelia's Verde, Elena's Rojo, Golden Giant, Juana's Orange, Opopeo and UEG 01 in four sowing dates (02/24, 03/31, 05/05) of 2021 and (01/12) 2022 in a randomized block experimental design with 4 sessions. Data on plant height at flowering and maturity, seed production per kg ha<sup>-1</sup>, seed production per plant and panicle length were analyzed. For seed quality, the following analyzes were performed: water content, germination test, acceleration test, germination speed index, weight of 1000 seeds, electrical conductivity and seedling length. The average temperature influenced plant height, but did not have direct autonomy with seed yield, the highest yields occurred with sowing on 02/24/2020, using irrigation, the most productive cultivars were Aurelia's Verde, BRS Alegria and Elena's Rojo. For seed quality the first, second and fourth seasons were compiled.

**Keywords:** Amaranth, Pseudocereal, Adaptation, Seed Yield and Physiological Vigor.

## 1. INTRODUÇÃO

A busca por culturas alternativas vem crescendo devido às mudanças de hábitos alimentares da população mundial. Dentro deste contexto o Brasil, em função de sua diversidade edafoclimática, poderá exercer importante papel no fornecimento de alimentos, não só para a população brasileira, mas, também, para a população mundial.

Dentre as espécies com potencial de atender à demanda mundial, o amaranto (*Amaranthus* sp.) pode contribuir de forma marcante para a promoção da sustentabilidade ambiental, valorização da agro biodiversidade, produção global de alimentos e para a elaboração de alimentos saudáveis e de aditivos alimentares, pois possui alto valor nutritivo de suas folhas e sementes (HRICOVA et al., 2016).

É uma cultura tradicional no México (maior produtor e consumidor) Peru e outros países andinos, cultivado em pequena escala em outros países da América do Sul e América Central e em outros continentes. As espécies de *Amaranthus* pertencem à ordem *Caryophyllales*, família *Amaranthaceae*, subfamília *Amaranthoideae* e gênero *Amaranthus*. O gênero *Amaranthus* inclui cerca de 60 espécies, das quais 40 são nativas das Américas e o restante da África, Ásia e Europa, todas com potencial de uso como hortaliça folhosa ou como grãos (WOLOSİK e MARKOWSKA, 2019).

O gênero, faz parte da cultura de diversos povos, há mais de 5.000 anos. Das espécies tradicionalmente cultivadas para a produção de grãos destacam-se *Amaranthus caudatus*, *Amaranthus cruentus* e *Amaranthus hypochondriacus* (PARK et al., 2014).

Espécies do gênero *Amaranthus* têm a capacidade de crescer em solos pobres e em circunstâncias desfavoráveis como em ambientes altamente salinos, com baixa disponibilidade de água e forte intensidade de luz (OMAMI et al., 2006). Isso se deve a adaptações anatômicas e fisiológicas especiais como a presença de tricomas que atuam como estruturas de secreção externa para remover os sais que estão presentes em excesso no solo, cutícula espessa, e algumas espécies presença de espinhos e fixação de carbono atmosférico através de um mecanismo do tipo C4 (CASTRILLÓN-ARBELÁEZ et al., 2012).

Na região do cerrado, Teixeira et al., (2003), estudando o comportamento de 41 acessos de *Amaranthus*, verificaram que não houve incidência relevante de pragas e doenças, com ciclo variando de 90 a 100 dias, naqueles genótipos apropriados para a produção de grãos. Ainda em 2003, a Embrapa disponibilizou a cultivar BRS Alegria, que foi adaptada para cultivo na região do cerrado (SPEHAR et al, 2003; TEIXEIRA et al., 2003).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Observar o desempenho do amaranto, utilizando tecnologias compatíveis com a agricultura familiar, nas condições do cerrado.

### **2.2 Específico**

Avaliar o comportamento de diferentes genótipos de amaranto, quanto à produção e qualidade de sementes, em função de quatro épocas de semeadura.

Avaliar eventuais diferenças na qualidade fisiológica de sementes de cultivares de amaranto produzidas a partir de diferentes épocas de semeadura nas condições edafoclimáticas do sudeste goiano.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 *Amaranthus spp.*

A acentuação de grandes fenômenos socioeconômicos têm levado a população procurar soluções alternativas para uma perspectiva sustentável do meio ambiente e da biodiversidade que contribuirá para melhorar a segurança alimentar e a geração de renda para agricultores com poucos recursos além de proteger o meio ambiente (MOROTOYA et al., 2013; TOADER et al., 2020).

A produção e consumo mundial de grãos como o amaranto, a chia e a quinoa, todos originários do continente americano, depois de longo período de esquecimento, em função da ocupação europeia a partir do século XVI, vem crescendo mundialmente devido às suas propriedades nutricionais, podendo, alternativamente, desempenhar um papel importante no alívio de problemas associados à desnutrição devido à sua capacidade de fornecer proteínas, vitaminas, calorias e outros nutrientes necessários em uma dieta equilibrada (SOKOTO; JOHNBOSCO, 2017; ZUBILLAGA et. al, 2020).

Em função da procura por alimentos saudáveis folhas e grãos de amaranto vêm ganhando popularidade, em muitos países, devido ao seu elevado valor nutricional (PARK e NISHIKAWA 2012; PARK, et al., 2014 ).

O amaranto possui um alto potencial de exploração econômica semelhante ao milho, trigo, sorgo, cevada, arroz e soja, tem potencial para minimizar a desnutrição e insegurança alimentar no mundo (ACHIGAN-DAKO et al., 2014; NAJDI HEJAZI et al., 2016; RASTOGI e SHUKLA, 2013; AKIN-IDOWU, 2017). É uma cultura antiga com cerca de 5.000 a 7.000 anos, e foi levado para a Europa pelos conquistadores espanhóis como planta ornamental. Essas espécies têm o centro de origem nas Américas, principalmente no México, de onde se dispersou para todo o mundo, sendo considerados centros primários de diversidade, a América Central, do Sul, Índia e Sudeste Asiático, e secundário a África Ocidental e Oriental (OO e PARK, 2013).

O gênero *Amaranthus*, contém mais de 70 espécies, é predominantemente tropical, herbácea, anual, com folhas largas, com inflorescência e folhagem variando do roxo e vermelho ao dourado e verde (DADA et al., 2017). Toleram temperaturas de 25°C a 40°C com boa intensidade de luz (TOADER et al., 2020) e podem crescer bem em solos salinos, alcalinos, ácidos ou pobres. É moderadamente resistente à seca, requerendo 40-50% menos umidade do que o milho e sobrevive melhor do que a maioria das culturas sob condições secas e quentes devido ao seu extenso sistema radicular e uso do mecanismo de fotossíntese de C4, contribuindo para a ampla adaptabilidade geográfica da planta a diversos ambientes e condições resultando de suas características anatômicas e de metabolismo (SOKOTO e JOHNBOSCO, 2017).

O amaranto caracteriza-se pelo ciclo de produção curto e maturação precoce, possui alto rendimento e com bom valor nutricional e baixo custo de produção (SOKOTO e JOHNBOSCO, 2017).

As folhas jovens e grãos de amaranto são ricos em ferro, cálcio, zinco, compostos fenólicos, vitamina B6, vitamina C, vitamina A e vitamina K, lipídios, proteínas, carboidratos e fibras alimentares (KAMGA et al., 2013), o grão contém altos níveis de lisina e aminoácidos contendo enxofre que faltam em muitos vegetais e grãos de cereais, os teores de grãos caem dentro das seguintes faixas: proteína bruta 12-19%, gordura 5-8% (AKANEME e ANI, 2013).

O amaranto possui diversas vantagens para a saúde, como valor terapêutico para a prevenção de doenças cardiovasculares, rico em fitoesteróis que reduzem os níveis de colesterol e previnem o câncer (DADA et al., 2017). Na África, as espécies de amaranto têm sido usadas para fins medicinais, em Uganda as folhas são mastigadas e o líquido ingerido para tratar amigdalite. É também utilizado como misturas com cereais para produção de pão, crepes, doces, bolos, como matéria-prima na indústria (xaropes, produtos dietéticos, amido e óleo) (JAYME-OLIVEIRA et al., 2017). As folhas podem ser usadas como acompanhamento, em sopas ou como ingrediente em molhos e papinhas para bebês etc. (TOADER e ROMAN, 2011; JAYME-OLIVEIRA et al., 2017).

Nas últimas décadas o grão de amaranto tem sido amplamente estudado por seu notável perfil nutricional e suas características agrícolas, como ciclo cultural curto e resistência à seca (NAJDIHEJAZI et al., 2016).

O *Amaranthus cruentus* é uma das três espécies de amaranto mais cultivadas, visando o consumo como hortaliça ou grãos, juntamente com *Amaranthus caudatus* L. e *Amaranthus hypochondriacus* L. (TONGOS, 2016).

O amaranto se adapta às condições climáticas e edafológicas do Brasil Central, apresenta características agronômicas desejáveis e tem potencial para se tornar uma opção de cultivo na entressafra (SPEHAR et al., 2003). A produtividade e o ciclo curto possibilitam atender rapidamente à demanda dos agricultores como alternativa de rotação de culturas (SPEHAR e SOUZA, 2003). O cultivo do amaranto pode ser feito em três épocas, safra, safrinha e inverno, e a produtividade depende da quantidade de água disponível para irrigação e dos índices pluviométricos do período (TAGUCHI, 2011).

De acordo com Henderson et al. (1993) para maximizar o rendimento de grãos e aumentar o potencial da cultura de amaranto, a adoção de práticas de cultivo que incluem adubação e densidade de semeadura ajustada para cada cultivar, juntamente com os outros insumos é essencial. Entende-se então que a necessidade de estudos de níveis de densidade

de plantio que possibilitem aprimorar o manejo da planta de amaranto, visando a produção comercial no Brasil (TEIXEIRA et al., 2003).

### **3.2 Época de semeadura**

A época de semeadura é um dos fatores que mais influenciam no porte das plantas e na produtividade da lavoura. É definida por um conjunto de fatores ambientais que reagem entre si e interagem com a planta, promovendo variações no rendimento e afetando suas características agronômicas. As condições ambientais que mais afetam o desenvolvimento das plantas são a temperatura, a precipitação pluvial, a umidade do solo e, principalmente, o fotoperíodo (CÂMARA, 1991).

A semeadura correta determina a exposição das plantas à variação dos fatores climáticos. Assim, semeaduras em épocas fora do período mais indicado podem afetar o porte, o ciclo e o rendimento das plantas e podem contribuir para aumentar as perdas na colheita. Para as fases de crescimento e desenvolvimento vegetativo o ambiente deve proporcionar níveis de umidade, temperatura e radiação solar, adequados, isto irá resultar na expressão da produtividade (HEIFFIG-DEL AGUILA et al., 2018).

A época de semeadura reúne um conjunto de fatores ambientais que reagem entre si e interagem com a planta, causando variações na produção e conseqüentemente na qualidade das sementes produzidas. Semeada em diferentes épocas, a cultivar expressa sua potencialidade em relação às condições do ambiente, que mudam no espaço (altitude e latitude) e no tempo (período do ano) (RODRIGUES et al., 2018).

As espécies respondem diferencialmente ao ambiente e as indicações da melhor época para cada um deles devem ser precedidas de ensaios regionalizados. No que diz respeito a época de semeadura sobre a qualidade de sementes sabe-se que esta é uma questão que abrange vários fatores climáticos, que por sua vez interferem na formação e deterioração das sementes produzidas. Fatores abióticos ocorridos na maturidade fisiológica por exemplo, promovem a redução da massa seca de sementes, peso de 1.000 sementes, vigor, viabilidade e qualidade visual (PESKE e VILLELA, 2012).

O plantio das sementes de amaranto na data adequada maximiza a duração do crescimento e a completa maturação das sementes, levando ao rendimento máximo e reduzindo o risco de condições ambientais desfavoráveis na qualidade dos grãos (YARNIA et al., 2010).

### **3.3 Qualidade fisiológica de sementes**

O rápido estabelecimento das plantas em campo é uma etapa importante no cultivo das espécies, sendo atribuído à qualidade genética e fisiológica das sementes. Devido à utilização de sementes com alto vigor e germinação (ALMEIDA et al., 2009).

A qualidade da semente é fator de extrema importância para que se obtenha a produtividade esperada, é uma prática fundamental que pode ajudar na manutenção da qualidade fisiológica da semente sendo também um método por meio do qual se pode preservar a viabilidade das sementes e manter seu vigor até a futura semeadura (AZEVEDO et al., 2003).

A qualidade fisiológica da semente é avaliada por duas características fundamentais, a viabilidade e o vigor (POPINIGIS, 1977). A viabilidade, determinada pelo teste de germinação, procura avaliar a máxima germinação da semente. Enquanto, o vigor compreende um conjunto de características que determinam o potencial fisiológico das sementes, sendo influenciado pelas condições de ambiente e manejo durante as etapas de pré e pós-colheita (VIEIRA e CARVALHO, 1994).

O teste comumente utilizado para a determinação da viabilidade das sementes é o de germinação, que têm como o principal objetivo a obtenção de informações sobre o valor das sementes para a semeadura, assim como a comparação da qualidade de diferentes lotes (LIMA et al., 2006).

Em tecnologia das sementes, a germinação é definida como a emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião que darão origem a uma plântula normal ou até mesmo anormal sob condições ambientais favoráveis (BRASIL, 2009). O teste de envelhecimento acelerado é considerado um dos mais sensíveis e eficientes para avaliação do vigor de sementes de diversas espécies (MARCOS FILHO, 2015).

A condutividade elétrica baseia-se na modificação da resistência elétrica, causada pela lixiviação de eletrólitos dos tecidos da semente para a água em que ficou imersa, visto que à medida que a semente envelhece, há deterioração, conseqüentemente haverá perda na integridade dos sistemas de membranas da célula, aumentando assim, sua permeabilidade e, portanto, a lixiviação de eletrólitos (KRZYZANOWSKY et al., 1999).

O uso de sementes com alto potencial fisiológico, garante um estande uniforme e germinação rápida, e conseqüentemente, plântulas mais resistentes à condições ambientais desfavoráveis ao seu estabelecimento, e uma maturidade de colheita uniforme (MARCOS FILHO, 2005).

A qualidade das sementes é muito importante para se obter o melhor desempenho no momento da produção, conhecendo o potencial fisiológico de um genótipo de interesse agrônômico, será possível determinar as características presentes nas sementes (MAGUIRRE, 1962).

A qualidade de sementes está associada às condições semeadura e de germinação e crescimento após a semeadura e depende da composição da semente, maturidade do grão,

insetos infestação, doenças, limpeza e capacidade de germinação (COPELAND e MCDONALD, 1999).

Com relação à qualidade das sementes de amaranto, poucos estudos foram desenvolvidos no Brasil, destacando-se aquele desenvolvido por Donazzolo et al. (2017) que concluíram que as melhores condições para a germinação das sementes do amaranto foram temperatura de 25 °C, na ausência de luz, e em substrato rolo de papel. Já Rosa et al. (2018) estudando metodologias de envelhecimento acelerado e condutividade em amaranto, concluíram que para o teste de envelhecimento acelerado a 41 °C no período de 72 h com uso de solução salina não saturada de NaCl foi eficiente na classificação de lotes de sementes de amaranto, quanto ao vigor e que o teste de condutividade elétrica conduzido no período de oito horas com 25 ml de água e 100 sementes possibilita a classificação de lotes de sementes de amaranto quanto ao potencial fisiológico.

#### 4 Referências bibliográficas

- ACHIGAN-DAKO, E. G.; SOGBOHOSSOU, O. E; MAUNDU, P. Current knowledge on *Amaranthus* spp.: Research avenues for improved nutritional value and yield in leafy amaranths in sub-Saharan Africa. *Euphytica*, v. 197, n. 3, p. 303-317, 2014.
- AKANEME, F. I; ANI, G. O. Morphological assessment of genetic variability among accessions of *Amaranthus hybridus*. *World Appl. Sci. J*, v. 28, n. 4, p. 568-577, 2013.
- AKIN-IDOWU, P. E.; GBADEGESIN, M. A.; ORKPEH, U.; IBITOYE, D. O.; ODUNOLA, O. A. Characterization of grain amaranth (*Amaranthus* spp.) germplasm in south west Nigeria using morphological, nutritional, and random amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis. *Resources*, v. 5, n. 1, p. 6, 2016.
- ALMEIDA, A. da S.; TILLMANN, M. Â. A.; VILLELA, F. A.; PINHO, M. da S. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de cenoura. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 31, n. 3, p. 87-95, 2009.
- AZEVEDO, M. R. DE Q. A.; GOUVEIA, J. P. G. DE; TROVÃO, D. M. M.; QUEIROGA, V. de P. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, p.519-524, 2003.
- BERNALD, O. G. A study of the effect of variety and spacing on insect pest infestations and growth of *Amaranthus* (*Amaranthus* spp.) in Alau Dam, Maiduguri, Nigeria. *African Journal of Agronomy*, v. 4, n. 1, p. 285-288, 2014 .
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. *Regras para análise de semente*. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, p. 2009.398.

- CÂMARA, G. M. S. **Efeito do fotoperíodo e da temperatura no crescimento, florescimento e na maturação de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.
- CASSINI P.; ROCCA, F. *Amaranthus cruentus* L. is suitable for cultivation in Central Italy: field evaluation and response to plant densities. *Italian Journal of Agronomy*, v. 09, p. 166-175, 2014.
- CASTRILLÓN-ARBELÁEZ, P. A.; MARTÍNEZGALLARDO, N.; ARNAUT, H. A.; TIESSSEN, A.; DÉLANO-FRIER, J. P. Metabolic and enzymatic changes associated with carbon mobilization, utilization and replenishment triggered in grain amaranth (*Amaranthus cruentus*) in response to partial defoliation by mechanical injury or insect herbivory. *BMC plant biology*, v. 12, n.1, p. 1-22. 2012.
- CESSA, R. M. A.; SOUZA, F. R. Estresse hídrico e o manejo de irrigação na cultura do milho. *Cultivar: Grandes Culturas, Pelotas*, v.178, p.10-12, 2014.
- DADA, O. A., IMADE, F.; ANIFOWOSE, E. M. Growth and proximate composition of *Amaranthus cruentus* L. on poor soil amended with compost and arbuscular mycorrhiza fungi. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, v. 6, n. 3, p. 195-202, 2017.
- CARVALHO, E. V.; PELUZIO, J. M.; FREIBERGER, C. N.; PROVENCIO, L. Z.; SANTOS M. W. C. A época de semeadura na produção de sementes de soja em condições de várzea tropical. *Revista Sítio Novo*, v. 5, n. 1, p. 100-117, 2020.
- LEMES, S. E.; OLIVEIRA M, A. de; AUMONDE, T. Z.; SCHNEIDER, M. Revista Agrária Acadêmica. Análise da qualidade fisiológica de sementes de amaranto colhidas em diferentes épocas e armazenadas por até dois anos *Rev. Agr. Acad.*, v. 5, n. 3, 2022.
- GARAY, A. V. A.; RIVAS, P.; CORTES, L.; OLÁN, M. O.; ESCOBEDO, D.; ESPITIA, E. La rentabilidad del cultivo de amaranto (*Amaranthus* spp.) en la región centro de México. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, v. 21, n. 1, p. 47-54, 2014.
- HEIFFIG-DEL A. L. S.; VERNETTI JR, F. J.; ÁVILA, A. F.; LEITE, T. M.; SOARES, V.; VASQUES, S. R. Época de Semeadura para a Cultura da soja: Produtividade em Áreas de Cultivo de Arroz Irrigado. *Pelotas: Embrapa Clima Temperado*, 2018.
- HEJAZI, S. N.; ORSAT, V.; AZADI, B.; KUBOW, S. Improvement of the in vitro protein digestibility of amaranth grain through optimization of the malting process. *Journal of Cereal Science*, v. 68, p. 59-65, 2016.
- HENDERSON, T. L.; JOHNSON, B. L.; SCHNEITER, A. A. Grain amaranth seeding dates in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal*, v. 90, p. 339-344, 1998.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION et al. **International rules for seed testing. Rules**, 1999.

HRICOVA, A.; FEJER, J.; LIBIAKOVA, G.; SZABOVA, M.; GAZO, J.; GAJDOSOVA, A. Characterization of phenotypic and nutritional properties of valuable *Amaranthus cruentus* L. mutants. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, v. 40, n. 5, p. 761-771, 2016.

JANSEN, P. C. M.; GRUBBEN, G.; DENTON, O.; MESSIAEN, C.; SCHIPPERS, R.; LEMMENS, R. H. M. J.; OYEN, L. *Amaranthus hypochondriacus* L. **Plant resources of Tropical Africa, Wageningen, Netherlands**, 2004. Disponível em: <in [http://www. prota4u. org](http://www.prota4u.org)>. Acesso em: 10 setembro 2022.

JAYME, A.; RIBEIRO, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; ZIVIANI, A. C.; JAKELAITIS, A. Amaranth, quinoa, and millet growth and development under different water regimes in the Brazilian Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52, 561-571, 2017.

KAMGA, R. T.; KOUAMÉ, C.; ATANGANA, A. R.; CHAGOMOKA, T.; NDANGO, R. Nutritional evaluation of five African indigenous vegetables. *Journal of Horticultural Research*, v. 21, n. 1, p. 99-106, 2013.

LIMA, T. C.; MEDINA, P. F.; FANAN, S. Avaliação do vigor de sementes de trigo pelo teste de envelhecimento acelerado. *Revista Brasileira de Sementes*, v.28, n.1, p.106- 113, 2006.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination—Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor 1. *Crop science*, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba: FEALQ, v.1, 2005. 495p.

MAUNDU, P. M.; GRUBBEN, G. J. H. *Amaranthus graecizans* L. **PROTA**, v. 2, p. 76-78, 2004.

MENDES, L. D. Maturação fisiológica em amaranto (*Amaranthus cruentus* L.). Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Faculdade De Agronomia E Medicina Veterinária Programa De Pós-Graduação Em Agronomia, **Universidade de Brasília**, 2014.

MORATOYA, E. E.; CARVALHAES, G. C.; WANDER, A. E.; ALMEIDA, L. M. D. M. C. Mudanças no padrão de consumo alimentar no Brasil e no mundo. *Revista de Política agrícola*, v. 22, n. 1, p. 72-84, 2013.

NADATHUR, S.; WANASUNDARA, J. P.; SCANLIN, L. (Eds.). *Sustainable protein sources*. **Academic Press**, p. 240, 2016.

NAJDI H., S.; ORSAT, V.; AZADI, B.; KUBOW, S. Improvement of the in vitro protein digestibility of amaranth grain through optimization of the malting process. **Journal of Cereal Science**, v. 68, p. 59-65, 2016.

- OLIVEIRA, A.; SADER, R.; KRZYZANOWSKI, F. C. Danos mecânicos ocorridos no beneficiamento de sementes de soja e suas relações com a qualidade fisiológica, 1999.
- OMAMI, E. N.; HAMMES, P. S.; ROBBERTSE, P. J. Differences in salinity tolerance for growth and water use efficiency in some amaranth (*Amaranthus* spp.) genotypes. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, v. 34, n. 1, p. 11-22, 2006.
- OO, W. H.; PARK, Y. J. Analysis of the genetic diversity and population structure of amaranth accessions from South America using 14 SSR markers. *Korean Journal of Crop Science*, v. 58, n. 4, p. 336-346, 2013.
- ORONA-TAMAYO, D., VALVERDE, M. E.; PAREDES, O. Chia the new golden seed for the 21st century: nutraceutical properties and technological uses in *Sustainable protein sources*. *Academic Press*, p. 265-281, 2017.
- PARK, Y. J.; NISHIKAWA, T. Rapid identification of *Amaranthus caudatus* and *Amaranthus hypochondriacus* by sequencing and PCR-RFLP analysis of two starch synthase genes. *Genome*, v. 55, n. 8, p. 623-628, 2012.
- PARK, Y. J.; NISHIKAWA, T.; MATSUSHIMA, K.; MINAMI, M.; NEMOTO, K. A rapid and reliable PCR-restriction fragment length polymorphism (RFLP) marker for the identification of *Amaranthus cruentus* species. *Breeding science*, v. 64, n. 4, p. 422-426, 2014.
- PESKE, S.; VILLELA, F.; MENEGELLO, G. E. *Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos*. 2. ed. Brasília: Ed. Universitária/UFPel, 2012. 574 p.
- POPINIGIS, F. *Fisiologia da semente* Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p.
- RASTOGI, A.; SHUKLA, S. Amaranth: a new millennium crop of nutraceutical values. *Critical reviews in food science and nutrition*, v. 53, n. 2, p. 109-125, 2013.
- RODRIGUES, D. Caracterização, qualidade fisiológica e produção de sementes de Quinoa no sul do Rio Grande do Sul, 2018.
- RODRÍGUEZ-RÍOS, H.; CAMPOS-PARRA, J.; ASTUDILLO-NEIRA, R.; GRANDE-CANO, J.; CARRILLO-DOMÍNGUEZ, S.; PÉREZ GIL-ROMO, F. *Amaranthus cruentus* L. como alternativa alimentaria en gallinas ponedoras para disminuir el colesterol en huevos. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, v. 36, n. 1, p. 78-85, 2020.
- ROSA, T. D'A.; NADAL, M. P.; MALDANER, H. R.; SOARES, V. N.; GADOTTI, G. I.; VILLELA, F. A. Electrical conductivity and accelerated aging in amaranth (*Amaranthus cruentus*L.) seeds. Viçosa: **Journal of Seed Science**, v.40, n.1, p.044-051, 2018.
- SOARES, R. A. M.; MENDONÇA, S., DE CASTRO, L. Í. A.; MENEZES, A. C. C. C.; ARÊAS, J. A. G. Major peptides from amaranth (*Amaranthus cruentus*) protein inhibit HMG-CoA reductase activity. *International journal of molecular sciences*, v. 16, n. 2, p. 4150-4160, 2015.

- SOKOTO, M.; JOHNBOSCO, O. Growth and yield of Amaranths (*Amaranthus* spp.) as influenced by seed rate and variety in Sokoto, Nigeria. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, v. 2, n. 2, 79-85, 2017.
- SPEHAR, C. R.; SOUZA, L. A. C. Caracterização agrônômica de amaranto para cultivo na entressafra no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n. 1, p. 45-51, 2003.
- SPEHAR, C. R.; TEIXEIRA, D. L.; CABEZAS, W. A. R. L.; ERASMO, E. A. L. Amaranto BRS Alegria: alternativa para diversificar os sistemas de produção. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n. 5, p. 659-663, 2003.
- STALLKNECHT, G. F.; SCHULZ-SCHAEFFER, J. R. Amaranth rediscovered. *New crops*. Wiley, New York, 211-218, 1993.
- TAGUCHI, V. Amaranto: novidade no campo. Iguaria dos Andes, amaranto ganha espaço no Cerrado. Revista Globo Rural, 2011. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,ERT238954-18287,00.html> Acesso em: 28 agosto. 2022.
- TOADER, M. A. R. I. A.; ROMAN, G. V.; IONESCU, A. M. Chemical composition and nutritional values of some alternative crops promoted in organic agriculture. *UASVM Bucharest, Series A*, v. 54, n. 2011, p. 293-296, 2011.
- TOADER, M.; IONESCU, A. M.; SONEA, C.; GEORGESCU, E. Research on the morphology, biology, productivity and yields quality of the *Amaranthus cruentus* L. in the southern part of Romania. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(3), 1413-1425, 2020.
- TONGOS, M. D. Growth rate of vegetable amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) As influenced by row spacing and nitrogen fertilizer in Mubi, Northern Guinea Savannah Zone, Nigeria. *International Journal of Innovative Agriculture & Biology Research*, v. 4, n. 2, p. 8-20, 2016.
- VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. *Revista Ceres*, v. 56, p. 460-472, 2009.
- VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, p. 164, 1994.
- WOLOSİK, K.; MARKOWSKA, A. *Amaranthus Cruentus* taxonomy, botanical description, and review of its seed chemical composition. *Natural Product Communications*, v. 14, n. 5, p. 1934578X19844141, 2019.
- YARNIA, M.; BENAM, M. K.; TABRIZI, E. F. M. Sowing dates and density evaluation of amaranth (cv. Koniz) as a new crop. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, v. 8, n. 2, p. 445-448, 2010.

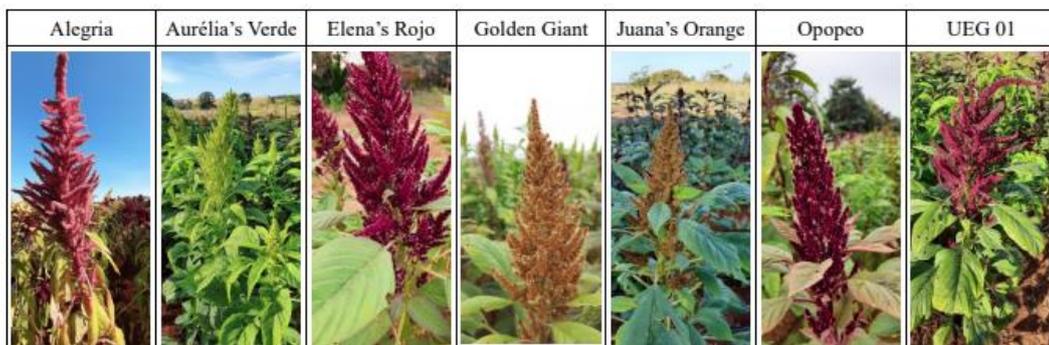
ZUBILLAGA, M. F.; CAMINA, R.; ORIOLI, G. A., FAILLA, M.; BARRIO, D. A. Amaranth in southernmost latitudes: plant density under irrigation in Patagonia, Argentina. *Revista Ceres*, 67, 93-99, 2020.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Experimento em campo

O projeto foi desenvolvido na Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ipameri localizada à latitude 17° 42' 41,73" S e longitude 48° C 8' 20,29" O, em clima, de acordo com a classificação de Köppen, tropical (Aw) , cujos dados climáticos encontram-se nas Figuras 2 e 3. A classificação do solo da área é Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 2013).

Foram avaliadas quatro cultivares norte-americanas Aurelia's Verde, Elena's Rojo, Golden Giant, Juana's Orange, Opopeo, adquiridas da Baker Creek Heirloom Seeds, cultivar BRS Alegria, desenvolvida pela Embrapa e genótipo UEG 01, selecionado pela UEG dentro de população heterogênea, adquirida em loja de produto natural ( Figura 3), em quatro épocas de semeadura (24/02, 31/03, 05/05) de 2021 e (12/01) de 2022.



**Figura 3: Cultivares avaliadas.**

As semeaduras foram realizadas em bandejas de poliestireno expandido com 128 células, preenchidas com composto orgânico acrescido de 6 gramas por litro de substrato, do formulado 05-25-15. Os transplantes para o campo ocorreram em 11/03/2021, 14/04/2021, 19/05/2021 e 20/02/2022, respectivamente.

O solo foi adubado, no sulco, como adubação de plantio, tendo 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 05-25-15 e, em cobertura, 150 kg ha<sup>-1</sup> de uréia, 15 dias após o plantio. Nas três primeiras épocas de semeadura, foi realizado quando necessário, irrigação por gotejamento, utilizando mangueiras gotejadoras, procurando manter as plantas sem déficit hídrico. A última época foi conduzida sem irrigação. As capinas foram realizadas, manualmente, sempre que necessário, mantendo o experimento livre de plantas, consideradas daninhas, que poderiam competir com a cultura.

#### 5.1.1 Delineamento Experimental

O delineamento experimental para cada época foi de blocos casualizados, com sete tratamentos (genótipos) e quatro repetições, tendo cada parcela duas fileiras com 3 metros de

comprimento, cada uma contendo dez plantas, dispostas no espaçamento de 0,60 x 0,30 m, considerando-se como parcela útil todas as plantas da parcela. Os tratamentos foram constituídos pelos genótipos Aurelia's Verde, BRS Alegria, Elena's Rojo, Golden Giant, Juana's Orange, Opopeo e UEG 01, todos da espécie *Amaranthus cruentus*, em quatro épocas de semeadura (24/02/21, 31/03/21, 05/05/21 e 12/01/22), sendo a primeira e quarta épocas representando o final de chuvas e a segunda e a terceira, de outono-inverno com irrigação.

### 5.1.2 Dados Obtidos

Para cada época de semeadura foram obtidos dados das seguintes variáveis:

- a) Altura da planta no início do florescimento, tomando-se uma amostra de dez plantas representativas da parcela útil, medindo, com uma régua, desde a superfície do solo até o ápice da panícula após a floração.
- b) Comprimento da panícula principal, por ocasião da colheita, tomando-se uma amostra de dez plantas, representativas da parcela útil, medindo desde a base até o ápice da panícula.
- c) Altura da planta na colheita, tomando-se uma amostra de dez plantas representativas da parcela útil, medindo, com uma régua, desde a superfície do solo até o ápice da panícula após a floração.
- d) Rendimento de sementes por parcela útil, em gramas por parcela e calculando-se a produtividade correspondente, em  $\text{kg ha}^{-1}$ . Massa média de sementes por planta, considerando o stand de plantas em cada parcela.

### 5.1.3 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância conjunta, utilizando o software R (R CORE TEAM, 2020) e as médias de genótipos e épocas comparadas pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

## 5.2 Experimento em laboratório

Foi avaliada a qualidade de sementes de sete genótipos de *Amaranthus cruentus*, sendo quatro cultivares norte-americanas Aurelia's Verde, Elena's Rojo, Golden Giant, Juana's Orange, Opopeo, adquiridas da Baker Creek Heirloom Seeds, cultivar BRS Alegria, desenvolvida pela Embrapa e genótipo UEG 01, selecionado pela UEG dentro de população heterogênea, produzidas em função de quatro épocas de semeadura (24/02/2021, 31/03/2021, 05/05/2021 e 12/01/2022), no laboratório de sementes da Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ipameri, a partir do início da colheita de cada experimento.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em fatorial 7 x 4, tendo como fatores os genótipos e as épocas de semeadura, com quatro repetições e cinquenta sementes por parcela, conforme recomendações das Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Foram realizados os seguintes testes para avaliar a qualidade das sementes:

#### **5.2.1 Teste de germinação**

As sementes foram colocadas sobre duas folhas de papel “germitest” umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco e colocadas para germinar na temperatura de 25°C, computando-se a porcentagem de plântulas normais aos 14 dias. A avaliação foi efetuada de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

#### **5.2.2 Primeira contagem de germinação**

Foi conduzido juntamente com o teste de germinação, computando-se a porcentagem de plântulas normais aos 14 dias após instalação do teste, e os resultados expressos em porcentagem (%).

#### **5.2.3 Envelhecimento acelerado**

As sementes foram dispostas em camada única sobre tela de alumínio no interior de caixas plásticas do tipo “gerbox”, contendo 40 mL de água destilada no fundo e mantidas sob temperatura de 41 °C por um período de 72 horas, os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

#### **5.2.4 Teste de emergência de plântulas em campo**

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido, contendo substrato formado por composto orgânico e latossolo vermelho-amarelo, na proporção 1/1. A avaliação foi realizada até os 14 dias após a instalação. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas emergidas.

#### **5.2.5 Índice de velocidade de emergência (IVE)**

Realizado concomitante ao teste de emergência, realizando, diariamente, desde o primeiro até o 14º dia após a semeadura. A partir dos valores diários de plântulas emergidas foi calculado o índice de velocidade de emergência conforme Maguire (1962).

#### **5.2.6 Tempo médio de emergência (TME)**

Também realizado concomitante ao teste de emergência, realizando, diariamente, desde o primeiro até o 14º dia após a semeadura. A partir dos valores diários de plântulas emergidas foi calculado.

### **5.2.7 Comprimento de plântulas**

Foram utilizadas dez plântulas normais após o teste de germinação para cada repetição. Foi medida a parte aérea e parte radicular e calculados o comprimento médio para cada repetição. Os resultados foram expressos em centímetro (cm).

### **5.2.8 Condutividade elétrica**

As sementes foram pesadas e imersas em 25 ml de água destilada e mantidas por 8 horas em germinador à 25°C. Após esse período foi avaliada a condutividade elétrica da solução em condutivímetro e o resultado foi expresso em  $\mu\text{S.cm}^{-1}$ .

### **5.2.9 Massa de 1000 sementes**

Foram contadas manualmente, quatro repetições de 1000 sementes oriundas da porção semente pura de cada tratamento, onde cada amostra, foi pesada individualmente, o resultado foi expresso em gramas.

### **5.2.10 Análises estatísticas**

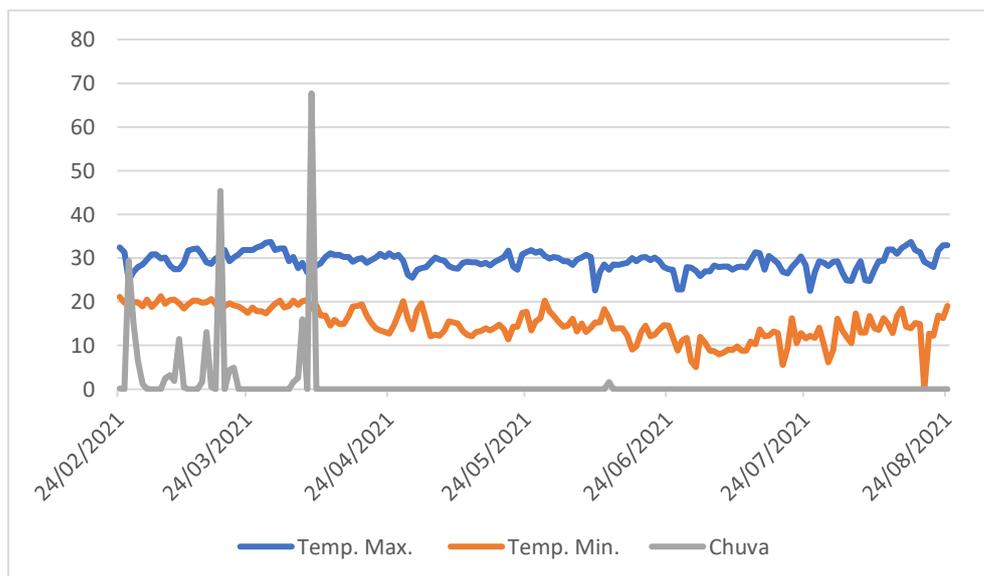
Os dados foram submetidos à análise de variância fatorial, utilizando o software R (R CORE TEAM, 2020) e as médias de genótipos e épocas comparadas pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

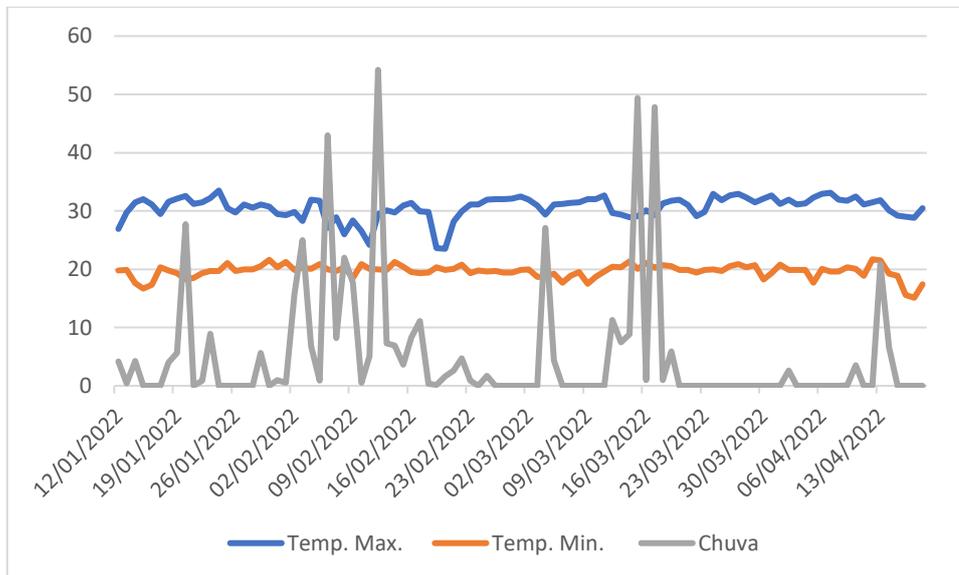
### 6.1 Experimento em campo

#### Dados climatológicos

Na Figura 2 é possível observar os valores de temperatura máxima, mínima e pluviosidade entre os meses de condução deste experimento. A distribuição de chuvas na 1<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup> e 3<sup>o</sup> época ocorreu de forma irregular, sendo que os meses que apresentaram maior precipitação durante a condução do experimento em 2021 foram os meses de março e abril com aproximadamente 45,4 a 61,7 mm (Figura 2). Já no período no mês de maio não se verificou precipitação sobre a cultura do amaranto. Para o mês de junho foi verificado precipitação de 1,7 mm. até março de 2021. Para a 4<sup>o</sup> época a distribuição de chuvas foi constante com maior pico entre os meses de fevereiro 54,2 mm e março 49,4 mm (Figura 3). A temperatura média na 1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> época foi de aproximadamente 25°C. Na 3<sup>o</sup> época houve uma redução da temperatura, atingindo temperaturas abaixo de 8°C. A 4<sup>o</sup> época a temperatura média foi de aproximadamente 25° C. Segundo Espitia et al. (2010) a faixa de temperatura ideal para o crescimento e desenvolvimento da cultura do amaranto está compreendida entre 16 e 30°C.



**Figura 2. Temperatura e precipitação pluviométrica para as épocas 24/02/2021, 31/03/2021 e 05/05/2021. Ipameri, GO, 2021.**



**Figura 3. Temperatura e precipitação pluviométrica para a época de 12/01/2022. Ipameri, GO, 2022.**

Todas as variáveis apresentaram diferença significativa entre os genótipos, sem apresentarem interação entre época de semeadura e genótipo (Tabela 1).

**Tabela 1. Altura da planta, na floração (ALTF) e na colheita (ALTC), produtividade (PROD) e produção por planta (PRPL), de genótipos de amaranto. Ipameri, 2022.**

<b>Genótipo</b>	<b>ALTF</b>	<b>ALTC</b>	<b>PROD</b>	<b>PRPL</b>
	<b>cm</b>	<b>cm</b>	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>	<b>g</b>
Aurelia's Verde	80,24 b	149,34 b	741,00 a	16,33 a
BRS Alegria	86,68 a	156,03 a	676,20 a	15,41 a
Elena's Rojo	77,16 b	164,00 a	712,17 a	15,73 a
Golden	68,36 b	155,58 a	577,79 b	14,53 a
Juana's Orange	80,00 b	153,10 a	538,81 b	12,60 b
Opopeo	92,77 a	159,60 a	571,16 b	12,23 b
UEG 01	75,25 b	142,60 b	628,58 b	15,76 a
CV%	20,78	8,07	30,39	25,44

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Sckott-Knott, ao nível de 5 % de probabilidade.

Na floração as cultivares BRS Alegria e Opopeo não se diferiram entre si e tiveram as maiores alturas em comparação com os demais que se igualaram, estatisticamente. Na floração as cultivares BRS Alegria e Opopeo não se diferiram entre si e tiveram as maiores alturas em comparação com os demais que se igualaram, estatisticamente. Já na colheita as cultivares BRS

Alegria e Opopeo continuaram entre os mais altos, mas igualaram-se a Elena's Rojo, Golden e Juana's Orange, superando apenas Aurelia's Verde e UEG 01.

As cultivares BRS Alegria, Aurelia's Verde e Elena's Rojo apresentaram maior produtividade, superando as demais que se igualaram. Já na produção por planta, as cultivares Juana's Orange e Opopeu obtiveram a menor produção por planta, sendo superadas pelos demais genótipos que se igualaram.

Houve diferença significativa entre as épocas de semeadura para todas as variáveis. Tanto a altura das plantas, no período de floração e de colheita, quanto à produtividade e produção por planta foram maiores na primeira época e as menores na última época de semeadura (Tabela 2).

A altura das plantas, no período de floração, foi maior na 1ª época, e menor na 4ª época de semeadura, diferindo da 2ª e 3ª época que se igualaram. Já no período de colheita as maiores alturas foram, também, na 1ª época, seguidas da 2ª, 4ª e 3ª época, todas diferentes entre si. A maior produtividade, também foi obtida na 1ª época, sendo a 2ª e 3ª épocas intermediárias e a menor a 4ª época de semeadura.

**Tabela 2. Altura da planta, na floração (ALTF) e na colheita (ALTC), produtividade (PROD) e produção por planta (PRPL), de genótipo de amaranto. Ipameri, 2022.**

Época de semeadura	ALTF cm	ALTC cm	PROD kg ha <sup>-1</sup>	PRPL g
1ª (24/02/2021)	93,22 a	191,69 a	892,72 a	20,60 a
2ª (31/03/2021)	83,53 b	159,90 b	647,72 b	15,92 b
3ª (05/05/2021)	81,38 b	124,52 d	721,20 b	13,29 c
4ª (12/01/2022)	62,14 c	141,19 c	278,78 c	8,82 d
CV %	17,73	15,24	41,40	36,86

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Sckott-Knott, ao nível de 5 % de probabilidade.

Rahnama e Safaeie (2017) também relataram diferença estatisticamente significativa para a altura de plantas de diferentes genótipos de amaranto para altura na floração. Já Ibarra (2012), analisando o comportamento de 4 genótipos de amaranto em duas épocas de semeadura, observou que não houve diferenças significativas entre os fatores, isoladamente, quanto a altura de plantas, no período de maturação. Entretanto, observou interação significativa entre época de semeadura e variedades, contrastando com os dados obtidos no presente trabalho.

Para Pittelkow (2014) avaliando cultivar BRS Alegria em função de densidade e época de semeadura, para a variável altura de plantas não obteve diferença significativa para densidade de plantas e sim para época de semeadura, onde a altura máxima das plantas foi entre

1,14 m e 1,36 m, variando sob o efeito da época de semeadura entre fevereiro e março.

A diferença da altura de plantas de genótipos de *Amaranthus cruentus* pode ser explicada de acordo com Espitia et al. (2010) populações nativas de raças que podem atingir alturas de planta superiores a 3 m em condições ideais de crescimento, enquanto outras raças podem chegar a 0,5 m em condições limitadas, a altura da planta é influenciada pelo genótipo da planta e pelo ambiente.

A redução da altura de plantas na 3ª época pode ter sido em função das baixas temperaturas ocorridas no outono-inverno, que resultou na redução do número de folhas, na altura da planta e no encurtamento da duração do ciclo, considerando-se observações de Espitia (1992).

Foi observado acamamento nas épocas 24/02 e 31/03 de 2021 e (12/01) de 2022, O acamamento é um problema muito sério para a produção onde são utilizadas variedades de plantas muito altas e torna-se ainda mais complicado quando se combinam chuva e ventos fortes. Outro aspecto é a capacidade do caule de quebrar devido ao peso da inflorescência durante as chuvas ou ventos que, como o acamamento, dificultam a colheita (ESPITIA et al., 2010). Weber e Kauffman (1990) observaram que acessos de *A. cruentus* desenvolvem um sistema radicular mais longo comparado ao sistema radicular de *A. hypochondriacus*, portanto *A. cruentus* pode ser mais resistente ao acamamento.

Os genótipos Alegria, Aurelia's Verde e Elena's Rojo alcançaram as maiores produtividades de sementes (PROD) superando os demais genótipos, que não se diferiram entre si. Quanto à produção por planta (PRPL), destacaram-se os genótipos BRS Alegria, Aurelia's Verde, Elena's Rojo, Golden e UEG 01, que superaram Juana's Orange e Opopeo (Tabela 1).

A 1ª época alcançou a maior produtividade de sementes, *A. cruentus*, de acordo com Espitia et al. (2010), a cultura do amaranto é tolerante a altas temperaturas, mas não resistentes ao frio o amaranto se desenvolve melhor quando as altas temperaturas diárias atingem pelo menos 21 °C, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo, onde a temperatura alcançou valores acima de 20 °C ( Figura 2).

A 2ª e 3ª época, se igualaram estatisticamente entre si, o crescimento cessa em temperaturas próximas a 8 °C e as plantas sofrem danos abaixo de 4 °C (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1985), como foi observado no presente estudo, sobretudo para a 3ª que ocasionou redução na temperatura chegando a atingir menos de 8 °C (Figura 2)

Todas as épocas se diferiram entre si para produção de sementes por plantas, a 1ª época alcançou os maiores resultados, de acordo com Kauffman et al (1984) e Weber et al (1985) o amaranto tem um excelente potencial em áreas de baixa pluviosidade, que tradicionalmente

são plantadas com sorgo e milho, a 4ª época de semeadura obteve os menores resultados pois apresentou um balanço pluviométrico maior comparado as outras épocas (Figura 3) podendo ter afetado negativamente a produtividade.

Ibarra (2012) relatou diferença significativa entre variedades quanto ao rendimento de grãos, independentemente da época de semeadura, o rendimento de grãos para o plantio em data precoce obteve 335,75 kg ha<sup>-1</sup> e o plantio em data tardia foi de 181,10 kg ha<sup>-1</sup>. Os resultados de Pittelkow (2014) houve maior produtividade em semeadura no início de março, para a genótipo BRS Alegria na semeadura no final de fevereiro verificou-se melhores resultados com produtividade de 2.327 kg ha<sup>-1</sup>, também foi observado que nas semeaduras de final de março e início de abril houve redução da produtividade do amaranto com o adiantamento da época de plantio no período de safrinha. A diminuição do rendimento em relação ao atraso da semeadura, comparando ao considerado mais adequado, também foi relatada pelos autores, Yarnia, (2010), Troiani et al., (2004), Biancofiore e Casini (2020). A produção de grãos da última época de semeadura caiu devido ao tempo reduzido disponível para as plantas terminarem seu ciclo fenológico, e por causa dos baixos níveis de luz e baixas temperaturas durante o enchimento de grãos e maturação das sementes (BIANCOFIORE e CASINI, 2020). A queda na produção das plantas pode ter sido causada pelo déficit hídrico ocorrido durante a antese conforme Yarnia, 2010.

Outro aspecto que afeta a produtividade do amaranto é o alto grau de queda da semente até a maturidade ocorrente da abertura do utrículo. Com o movimento do vento, acamamento e movimentação das plantas durante a colheita uma boa quantidade de sementes cai, o que reduz no rendimento (ESPITIA et al., 2010). Durante a condução dos experimentos foram observadas visitas continuadas de pássaros, indistintamente nos diferentes genótipos, que também contribuíram para a redução do rendimento.

Houve diferença significativa entre as épocas de plantio e os entre genótipos, bem como para a interação entre esses dois fatores (Tabela 3).

**Tabela 3. Comprimento de panícula de genótipos de amaranto, em função de épocas de semeadura. Ipameri, 2022.**

Genótipo	Comprimento da panícula (cm)			
	1 <sup>a</sup> (24/02/2021)	2 <sup>a</sup> (31/03/2021)	3 <sup>a</sup> (05/05/2021)	4 <sup>a</sup> (12/01/2022)
Aurelia's Verde	37,57 b A	36,15 a A	32,82 a A	38,97 b A
BRS Alegria	41,28 a B	42,22 a B	38,02 a B	47,22 a A
Elena's Rojo	42,22 a A	44,20 a A	38,75 a A	40,65 b A
Golden	42,75 a B	41,05 a B	39,60 a B	48,57 a A
Juana's Orange	46,98 a A	40,42 a B	37,73 a B	40,00 b B
Opopeo	39,40 b B	42,65 a B	39,07 a B	50,57 a A
UEG 01	37,55 b B	37,75 a B	38,05 a B	51,18 a A
CV % Épocas	12,67			
CV % Genótipo	9,65			

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na linha e minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Sckott-Knott, ao nível de 5 % de probabilidade.

Quanto ao comprimento da panícula, as cultivares Aurelia's Verde e Elena's Rojo foram indiferentes em relação à época de semeadura. Os demais genótipos apresentaram as panículas mais longas na quarta época de semeadura, provavelmente por apresentar todo o desenvolvimento vegetativo sob temperaturas mais elevadas. Os genótipos se igualaram na segunda e terceira épocas, diferindo entre si na primeira e quarta épocas. Na primeira época de semeadura os genótipos BRS n Alegria, Elena's Rojo, Golden e Juana's Orange tiveram as maiores panículas do que os demais genótipos que se igualaram. Já na quarta época de semeadura, os genótipos BRS Alegria, Golden, Opopeo e UEG 01 apresentaram as panículas mais longas (Tabela 3).

Segundo Ferreira (2012) e Pittelkow (2014) o tamanho da panícula reflete o ambiente onde se desenvolve a planta e depende da população empregada, da fertilidade do solo, do estresse hídrico e da época de semeadura. Entretanto, Ibarra (2012) não encontrou diferença significativa para comprimento de panícula na interação época de semeadura x genótipo, resultados diferentes com os desta pesquisa, o que provavelmente se deve a um maior contraste de ambientes nas localidades por ocasião das datas de plantio. Já Ribeiro et al (2018) encontrou diferença significativa para o comprimento de panículas entre espécies de amaranto, mas não entre as épocas de semeadura em que foram avaliadas. Por outro lado, Pittelkow (2014) observou a interação significativa para o comprimento da panícula em função das épocas de semeadura para o genótipo BRS Alegria, verificando a redução no comprimento de panícula

em sementeiras tardias, resultados que se diferem do presente estudo.

O número de dias entre o florescimento e maturação pode variar com a época de sementeira, indicando haver variabilidade genética em *Amaranthus cruentus* para resposta ao fotoperíodo e déficit hídrico (RIBEIRO et al., 2018).

## 6.2 Experimento em laboratório

Quanto à porcentagem final de germinação (G) houve diferença significativa para os fatores épocas e genótipos isoladamente e para interação entre os dois fatores. Os genótipos igualaram-se estatisticamente na segunda, terceira e quarta épocas de sementeira. Na primeira época a cultivar BRS Alegria apresentou a menor média, sendo superado pelos demais genótipos que se igualaram (Tabela 4).

**Tabela 4. Porcentagem de germinação de sementes de Amarantho em função de épocas de sementeira. Ipameri, 2023.**

Genótipos	Épocas de sementeiras			
	1 <sup>a</sup> (24/02/2021)	2 <sup>a</sup> (31/03/2021)	3 <sup>a</sup> (05/05/2021)	4 <sup>a</sup> (12/01/2022)
Aurelia's Verde	100,0 a A	98,0 a A	81,5 a B	95,5 a A
BRS Alegria	81,0 b B	99,0 a A	83,5 a B	93,0 a A
Elena's Rojo	98,5 a A	94,5 a A	82,0 a B	96,5 a A
Golden Giant	98,5 a A	98,5 a A	72,0 a B	92,5 a A
Joana's Orange	100,0 a A	99,0 a A	76,5 a B	96,5 a A
Opopeo	100,0 a A	95,5 a A	81,0 a B	98,0 a A
UEG 01	100,0 a A	90,5 a A	76,5 a B	96,0 a A
CV %	7,33			

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na linha e minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Sckott-Knott, ao nível de 5 % de probabilidade.

A porcentagem final de germinação foi menor na terceira época de sementeira, com médias inferiores à primeira, segunda e quarta épocas. A cultivar BRS Alegria foi menor na primeira época, os demais genótipos comportaram-se igualmente, com maiores médias na primeira, segunda e quarta épocas, que se igualaram estatisticamente.

Martins (2018) avaliando a qualidade de 5 lotes de sementes de BRS Alegria não encontrou diferenças significativas no teste de germinação e observou uma porcentagem de germinação de 89-91% para esta cultivar, corroborando com os resultados encontrados neste estudo, onde a cultivar alegria alcançou entre 81,0 - 99,0%.

O teste de primeira contagem de germinação, muitas vezes, expressa melhor as

diferenças de velocidade de germinação, porém Valentini e Pina Rodrigues (1995) ressaltaram que esse teste possui eficiência reduzida quanto à detecção de pequenas diferenças de vigor, porém não foi identificado diferenças de vigor baseado nos dados de primeira contagem no presente estudo. O teste de primeira contagem de sementes realizada conjuntamente ao teste de germinação serve para identificar as plantas mais vigorosas ao apresentarem maior porcentagem de germinação (BRASIL, 2009). Para o número de plantas na primeira contagem de germinação, houve diferença significativa para os fatores épocas e genótipos isoladamente e para interação entre os dois fatores. Os genótipos igualaram-se estatisticamente na segunda, terceira e quarta épocas de semeadura. Na primeira época a cultivar BRS Alegria apresentou a menor média, sendo superado pelos demais genótipos que se igualaram.

O índice de velocidade de germinação (IVG), apresentou diferença significativa para os fatores épocas e genótipos isoladamente e para interação entre os dois fatores. Os genótipos igualaram-se estatisticamente na segunda, terceira e quarta épocas de semeadura. Na primeira época a cultivar BRS Alegria apresentou a menor média, sendo superado pelos demais genótipos que se igualaram (Tabela 5).

**Tabela 5. Índice de velocidade de germinação de sementes de Amarantho em função da época de semeadura. Ipameri, 2023.**

Genótipos	Épocas de semeaduras			
	1 <sup>a</sup> (24/02/2021)	2 <sup>a</sup> (31/03/2021)	3 <sup>a</sup> (05/05/2021)	4 <sup>a</sup> (12/01/2022)
Aurelia's Verde	47,86 a A	22,84 a B	13,61 a C	12,00 a C
BRS Alegria	34,02 b A	22,79 a B	13,50 a C	11,52 a C
Elena's Rojo	45,10 a A	22,47 a B	13,29 a C	12,12 a C
Golden Giant	47,86 a A	23,65 a B	11,60 a C	12,06 a C
Joana's Orange	50,00 a A	23,64 a B	11,96 a C	12,43 a C
Opopeo	50,00 a A	22,39 a B	12,96 a C	12,37 a C
UEG 01	48,74 a A	21,75 a B	11,60 a C	12,11 a C
CV %	13,21			

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na linha e minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Sckott-Knott, ao nível de 5 % de probabilidade.

Para o índice de velocidade de germinação, a cultivar BRS Alegria foi menor na primeira época de semeadura, os demais genótipos igualaram-se estatisticamente em todas as épocas. Segundo Alvarenga 2021, a cultivar BRS Alegria, obteve o maior IVG quando comparado a outros genótipos, resultado que difere do presente estudo. A primeira época apresentou as maiores médias, superando as demais, a segunda época obteve médias

intermediárias e a terceira e quarta época de semeadura igualaram-se entre si, com médias inferiores.

Lemes et al., 2022 também identificaram diferença entre épocas de colheita das sementes de amaranto sobre o índice de velocidade de emergência, corroborando com os resultados do presente estudo. De acordo com Krzyzanowski et al. (1999) lotes de sementes com porcentagens de germinação similares, geralmente demonstram diferenças em suas velocidades de germinação, sinalizando que existem diferenças de vigor entre eles, entretanto isso não foi confirmado neste estudo, porém foi identificado a diferença de velocidade de germinação entre as épocas de semeadura, apontando que a 1<sup>o</sup> época demonstrou maior vigor de germinação comparada as demais.

Também para o tempo médio de germinação (TMG), houve diferença significativa para os fatores épocas e genótipos isoladamente e para interação entre os dois fatores. Os genótipos igualaram-se estatisticamente na segunda e quarta, superando a primeira e terceira época de semeadura. Os genótipos que apresentaram maiores médias foram BRS na primeira época e UEG 01 na terceira época de semeadura (Tabela 6).

**Tabela 6. Tempo médio de germinação de sementes de Amaranto em função da época de semeadura. Ipameri, 2023.**

Genótipos	Épocas de semeaduras			
	1 <sup>a</sup> (24/02/2021)	2 <sup>a</sup> (31/03/2021)	3 <sup>a</sup> (05/05/2021)	4 <sup>a</sup> (12/01/2022)
Aurelia's Verde	1,13 b D	2,28 a C	3,00 b B	3,79 a A
BRS Alegria	1,91 a C	2,19 a C	3,03 b B	3,78 a A
Elena's Rojo	1,40 b D	2,17 a C	3,07 b B	3,79 a A
Golden Giant	1,19 b D	2,13 a C	3,02 b B	3,74 a A
Joana's Orange	0,95 b D	2,10 a C	3,09 b B	3,77 a A
Opopeo	0,95 b D	2,23 a C	3,13 b B	3,79 a A
UEG 01	1,01 b C	2,29 a B	3,57 a A	3,77 a A
CV %	9,85			

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na linha e minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Sckott-Knott, ao nível de 5 % de probabilidade.

O TMG foi menor na primeira época, seguido da segunda e terceira época, a quarta época, superou as médias das demais cultivares mostrando que o vigor de germinação na quarta época foi inferior as demais. Os dados de TMG complementam os dados de IVG, pois quanto maior o IVG do genótipo, menor é o seu TMG, isto é, a primeira e segunda época mostram um

desempenho superior, para o desenvolvimento fisiológico de sementes, quando comparados a terceira e quarta épocas.

Alvarenga (2021) ao avaliar diferentes cultivares de *Amaranthus cruentus* constatou que a cultivar BRS Alegria foi mais precoce do que os demais genótipos, resultados que se diferem do presente estudo. Martins (2018) ao avaliar procedimentos para a condução do teste de envelhecimento acelerado e os efeitos de diferentes condições de armazenamento na manutenção da qualidade fisiológica de sementes de amaranto verificou que o tempo médio de emergência entre diferentes lotes de sementes de amaranto obteve diferença significativa para a variável analisada, corroborando com os resultados encontrados no presente estudo.

Quanto a porcentagem final de germinação de sementes envelhecidas, houve diferença significativa para os fatores épocas e genótipos isoladamente e para interação entre os dois fatores. Os genótipos igualaram-se estatisticamente e apresentaram as maiores médias na terceira época de semeadura. As médias das cultivares BRS Alegria e Aurelia's Verde foram menores comparadas aos demais genótipos. Na segunda época os genótipos Elena's Rojo, Opopeo e UEG 01 apresentaram as menores média. Na quarta época as cultivares BRS Alegria, Elena's Rojo e Opopeo apresentaram resultados inferiores aos demais genótipos (Tabela 7).

**Tabela 7. Envelhecimento acelerado de sementes de Amaranto em função da época de semeadura, Ipameri 2023.**

Genótipos	Épocas de semeaduras			
	1 <sup>a</sup> (24/02/2021)	2 <sup>a</sup> (31/03/2021)	3 <sup>a</sup> (05/05/2021)	4 <sup>a</sup> (12/01/2022)
Aurelia's Verde	74,0 b A	83,5 a A	72,5 a A	51,5 a B
BRS Alegria	83,0 b A	74,0 a A	73,0 a A	31,5 b B
Elena's Rojo	98,5 a A	39,5 c B	91,0 a A	38,5 b B
Golden Giant	97,0 a A	78,5 a A	91,0 a A	54,0 a B
Joana's Orange	98,5 a A	76,5 a A	89,0 a A	56,5 a B
Opopeo	97,5 a A	61,0 b B	95,0 a A	18,5 b C
UEG 01	94,0 a A	46,0 c B	89,0 a A	43,5 a B
CV %	17,42			

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na linha e minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Sckott-Knott, ao nível de 5 % de probabilidade.

O envelhecimento acelerado foi maior na primeira e terceira época, superando as demais épocas de semeadura. Na segunda época os genótipos que apresentaram as menores médias para época de semeadura foram Elena's Rojo, Opopeo e UEG 01. A quarta época de semeadura,

apresentou as menores médias comparada as demais épocas e o genótipo Opopeo foi inferior aos demais genótipos que se igualaram entre si.

Rosa et al. (2018), estudando metodologias de envelhecimento acelerado e condutividade em BRS Alegria encontrou diferença significativa entre lotes de semente de amaranto ao avaliar o envelhecimento acelerado, observaram que a porcentagem de germinação de um dos lotes foi inferior aos demais, assim como foi verificado no presente estudo, onde as cultivares e épocas se diferiram. Segundo Aristizábal e Álvarez, 2006 sementes com germinação superior a 80% após envelhecimento acelerado podem ser classificadas como de alto vigor, sendo favorável para o resultado máximo obtido, portanto na 1<sup>o</sup> e 3<sup>a</sup> época, as cultivares, se classificam como de alto valor. Lotes de sementes de alto vigor manterão sua viabilidade quando submetidos a essas condições, enquanto as de baixo vigor terá sua viabilidade reduzida (MARCOS FILHO, 2015), para o presente estudo as cultivares da 1<sup>o</sup> e 3<sup>a</sup> época mantiveram sua viabilidade.

No envelhecimento acelerado, a porcentagem de germinação da 3<sup>o</sup> época superou os resultados encontrados no teste de germinação padrão. Isto ocorreu porque o desempenho isolado dos genótipos, época e a interação entre os dois se diferiram dos resultados encontrados no teste de germinação padrão, pois segundo Mertz et al. (2009) sementes expostas a baixas ou elevadas temperaturas podem vir a sofrer alterações metabólicas que afetam a expressão de enzimas responsáveis pelo processo de germinação.

Na porcentagem final de emergência em campo, houve diferença significativa para os fatores épocas e genótipos isoladamente e para interação entre os dois fatores. Os genótipos igualaram-se estatisticamente na primeira, segunda e terceira época. Na quarta época as cultivares Aurelia's Verde, Elena's Rojo, Joana's Orange e UEG 01 obtiveram médias inferiores aos demais genótipos (Tabela 8).

**Tabela 8. Porcentagem de emergência em campo de sementes de Amaranto em função da época de semeadura, Ipameri 2023.**

Genótipos	Épocas de semeaduras			
	1 <sup>a</sup> (24/02/2021)	2 <sup>a</sup> (31/03/2021)	3 <sup>a</sup> (05/05/2021)	4 <sup>a</sup> (12/01/2022)
Aurelia's Verde	86,5 a A	80,0 a A	72,5 a A	32,5 b B
BRS Alegria	88,5 a A	84,5 a A	73,0 a B	67,0 a B
Elena's Rojo	79,0 a A	88,5 a A	83,5 a A	37,5 b B
Golden Giant	84,0 a A	84,5 a A	82,0 a A	58,0 a B
Joana's Orange	84,5 a A	72,5 a A	89,0 a A	30,0 b B
Opopeo	88,0 a A	93,0 a A	70,5 a B	60,5 a B

UEG 01	79,5 a A	73,0 a A	89,0 a A	40,5 b B
CV %	15,03			

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na linha e minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Sckott-Knott, ao nível de 5 % de probabilidade.

Os testes de vigor, além de ranquear os lotes, devem associar-se ao desempenho das plântulas em campo, a fim de um monitoramento da eficiência dos procedimentos adotados em laboratório (MARCOS FILHO, 1999). A emergência de plântulas é outro teste de vigor onde as condições adversas em que as sementes estão sujeitas no campo podem influenciar o desenvolvimento das plantas, interferindo na uniformidade do estande final e na produção (MARCOS FILHO, 2015). Neste caso a porcentagem final de emergência em campo, se igualou na primeira e segunda época. Na terceira época as cultivares BRS Alegria e Opopeo se diferiram estatisticamente dos demais genótipos. A quarta época obteve média inferior em comparação as demais datas e o genótipo Opopeo teve a menor média entre os genótipos, os outros genótipos se igualaram.

Para o índice de velocidade de emergência em campo, houve diferença significativa para os fatores épocas e genótipos isoladamente e para interação entre os dois fatores. Os genótipos igualaram-se estatisticamente na primeira, segunda e terceira época. Na quarta época as cultivares Aurelia's Verde, Elena's Rojo, Juana's Orange e UEG 01 obtiveram médias inferiores aos demais genótipos (Tabela 9).

**Tabela 9. Índice de velocidade de emergência em campo das genótipos em função da época de semeadura, Ipameri 2023.**

Genótipos	Épocas de semeaduras			
	1 <sup>a</sup> (24/02/2021)	2 <sup>a</sup> (31/03/2021)	3 <sup>a</sup> (05/05/2021)	4 <sup>a</sup> (12/01/2022)
Aurelia's Verde	43,37 a A	40,00 a A	36,25 a A	16,25 b B
BRS Alegria	44,65 a A	42,25 a A	36,50 a B	33,50 a B
Elena's Rojo	39,62 a A	44,25 a A	41,75 a A	18,75 b B
Golden Giant	42,75 a A	42,25 a A	41,00 a A	29,00 a B
Joana's Orange	42,50 a A	36,25 a A	44,50 a A	15,00 b B
Opopeo	44,12 a A	46,50 a A	35,25 a B	30,25 a B
UEG 01	40,18 a A	36,50 a A	44,50 a A	20,25 b B
CV %	15,04			

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na linha e minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Sckott-Knott, ao nível de 5 % de probabilidade.

O índice de velocidade de emergência em campo, se igualou na primeira, segunda e terceira época. Na terceira época as cultivares BRS Alegria e Opopeo se diferiram estatisticamente dos demais genótipos. A quarta época obteve média inferior em comparação as demais datas e o genótipo Opopeu teve a menor média entre os genótipos, os outros genótipos comportaram-se igualmente.

O teste de emergência, avaliado por meio da porcentagem de plantas normais permite discriminar melhor os genótipos quanto à qualidade fisiológica das suas sementes (SCHUAB et al., 2006). Para Ponce (2019), resultados com elevado percentual de germinação não significam que as cultivares e lotes avaliados possuem alto vigor, já que o ensaio é conduzido sob condições favoráveis de temperatura, umidade e luminosidade, permitindo ao lote expressar o máximo seu potencial fisiológico, com isso justifica-se o comportamento das cultivares ao teste de emergência em campo, pois não houve controle de fatores abióticos levando ao aumento do coeficiente de variação.

Não houve interação entre os fatores genótipo e época de semeadura para as variáveis tempo médio de emergência em campo, comprimento de plantas e condutividade elétrica. Houve diferença significativa entre as épocas de semeadura para todas as variáveis (Tabela 10).

**Tabela 10. Condutividade elétrica (CE), comprimento total de plantas (CTP) e tempo médio de emergência (TME), genótipos em função da época de semeadura, Ipameri 2023.**

Época de semeadura	TME %	CTP cm	CE $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$
24/02/2021	0,97 a	4,48 a	0,51 b
31/03/2021	0,94 b	4,28 b	0,83 a
05/05/2021	0,94 b	4,58 a	0,40 b
12/01/2022	0,89 c	4,44 a	0,29 b
CV %	4,75	8,11	84,36

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Sckott-Knott, ao nível de 5 % de probabilidade.

O tempo médio de emergência em campo na primeira época apresentou a maior média, superando o resultado das demais épocas. A segunda e quarta época se igualaram entre si e a quarta época apresentou os menores resultados. Para Marcos Filho (1999) o teste de emergência de plântulas em campo é um parâmetro indicador da eficácia dos testes para avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes.

As médias do comprimento total de plantas foram iguais na primeira, terceira e quarta época, superando a média obtida na segunda época. A avaliação de crescimento de plântulas

consiste em outra forma de avaliar vigor das mesmas de acordo com Nakagawa (1999). Dessa forma, é importante destacar que o teste de comprimento total de plantas é eficiente para determinar o vigor das sementes, pois as amostras com maiores valores correspondem as plântulas mais vigorosas (NAKAGAWA, 1999). Dan et al. (1987), relataram que sementes mais vigorosas originam plântulas com maior taxa de crescimento, em função da maior translocação das reservas dos tecidos de armazenamento para o crescimento do eixo embrionário.

Para a condutividade elétrica a primeira, terceira e quarta época se igualaram entre si a segunda época apresentou a maior média, superando as demais. Rosa et al., (2018) encontrou diferenças de vigor em diferentes lotes de amaranto ao utilizar a metodologia de utilizando 25 mL, 50 sementes por 8 hora de hidratação. A redução contínua nos valores das medições para cada época se deve ao aumento da impermeabilidade da membrana com o avanço das etapas de formação da semente (MENDES, 2014). Portanto, os resultados deste estudo mostram que a integridade da membrana celular avaliada com o teste de condutividade elétrica pode ocasionar degradação do vigor das sementes para sementes obtidas de diferentes épocas. Quanto menor o valor da condutividade elétrica, maior é o vigor das sementes, nesse caso, determinado pela 2ª época e as demais épocas, possivelmente, proporcionaram menor capacidade para reorganizar e reparar danos nas membranas.

Quanto ao peso de 1000 sementes, houve diferença significativa para os fatores épocas e genótipos isoladamente e para interação entre os dois fatores. A cultivar Golden Giant se diferiu estatisticamente na primeira e quarta época. Na segunda época os genótipos BRS Alegria e UEG 01 se igualaram entre si e diferiram-se das demais. O genótipo UEG 01 obteve média inferior para a terceira época. Na quarta época os genótipos Joana's Orange e UEG 01 apresentaram as maiores médias (Tabela 11).

**Tabela 11. Peso de 1000 sementes dos genótipos em função da época de semeadura, Ipameri 2023.**

Genótipos	Épocas de semeaduras			
	1 <sup>a</sup> (24/02/2021)	2 <sup>a</sup> (31/03/2021)	3 <sup>a</sup> (05/05/2021)	4 <sup>a</sup> (12/01/2022)
Aurelia's Verde	0,11 b A	0,13 a A	0,13 b A	0,12 b A
BRS Alegria	0,15 a A	0,12 a B	0,17 a A	0,13 b B
Elena's Rojo	0,15 a A	0,13 a A	0,11 b A	0,14 b A
Golden Giant	0,11 b B	0,14 a A	0,14 a A	0,11 b B
Joana's Orange	0,14 a A	0,12 a A	0,13 b A	0,16 a A
Opopeo	0,15 a A	0,14 a A	0,13 b A	0,11 b A
UEG 01	0,13 a B	0,13 a B	0,10 b B	0,78 a A
CV %	15,86			

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na linha e minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Sckott-Knott, ao nível de 5 % de probabilidade.

O peso de mil sementes é utilizado para calcular a densidade de semeadura e o número de sementes por embalagem (BRASIL, 2009). É uma informação que orienta quanto ao tamanho das sementes, assim como de seu estágio de maturidade. O peso das sementes pode estar associado ao tamanho delas, sendo que sementes maiores possuem maior quantidade de reservas, e que por consequência disto, são mais vigorosas. Este vigor das sementes favorece o desenvolvimento das plantas, persistindo até a produção final, pois o peso das sementes está relacionado à quantidade de reservas armazenadas e sementes de uma mesma espécie com maior peso, apresentam qualidade fisiológica superior (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012), com isso, plantas advindas de lotes mais vigorosos, obtém maiores produtividades o que persiste até o desenvolvimento das plantas (BRAZ e ROSSETTO, 2009).

As sementes avaliadas são provenientes de épocas distintas a qual foram submetidas a diferentes combinações dos fatores: temperatura, luz, disponibilidade de água, dentre outros, as sementes provenientes da 1º época foram cultivadas em condições de temperatura e disponibilidade de água adequados para o desenvolvimento das cultivares de amaranto, contribuindo para uma maior quantidade de reservas armazenadas nas sementes produzidas. A 2º época alcançou resultados inferiores devida à variação da temperatura e da disponibilidade de água durante o experimento. A queda brusca de temperatura na 3º época prejudicou o as fases vegetativa e reprodutiva das plantas, afetando na produção de sementes viáveis. O amaranto não se desenvolve bem com alta pluviosidade, na 4º época o período chuvoso foi maior em comparação as demais, desfavorecendo no acúmulo de reservas armazenadas das sementes. Para Guillemín et. al., (2013) está atrelada ao potencial germinativo de uma semente ou lotes de sementes, portanto, o vigor germinativo dos genótipos, apresentados no presente estudo, sofreram influência do efeito da época de semeadura.

## 7. CONCLUSÃO

A maior produtividade ocorreu com a semeadura de 24/02/2021, no final do período chuvoso, utilizando irrigação;

As cultivares mais produtivas foram Aurelia's Verde, BRS Alegria e Elena's Rojo;

O tamanho da panícula principal foi maior na semeadura de 12/01/2022, sem correlação direta com o rendimento;

Há possibilidade de obtenção de sementes com boa qualidade para as épocas de semeadura dos meses 24/02/2021, 31/03/2021 e 12/01/2022, devido as condições de

temperatura e disponibilidade de água favorável no período de desenvolvimento do amaranto, com exceção da terceira época realizada em 05/05/2021.

As cultivares que apresentaram melhor porcentagem de germinação foram Elena's Rojo, Golden Giaant, Juana's Orange, Opopeo e UEG 01.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKANEME, F. I.; ANI, G. O. Morphological assessment of genetic variability among accessions of *Amaranthus hybridus*. *World Appl. Sci. J*, v. 28, n. 4, p. 568-577, 2013.

ALVARENGA, F. P. D. Adequação de metodologia de qualidade fisiológica em diferentes lotes de sementes de amaranto produzidas em dois meios de cultivo. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Programa De Pós-Graduação Em Produção Vegetal, **Universidade Estadual de Goiás**, 2021.

ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E. D.; CRUSCIOL, C. A. C. Effects of sowing dates on performance of dryland rice cultivars under sprinkler irrigation, in Selvíria, MS, Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 35, p. 1967-1976, 2000.

ARISTIZÁBAL. M.; ÁLVAREZ, L. P. Efectos del deterioro de la semilla sobre el vigor, crecimiento y producción del maíz (*Zea mays*). *Agronomía*, v. 14, n. 1, p. 17-24, 2006.

BALLABIO, C.; UBERTI, F.; DI LORENZO, C.; BRANDOLINI, A.; PENAS, E., RESTANI, P. Caracterização bioquímica e imunoquímica de diferentes variedades de amaranto (*Amaranthus L. ssp.*) como ingrediente seguro para produtos isentos de glúten. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, v. 59, n. 24, p. 12969-74, 2011.

BARROS, J. F. C.; CARVALHO, M.; BASCH. G. 2004. Response of sunflower (*Helianthus annuus L.*) to sowing date and plant density under Mediterranean conditions. *Europ. Journal Agronomy*, v. 21, p. 347-356.

BESWA, D.; DLAMINI, N. R.; SIWELA, M.; AMONSOU, E. O.; KOLANISI, U. Effect of Amaranth addition on the nutritional composition and consumer acceptability of extruded provitamin A-biofortified maize snacks. *Food Science and Technology*, v. 36, p. 30-39, 2016.

BRAZ, M. R. S.; ROSSETTO, C. A.; V. Correlação entre testes para avaliação da qualidade de sementes de girassol e emergência das plântulas em campo. *Ciência Rural*, v. 39, p. 2004-2009, 2009.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. **Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal**, 2014.

- CASINI, P.; BIANCOFIORE, G. Optimizing sowing time for boosting productivity and nutritional quality of amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) genotypes under Mediterranean climate. *Acta agriculturae Slovenica*, v. 115, n. 1, 183-191, 2020.
- CASINI, P.; BIANCOFIORE, G. Optimizing sowing time for boosting productivity and nutritional quality of amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) genotypes under Mediterranean climate. *Acta agriculturae Slovenica*, v. 115, n. 1, p. 183-191, 2020.
- COPELAND, L. O.; MCDONALD, M. B. *Principles of Seed Science and Technology*, Boston, MA, Springer US, 1999.
- DONAZZOLO, J.; POSSENTI, J. C.; A GUOLLO, K.; DANNER, M. A.; BELLE, I. C. Germination of amaranth seeds under influence of light, substrate and temperature. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages: v.16, n.2, p.190-194, 2017.
- EJIEJI, C. J., ADENIRAN, K. A. Effects of Water and Fertilizer Stress on the Yield, Fresh and Dry Matter Production of Grain Amaranth (*Amaranthus cruentus*). *Australian Journal of Agricultural Engineering*, v. 1, n. 1, 18-23, 2010.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos/SANTOS, H. G. et al. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2013. 3 ed. rev. Ampl.; 353 p.
- ESPITIA, R. E. Amaranth germplasm development and agronomic studies in Mexico. *Food Reviews International*, v. 8, n. 1, p. 71-86, 1992.
- ESPITIA, R. E., MAPES, S. C., ESCOBEDO, L. D., DE LA O OLÁN, M., RIVAS, V. P., MARTÍNEZ, T. G., CORTÉS, E. L., HERNÁNDEZ, C. J. M. Conservación y uso de los recursos genéticos de los recursos genéticos de Amaranto en México. *INIFAP, Centro de Investigación Regional*, Celaya, Guanajuato, México, 2010.
- FERREIRA, C. C. Efeito da densidade de plantas e doses de nitrogênio sobre a produtividade, fenologia e composição organomineral de amaranto em Latossolo de Cerrado (Dissertação de Mestrado). **Universidade de Brasília, Brasília**, DF, 61p. 2012.
- GARAY, A. V. A.; RIVAS, P.; CORTES, L.; OLÁN, M., ESCOBEDO, D.; ESPITIA, E. La rentabilidad del cultivo de amaranto (*Amaranthus* spp.) en la región centro de México. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, v. 21, n. 1, p. 47-54, 2014.
- IBARRA, L. G. **Variedades de amaranto y fechas de siembra para rendimiento de grano y forraje en San Luis Potosí**. Dissertação (Mestrado)- Tesis Profesional presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniera Agrónoma Fitotecnista, 2012.
- GARCÍA, J., C. G. S.; VALDÉS, E.; OLIVARES, O. ALVARADO, G.; ALEJANDREITURBIDE, E.; SALAZAR; H. MEDRANO. Rendimiento de grano y calidad

- del forraje de amaranto (*Amaranthus* spp.) cultivado a diferentes densidades en el noreste de México. **Phyton**, v. 78, n. 1, p. 53-60, 2009.
- GARCÍA, J.; VALDÉS, C. G.; OLIVARES, E.; ALVARADO, O.; MEDRANO, H.; ALEJANDRE, G. Evaluación de genotipos de amaranto para adaptabilidad productiva en el noreste de México. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 27, p. 53-53, 2004.
- GUILLEMIN, J. P.; GAEDARIN, A.; GRANGER, S.; REIBEL, C.; MUNIER-JOLAIN, N.; COLBACH, N. Avaliando o período de germinação potencial de ervas daninhas com temperaturas de base e potenciais de água de base. **Weed Research**, v.53, n.1, p. 76-87, 2013.
- KAUFFMAN, C. S.; REIDER, C. Rodale amaranth germplasm collection. **Rodale Press, Emmaus**, PA, 1984.
- KEČKEŠOVÁ, M.; PALENČÁROVÁ, E.; GÁLOVÁ, Z.; GAŽO, J.; HRICOVÁ, A. Nutritional quality of grain amaranths (*Amaranthus*) Compared to Putative mutant lines. Nitra: Journal of Microbiology, **Biotechnology and Food Science**. v. 2 n. 1, p. 1716-1724, 2013.
- KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: **ABRATES**, p. 218, 1999.
- LEMES, S. E de.; OLIVEIRA M, A. de; AUMONDE, T. Z.; SCHNEIDER, M. Revista Agrária Acadêmica. Análise da qualidade fisiológica de sementes de amaranto colhidas em diferentes épocas e armazenadas por até dois anos **Rev. Agr. Acad.**, v. 5, n. 3, 2022.
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYŻANOWSKI, F.C., VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. (Ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: **ABRATES**, p.3.1-3.24, 1999.
- MARTINS, A. B. N. Teste de envelhecimento acelerado e condições de armazenamento de sementes de amaranto. Tese (Doutorado em Agronomia) **Universidade Federal de Pelotas**, 2018.
- MAURYA, N. K.; ARYA, P. *Amaranthus* grain nutritional benefits: A review. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 7, n.2, p. 2258-2262. 2018.
- MENDES, L. D. Maturação fisiológica em amaranto (*Amaranthus cruentus* L.). Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Faculdade De Agronomia E Medicina Veterinária Programa De Pós-Graduação Em Agronomia, **Universidade de Brasilia**, 2014.
- MERTZ, L. C; HENNING, F. A; SOARES, R. C; BALDIGA, R. F; PESKE, F.; MORAES, D. M. Alterações fisiológicas em sementes de arroz expostas ao frio na fase de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.2, p.254-262, 2009.
- National Research Council. Amaranth: Modern prospects for an ancient crop. **National Academy Press**, Washington, DC. p. 80, 1984.

- O'BRIEN, G. K.; PRICE, M. L. Amaranth grain and vegetable types. ECHO Technical, 2008. Disponível em < [www.echonet.org](http://www.echonet.org)>. Acesso em: 14 março 2022.
- PEIXOTO, C. P.; CÂMARA, G. M. S.; MARTIN, M. C.; MARCHIORI, L. F. S.; GUARZONI, R. A.; MATIAZZI, P. Épocas de Semeadura e densidade de plantas de soja: componentes da produção e rendimento de grãos. *Scientia Agricola, Piracicaba*, v. 57, n. 1, p. 89-96, 2000.
- PELÚZIO, J.M.; FIDELIS, R.R.; ALMEIDA JÚNIOR, D.; BARBOSA, V. S.; RICHTER, L.H.M.; SILVA, R. R. da; AFFÉRI, F.S. Desempenho de cultivares de soja, em duas épocas de semeadura, no sul do estado do Tocantins. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v.22, n.2, p.69-74, 2006.
- PITTELKOW, F. K. Avaliação agrônômica do amaranto em Lucas do Rio Verde, MT. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de agronomia, medicina veterinária e zootecnia. Universidade Federal do Mato Grosso, 2014.
- PONCE, R. M.; LIMA, L. H. D. S.; DA COSTA, D. S.; ZUCARELI, C.; TAKAHASHI, L. S. Potencial fisiológico de sementes de trigo sarraceno avaliado por diferentes testes de vigor. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 42, n.3, p. 676-683. 2019.
- PRABHAKAR, K.; PADMALATHA, Y.; VENKATARAMANAMMA, K.; MUNIRATNAM, P.; RADHAKRISHNAMURTHY, V. *Seed yield and quality of soybean [Glycine max (L.) Merrill] as influenced by cultivar and sowing date in vertisols of Andhra Pradesh during kharif season. Legume Research*, v. 41, n. 2, p. 281-286, 2018.
- RAHNAMA, A.; SAFAEIE, A. R. Performance comparison of three varieties of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) at different harvest time. *Journal of Asian Scientific Research*, v. 7, n. 6, p. 224-230, 2017.
- RIBEIRO, J. E.; PIETERSE, P. J.; FAMBA, S. I. Amaranth grain production as affected by watering regimes and day length in southern Mozambique. *South African Journal of Plant and Soil*, v. 35, n. 1, p. 23-32, 2018.
- ROSA, T. D'A.; NADAL, M. P.; MALDANER, H. R.; SOARES, V. N.; GADOTTI, G. I.; VILLELA, F. A. Electrical conductivity and accelerated aging in amaranth (*Amaranthus crueentus*L.) seeds. Viçosa: *Journal of Seed Science*, v.40, n.1, p.044-051, 2018.
- SÁNCHEZ-OLARTE, J.; ARGUMEDO-MACÍAS, A.; ÁLVAREZ-GAXIOLA, J. F.; MÉNDEZ-ESPINOZA, J. A.; ORTIZ-ESPEJEL, B. Conocimiento tradicionales en prácticas agrícolas en el sistema del cultivo de amaranto en Tochimilco, **Puebla. Agricultura, sociedad y desarrollo**, v. 12, n. 2, p. 237-254, 2015.
- SANTOS, J. D. Resposta do feijão-caupi a diferentes densidades de plantas em Neossolo Regolítico no Agreste Paraibano. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, v. 7, p. 37-41, 2013.

- SCHUAB, S. R. P.; DE LUCCA, A.; NETO, J. D. B. F.; SCAPIM, C. A.; MESCHEDÉ, D. K. Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 28, n. 4, p.553-560, 2006.
- SPEHAR, C. R.; TEIXEIRA, D. L.; CABEZAS, W. A. R. L.; ERASMO, E. A. L. Amarantho BRS Alegria: alternativa para diversificar os sistemas de produção. Brasília: *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n. 5, p. 659-663, 2003.
- TROIANI, R. M.; SÁNCHEZ, T. M.; REINAUDI, N. B. Optimal sowing dates of three species of grainbearing amaranth in the semi-arid argentine pampa. *Spanish Journal of Agriculture Research*, v. 2, n. 3, p. 385-391, 2004.
- TROIANI, R. M.; SÁNCHEZ, T. M.; REINAUDI, N. B. Optimal sowing dates of three species of grainbearing amaranth in the semi-arid argentine pampa. *Spanish Journal of Agriculture Research*, v. 2, n. 3, p. 385-391, 2004.
- UMBURANAS, R. C.; YOKOYAMA, A. H.; BALENA, L.; LENHANI, G. C.; TEIXEIRA, Â. M.; KRÜGER, R. L.; KAWAKAMI, J. Sowing Dates and Seeding Rates Affect Soybean Grain Composition. *International Journal of Plant Production*, v.12, p. 181-189, 2018.
- VALENTINI, S. R. T.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. Aplicação do teste de vigor em sementes. **IF Série Registro**, São Paulo, n.14, p.75-84, 1995.
- WEBER, L.E.; KAUFFMAN, C.S.; BAILEY, N.N. and B. T. Volak. 1985. Amaranth grain production guide. *Rodale Press Inc.* Kutztown Pa. 43 p.
- YARNIA, M., BENAM, M. K.; TABRIZI, E. F. M. Sowing dates and density evaluation of amaranth (cv. Koniz) as a new crop. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, v. 8, n. 2, p. 445-448, 2010.