



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**MATURAÇÃO FISIOLÓGICA EM AMARANTO**  
**(*Amaranthus cruentus* L.)**

**LEONARDO DONIZETTE MENDES**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA/DF**

**ABRIL/2014**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**MATURAÇÃO FISIOLÓGICA EM AMARANTO**  
**(*Amaranthus cruentus* L.)**

**LEONARDO DONIZETTE MENDES**

**ORIENTADOR: NARA OLIVEIRA SILVA SOUZA**  
**CO-ORIENTADOR: CARLOS ROBERTO SPEHAR**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**PUBLICAÇÃO: 81/2014**

**BRASÍLIA/DF**  
**ABRIL/2014**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**MATURAÇÃO FISIOLÓGICA EM AMARANTO**  
**(*Amaranthus cruentus* L.)**

**LEONARDO DONIZETTE MENDES**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA.**

**APROVADA POR:**

---

**Profa. Dra. Nara Oliveira Silva Souza/Universidade de Brasília - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária/CPF: 033.300.726-36/E-mail: narasouza@unb.br**  
**(Orientadora)**

---

**Prof. Dr. Marcelo Fagioli/Universidade de Brasília -Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária/CPF:729.409.306-78. E-mail: mfagioli@unb.br**  
**(Examinador interno)**

---

**Profa. Dra. Rosana de Carvalho Cristo Martins/Universidade de Brasília - Departamento de Engenharia Florestal/CPF: 340.606.771-91. E-mail: rocristo@gmail.com**  
**(Examinadora externa)**

---

**Profa. Dra. Cristina Schetino Bastos/Universidade de Brasília - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária/CPF: 007.369.317-08/E-mail: cschetino@unb.br**  
**(Examinadora suplente)**

**BRASÍLIA/DF, 07 de abril de 2014**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Mendes, Leonardo Donizette

Maturação fisiológica em amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) / Leonardo Donizette

Mendes; orientação de Nara Oliveira Silva Souza. – Brasília, 2014.

54 p.: il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2014.

1. Qualidade fisiológica. 2. Pseudocereal. 3. Ponto de colheita. I. Souza, N.O.S. II. Título.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MENDES, L.D. **Maturação fisiológica em amaranto (*Amaranthus cruentus* L.)**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2014, 54 p. Dissertação de Mestrado.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Leonardo Donizette Mendes

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Maturação fisiológica em amaranto (*Amaranthus cruentus* L.).

GRAU: Mestre ANO: 2014

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado única e exclusivamente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

---

Nome: LEONARDO DONIZETTE MENDES

CPF: 068.297.076-09

Endereço: SCLN 408, Bl. D, Apto. 101, Asa Norte, Brasília-DF.

Tel.: 3107-7171 E-mail: leonardo.mendes@ufv.br

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente à minha família, principalmente à minha mãe, Maria José de Oliveira Mendes, que mesmo sendo de família muito pobre (única de oito irmãos a completar o ensino superior, tornando-se professora de escola pública em Minas Gerais) e ficando viúva muito cedo com dois filhos pequenos para criar, sempre possibilitou que eu e meu irmão caçula tivéssemos oportunidade de estudar nas melhores instituições de ensino do país e conseguíssemos alcançar nossos objetivos por nosso próprio esforço.

Ao meu querido filho, Leonardo Lima Mendes Júnior, maior maravilha que já aconteceu em minha vida, sem o qual talvez eu tivesse desistido no meio dessa jornada.

À minha orientadora, Professora Doutora Nara Oliveira Silva Souza, pela paciência e compreensão (características reservadas apenas aos grandes docentes) de que o caminho que escolhi para mim difere bastante do escolhido pela maioria dos alunos que passaram por sua orientação.

Ao Professor Doutor José Ricardo Peixoto, por me acolher aqui na UnB e me dar as primeiras oportunidades em Brasília. Sem sua ajuda talvez eu tivesse voltado para Minas, sem condições de me manter nesta cidade, e não teria alcançado os objetivos pelos quais vim lutar. Por tudo isso, pode ter certeza, que lhe serei eternamente grato.

Ao meu co-orientador, Professor Doutor Carlos Roberto Spehar, por me permitir ter acesso e adquirir um pouco do mundo de conhecimento que o senhor possui.

Ao Professor Doutor Marcelo Fagioli, pela ajuda e pelos sábios conselhos.

À Professora Doutora Cristina Schetino Bastos, pelas vezes que me cedeu seus equipamentos, seu conhecimento e seu tempo.

Ao Professor Doutor Cícero Célio de Figueiredo, pelas vezes que me permitiu utilizar seu laboratório, adentrar em seus conhecimentos e em sua paixão por lecionar, por sua simpatia com os alunos e sua amizade.

Aos estagiários que me auxiliaram, imprescindíveis para a concretização deste trabalho; Amanda, Gabriel, Karol e Juliana, a vocês toda a minha gratidão e amizade. E também à doutoranda Flívia que muito me ajudou com a realização de um dos testes.

Aos funcionários da Fazenda Água Limpa – FAL da UnB, em especial ao Engenheiro Agrônomo Gustavo, grande companheiro desde os tempos de “Programa Milho” da UFV, pelo zelo nos tratos culturais em meu experimento.

Aos funcionários da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV, em especial à Dona Nila, do Laboratório de Sementes, à Cristina, do Laboratório de Física do Solo, e ao Marcio, do Laboratório de Alimentos.

À Universidade de Brasília – UnB, em especial à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV, por ter me dado oportunidade de seguir em frente, quando o mundo parecia estar fechando as portas para mim.

À minha querida Universidade Federal de Viçosa – UFV, por ter me dado o diploma e a cultura da excelência UFViana, de me dedicar de corpo e alma a tudo o que me propuser fazer na vida.

À Escola Agrotécnica Federal de Bambuí, atual IFMG – Campus Bambuí, onde comecei minha caminhada nas Ciências Agrárias.

À minha cidade natal, a bela Bonfinópolis de Minas-MG, capital do Vale do Rio Urucúia, dos meus Grandes Sertões de Guimarães Rosa.

Ao meu Grande estado de Minas Gerais, terra dos grandes heróis nacionais, por ter me dado o berço e a cultura.

À cidade de Brasília, por ter me dado um emprego e uma casa onde morar.

A “Os Inúteis”, amigos com os quais eu sei que sempre poderei contar.

Aos parentes e amigos, pela torcida.

Ao pessoal da Bomboniere Pollylau, no ICC da UnB, principalmente ao meu amigo Gustavo, pela amizade, simpatia e também pelo bom atendimento.

E também agradeço a Deus, força em cuja existência eu prefiro, conscientemente, acreditar; desvinculado de qualquer tipo de religião ou qualquer outra das regras humanas que estragam a nossa relação com essa Força. Agradeço a Ele por todas as felicidades e tristezas, amores e dores de minha vida, pois tudo aquilo que não consegue nos destruir, nos deixa mais fortes. Agradeço a Ele pela excelente mãe que tenho, que sempre me apoiou e me incentivou. Agradeço a Ele por meu filho (maravilhoso), que veio quando eu estava passando por uma fase muito difícil e me deu força, ânimo, motivação e esperança de que dias melhores viriam.

“Caminheiro que lá vai indo  
Pro rumo da minha terra  
Por favor faça parada  
Na casa branca da serra  
Ali mora uma velhinha  
Chorando um filho seu  
Esta velha é minha mãe  
E o seu filho sou eu

Vai caminheiro  
leva esse recado meu

Por favor diga pra mãe  
Zelar bem do que é meu  
Cuidar bem do meu cavalo  
Que o finado pai me deu  
Do meu cachorro campeiro  
Meu galo índio brigador  
Minha velha espingarda  
E o violão chorador

Vai caminheiro  
Me faça esse favor

Caminheiro diga pra mãe  
Para não se preocupar  
Se Deus quiser este ano  
Eu consigo me formar  
Eu pegando meu diploma  
Vou trazer ela pra cá  
Mas se eu for mal nos estudos  
Vou deixar tudo e volto pra lá

Oi caminheiro  
Não esqueça de avisar”

Caminheiro – Liu & Léo

PS: Não se preocupe mãezinha, eu fui bem nos estudos.

## SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMO .....	XI
ABSTRACT .....	XII
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1. A CULTURA DO AMARANTO.....	3
2.1.1. Antecedentes .....	3
2.1.2. Importância e características agrônômicas .....	4
2.1.3. Composição química e valor nutritivo .....	6
2.1.4. Produção e consumo .....	7
2.2. MATURAÇÃO FISIOLÓGICA DE SEMENTES .....	8
2.3. FENOLOGIA E MATURAÇÃO DE SEMENTES DE AMARANTO .....	11
2.4. QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES .....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	14
3.1. CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO EM CAMPO.....	14
3.2. CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO EM LABORATÓRIO.....	15
3.2.1. Características avaliadas .....	16
3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	19
4.1. BIOMETRIA: LARGURA (LA), COMPRIMENTO (CP) E ESPESSURA (ES) .....	19
4.2. PESO DE 100 SEMENTES (PC) E TEOR DE ÁGUA (TA) .....	23
4.3. GERMINAÇÃO (GN), ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG) E MATÉRIA SECA (MS) .....	26
4.4. ENVELHECIMENTO ACELERADO, CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS EM CAMPO .....	31
5. CONCLUSÃO.....	35
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	36

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Resumo da análise de variância das características biométricas: largura (LA), comprimento (CP) e espessura (ES) em sementes de amaranto. ....	19
Tabela 2. Valores médios das características biométricas: largura (LA), comprimento (CP) e espessura (ES) de sementes de amaranto. ....	20
Tabela 3. Resumo da análise de variância das características peso de 100 sementes (PC) e teor de água (TA%) de sementes de amaranto. ....	23
Tabela 4. Valores médios das características: peso de 100 sementes (PC) e teor de água (TA) de sementes de amaranto. ....	24
Tabela 5. Resumo da análise de variância das características: germinação (GN), índice de velocidade de germinação (IVG), matéria verde (MV), matéria seca (MS) de sementes de amaranto. ....	27
Tabela 6. Valores médios das características: germinação (GN), índice de velocidade de germinação (IVG), matéria seca (MS) de sementes de amaranto. ....	27
Tabela 7. Resumo da análise de variância das características: envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE) e emergência em campo (EC) de sementes de amaranto. ...	31
Tabela 8. Valores médios das características: envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE) e emergência em campo (EC) de sementes de amaranto. ....	31
Tabela 9. Teor de água (%) de sementes de amaranto, envelhecidas em câmaras de germinação. ....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fotos da área experimental e das panículas coletadas para avaliação. ....	15
Figura 2. Largura das sementes de amaranto durante o processo de maturação fisiológica. ...	21
Figura 3. Comprimento das sementes de amaranto durante o processo de maturação fisiológica. ....	21
Figura 4. Espessura das sementes de amaranto durante o processo de maturação fisiológica.	22
Figura 5. Peso de 100 sementes de amaranto durante o processo de maturação fisiológica. ..	25
Figura 6. Teor de água das sementes de amaranto durante o processo de maturação fisiológica .....	25
Figura 7. Germinação das sementes de amaranto durante o processo de maturação fisiológica .....	28
Figura 8. Índice de Velocidade de Germinação das sementes de amaranto durante o processo de maturação fisiológica.....	29
Figura 9. Matéria seca das plântulas normais de amaranto.....	30
Figura 10. Envelhecimento acelerado das sementes de amaranto durante o processo de maturação fisiológica .....	33
Figura 11. Condutividade elétrica das sementes de amaranto durante o processo de maturação fisiológica .....	34
Figura 12. Emergência em campo das sementes de amaranto durante o processo de maturação fisiológica. ....	35

## RESUMO

O estudo da maturação fisiológica em sementes apresenta grande importância para uma cultura agrícola, pois auxilia na definição da época de colheita das sementes da espécie. Este trabalho teve por objetivo definir o ponto de maturação fisiológica em sementes de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.). Foram utilizadas sementes da cultivar BRS Alegria. As coletas foram realizadas aos 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 e 56 dias após a antese. Em cada coleta, foram colhidas quatro panículas e colocadas em sacos de papel para secagem até atingirem, aproximadamente, 11% de teor de água. Posteriormente, procedeu-se à debulha manual das sementes. As características avaliadas foram: biometria – largura (LA), comprimento (CP) e espessura (ES); peso de 100 sementes (PC); teor de água (TA); germinação; índice de velocidade de germinação (IVG); matéria seca (MS); envelhecimento acelerado (EA); condutividade elétrica (CE) e emergência de plântulas em campo (EC). O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi realizada também análise de regressão polinomial, em função das épocas de coleta, nos quais foram testados os modelos linear, quadrático e cúbico. Com relação às características biométricas, observa-se que os maiores valores para LA, CP e ES ocorreram, respectivamente, com 35, 28 e 21 dias. Para as características PC, GN, IVG e EA observou-se valores máximos após 21 dias após antese. Verificou-se que após 21 dias o teor de água das sementes reduziu-se significativamente. O maior resultado para MS foi observado somente com 49 dias após antese e aos 28 dias após antese para EC. Os valores de CE foram menores com 14 dias após antese. Conclui-se que o ponto de maturação nas sementes de amaranto ocorre entre 21 a 28 dias após a antese, ou seja, que neste ponto, tem-se máxima germinação, máximo vigor e mínimo em deterioração.

**Palavras-chave:** qualidade fisiológica, pseudocereal, ponto de colheita.

## ABSTRACT

The study of physiological maturation in seeds is quite important for a crop, as it assists in defining the point of harvest of a species. This study aimed to define the physiological maturation of amaranth seeds (*Amaranthus cruentus* L.), cv. BRS Alegria. Seed samples collected were made at 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 and 56 days after anthesis. At each sampling, four panicles were harvested and placed in paper bags to dry at 11 % moisture and subsequently threshed. The following characteristics were evaluated: width (WI), length (LE) and thickness (TH), one hundred seed weight (HW), water content (WC), germination (GN), germination speed index (GSI); matter dried (DM); accelerated aging (AA), electrical conductivity (EC) and field emergence (FE). The experimental design was completely randomized, and means compared by Tukey test at 5 % probability. Polynomial regression analysis was also performed, for the sampling times, in which the linear, quadratic and cubic models were tested. It was observed that the highest values for WI , LE and TH were respectively 35, 28 and 21 days. For HW, GN, AA and GSI characteristics observed maximum values between 21 and 28 days after anthesis. It was found that after 21 days the seed moisture content was significantly reduced. The best result for DM was observed only at 49 days after anthesis and FE 28 days after anthesis. The EC values were lower at 14 days after anthesis. It is concluded that maturation in amaranth seeds is situated around 21, 28 days after anthesis, i.e. , that at this point, seeds have maximum germination and vigor and minimum deterioration.

Key Word: physiological quality, pseudocereal, harvest time.

## 1. INTRODUÇÃO

No Cerrado e no Brasil, cresce a área manejada com plantio direto, por vantagens econômicas ao produtor e ao meio ambiente. O desafio consiste no seu aprimoramento, para contornar os reveses decorrentes da estreita diversidade dos cultivos. A ausência de revolvimento pode levar a um aumento de pragas de solo e doenças; o inóculo permanece nos restos de culturas e nas plantas espontâneas que resultam das sementes perdidas na colheita.

Aumentar a diversidade via rotação, sucessão e cultivos associados, não só contribui para diminuir a pressão biótica como também abre novas perspectivas à atividade econômica. A inclusão do amaranto, um pseudocereal exótico, associado às antigas civilizações da América, é parte de um trabalho pioneiro para tornar a agricultura cada vez mais eficiente, em bases sustentáveis.

Dentre os fatores primordiais para o sucesso do cultivo do amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) no Bioma Cerrado, destacam-se a escolha da variedade, a época de semeadura, a qualidade das sementes e as condições edafoclimáticas durante a semeadura e colheita (SPEHAR, 2007).

Neste sentido, torna-se necessário intensificar as pesquisas sobre as sementes da referida espécie no que diz respeito à formação, composição química, maturação fisiológica e época de colheita.

A maturação fisiológica envolve todo o processo desde a fertilização até o desligamento da semente da planta mãe (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Dias (2001) relatou que um bom planejamento e definição da época ideal de colheita, tendo em vista a qualidade e produtividade, iniciam-se com o conhecimento de como se processa a maturação das sementes, bem como dos principais fatores envolvidos, auxiliando os produtores no controle de qualidade das sementes.

O poder germinativo, o vigor e a matéria seca são variáveis que indicam o ponto de maturação fisiológica, pois é quando as sementes alcançam os valores máximos desses atributos que considera-se elas estão com todas as características desejáveis para a colheita (POPINIGIS, 1985). A partir da maturidade, as sementes começam a sofrer com as intempéries do ambiente e também secar por alterações fisiológicas, tendo em vista que as sementes já se desligaram da planta mãe (BARROS, 1986).

Nesse contexto, torna-se necessário a determinação de padrões de produção e qualidade fisiológica das sementes que viabilizem a produção comercial dos grãos em larga escala. O presente trabalho objetivou avaliar a maturação e qualidade fisiológica de sementes de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.), com o intuito de determinar o ponto de maturação fisiológica.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. A cultura do Amarantho**

#### **2.1.1. Antecedentes**

A domesticação do amarantho granífero ocorreu na América há mais de 6.000 anos pelas civilizações que nela se desenvolveram e se dispersou por outras partes do mundo (SAUER, 1993). Na era pré-colombiana, há mais de 500 anos, havia uma semente conhecida como Huautli (designação utilizada pelo povo mexicano), essa semente que é conhecida atualmente como amarantho, era um dos alimentos básicos na América, quase tão importante como o milho e o feijão (RAMÍREZ, 2007).

O amarantho tem sido cultivado na América desde antes da chegada dos espanhóis, alcançando seu apogeu nos períodos Maia, Asteca e Inca, e era considerado até então um alimento sagrado. A semente do amarantho, moída e amassada com sangue proveniente de sacrifícios humanos era oferecida às divindades e consumida pelos habitantes em suas cerimônias religiosas. Quando Hernán Cortez conquistou seus territórios em 1519, proibiu essas práticas e o cultivo do amarantho quase desapareceu, embora tenha sido preservado em lugares remotos e montanhosos. Somente em épocas recentes, o amarantho saiu de sua condição obscura, sendo atualmente cultivado no México e América Central e nos territórios andinos da América do Sul (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1984; YÁÑEZ *et al.*, 1994). Este grão também era usado para nutrir os infantes e para prover energia e força aos soldados nas jornadas prolongadas (STALLKNECHT & SCHULZ-SCHAEFFER, 1993).

O amarantho foi utilizado pelos Astecas no vale do México e pelos Maias, na Guatemala, juntamente com o milho, o feijão e as cucurbitáceas. Na América do sul, foi cultivado pelos Incas na Bolívia, no Peru e no Equador, com a batata, o milho e a quinoa, uma quenopodiácea (SPEHAR, 2007). Junto com a quinoa e o milho, o amarantho era considerado sagrado pelos Incas, Maias e Astecas. Os espanhóis proibiram o seu cultivo após a conquista da América, uma vez que viam com maus olhos sua utilização em rituais religiosos (BARROS & BENROSTRO, 1997).

O milho e o feijão se converteram em dois dos principais cultivos que alimentam o mundo, ao passo que o amarantho passou à obscuridade. Hoje em dia, o cultivo de amarantho

está em franco desenvolvimento, já que suas propriedades estão sendo redescobertas (RAMIREZ, 2007).

No Brasil, folhas de algumas espécies têm sido consumidas desde os tempos coloniais e sob a forma de folhas (hortaliças) inúmeras espécies de amaranto foram utilizadas em várias partes do mundo, desde a pré-história, antes e durante o processo de domesticação (COONS, 1981).

Fator decisivo na domesticação das espécies graníferas de amaranto foi a seleção que os antigos agricultores fizeram das formas mutantes, nas quais as sementes pretas, nos tipos silvestres, cederam lugar à semente clara, sem dormência (MUJICA-SÁNCHEZ *et al.*, 1997). Isto resultou em grãos com maior sabor e qualidade de expansão ao pipocar, quando submetidos ao calor. A constante eliminação de sementes escuras permitiu descartar os híbridos recorrentes às formas silvestres (SPEHAR, 2007).

Essas formas divergentes, com sementes claras, possibilitaram agregar outras características de interesse para o homem, como plantas, inflorescências e grãos maiores (relativamente aos das plantas daninhas) e rendimento. A seleção produziu, também, formas de cor vermelha, alaranjada, dourada ou rosada, sugerindo que os agricultores pré-históricos associavam a utilidade à beleza das plantas (MUJICA-SÁNCHEZ *et al.*, 1997). Assim como na domesticação de outras plantas, o contato com o homem permitiu salvar a diversidade em amaranto, num exemplo típico de coevolução, esta se encontra conservada na agricultura familiar das populações rurais nos centros de origem e dispersão (SPEHAR, 2007).

### **2.1.2. Importância e características agronômicas**

O amaranto é uma dicotiledônea que compartilha algumas de suas características e propriedades com os cereais e, por isso, é classificado como um pseudocereal (APHALO *et al.*, 2004). As sementes tem, em geral, de 1 a 1,5 mm de diâmetro; 0,5mm de espessura; de 0,49 a 0,93 mg de peso; são arredondadas; de coloração bege clara e compreendem uma casca, um embrião e um perisperma (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1984).

A semente é protegida no interior do fruto. Depois da maturação fisiológica, ocorre deiscência, tornando-a exposta aos fatores ambientes. Assim, se chover antes da maturação, não haverá grandes danos à qualidade da germinação. Depois dessa fase, o excesso de umidade pode comprometer a qualidade do produto, seja ele semente, seja grão para o consumo e indústria. O material colhido perde suas características de composição e industriais, como a expansão ou capacidade de pipocar – fator importante na produção de

alimentos; pode desenvolver fungos danosos à saúde, mudar a cor original e depreciar o produto (SPEHAR, 2007).

O amaranto apresenta facilidade de crescimento em altas temperaturas e baixa precipitação; e existem variedades tolerantes a solos salinos e/ou com presença de alumínio tóxico (ERASMO *et al.*, 2004); além da formação de palhada, a planta também tem potencial forrageiro (BRENNER & WILLIAMS, 1995; SPEHAR *et al.*, 2003). No Brasil, a Embrapa Cerrados (DF) testou várias espécies de amaranto, para produção de alimentos, diversificação de grãos e adubação verde na entressafra, além de uso no plantio direto (SPEHAR *et al.*, 1997; SPEHAR & CABEZAS, 2001; SPEHAR & TEIXEIRA, 2002). O cultivar BRS Alegria já está disponível (SPEHAR *et al.*, 2003).

Na China, o amaranto é utilizado como forrageira; e como hortaliça, na África, Ásia e nas Américas (COONS, 1981; KAUFFMAN, 1992; BRENNER, 2000). Nos Estados Unidos, o grão é usado no processamento de pães, biscoitos e alimentos especiais para pessoas celíacas (BRENNER & WILLIAMS, 1995). O amaranto apresenta grande potencial para se tornar cultura valorizada e integrada aos sistemas de cultivo tradicionais ou modernos. Pode ter importante papel na economia mundial, pela facilidade de cultivo comercial e por ser fonte de nutrientes oriundos tanto do grão quanto das partes vegetativas (KAUFFMAN, 1992). No Brasil, os estudos e posterior melhoramento genético ainda dependem da introdução de germoplasma que contenha diversidade.

As espécies mais estudadas são: *Amaranthus cruentus* (México, África, Caribe, Ásia e América do sul), *Amaranthus caudatus* (América do sul), *Amaranthus hypochondriacus* (Índia, México e Estados Unidos) e *Amaranthus tricolor* (China e Índia) (SAUNDERS & BECHER, 1984). Pela semelhança, durante as fases iniciais do desenvolvimento, o amaranto pode confundir-se com espécies de plantas daninhas do mesmo gênero (*Amaranthus hybridus*, *Amaranthus retroflexus*, *Amaranthus viridis* e *Amaranthus spinosus*), as quais estão associadas à expansão agrícola (SPEHAR *et al.*, 2003).

Nas duas últimas décadas, muitos cientistas dos Estados Unidos, da China, do México e alguns poucos de outros países têm destinado grandes esforços no sentido de melhorar os métodos de produção, caracterização e uso de sementes do amaranto. Embora tenha havido uma diminuição de esforços para a produção desse vegetal nos Estados Unidos, em anos recentes, as pesquisas de produção e utilização tem sido continuadas. A produção de pesquisas tem sido conduzida em vários estados, principalmente em Minnesota, Dakota do Norte e Missouri. Múltiplos campos de estudos foram conduzidos no Colorado, Iowa, Montana, Nebraska e Pennsylvania. A maioria das pesquisas de produção tem focado em

questões práticas tais como taxa de germinação, dados de plantação, largura das fileiras, respostas à fertilização, insetos, doenças e, em alguns casos, na qualidade da água usada (MYERS, 1996).

### **2.1.3. Composição química e valor nutritivo**

O amaranto é um pseudocereal oriundo dos países andinos e foi consumido na região desde a época pré-colombiana. O interesse no seu consumo para a nutrição humana tem crescido recentemente devido o aspecto nutritivo do amaranto e os benefícios proporcionados à saúde. Além da sua qualidade nutricional, o amaranto também pode ser útil para pacientes celíacos (TOSI *et al.*, 1996), diabéticos (CHATURVEDI *et al.*, 1997), indivíduos hipercolesterolêmicos (MAIER *et al.*, 2000) e pessoas com doença coronariana e hipertensão (MARTIROSYAN *et al.*, 2005).

Uma das características interessantes do grão de amaranto é o seu conteúdo de proteínas, que varia de 12 a 18% (TEUTONICO & KNORR, 1985; SEGURA-NIETO *et al.*, 1992). A proteína do amaranto, localizada principalmente no embrião (65%), é diferente dos cereais como milho, arroz e soja, nos quais 80% encontram-se no endosperma (BRESSANI, 1989). Existe importante variação no conteúdo de proteína nas diferentes espécies de amaranto que, em média, supera a dos cereais, com base na matéria seca (SPEHAR, 2007).

O amaranto apresenta um conteúdo adequado de lisina, triptofano e aminoácidos sulfurados, apesar da baixa biodisponibilidade das proteínas de origem vegetal, diferindo de outros cereais que são deficientes em lisina, do milho que é também deficiente em triptofano e do arroz que tem quantidades limitadas de lisina e treonina (BETSCHART *et al.*, 1981). Os teores dos aminoácidos essenciais por serem elevados possibilitam combinações favoráveis com cereais e leguminosas; tornam a dieta mais equilibrada e comparativamente superior em lisina e em metionina (SPEHAR, 2007).

Os grãos de amaranto apresentam a maior parte dos carboidratos em forma de amido cujos grânulos são consideravelmente menores que os de milho e trigo. Quanto menor o tamanho dos grãos, mais estáveis, o que possibilita o uso do amido na indústria de alimentos (KOZIOL, 1990). A quantidade de amido do amaranto oscila entre 50 e 60%. A maioria das espécies apresenta um amido ceroso, ou seja, rico em amilopectina (quase 95%), o que lhe confere um comportamento especial para utilização como ingrediente alimentar, visto a necessidade de modificação genética do milho, por exemplo, para alcançar essa composição (RAMÍREZ, 2007).

O teor de óleo no amaranto fica entre 1,9 e 8,7%; varia conforme a espécie e genótipo. Os ácidos graxos presentes em maiores quantidades no amaranto são o palmítico (19%), oleico (26%) e linoleico (47%). O ácido graxo linolênico está presente na proporção de 1,4% dos ácidos graxos totais (BERGER *et al.*, 2003).

Apesar do perfil lipídico do grão de amaranto ser semelhante ao de outros cereais, ele apresenta um diferencial por sua fração insaponificada ser rica em esqualeno (BERGANZA *et al.*, 2003) um hidrocarboneto (terpeno) ao qual estão associados diversos benefícios à saúde, entre eles, efeitos hipocolesterolemizantes e anticarcinogênicos (HE *et al.*, 2002). Vários estudos vêm sendo realizados para comprovar o efeito do amaranto sobre o colesterol ruim em humanos (CHÁVEZ-JÁUREGUI *et al.*, 2009).

O amaranto é considerado excelente fonte de fibras insolúveis, compostas principalmente por celulose e lignina, com teores superiores ao encontrado em cereais (SAUNDERS & BECKER, 1984). Apresenta teor de 8,1% de fibra insolúvel e 1,8% de solúvel. Ferreira (1999) encontrou 5,0% de fibra insolúvel e 3,3% de fibra solúvel. Marcilio *et al.*, (2003) avaliando o *A. cruentus* produzido no Brasil relatou 4,2% de fibra alimentar.

O conteúdo de minerais no amaranto varia dependendo da espécie, de 141 a 241 mg/100 g de cálcio; 2,5 a 13,9 mg/100 g de ferro; 2,95 a 3,95 mg/100 g de zinco; 2,03 a 4,53mg/100 g de manganês e de 478 a 510 mg/100 g de fósforo; sendo considerado uma boa fonte destes. Estas concentrações representam de 18 a 30% da Ingestão Diária Recomendada (IDR) (BRASIL, 1998) de cálcio, 18 a 99% da IDR de ferro, 20 a 26% da IDR de zinco, 41 a 91% da IDR de manganês e 60 a 64% da IDR de fósforo (FERREIRA *et al.*, 2007).

As vitaminas presentes no amaranto se assemelham à de um cereal verdadeiro, mesmo sendo ele um pseudocereal, tendo ainda algumas vantagens: maior teor de riboflavina e de ácido ascórbico que os cereais, trigo, cevada, aveia, centeio, arroz e milho (BRESSANI, 1989). O amaranto apresenta ainda vitaminas do grupo B (niacina, riboflavina, tiamina), vitamina A e considerável quantidade de vitamina E (alfa-tocoferol) (SPEHAR, 2007).

#### **2.1.4. Produção e consumo**

O cultivo do amaranto tem-se difundido de maneira exponencial em vários países do mundo nas últimas décadas. A Índia, hoje em dia, é um dos principais países produtores de amaranto e possui o segundo banco de germoplasma do grão sendo o primeiro localizado nos Estados Unidos (BECERRA, 2008).

Acrescenta-se que nos mercados consumidores: países europeus e Japão, o preço variou por aumento de demanda e reduzida oferta. Isso estimula associações de pequenos produtores que poderão, por incentivo governamental, exportar com baixo nível de intermediação, beneficiados por uma política de incentivos governamentais (SPEHAR, 2007).

Quando se pensa no mercado interno, a transformação do grão em barra nutritiva apresenta valor agregado de pelo menos dez vezes o preço do grão pago ao produtor. Por ser variável a produção em escala familiar (indústria caseira ou comunitária), viabiliza a produção em pequenas propriedades, nas quais o excedente possibilitará agregar valor na produção animal. A produção em grandes áreas poderá ser direcionada à indústria de alimentos e rações animais em escala industrial.

## **2.2. Maturação fisiológica de sementes**

A maturação da semente corresponde ao conjunto de transformações ocorridas no óvulo fertilizado até atingir a máxima potencialidade de desempenhar suas funções vitais, estando desligada da planta mãe (POPINIGIS, 1985; CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

A qualidade máxima da semente, com respeito à germinação e ao vigor, é tradicionalmente associada à acumulação do peso da matéria seca máxima, chamado também de maturidade de massa (EGLI, 1998).

O ponto de maturação fisiológica da semente é um fator determinante para a colheita de sementes com elevada qualidade fisiológica. A semente adquire maior qualidade na maturação quando ainda contém teores elevados de água (POPINIGIS, 1985). Entretanto, o alto grau de umidade da planta e da semente na época de colheita, aumenta o risco a danos mecânicos de amassamento, aumenta a velocidade de deterioração, sendo necessária uma secagem artificial imediata, elevando o custo de produção das sementes (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Índices de maturação são parâmetros práticos que, de acordo com Piña-Rodrigues & Aguiar (1993), permitem inferir sobre o estágio de desenvolvimento do fruto ou sementes, e podem ser utilizados quando se deseja a determinação da época adequada de colheita de uma dada espécie.

Apesar das sementes não estarem completamente maduras, elas podem germinar, porém não resultam em plântulas tão vigorosas como aquelas colhidas no ponto de maturação fisiológica (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

No caso de frutos carnosos, como o pimentão e o tomate, a maturação fisiológica, geralmente, coincide com o início da alteração na coloração do epicarpo, ou seja, frutos verdes com manchas da cor final (DIAS, 2001).

O ideal é que a colheita fosse realizada no momento em que a semente atingisse o ponto de maturação fisiológica. No entanto algumas espécies apresentam suas sementes com alto teor de água, ocasionando sérias dificuldades no beneficiamento e armazenamento (NAKAGAWA, 1987). Assim, a colheita, que deveria ser realizada no ponto de maturação fisiológica torna-se impraticável em espécies de crescimento indeterminado (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Uma forma empírica de se identificar o ponto de maturação dos frutos é pela coloração dos mesmos, no entanto, ocorre variação de acordo com a espécie, localização geográfica e alternâncias climáticas (CAPELANES & BIELLA, 1985). Essa afirmação também foi reforçada por Aguiar *et al.* (1988), os quais relataram que do ponto de vista morfológico, a maturação fisiológica das sementes é facilmente acompanhada por visíveis mudanças no aspecto externo e na coloração dos frutos e das sementes. Popinigis (1985) enfatizou que a obtenção de qualidade fisiológica adequada é dificultada em espécies caracterizadas pela desuniformidade na maturação.

Segundo Barbedo *et al.* (1994) os tecnologistas de sementes devem considerar que o ponto de máximo vigor é a época mais adequada à colheita, determinado pelo desenvolvimento e maturação das sementes.

As sementes de girassol do cultivar I AC-Anhandy atingiram plena maturação entre 30 e 40 dias após o florescimento, quando apresentaram menores índices de sementes chochas e maiores valores de viabilidade e teor de óleo (MAEDA *et al.*, 1987).

De acordo com Kanashiro & Vianna (1982), as sementes de *Cordia goeldiana* Huber (freijó cinza) devem ser colhidas aos 40 dias após o florescimento, ocasião em que os frutos/sementes se apresentam com o seu tamanho natural e mudando sua coloração de verde para marrom.

Carvalho *et al.* (1980) verificaram que quando as sementes de amendoim do campo possuíam o teor de água oscilando entre 60 e 65%, os frutos e as sementes estavam com o máximo conteúdo de matéria seca, alcançando a maturação fisiológica. Para as sementes da espécie *Enterolobium contortisiliquum* (Vell) Morong (orelha-de-negro), Borges *et al.* (1980) constataram, que o teor de água no ponto de maturação fisiológica das sementes foi de aproximadamente 22%.

Braga Júnior (2009) verificou para sementes de mamona (*Ricinus communis* L.) que o ponto de maturação fisiológica ocorreu aos 42 dias após a antese.

Trabalhando com sementes de *Phoenix roebelenii* (tamareira-anã), Iossi *et al.* (2007), verificaram que o ponto de maturação fisiológica ocorreu aos 138 dias após a antese e que o período de colheita podia ser estendido até os 194 dias após a antese.

David *et al.* (2003) estudaram a maturação fisiológica em milho de pipoca e encontrou que o máximo de matéria seca (maturidade de massa) foi aos 68 dias após a floração, sendo que a maturação fisiológica das sementes (máximo de germinação e vigor) ocorreu no período de 62 a 68 dias após a floração.

Com semente de milho doce, Araújo *et al.* (2006) observaram que o máximo de matéria seca (maturidade de massa) foi atingido aproximadamente aos 41 dias após florescimento, sendo que o máximo de germinação e vigor (maturação fisiológica) ocorreu no período compreendido entre 48 e 76 dias após o florescimento.

Lago *et al.* (2001), pesquisando sementes de gergelim, verificaram que o melhor período de colheita de gergelim da cultivar IAC-China está situado entre 116 e 132 dias após a emergência no campo.

Em sementes de carvalho vermelho (*Miconiacinna momifolia* (Dc.) Naud.), Lopes & Soares (2006) verificaram que a coleta das sementes deve ser feita próximo aos 110 dias da antese, quando a coloração dos frutos é preta e o teor de água das sementes é de aproximadamente 22,92%.

Matheus *et al.* (2011) avaliaram a maturação fisiológica de *Erythrina variegata* L. e verificaram que a máxima germinação ocorreu aos 77 dias após a antese, que coincide com o máximo conteúdo de massa seca, frutos com coloração castanho-escuro, sementes castanho-arroxeadas, com tegumento córneo e teor de água de 21%, considerado o ponto de maturação fisiológica dessas sementes e após 91 dias após a antese (DAA) ocorre a deiscência dos frutos.

Em uma pesquisa com semente de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.), Alves *et al.* (2005), visando estudar o processo de maturação de sementes, verificaram que a maturação fisiológica ocorre entre 154 e 168 dias após a antese, podendo a colheita ser realizada até 189 dias após a antese; a partir deste período ocorre elevada perda de frutos e sementes devido à dispersão natural.

As condições adversas do meio ao qual as sementes são submetidas, desde a fertilização até o momento em que será plantada, podem determinar o seu nível de qualidade, e que se reflete positiva ou negativamente na produtividade agrícola.

O estudo da maturação em sementes é realizado em colheitas efetuadas em intervalos regulares, após a antese, podendo ser testadas quanto à germinação quando ainda úmidas

(recém-colhidas) ou secas, isto é, após deixá-las entrar em equilíbrio higroscópico com ambiente de baixa umidade relativa.

Delouche (1981) citou que a metodologia clássica para estudos de maturação fisiológica é procedida pela etiquetagem de flores na antese, seguida de colheita periódica das sementes, para se determinar o grau de umidade, o peso de matéria seca, a porcentagem de germinação e o vigor.

### 2.3. Fenologia e maturação de sementes de amaranto

A determinação das fases fenológicas é uma forma de medir a resposta às condições ambientais e verificar seu efeito nas características da planta que interessam ao homem, como o rendimento (SPEHAR, 2007).

O acompanhamento da fenologia dos cultivos é uma tarefa importante para o agricultor, pois permite programar o manejo da planta e avaliar seu crescimento e a reprodução, com possível projeção de rendimento.

A descrição dos estádios fenológicos do amaranto segundo Mujica-Sánchez, 1997; Spehar, 2007, é:

**a) Emergência:** as plântulas emergem do solo, exibindo duas folhas cotiledonares, com pelo menos 50% da densidade esperada no sulco. As folhas verdadeiras apresentam tamanho menor que dois cm de comprimento. Dura cerca de oito dias em clima frio, podendo chegar a 21 dias.

**b) Vegetativa:** definição do número de nós no caule, onde se encontram as folhas expandidas com pelo menos dois cm de comprimento. O primeiro nó é classificado como V1. A planta começa a ramificar no estágio V4.

**c) Reprodutiva:** vai desde o início da formação de panícula (R1), a etapa intermediária (R2), em que a panícula apresenta pelo menos 2 cm de comprimento, o término (R3) em que a panícula apresenta pelo menos 5 cm de largura, a antese (R4), o enchimento de grãos (R5) em que a antese está completa em pelo menos 95% do eixo central da panícula. A maturação fisiológica (R6) ocorre quando a panícula muda de coloração. Quando verdes, passam a exibir coloração amarelo-dourada; as vermelhas mudam para a cor café-

avermelhado. As sementes são duras e, quando se agita a panícula, elas se desprendem. E o ponto de colheita (R7), em que as folhas senescem e caem, a planta apresenta aspecto seco, de coloração café.

#### **2.4. Qualidade fisiológica de sementes**

Dentre os atributos que caracterizam a qualidade da semente, o potencial fisiológico é aquele que reflete a capacidade de desempenho das funções vitais da semente caracterizada pela germinação, vigor e longevidade (POPPINIGIS, 1985).

O teste de germinação é definido como sendo a emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, em laboratório, demonstrando sua aptidão para produzir uma planta normal sob condições favoráveis de campo (BRASIL, 2009). Este é conduzido sob condições ótimas, para proporcionar a máxima germinação da amostra analisada.

O conceito de vigor, definido pela Associação dos Analistas Oficiais de Sementes, reflete a manifestação de um conjunto de características que determinam o potencial para emergência e rápido desenvolvimento de plântulas normais, sob ampla diversidade de condições ambientais (AOSA, 1983). Por esse conceito torna-se muito difícil o desenvolvimento de apenas um teste que indique com precisão razoável o potencial de desempenho das sementes expostas às mais variadas situações, necessitando da realização de outros testes complementares.

Segundo Nakagawa (1994), o teste de crescimento da plântula indica que as amostras que apresentam maiores valores de comprimento médio de plântulas normais ou das partes destas, são consideradas mais vigorosas. As sementes vigorosas originam plântulas com maior taxa de crescimento, em função de apresentarem maior capacidade de transformação e de reservas dos tecidos de armazenamento e da maior incorporação destas pelo eixo embrionário.

Sementes com alto potencial fisiológico, capazes de germinar uniforme e rapidamente sob ampla variação do ambiente, são caracterizadas pelo teste de velocidade de germinação, de modo que a emergência tardia de plântulas reflete o menor vigor. A rapidez e o sincronismo são muito importantes porque permitem reduzir o grau de exposição das sementes e das plântulas a fatores adversos (MARCOS FILHO, 2005). Pela condução de testes de vigor procura-se detectar diferenças significativas no potencial fisiológico de lotes

com germinação semelhante, obtendo-se informações adicionais às proporcionadas pelo teste de germinação (MARCOS FILHO, 2005).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Condução do experimento em campo

O experimento de campo foi realizado na Fazenda Água Limpa, pertencente à Universidade de Brasília (UnB), situada no bairro de Vargem Bonita em Brasília-DF, a 25 km ao Sul do Plano Piloto com latitude de 16° Sul, longitude de 48° Oeste e 1100 m de altitude. O clima da região é do tipo AW, caracterizado por chuvas concentradas no verão, de outubro a abril, e invernos secos de maio a setembro (MELO, 1999).

O solo da área experimental é definido como Latossolo Vermelho-Amarelo, fase argilosa, profundo, com boa drenagem. A análise de solo apresentou os seguintes resultados: Al (0,92 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); Ca+Mg (0,51 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); P (0,16 mg dm<sup>-3</sup>); K (36 mg dm<sup>-3</sup>); pH 4,0 e saturação de Al 60,5%.

Antes da instalação do experimento, a área recebeu calagem adicional de calcário dolomítico, para elevar a saturação por bases ao nível de 60%. Fez-se a dessecação das plantas infestantes mediante aplicação de Glyphosate na dose de 2 L ha<sup>-1</sup>. Utilizou-se 500 Kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 04-30-16 acrescido de micronutrientes no sulco de plantio. O solo foi sulcado manualmente, no espaçamento de 0,50 metro e adubado. A semeadura foi realizada no dia 10 de maio de 2012 com sementes da cultivar BRS Alegria (*Amaranthus cruentus* L.) obtida na safra 2011 e mantida em câmara fria, com 80% de germinação.

Esta cultivar originou-se da linhagem de *Amaranthus cruentus* L. AM 5189, procedente dos Estados Unidos. Depois de dois anos de ensaios, realizados por pesquisadores da Embrapa (a partir de 1998), realizou-se seleção massal na AM 5189, uniformizando-a pelos marcadores morfológicos.

Utilizou-se densidade de 40 sementes m<sup>-2</sup>, cobrindo-se com 2 cm de solo.

O experimento foi irrigado a cada dois dias com lâmina de água de 10 mm, para suprir as necessidades hídricas da cultura. A adubação de cobertura foi realizada 30 dias após emergência, quando aplicaram-se 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, de acordo com a recomendação de Brambilla *et al.* (2008).

Foram identificadas as plantas que apresentavam inflorescência em antese e marcadas com etiquetas de plástico. Após uma semana iniciaram-se as coletas, datadas como 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 e 56 dias após a antese. Em cada coleta, foram colhidas quatro panículas e colocadas em sacos de papel, os quais foram levados para laboratório para realizar a secagem.



Figura 1. Fotos da área experimental e das panículas coletadas para avaliação.

### 3.2. Condução do experimento em laboratório

A pesquisa foi conduzida nos Laboratórios de Análise de Sementes e de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV) da Universidade de Brasília-UnB.

As panículas coletadas e armazenadas em sacos de papel foram colocadas em estufa com circulação de ar regulada a 35°C. A cada dois dias foram realizadas medições quanto ao teor de água, após atingirem  $\pm 11\%$  foram retiradas e debulhadas manualmente. As sementes foram armazenadas em sacos de papel em geladeira e realizadas as avaliações de qualidade fisiológica.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com oito épocas de colheita, que consistiram nos tratamentos.

### 3.2.1. Características avaliadas

**a) Biometria – Largura (LA), Comprimento (CP) e Espessura (ES) das sementes:** foram determinados pelas medições diretas com auxílio de um paquímetro digital, onde foram realizadas mensurações de 10 repetições, sendo cada semente uma repetição. Os resultados foram expressos em milímetros.

**b) Peso de 100 Sementes (PC):** contaram-se ao acaso, manualmente, duas repetições de 100 sementes cada. A amostra de trabalho contendo 100 sementes foi pesada em gramas. Seguiram os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009) e os resultados foram expressos em gramas.

**c) Determinação do teor de água (TA):** foi realizada pelo método da estufa à  $105\pm 3^{\circ}\text{C}$  por 24 horas (BRASIL, 2009). As panículas coletadas e acondicionadas em sacos de papel foram colocadas em estufa (marca: Tecnal; modelo: TE-394/1). A cada dois dias foram retiradas amostras para acompanhamento do teor de água até que as sementes atingissem em torno de 11% de teor de água. A determinação teor de água foi realizada também após o teste de envelhecimento acelerado.

**d) Germinação (GN):** a análise da germinação ocorreu em conduzido com quatro repetições de 50 sementes, em caixa plástica, tipo Gerbox, com papel "Germitest" embebido em água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, à temperatura adaptada de  $30\pm 2^{\circ}\text{C}$  em câmara de germinação. A contagem das plântulas normais foi realizada no oitavo dia após instalação do teste e seguiram os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Os resultados expressos em porcentagem.

**e) Índice de velocidade de germinação (IVG):** foi estabelecido conjuntamente com o teste de germinação. As contagens das plântulas normais foram realizadas no segundo, quarto, sexto e oitavo dias após a instalação do teste. Com os dados do número de plântulas normais, calculou-se o índice de velocidade de germinação empregando-se a fórmula de Nakagawa (1994;1999):

$$\text{IVG} = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n ; \text{ onde:}$$

IVG = Índice de velocidade de germinação;

$G_1, G_2, G_n$  = número de plântulas normais computadas na primeira, na segunda e na última contagens;

$N_1, N_2, N_n$  = número de dias de semeadura à primeira, segunda e última contagens.

**f) Matéria seca (MS):** Foi realizada após o teste de germinação com as plântulas normais. As plântulas, por repetição, foram pesadas em balança de precisão (marca: Bioprecisa; modelo: FA 2104N). Após a pesagem, as plantas da repetição foram colocadas em sacos de papel e levadas para a estufa com circulação de ar forçado (marca: Tecnal; modelo: TE-394/1), mantida à temperatura de 65°C, onde permaneceram até atingir peso constante. O material seco foi pesado, por repetição, na mesma balança de precisão.

O peso obtido foi dividido pelo número de plântulas que compõem a repetição, obtendo-se o peso médio da matéria seca por plântula. A média aritmética das quatro repetições avaliadas constitui os pesos médios da plântula do lote, que foram expressos em gramas e transformados em  $\sqrt{x}$  para análise estatística.

**g) Envelhecimento acelerado (EA):** conduzido com quatro repetições de 50 sementes. Cada repetição foi acondicionada em minicâmara individual, caixa plástica tipo Gerbox com tela. Foi distribuída uma única camada de sementes sobre a tela. No fundo dessa câmara, foram adicionados 40 mL de água destilada e mantidos a 41°C por 48 horas (MARCOS FILHO, 1999). Após o prazo de 48 horas, foi realizada a semeadura e as sementes foram levadas ao germinador regulado para a temperatura adaptada de 30±2°C, de modo análogo ao utilizado no teste de germinação, sendo as leituras realizadas após oito dias da semeadura. Para avaliar a uniformidade das condições do teste, foi realizado o teste de teor de água após o envelhecimento das sementes, seguindo metodologia do subitem 3.2.1.c.

**h) Condutividade elétrica (CE):** conduzido com quatro repetições de 50 sementes por amostra, previamente pesadas, colocadas para embeber em copos plásticos (50 mL) contendo 40 mL de água destilada e mantidas a 25°C 24h<sup>-1</sup> adaptado de Hampton & Tekrony, 1995; Vieira & Krzyzanowski, 1999. Decorrido o período de embebição, foi feita a leitura da condutividade elétrica. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ .

**i) Emergência de plântulas em campo (EC):** foram utilizadas 100 sementes, divididas em quatro repetições de 25 sementes, semeadas em canteiros localizados na Fazenda Água Limpa. As contagens de plântulas normais foram realizadas no oitavo dia após o semeio e os resultados expressos em porcentagem.

### **3.3. Análise estatística**

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Realizada análise de variância para cada característica, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi realizada também análise de regressão polinomial, em função das épocas de coleta, nos quais foram testados os modelos linear, quadrático e cúbico. Utilizou-se o software Assistat (SILVA & AZEVEDO, 2009).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Biometria: largura (LA), comprimento (CP) e espessura (ES)

Quanto aos dados biométricos, a análise de variância apresentou efeito significativo para as características estudadas, a 1% de probabilidade, pelo teste F (Tabela 1).

De acordo com o resumo da análise de variância (Tabela 1), os coeficientes de variação das três características biométricas ficaram abaixo de 6%, sendo o valor máximo de 5,52% para a variável comprimento de semente e o valor mínimo de 1,95% para a largura de semente. Estes valores de coeficiente de variação estão de acordo com os encontrados na bibliografia, em trabalhos sobre maturação fisiológica de sementes (CORVELLO *et al.*, 1999; IOSSI *et al.*, 2007; BRAGA JUNIOR, 2009; FESSEL *et al.* 2010).

Tabela 1. Resumo da análise de variância das características biométricas: largura (LA), comprimento (CP) e espessura (ES) em sementes de amaranto.

Fonte de Variação	QM		
	LA	CP	ES
Dias após a antese	1,7699**	2,2973**	0,6921**
Resíduo	0,0004	0,0043	0,0007
CV%	1,95	5,52	4,25
Média	1,0386	1,1831	0,6414

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

No início das análises biométricas realizadas com as sementes de amaranto BRS-Alegria, no que diz respeito à largura da semente (Tabela 2), observou-se que as primeiras sementes de amaranto coletadas possuíam a menor largura em relação às sementes das demais épocas de coleta. Tendo em vista que o processo de formação das sementes estava apenas no início, conseqüentemente o acúmulo de fitomassa ainda foi bastante reduzido, porém, no decorrer do processo de maturação fisiológica, as sementes de amaranto aumentaram sua largura em função do acúmulo de matéria seca e da quantidade de água ainda presente no interior da semente. As sementes obtiveram um acréscimo de 1,247 mm em sua largura nos primeiros 35 dias após a antese, e a partir desse período, as sementes perderam umidade.

Assim, a largura das sementes foi reduzindo, mantendo largura média de 1,19 mm até os 56 dias após a antese (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios das características biométricas: largura (LA), comprimento (CP) e espessura (ES) de sementes de amaranto.

Dias após a antese	LA	CP	ES
	mm		
07 dias	0,0000 d <sup>†</sup>	0,0000 c	0,0000 d
14 dias	1,1420 c	1,3460 ab	0,6280 c
21 dias	1,1670 bc	1,2850 b	0,7390 ab
28 dias	1,1930 b	1,3840 a	0,7590 ab
35 dias	1,2470 a	1,3990 a	0,7230 b
42 dias	1,1810 b	1,3300 ab	0,7680 a
49 dias	1,1890 b	1,3610 ab	0,7640 a
56 dias	1,1900 b	1,3600 ab	0,7500 ab

<sup>†</sup> Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os resultados referentes às outras características biométricas também foram semelhantes, no qual o comprimento das sementes (Tabela 2) iniciou-se com 1,346 mm, na segunda coleta, aos 14 dias após a antese, atingindo 1,399 mm aos 35 dias. A partir desse período começaram a sofrer redução de comprimento chegando aos 56 dias após a antese com 1,36 mm. Com relação à espessura das sementes, pode-se observar que as sementes apresentavam 0,628 mm de espessura na segunda semana de maturação e foram aumentando gradualmente até chegar a 0,768 mm aos 42 dias. A partir daí houve um decréscimo na espessura até chegar a 0,75 mm aos 56 dias após antese (Tabela 2).

De acordo com as análises de regressão realizadas para as características de biometria das sementes, observou-se na Figura 2, efeito significativo de ordem cúbica para largura das sementes. Observou-se um aumento gradativo ao longo do processo de maturação, com valor máximo estimado de 1,33 mm, aos 28 dias após a antese e que a partir dos 35 dias esta característica manteve com tamanho igual estatisticamente. Na Figura 3, o comprimento da semente foi explicado pelo modelo quadrático com valor máximo estimado de 1,53 mm, aos 41 dias após a antese. Na Figura 4, a espessura das sementes de amarando foi também explicada pelo modelo quadrático com o valor máximo estimado de 0,85 mm, aos 38 dias

após a antese.

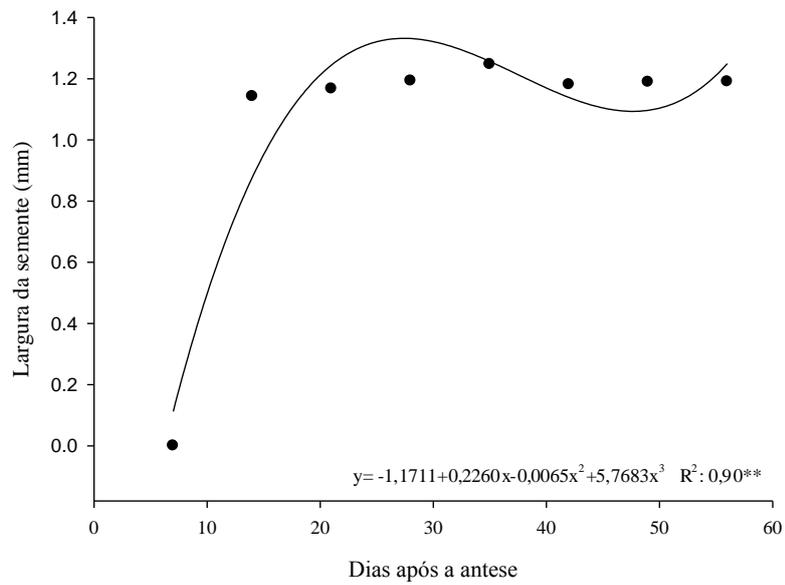


Figura 2. Largura das sementes de amaranço durante o processo de maturação fisiológica.

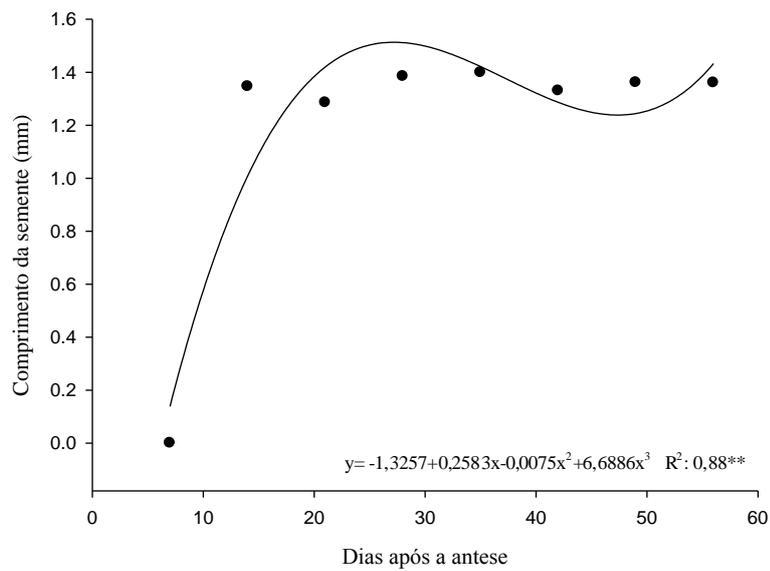


Figura 3. Comprimento das sementes de amaranço durante o processo de maturação fisiológica.

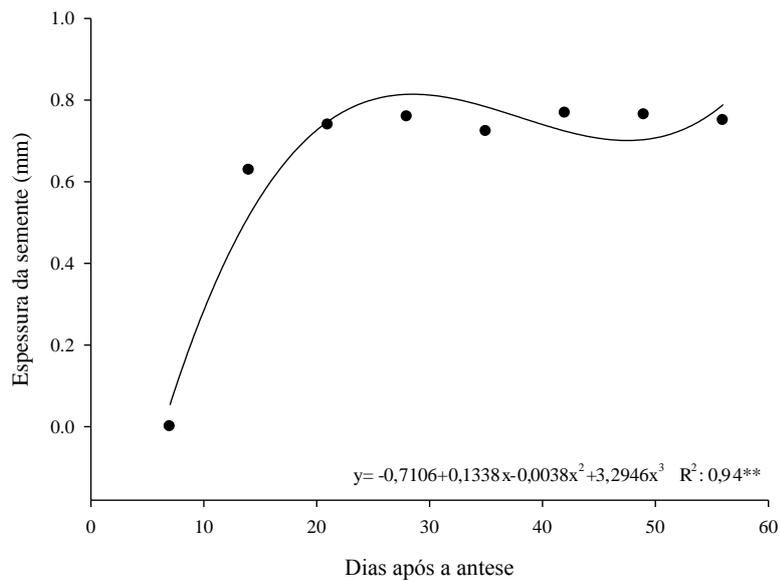


Figura 4. Espessura das sementes de amaranto durante o processo de maturação fisiológica.

As sementes de amaranto se desenvolvem muito rapidamente, este fenômeno se deve à multiplicação e ao desenvolvimento das células que constituem o eixo embrionário e os tecidos de reserva. Também ocorre rápida redução do tamanho das sementes a partir de certo ponto, pois ocorre acentuada desidratação das sementes (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Na maturação fisiológica de sementes ocorre um aumento em volume de células, que pode durar pouco tempo ou prolongar-se por várias semanas (HULME, 1970). Chitarra (1994) também citou que a expansão celular das sementes pode continuar até o amadurecimento dos frutos.

Aguiar & Barciela (1986) verificaram o crescimento rápido das sementes de cabreúva durante o processo de maturação alcançando o tamanho máximo cerca de 70 dias (10 semanas) após o florescimento.

Verificando a maturação fisiológica de sementes de eucalipto, Aguiar *et al.* (1988) constataram que o tamanho das sementes é bastante influenciado pela grande variação existente entre árvores, podendo não revelar bons índices de maturação.

Diferentemente destes resultados, em trabalho de maturação de sementes de amendoim-do-campo (*Pterogyne nitens* Tul.), realizado por Carvalho *et al.*, (1980), não foi encontrada variação significativa para o tamanho das sementes. Contudo, de acordo com os dados obtidos com amaranto, a biometria pode ser uma característica interessante para auxiliar na definição do ponto de maturação fisiológica dessas sementes apesar de ser

fortemente influenciada pelas condições ambientais.

#### 4.2. Peso de 100 sementes (PC) e teor de água (TA)

Na Tabela 3 observa-se que foram encontradas diferenças significativas quanto às datas de coleta para as características, peso de 100 sementes e teor de água. Os valores de coeficiente de variação estão próximos aos encontrados para estas características em outros trabalhos (MELO, 2001; BRAGA JÚNIOR, 2009).

Tabela 3. Resumo da análise de variância das características peso de 100 sementes (PC) e teor de água (TA%) de sementes de amaranto.

Fontes de Variação	QM	
	PC	TA%
Dias após a antese	0,0013**	711,3376**
Resíduo	0,0000	3,1277
CV%	9,61	3,75
Média	0,0672	47,2074

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

De acordo com a Tabela 4, os resultados do peso de 100 sementes iniciaram-se com 0,0105 g; na primeira coleta, aos sete dias após a antese, atingindo 0,087 g aos 35 dias. A partir desse período começaram a sofrer redução de peso chegando aos 56 dias após a antese com 0,0779 g. Contudo, estatisticamente não se verificou diferença a partir dos 21 dias após a antese.

Com relação ao teor de água, observou-se um decréscimo, não havendo diferença a partir dos 21 dias após antese (Tabela 4).

Em sementes de carvalho vermelho (*Miconia cinnamomifolia* (Dc.) Naud.), Lopes & Soares (2006) verificaram que a coleta das sementes deve ser feita próximo aos 110 dias da antese, quando a coloração dos frutos é preta e o teor de água das sementes é de aproximadamente 22,92%.

Carvalho *et al.* (1980) verificaram que quando sementes de *Pterogyne nitens* Tul. (amendoim do campo) possuía o teor de água oscilando entre 60 e 65%, os frutos e as

sementes estavam com o máximo conteúdo de matéria seca, alcançando a maturação fisiológica. Para as sementes da espécie *Enterolobium contortisiliquum* (Vell) Morong (orelha-de-negro), Borges *et al.* (1980) constataram, que o teor de água no ponto de maturação fisiológica das sementes era de aproximadamente 22%.

Tabela 4. Valores médios das características: peso de 100 sementes (PC) e teor de água (TA) de sementes de amaranto.

Dias após a antese	PC	TA
	g	%
07 dias	0,0105 c <sup>1</sup>	80,0832 a
14 dias	0,0481 b	73,4268 a
21 dias	0,0810 a	43,9274 b
28 dias	0,0793 a	38,6440 b
35 dias	0,0870 a	38,9701 b
42 dias	0,0800 a	37,3928 b
49 dias	0,0743 a	37,4466 b
56 dias	0,0779 a	27,7687 c

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Nas Figuras 5 e 6 observou-se que tanto o peso de 100 sementes quanto o teor de água foram explicados pelo modelo quadrático. O valor máximo estimado para peso de 100 sementes foi de 0,089 g aos 38 dias após a antese.

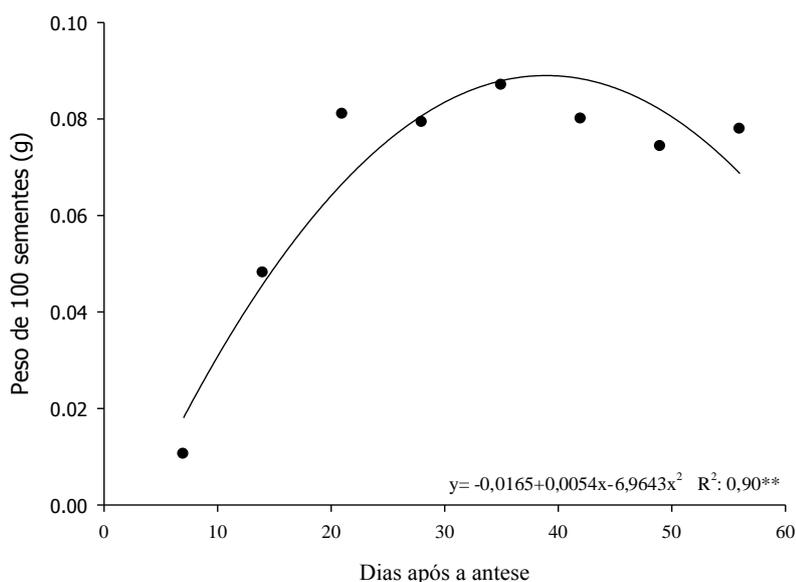


Figura 5. Peso de 100 sementes de amaranto durante o processo de maturação fisiológica.

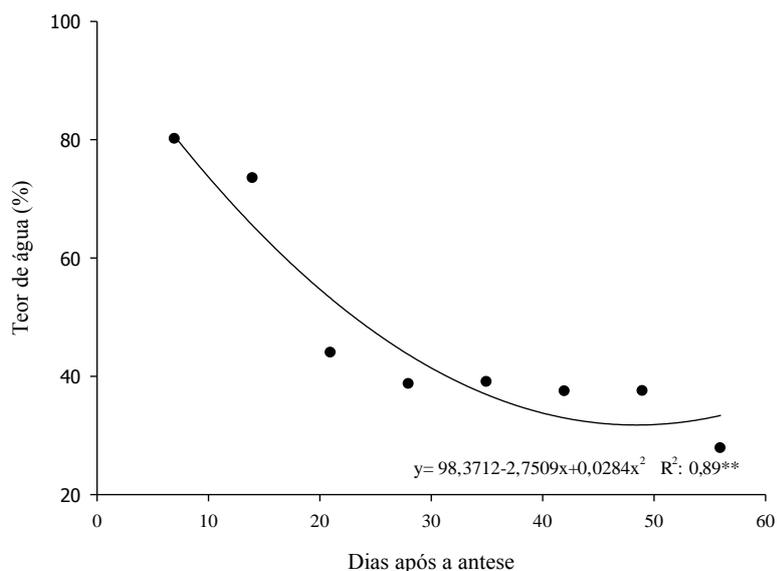


Figura 6. Teor de água das sementes de amaranto durante o processo de maturação fisiológica.

Analisando-se os resultados obtidos para teor de água (Tabela 4 e Figura 6) pode-se verificar que, no início da formação das sementes, a quantidade de água presente nas mesmas foi superior a 80%. Entretanto, no decorrer do processo de maturação fisiológica, o teor de água das sementes decaiu significativamente.

Após a formação do zigoto, as sementes apresentam alto teor de água (70 a 80%). Alguns dias após a fecundação ocorre um pequeno acréscimo de umidade, não ultrapassando

os 5%, e em seguida, há decréscimo da mesma (NAKAGAWA, 1987). O autor relatou também que a desidratação das sementes pode ser influenciada pelas condições climáticas, havendo oscilações de acordo com a umidade relativa do ar.

A manutenção do alto teor de água nas sementes no início do processo de maturação torna-se necessária para que os produtos fotossintetizados nas folhas das plantas-mães sejam depositados na semente em desenvolvimento, sendo utilizado como fonte de formação e, posteriormente, como reserva. Esse alto grau de umidade está presente até a semente alcançar o máximo de matéria seca, iniciando-se a desidratação rápida das sementes (CORVELLO *et al.*, 1999).

Alves et al. (2005), estudando a maturação de sementes de sabiá verificaram aos 119 dias após a antese, o teor de água de 82,1% presentes nas sementes, ocorrendo à redução desse valor após 147 dias da antese.

A maturação fisiológica em sementes de *Dalbergia nigra* só foi alcançada aos 335 dias após a antese, ocasião em que as sementes sofreram queda significativa no teor de água, de 68,02% para 25,30% (MARTINS & SILVA, 1997).

Silveira (2002), pesquisando a maturação fisiológica em sementes de calêndula, observou que o teor de água das sementes reduziu conforme aumentava o número de dias após a antese, ocorrendo diminuição acentuada aos 28 dias após a antese. Aos 40 dias após a antese as sementes continham apenas 7,1% de umidade.

#### **4.3. Germinação (GN), índice de velocidade de germinação (IVG) e matéria seca (MS)**

Para todas as características (germinação, índice de velocidade de germinação e matéria seca) expostas na Tabela 5, pode-se verificar diferença significativa com relação aos dias após a antese, ou seja, datas das coletas de sementes realizadas após a antese. Os coeficientes de variação estão dentro dos encontrados na bibliografia com trabalhos de maturação de sementes.

Tabela 5. Resumo da análise de variância das características: germinação (GN), índice de velocidade de germinação (IVG), matéria verde (MV), matéria seca (MS) de sementes de amaranto.

Fontes de Variação	QM			
	GN	IVG	MV	MS
Dias após a antese	4227,7143**	311,8375**	0,0028**	0,0003**
Resíduo	30,5000	2,5696	0,0000	0,0000
CV%	7,49	9,63	3,24	4,78
Média	73,7500	16,6459	0,0515	0,0176

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Os dados referentes à germinação de sementes de amaranto são representados na Tabela 6 e na Figura 7, nas quais constatou-se que, nos primeiros 14 dias, a germinação sai de 0% e vai a 54%. Ao atingirem os 21 dias após a antese, as sementes de amaranto apresentam o valor máximo de germinação, atingindo um percentual acima de 95% e mantendo-se elevados até a última coleta, aos 56 dias após a antese (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios das características: germinação (GN), índice de velocidade de germinação (IVG), matéria seca (MS) de sementes de amaranto.

Dias após a antese	GN %	IVG -	MS g/pl.
07 dias	0,0000 c <sup>1</sup>	0,0000 c	0,0000 d
14 dias	54,0000 b	5,1250 b	0,0167 b
21 dias	94,5000 a	22,5625 a	0,0176 b
28 dias	87,0000 a	21,4050 a	0,0168 b
35 dias	88,5000 a	21,6675 a	0,0175 b
42 dias	82,5000 a	20,1475 a	0,0147 c
49 dias	88,5000 a	21,6550 a	0,0288 a
56 dias	95,0000 a	20,6050 a	0,0283 a

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Ao se observar o modelo cúbico aplicado aos dados de germinação (Figura 7), percebeu-se que, a partir dos 31 dias após antese, houve um decréscimo na porcentagem de

germinação, até os 49 dias após a antese, quando então, a porcentagem de germinação aumentou um pouco, até alcançar o máximo de 95% aos 21 dias após a antese.

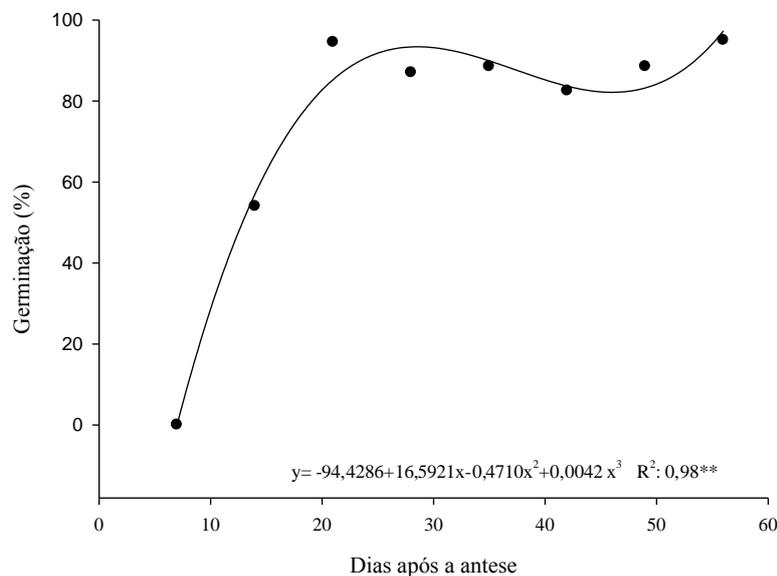


Figura 7. Germinação das sementes de amaranto durante o processo de maturação fisiológica.

Corvello *et al.* (1999) constataram que o período de máxima germinação de sementes de cedro foi o de 31 semanas após a antese, chegando ao valor de 93%. Os autores atribuem este fato à resposta ao acúmulo de matéria seca, que pode se manifestar determinado tempo após ser atingido o máximo peso de matéria seca de sementes.

Avaliando a capacidade germinativa das sementes de quaresmeira durante o processo de maturação fisiológica, Lopes *et al.* (2005) não verificaram germinação nas nove primeiras coletas, e associaram tal resultado à imaturidade fisiológica do embrião. Os autores só obtiveram êxito na germinação dessas sementes a partir dos 70 dias após a antese, chegando ao valor máximo de 17% de germinação aos 105 dias.

Em semente de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan foi observada germinação máxima somente após os 220 dias de frutificação (SOUZA & LIMA, 1985). Barbosa *et al.* (1992) determinaram o período de 95 e 203 dias após a antese para a máxima germinação de sementes de *Tabebuia avellanedae* Lorentz ex Griseb. e de *Copuifera langsdorffii* Desf., respectivamente. Para a espécie *Myroxylon balsamum* (L.) Harms, Aguiar & Barciela (1986) verificaram aos 118 dias após o florescimento a máxima germinação das sementes.

No tocante ao índice de velocidade de germinação (Tabela 6 e Figura 8) observaram-

se resultados semelhantes aos obtidos com a germinação. Nas duas primeiras coletas, 7 e 14 dias após a antese, percebe-se que as sementes apresentavam IVG saindo de zero e chegando a 5,1250. Em seguida, atingiu-se o valor máximo de IVG, chegando a 22,5625 aos 21 dias após a antese. Após esse período, o IVG começa a reduzir, chegando a 20,605 aos 56 dias após a antese.

Assim como na germinação, o modelo que melhor explicou os resultados foi o cúbico (Figura 8). Pelos resultados de germinação e o indicativo de vigor, índice de velocidade de germinação, pode-se presumir que o ponto de maturação encontrar-se a partir de 21 dias após a antese em sementes de amaranto.

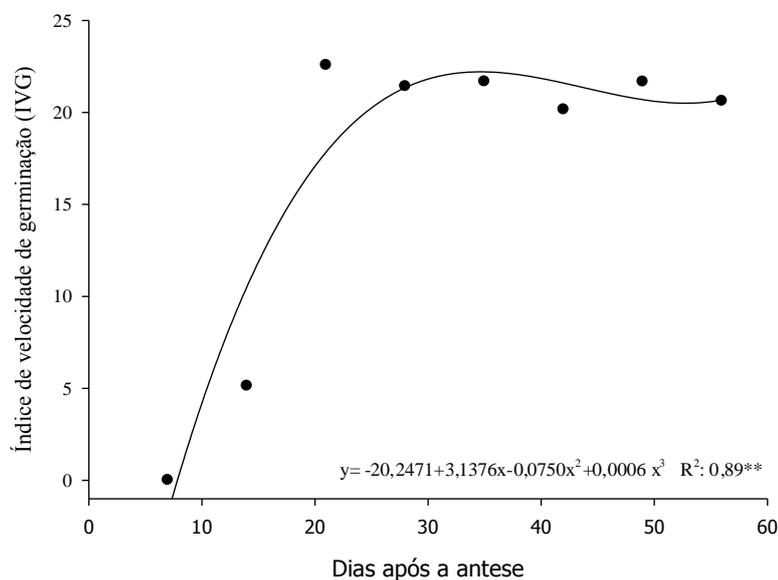


Figura 8. Índice de Velocidade de Germinação das sementes de amaranto durante o processo de maturação fisiológica.

Os dados referentes à matéria seca das plântulas normais de amaranto estão representados na Tabela 6 e na Figura 9. O conteúdo de matéria seca das plântulas normais de amaranto ascendeu durante todo o tempo de coleta, chegando a 0,0283 g/plântula na última avaliação. Contudo, o momento onde se tem maior acúmulo de matéria seca foi a partir de 49 dias após a antese.

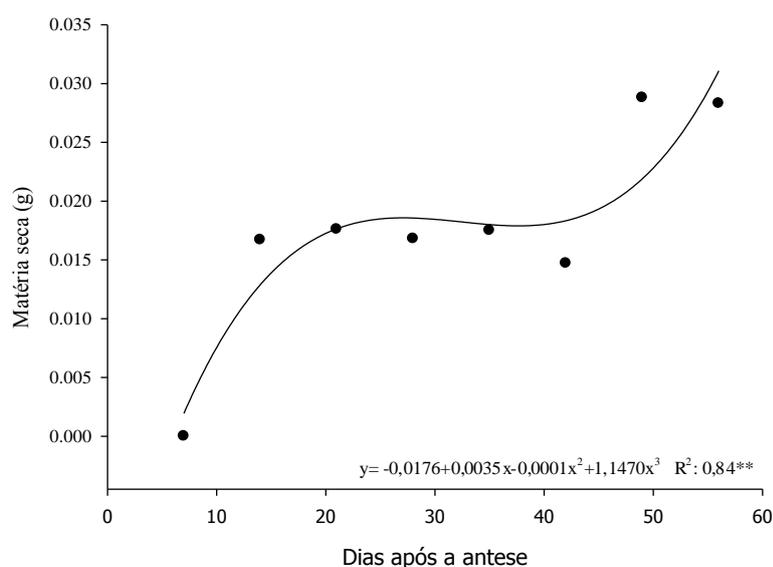


Figura 9. Matéria seca das plântulas normais de amaranto.

Segundo Carvalho & Nakagawa (2000), quando atinge o máximo de peso de matéria seca, a semente alcança o ponto de maturação fisiológica, apresentando o máximo de sua potencialidade e, conseqüentemente, uma deterioração mínima.

David *et al.* (2003) estudaram a maturação fisiológica em milho pipoca e encontraram que o máximo de matéria seca (maturidade de massa) foi aos 68 dias após a floração, sendo que a maturação fisiológica das sementes (máximo de germinação e vigor) ocorreu no período de 62 a 68 dias após a floração.

Em estudo sobre a maturação fisiológica de *Erythrina variegata* L., Matheus *et al.* (2011) verificaram que a máxima germinação ocorreu aos 77 dias após a antese, que coincide com o máximo conteúdo de massa seca, frutos com coloração castanho-escuro, sementes castanho-arroxeadas, com tegumento córneo e teor de água de 21%, considerado o ponto de maturação fisiológica dessas sementes e após 91 dias após a antese ocorre a deiscência dos frutos.

Com semente de milho doce, Araújo *et al.* (2006) observaram que o máximo de matéria seca (maturidade de massa) foi atingido aproximadamente aos 41 dias após florescimento, sendo que o máximo de germinação e vigor (maturação fisiológica) ocorreu no período compreendido entre 48 e 76 dias após.

#### 4.4. Envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e emergência de plântulas em campo

Os dados referentes ao teste de envelhecimento acelerado estão representados nas Tabelas 7 e 8; e na Figura 10, nas quais constatou-se que, nos primeiros 7 dias, a germinação sai de 0,50% chegando a 89%. E ao atingirem os 21 dias após a antese, as sementes de amaranto apresentam o valor máximo de germinação do teste, atingindo um percentual de 100%, indicando este ser o ponto de maturação fisiológica das sementes de amaranto.

Tabela 7. Resumo da análise de variância das características: envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE) e emergência em campo (EC) de sementes de amaranto.

Fontes de Variação	QM		
	EA	CE	EC
Dias após a antese	4386,5536**	3675422,6139**	1570,0000**
Resíduo	8,6250	14740,9501	30,0000
CV%	3,78	21,87	16,98
Média	77,6875	555,1394	44,0000

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 8. Valores médios das características: envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE) e emergência de plântulas em campo (EC) de sementes de amaranto.

Dias após a antese	EA	CE	EC
	%	$\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$	%
07 dias	0,5000 c <sup>1</sup>	2889.0580 d	4,0000 e
14 dias	80,0000 ab	627.1700 c	24,0000 cd
21 dias	100,0000 a	166.9700 bc	45,0000 b
28 dias	96,0000 a	137.5525 b	70,0000 a
35 dias	49,5000 b	138.5375 a	38,0000 b
42 dias	91,4000 a	257.2500 b	35,0000 bc
49 dias	75,0000 ab	117.0075 b	21,0000 d
56 dias	89,0000 a	107.5700 b	21,0000 d

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

O teor de água das sementes de amaranto avaliado antes e após o envelhecimento acelerado foi semelhante para todas as épocas de coleta, com exceção para a primeira coleta (sete dias após antese) (Tabela 9). Este fato é importante para a execução das avaliações de envelhecimento acelerado, considerando-se que a uniformização do teor de água das sementes é imprescindível na avaliação e obtenção de resultados consistentes (MARCOS FILHO, 2005), pois, dentro de certos limites, as sementes mais úmidas são mais afetadas pelas condições do envelhecimento acelerado. De acordo com Tunes *et al.* (2011), quando o teor de água das sementes é relativamente baixo, como ocorreu nestas sementes de amaranto, é permitida uma maior confiabilidade aos resultados obtidos nos testes de qualidade fisiológica.

Tabela 9. Teor de água (TA) de sementes de amaranto, após o teste de envelhecimento acelerado (EA).

Dias após a antese	TA inicial	TA após EA
		%
07 dias	8,9000	14,7000
14 dias	9,5000	18,5000
21 dias	10,8000	18,2000
28 dias	11,2000	18,6000
35 dias	11,3000	18,6000
42 dias	11,7000	18,4000
49 dias	10,9000	18,2000
56 dias	10,7000	18,7000

O modelo que melhor explicou os dados do envelhecimento acelerado foi o cúbico (Figura 10).

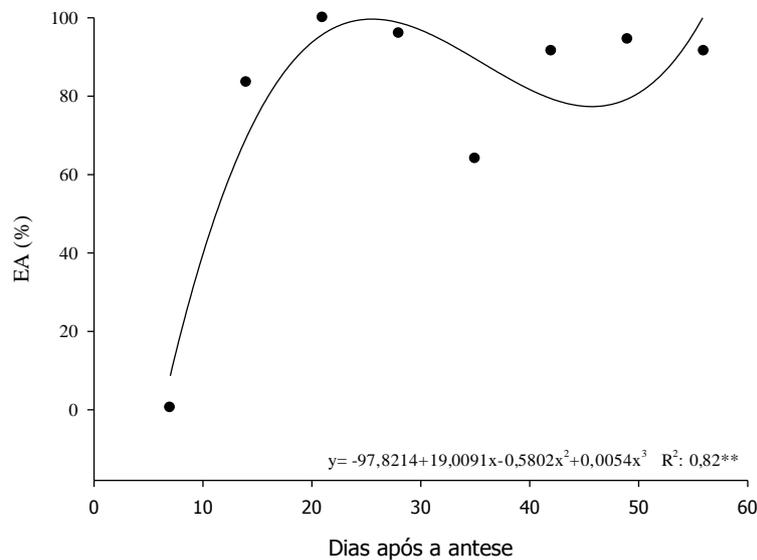


Figura 10. Envelhecimento acelerado das sementes de amaranto durante o processo de maturação fisiológica.

A capacidade do teste de envelhecimento para detectar diferenças na qualidade das sementes foi também observada por Kulik & Yaklich (1982) e Caliarri & Marcos-Filho (1990). Sua eficiência em refletir a capacidade de emergência de plântulas foi relatada por Grabe (1976).

Os dados referentes ao teste de condutividade elétrica de sementes de amaranto estão representados nas Tabelas 7 e 8 e na Figura 11, nas quais verificou-se que houve uma redução contínua nos valores das medições, isso se deve ao aumento da impermeabilidade da membrana com o avanço das etapas de formação da semente, até chegar ao valor mínimo de  $137,5525 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  aos 28 dias após a antese. E, então, os valores voltam a aumentar, pois após o ponto de maturação as sementes encontram-se “armazenadas a campo” e, portanto, mais sujeitas à deterioração.

O modelo que explicou a condutividade elétrica foi o cúbico, conforme Figura 11.

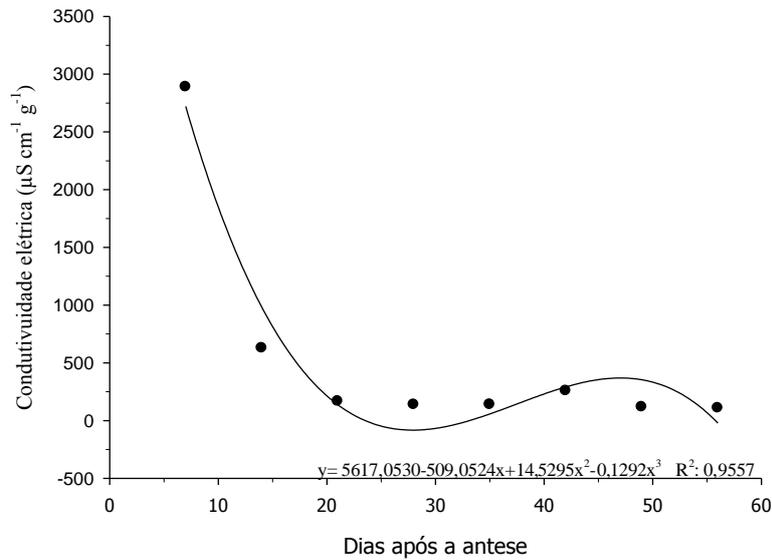


Figura 11. Condutividade elétrica das sementes de amaranto durante o processo de maturação fisiológica.

Os dados referentes a emergência de plântulas em campo das sementes de amaranto estão representados na Tabelas 7 e 8; e na Figura 12, nas quais constatou-se que houve um aumento contínuo nos valores das medições, até chegar ao valor máximo de 70% aos 28 dias após a antese. E então os valores começam a diminuir, demonstrando que a época de máxima qualidade da semente havia sido ultrapassada, aos 56 dias com 21% de emergência.

O modelo que melhor explicou a característica emergência em campo foi o cúbico (Figura 12).

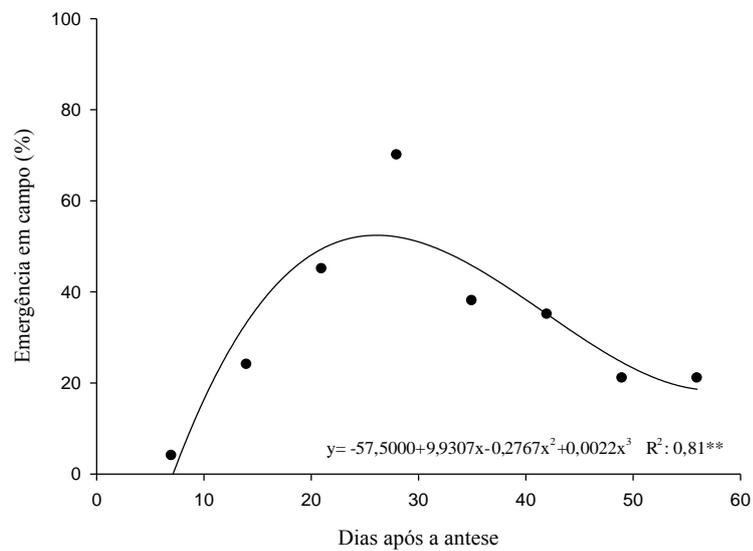


Figura 12. Emergência em campo das sementes de amaranto durante o processo de maturação fisiológica.

## 5. CONCLUSÃO

As características avaliadas demonstram que o ponto de maturação nas sementes de amaranto está situado entre 21 a 28 dias após a antese, ou seja, que neste ponto, tem-se máxima germinação, máximo vigor e mínimo em deterioração.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, I.B.; BARCIELA, F.J.P. Maturação de sementes de cabreúva. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.8, n.3, p.63-71, 1986.

AGUIAR, I.B.; PERECIN, D.; KAGEYAMA, P.Y. Maturação fisiológica de sementes de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **IPEF**, Piracicaba, v.38, p.41-49, 1988.

ALVES, E.U.; SADER, R.; BRUNO, R.L. de A.; ALVES, A.U. Maturação fisiológica de sementes de sabiá. **Revista Brasileira de Sementes**, 2005, v.27, p.1-8.

APHALO, P.; CASTELLANI, O.F.; MARTINEZ, E.N.; ANÓN, M.C. Surface physicochemical properties of Globulin-P amaranth protein. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p.616-622, 2004.

ARAÚJO, E.F.; ARAÚJO, R.F.; SOFIATTI, V.; SILVA, R.F. Maturação de sementes de milho-doce – grupo super doce. **Revista Brasileira de Sementes**, 2006, v.28, n.2, p. 69-76.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. Seed vigour testing handbook. AOSA, 1983. 88p. (Handbook on seedtesting. Contribution, 32).

BARBEDO, A.S.C.; ZANIN, A.C.W.; BARBEDO, C.J. NAKAGAWA, J. Efeitos da idade e do período de repouso pós-colheita dos frutos sobre a qualidade de sementes de berinjela. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 12, n. 1, p. 14-18, 1994.

BARBOSA, J.M.; SANTOS, S.R.G.; BARBOSA, L.M; SILVA, T.S.; PISCIOTTANO, W.A.; ASPERTI, L.M. Desenvolvimento floral e maturação de sementes de *Tabebuia avellanedae* Lorentz ex Griseb. **Ecosistema**, Espírito Santo do Pinhal, v.17, n.1, p.5-11, 1992.

BARROS, A.S.R. Maturação e colheita de sementes. In: CÍCERO, S.M.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R. (Coord.). **Atualização em produção de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, p. 34-107, 1986.

BARROS, C.; BUENROSTRO, M. **Amaranto, fluyente maravillosa de sabor y salud.** Grijalbo, Mexico, 1997.

BECERRA, R.E.I. Amaranto: nuevas tecnologías para um antiguo cultivo. **CONABIO.** Biodiversitas n.30, p.1-6. 2008. Disponível em: [HTTP//biodiversid.gob.mx](http://biodiversid.gob.mx). Acesso em: 15 jun. 2008.

BERGANZA, B.E; MORAN, A.W.; RODRIGUEZ, G.M.; COTO, N.M; MARIO SANTAMARIA, M.; BRESSANI, R. Efect of variety and locantion on the total fat, fatty acids and squalene contenido of amaranth. **Plant Foods For Human Nutrition**, v.58,n.3, p. 1-6, 2003.

BERGER, A; GREMAUD, R; BAUMGARTNER, M; REIN, D; MONNARD,I; KRATHY, E.;GEIGER, W.; BURRI, J.; DIONISI, F.; ALLAN, M.; LAMBELET, P. Cholesterol-lowering properties of amaranth grain and oil in hamsters. **International Journal for Vitamin and Nutrition Research**, v.73, n.1, o 39-49, 2003.

BETSCHART, A.A.; IRVING, D.W.; SHEPHERD, A.D.; SAUNDERS, R.M. Amaranthus cruentus: Milling characteristics, distribution of nutrients within seed components, and the effects of temperature on nutritional quality. **Journal of Food Science**, v.46, p.1181-1187, 1981.

BORGES, E.E.L; BORGES, R.C.G.; TELES, F.F.F. Avaliação da maturação e dormência de sementes de orelha-de-negro. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.2, n.2, p.29-32, 1980.

BRAGA JÚNIOR, J.M. Maturação, qualidade fisiológica e testes de vigor em sementes de mamona (dissertação), Universidade Federal da Paraíba, Areias, PB. 2009.118p.

BRAMBILLA, T.; CONSTANTINO, A.P.B.; OLIVEIRA, P.S. Efeito da adubação nitrogenada na produção de amaranto. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v.29, n.4, p.761-768. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNPV/CLAV, 2009. 395 p.

BRASIL. Portaria n.27, de 13 de janeiro de 1998. **Regulamento técnico referente à informação nutricional complementar**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 16 jan, 1998, Seção 1, p.1.

BRENNER, D. Genetic resources and breeding of amaranthus. **Plant Breeding Reviews**, New York, v. 19, p. 227-286, 2000.

BRENNER, D.; WILLIAMS, J. T. Grain amaranth (*Amaranthus species*). In: WILLIAMS, J.T. (Ed.). **Underutilized crops: cereals and pseudocereals**. London: Chapman & Hall, p. 128-186, 1995.

BRESSANI, R. The proteins of grain amaranth. **Foods Reviews Internatrional**, v.51, p.1339, 1989.

CALIARI, M.F.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de ervilha (*Pisum sativum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.12, n.3, p.52-75. 1990.

CAPELANES, T.M.C.; BIELLA, L.C. Programa de produção e tecnologia de sementes de espécies florestais nativas desenvolvido pela companhia energética de São Paulo - CESP. p.85-107. In Simpósio Brasileiro sobre Tecnologia de Sementes Florestais, 1. Belo Horizonte-MG. 1985. 450 p. Anais.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 588p, 2000.

CARVALHO, N.M.; SOUZA FILHO, J.F.; GRAZIANO, T.T.; AGUIAR, I.B. Maturação fisiológica de sementes de amendoim do campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.2, n.2, p.23-8, 1980.

CHATURVEDI, A.; SAROJINI, G; DEVI, N.L. Hypocholesterolemic effect of amaranth seed (*Amaranthus esculantus*). **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 44, n. 1, p. 63-70, 1997.

CHAVEZ-JAUREGUI, R.; PINTO e SILVA, M. E. M.; ARÊAS, J. A. G. Storage effect on the acceptability of snacks made of pure amaranth and blends of amaranth and corn and chickpea. *Alimentaria*, Madrid, v. 405, p. 117-121, 2009.

CHITARRA, M.I.F. Colheita e qualidade pós-colheita de frutos. *Informe Agropecuário*, v.17, n.179, p.8-18. 1994.

COONS, M.P.O. Gênero *Amaranthus* em Minas Gerais . **Experientiae**, Viçosa, v.27, n.6, p. 115-158, 1981.

CORVELLO, W.B.V.; VILLELA, F.A.; NEDEL, J.L.; PESKE, S.T. Maturação fisiológica de sementes de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.2, p.23-27, 1999.

DAVID, A.M.S.S.; ARAÚJO, E.F.; MIRANDA, G.V.; DIAS, D.C.F. dos S.; GALVÃO, J.C.C.; CARNEIRO, V.. Maturação de sementes de milho pipoca. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 2003, v. 2, n.3, p. 121-131.

DIAS, D.C.F. Maturação de sementes. **Seed News**, Pelotas, v. 5, n. 6, p. 22-24, 2001.

DELOUCHE, J.C. Seed maturation. In: **Handbook of seed technology**. Mississipi: Mississipi State University, 1981. p.17-23.

EGLI, D. B. Seed biology and the yield of grain crops. **Experimental Agriculture**, v.35, p.387-390, 1998.

ERASMO, E.A.L.; DOMINGOS, V.D.; SPEHAR, C.R.; DIDONET, J.; SARMENTO, R.A.; CUNHA, A.M. Avaliação de cultivares de amaranto (*Amaranthus spp.*) em sistema plantio direto no sul de Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 171-176, jan./apr. 2004.

FERREIRA, T.A.P.C. **Avaliação nutricional do amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) extrusado em diferentes condições de umidade.** 1999. (Tese de Doutorado – Faculdade de Saúde Pública da USP), São Paulo, 1999.

FERREIRA, T.A.P.C.; MATIAS, A.C.G.; AREAS, J.A.G. Nutritional and functional characteristics of Amaranth (*Amaranthus ssp*). **Nutrire: Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**, v.32, n.2, p. 91-116, ago, 2007.

FESSEL, S.A.; PANOBIANCO, M.; SOUZA, C.R.; VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja armazenadas sob diferentes temperaturas. *Bragantia*, v.69, n.1, p.207-214, 2010.

GRABE, D.F. Measurement of seed vigor. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v.1, n.2, p.18-31, 1976.

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. Handbook of vigour test methods. Zürich:ISTA. 1995. 117p.

HE, H.P.; CAI, V.; SUN, M. CORKE, H. Extraction and purification of squalene from *Amaranthus* grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, p. 368-372, 2002.

HULME, A.C. The Biochemistry of fruits and their Products. Academic Press. 1970. 620p.

IOSSI, E.; SACER, R.; MORO, F.V.; BARBOSA, J.C. Maturação fisiológica de sementes de *Phoenix roebelenii* O'Brien. *Revista Brasileira de Sementes*, 2007, v.29, n.1, p. 147-154.

KANASHIRO, M.; VIANNA, N.G. **Maturação de sementes de *Cordia goeldiana* Huber.** Belém: CPATU/EMBRAPA, 1982. 11p. (Circular Técnica, 28).

KAUFFMAN, C. The status of grain amaranth for the 1990's. **Food Review International**, New York, v. 8, n. 1, p. 165-185, 1992.

KOZIOL, M.J. Composición química. In: WAHLI, C. (Ed). **Quinoa hacia su cultivo comercial.** Quito, Equador: Latinreco. p 137-159. 1990.

KULIK, M.M.; YAKLICH, R.W. Evaluation of vigor tests in soybean seeds: Relationship of accelerated aging, cold, sand bench and speed of germination tests to field speed performance. **Crop Science**, 1982, v.22, p. 766-770.

LAGO, A.A. DO; CAMARGO, O. B. A.; FILHO, A.S.; MAEDA, j.A. Maturação e produção de sementes de gergelim cultivar IAC-China. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 363-369, 2001.

LOPES, J.C.; DIAS, P.C.; PEREIRA, M.D. Maturação Fisiológica de Sementes de Quaresmeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2005, v.40, n.8, p. 811-816.

LOPES, J.C.; SOARES, A.S. Estudo da maturação de sementes de carvalho vermelho (*Miconia cinnamomifolia* (Dc.) Naud.). **Ciência e Agrotecnologia**, 2006, v.30, n.4, p. 618-622.

MAEDA, J.A.; UNGARO, M.R.G.; LAGO, A.A.; RAZERA, L.F. **Estádio de maturação e qualidade de sementes de girassol**. Bragantia, Campinas, v.46, n.1, p.35-44, 1987.

MAIER, S.M.; TURNER, N.D.; LUPTON, J.R. Serum lipids in hypercholesterolemic men and women consuming oat bran and amaranth products. **Cereal Chemistry**, v. 77, p. 297-302, 2000.

MARCÍLIO, R.; AMAYA-FARFAN, J.; CIACCO, C.F.; SPEHAR, C.R. Fracionamento do grão de *Amaranthus cruentus* brasileiro por moagem e suas características composicionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.3, p.511-516, 2003.

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

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p.3.1-3.24, 1999.

MARTINS, S.V.; SILVA, D.D. Maturação e época de colheita de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.19, n.1, p.96-99, 1997.

MARTIROSYAN, D.M.; SARGSYAN, A.V.; PASADANYAN, R.A. Functional food for the prevention of hypertension. In: Martirosyan DM, editor. Book Functional Foods for Cardiovascular Diseases. Dallas, USA; 2005. p. 200–205.

MATHEUS, M.T., LOPES, J.C.; CORRÊA, N.B. Maturação fisiológica de sementes de *Erythrina variegata* L. *Ciência Florestal*, 2011, v.21, n.4, p. 619-627.

MELO, J.R.V. **Maturação, germinação e armazenamento de sementes de piaçaveira (*Attalea funifera* Mart.)**. 2001. 127f. Botucatu: Unesp. (Tese de Doutorado). 2001.

MELO, K.T. **Comportamento de seis cultivares de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims e *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) em Vargem Bonita no Distrito Federal**. 1999. 99f. Brasília: UnB, (Dissertação de Mestrado) 1999.

MUJICA SANCHES, A.; DIAZ, M.B.; IZQUIERDO, J. **El cultivo del amaranto (*Amaranthus* spp.): producción, mejoramiento genético y utilización**. Santiago: Oficina Regional de la FAO para America Latina y El Caribe, 1997, 145p.

MYERS, R. L. Amaranth: new crop opportunity. P. 207-220. In: J. Janick (Ed.), Progress in New Crops. **ASHS Press**, Alexandria, VA. 1996.

NAKAGAWA, J. Produção de sementes. In: **SEMENTES: CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO POR TUTORIA A DISTÂNCIA**, Brasília, 21 jan./08 março 1987. Palestra. Brasília: ABEAS. 40p., 1987.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: Testes de vigor em sementes, Eds., Vieira, R.D. and N.M. Carvalho. Jaboticabal, SP: FUNEP, 1994, 164p.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: Vigor de sementes: conceitos e testes, Eds., Krzyzanowski, F.C., R.D. Vieira and J.B. França Neto.

Londrina, PR: ABRATES, p. 2.1-2.24. 1999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Amaranth: Modern prospects for an ancient crop. Washington: **National Academy Press**, 81p, 1984.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; AGUIAR, I.B. Maturação e dispersão de sementes. In: AGUIAR, I.B. de; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES p. 215-274, 1993.

POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. Brasília: **AGIPLAN**, 289p, 1985.

RAMIREZ, R.C. **Monografía de la cadena de amaranto**. Secretaria de Desarrollo Rural Del Estado de Puebla. Mexico, 2007. Disponível em <http://www.sdr.gob.mx/beta1/contenidos/cadenasAdropecuarias>.

SAUER, J.D. Historical geography of crop plants: A selection. **CRC Press: Boca Raton**, Florida, EUA, 1993.

SAUNDERS, R.M.; BECKER, R. Amaranthus: A potential food and feed resource. In: **Advances in Science and Technology**, v. VI. AACC. End Pomeranz, 1984.

SEGURA-NIETO, M.; VASQUEZ, N.; RUBIOVELAZQUEZ, H.; OLGUIN-MARTINEZ, L.E.; RODRIGUES-NESTER, C.E.; HERRERA- ESTRELA, L. Characterization of amaranth (*A. hypochondriacus* L.) seed proteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 40, n.9, p.1553-1558, 1992.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. **Principal components analysis in the software assistat-statistical assistance**. In: 7th World Congress on Computers in Agriculture, 2009, Reno. **Proceedings of the 7th World Congress on Computers in Agriculture**. St. Joseph: ASABE, 2009. v. CD-Rom. p.1-5.

SILVEIRA, M.A.M.; VILLELA, F.A.; TILLAMANN, M.A.A. Maturação fisiológica de sementes de calêndula (*Calendula officinalis* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, 2002, v.24, p. 31-37.

SPEHAR, C.R.; CABEZAS, W.A.R.L. Introdução e seleção de espécies para a diversificação do sistema produtivo nos cerrados. In: CABEZAS, W.A.R.L.; FREITAS, P.L. (Eds.). **Plantio direto na integração lavoura pecuária**. Uberlândia: Ed. da Universidade Federal de Uberlândia. p. 179-189, 2001.

SPEHAR, C.R. **Amaranto**: opção para diversificar a agricultura e os alimentos. Planaltina: Embrapa Cerrado, 136 p, 2007.

SPEHAR, C.R.; SANTOS, R.L.B.; SOUZA, P.I.M. Novas plantas de cobertura para o sistema de produção de grãos. In: **SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE O SISTEMA DE PLANTIO DIRETO 2**. Anais. Passo Fundo: Embrapa/CNPT, p. 169-172, 1997.

SPEHAR, C.R.; TEIXEIRA, D.L. **Diferenças entre o pseudocereal amaranto e espécies de planta daninha, Amaranthaceae**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, (Comunicado Técnico, 69), 2002.

SPEHAR, C.R.; TEIXEIRA, D.L.; LARA CABEZAS, W.A.L.; ERASMO, E.A.L. **Amaranto BRS Alegria**: alternativa para diversificar os sistemas de produção. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.1, p.85-91, 2003.

STALLKNECHT, G.F. SCHULZ-SCHAEFFER, J.R. Amaranth Rediscovered. p. 211-218. In: J. JANICK; J. E. SIMON (Eds.), **New Crops**. Wiley, New York, 1993.

SOUZA, S.M.; LIMA, P.C.F. Maturação de sementes de angico (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.7,n.2, p.93-99, 1985.

TEUTONICO, R.A.; KNORR, D. Amaranth: composition, properties and applications of a rediscovered food crop. **Food crop: Food Technology**, v.39, n.4, 49-60,1985.

TUNES, L.M.; PEDROSO, D.C.; BADINELLI, P.G.; TAVARES, L.C.; RUFINO, C.A.; BARROS, A.C.S.A.E MUNIZ, M.F.B. Envelhecimento acelerado em sementes de cebola com e sem solução salina saturada. **Ciência Rural**, v.4, p, 33-37, 2011.

TOSI, E.A.; CIAPPINI, M.C.; MASCIARELLI, R. Utilización de La harina integral de amaranto (*Amaranthus cruentus*) em la fabricación de galletas para celíacos. **Alimentaria**, n. 269.p. 49-51, 1996.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: Vigor de sementes: Conceitos e testes, Eds., Krzyzanowski, F.C., R.D. Vieira and J.B. França-Neto, J.B. Londrina, PR: Abrates, p:1-26. 1999.

YÁNEZ, E. Caracterización química y nutricional Del amaranto (*Amaranthus cruentus*). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 44, n.1, p. 57-62, 1994.