

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Centro de Energia Nuclear na Agricultura

**Efeito do pré-resfriamento e solução de nitrato de potássio na
germinação de *Amaranthus spp.***

Luccas Novaes de Paiva

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Agronômica

Piracicaba - SP
Julho de 2018

Luccas Novaes de Paiva

Efeito do pré-resfriamento e solução de nitrato de potássio na germinação de
Amaranthus spp.

Orientador:

Prof. Dr. Valdemar Luiz Tornisielo

Supervisora:

Dr^a. Fabrícia Cristina dos Reis

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Agronômica

Piracicaba – SP
Julho de 2018

DEDICO

A minha família, em especial à minha mãe
Sandra, exemplo de força e fonte de amor
inesgotável, por me ensinar a ser alguém
melhor.

“Não confunda derrotas com fracasso, nem vitórias com sucesso. Na vida de um campeão sempre haverá algumas derrotas, assim como na vida de um perdedor sempre haverá vitórias. A diferença é que, enquanto os campeões crescem nas derrotas, os perdedores se acomodam nas vitórias”.

Roberto Shinyashiki

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus pela minha vida e por colocar pessoas abençoadas e incríveis em meu caminho.

À minha família, minha mãe Sandra, minha irmã Camila e meu pai Alexandre, vocês são minha base e, aonde quer que eu esteja, levo vocês comigo.

Obrigado mãe, pelo seu apoio incondicional, por me mostrar que a paciência é a solução de boa parte dos nossos problemas.

Obrigado irmã, por ter sido sempre minha segunda mãe e por todo o apoio!

Obrigado pai, por todo o orgulho e me incentivar a crescer.

À todos os moradores da República Kangaço, minha família em Piracicaba, por me proporcionarem tantos momentos alegres e por todos os ensinamentos.

À minha supervisora, Drª. Fabrícia Reis, e toda equipe do Laboratório de Sementes, do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, pela oportunidade de realização da pesquisa e ensinamentos durante o projeto.

À MSc Helena Pescarin Chamma, por toda ajuda durante a elaboração do experimento.

Ao Dr. Jaime Medina, pelo auxílio com as análises estatísticas geradas no experimento.

Ao professor Valdemar Luiz Tornisielo, pela orientação e oportunidade em realizar a pesquisa na área de interesse.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), por todo conhecimento adquirido desde 2012. Espero contribuir a altura para a sociedade brasileira.

À todas as pessoas que de alguma forma estiveram presentes durante a realização deste trabalho.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	12
RESUMO.....	14
ABSTRACT	16
1. INTRODUÇÃO.....	19
2. OBJETIVOS.....	20
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
3.1. Processo de germinação de sementes	20
3.2. Dormência de sementes de plantas daninhas.....	22
3.3. Teste de Germinação	26
3.3.1. Classificação das Plântulas no Teste de Germinação	28
3.4. Gênero <i>Amaranthus</i> spp.	29
3.4.1. <i>Amaranthus viridis</i>	30
3.4.2. <i>Amaranthus deflexus</i>	31
3.4.3. <i>Amaranthus spinosus</i>	31
3.4.4. <i>Amaranthus hybridus</i>	31
4. MATERIAL E MÉTODOS	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
6. CONCLUSÃO	41
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Caixa de plástico do tipo Gerbox onde foi conduzido o Teste de Germinação em <i>Amaranthus spp.</i>	33
Figura 2 - Câmara de germinação (a) e B.O.D (b) onde foram armazenadas as caixas plásticas para o Teste de Germinação.....	33
Figura 3 - Porcentagem de germinação de cinco espécies de <i>Amaranthus</i> nos tratamentos controle, utilizando KNO ₃ e pré-resfriamento.	36
Figura 4 - Índice de Velocidade de Germinação (IVG) avaliado nas cinco espécies de <i>Amaranthus</i> nos tratamentos controle, utilizando KNO ₃ e pré-resfriamento.	38
Figura 5 - Porcentagem de germinação acumulada de cinco espécies de plantas daninhas do gênero <i>Amaranthus</i> ao longo do experimento, no tratamento controle, contendo apenas água destilada.....	39
Figura 6 - Porcentagem de germinação acumulada de cinco espécies de plantas daninhas do gênero <i>Amaranthus</i> ao longo do experimento, no tratamento com KNO ₃ a 0,2%.	40
Figura 7 - Porcentagem de germinação acumulada de cinco espécies de plantas daninhas do gênero <i>Amaranthus</i> ao longo do experimento, no tratamento de pré-resfriamento (10ºC durante 7 dias).....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Porcentagem de germinação para as cinco espécies do gênero <i>Amaranthus</i> de acordo com os tratamentos controle, utilizando KNO ₃ e pré-resfriamento.....	35
Tabela 2 - Índice de Velocidade de Germinação (IVG) para as cinco espécies do gênero <i>Amaranthus</i> de acordo com os tratamentos controle, utilizando KNO ₃ e pré-resfriamento.	37

RESUMO

O teste de germinação de sementes tem como objetivo avaliar seu potencial germinativo. No caso de plantas daninhas, estudos de biologia, incluindo testes de germinação, são importantes para o conhecimento da forma de estabelecimento das espécies. Dessa forma, este trabalho avaliou a influência do pré-resfriamento e do nitrato de potássio (KNO_3) na porcentagem e velocidade de germinação de *Amaranthus viridis*, *A. deflexus*, *A. spinosus*, *A. hybridus* var. *patulus* e *A. hybridus*, conhecidos popularmente como caruru de mancha, caruru rasteiro, caruru de espinho, caruru branco e caruru roxo. A germinação foi conduzida em caixas plásticas, com quatro repetições e foram dispostas 50 sementes sobre duas folhas de papel “mata-borrão”, previamente umedecidas com água destilada ou solução de nitrato de potássio (KNO_3) a 0,2%, de acordo com o tratamento. No tratamento controle e com KNO_3 , as caixas foram colocadas em câmaras de germinação com temperatura e disponibilidade de luz controladas; e no tratamento de pré-resfriamento as amostras foram armazenadas em B.O.D, onde permaneceram por sete dias à 10°C e, posteriormente transferidas para o germinador. As avaliações foram realizadas a cada dois dias, durante 14 dias. A germinação das sementes das espécies caruru de mancha, caruru rasteiro e caruru roxo responderam diferentemente aos tratamentos controle, pré-resfriamento e KNO_3 . No caso do caruru de mancha e caruru roxo, as maiores porcentagens de germinação ocorreram no controle e em KNO_3 ; no caruru rasteiro, o controle e o pré-resfriamento obtiveram maiores taxas de germinação. Nas demais espécies não foi observada diferença entre os tratamentos. Para o Índice de Velocidade de Germinação (IVG), foi observada diferenças entre os tratamentos apenas no caruru rasteiro e caruru roxo.

Palavras-chave: Caruru, sementes, daninhas, dormência, IVG, Gerbox

ABSTRACT

Seed germination test aims to evaluate the germination potential of the seeds. In the case of weeds, biology studies, including germination tests, are important to understand the dispersion and establishment of the species in the crops. Thus, it was evaluated the influence of pre-cooling and potassium nitrate solution (KNO_3) on the percentage and speed of germination of *Amaranthus viridis*, *A. deflexus*, *A. spinosus*, *A. hybridus* var. *patulus* and *A. hybridus*. The germination was conducted in plastic boxes with four replicates and 50 seeds were placed on two sheets of "blotter" paper, previously moistened with distilled water or 0.2% potassium nitrate (KNO_3), depending on the treatment. In the control and KNO_3 treatment, the boxes were placed in germination chambers with temperature control and light availability; and in the pre-cooling treatment the samples were stored in B.O.D, where they remained for seven days at 10°C and then transferred to the germinator. Evaluations were performed every two days for 14 days. The germination of the seed of the species *A. viridis*, *A. deflexus* and *A. hybridus* was differently to control, pre-cooling and KNO_3 treatments in germination. In the case of *A. viridis* and *A. hybridus*, the highest percentages of germination was in the control and in KNO_3 ; in the case of *A. deflexus*, the control and the pre-cooling obtained higher germination percentage. For the other species, no difference was observed among treatments. For the Germination Speed Index (GSI), differences among treatments only was observed for *A. deflexus* and the *A. hybridus*.

Key-words: Caruru, seeds, weeds, dormancy, GSI, Gerbox.

1. INTRODUÇÃO

Planta daninha pode ser definida como qualquer espécie vegetal que, em determinado momento do seu ciclo de vida, cause prejuízos ou danos a qualquer atividade humana. De maneira geral, apresentam características rústicas, que lhes conferem grande capacidade de reprodução e desenvolvimento sob condições adversas como, por exemplo, déficit hídrico, salinidade, solos ácidos ou alcalinos e temperaturas desfavoráveis a maioria das culturas agrícolas (SILVA et al., 2012).

De acordo com Christoffoleti & Passini (1999), essas espécies são indesejáveis pois afetam negativamente o desenvolvimento dos cultivos de interesse econômico através da competição por água, luz e nutrientes, efeitos alelopáticos, redução na qualidade dos produtos agrícolas, aumento dos custos de produção, redução do valor da terra, além da capacidade de serem hospedeiras de pragas, doenças e nematoïdes. Estima-se que, em lavouras mal manejadas, as perdas de produção causadas por plantas daninhas possam ultrapassar 70%.

Entre as principais características que tornam as plantas daninhas tão agressivas está a baixa exigência para germinação de sementes, rápido crescimento, alta capacidade de florescimento, produção acentuada de sementes, habilidade de dispersão, adaptação às práticas de manejo, tolerância à variação ambiental, plasticidade fenotípica e germinação assincrônica (BAKER, 1965). O principal objetivo do manejo de plantas daninhas é manter um ambiente desfavorável a elas, mediante emprego isolado ou combinado de métodos preventivos, culturais, mecânicos, biológicos e químicos (PITELLI, 1982).

Dentre as plantas daninhas de maior importância econômica, o caruru (*Amaranthus spp.*) se destaca devido ao amplo espectro de ocorrência em diversas culturas, elevado potencial germinativo, rápido crescimento e longo período de viabilidade do banco de sementes (HORAK & LOUGHIN, 2000).

As espécies do gênero *Amaranthus* possuem características peculiares que interferem diretamente nas estratégias a serem tomadas no seu controle. Com base nisso, para um manejo adequado da planta daninha é necessário o conhecimento de tais características como, por exemplo, anatomia, biologia, mecanismos de resistência, crescimento em condições adversas, além dos padrões de germinação da espécie (GAZZIERO & SILVA 2017).

Os processos de germinação e dormência normalmente são difíceis de serem separados e o estudo dos mesmos, em geral, envolve a avaliação da porcentagem e

velocidade de germinação (BASKIN & BASKIN, 1998; SMIDERLE & SOUZA, 2003; CRUZ & CARVALHO, 2006).

Diante da importância em se conhecer a biologia das plantas daninhas, o teste de germinação tem como objetivo avaliar o máximo potencial germinativo das sementes. Este teste é padronizado pelas Regras para Análise de Sementes, que prescrevem condições específicas de temperatura, luz, umedecimento e tipo de substrato, métodos de superação de dormência, datas e métodos de avaliação de germinação. Desta maneira, o teste permite a obtenção de resultados reproduzíveis e comparáveis entre laboratórios, o que o tornou de uso generalizado na avaliação da qualidade fisiológica das sementes (MARCOS FILHO et al., 1987).

Ainda atrelado ao teste de germinação, está o Índice de Velocidade de Germinação (IVG), onde determina-se o vigor das sementes avaliando sua velocidade de germinação através de fórmulas específicas. Neste teste, as avaliações das plântulas são realizadas diariamente ou a cada dois dias, à mesma hora, a partir do dia em que surgem as primeiras plântulas normais, que são computadas e removidas do substrato (NAKAGAWA, 1994).

2. OBJETIVOS

O trabalho teve como objetivo avaliar a influência do pré-resfriamento e do nitrato de potássio (KNO_3) na porcentagem e velocidade de germinação de quatro espécies do gênero *Amaranthus*.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Processo de germinação de sementes

A germinação é um resultado do balanço entre condições ambientais favoráveis e características intrínsecas das sementes, compreendendo uma sequência ordenada de atividades metabólicas que resulta no desenvolvimento do embrião, que dará origem a uma plântula. Vale ressaltar que cada espécie vegetal exige um conjunto de requisitos específicos quanto à disponibilidade de água, temperatura, luz e profundidade de semeadura para a ocorrência do processo de germinação (POPINIGIS, 1985; MAYER & POLJAKOFF MAYBER, 1989).

Ao final do ciclo de maturação, a semente desidrata-se e promove a redução do teor de ácido abscísico (ABA) ou a redução da sensibilidade a ele e, consequentemente, provoca uma diminuição na síntese de enzimas responsáveis

pelas atividades anabólicas. Essa redução gera um aumento na produção de enzimas hidrolíticas, fundamentais para que ocorra a germinação (MARCOS FILHO, 2005).

Dentre os fatores ambientais que influenciam a germinação, a disponibilidade hídrica é de extrema importância. A absorção de água promove a reidratação dos tecidos e intensificação da respiração e das atividades metabólicas, que geram energia para retomada de crescimento pelo embrião. Além disso, a embebição aumenta o volume das sementes, que provoca o rompimento do tegumento e facilita a emergência do eixo embrionário (CARVALHO & NAKAGAWA, 2012).

O processo germinativo também possui grande influência térmica, sendo que os limites superiores e inferiores de temperatura variam de acordo com cada espécie. Enquanto altas temperaturas ocasionam desnaturação de proteínas e perda da atividade enzimática, baixas temperaturas reduzem ou paralisam o metabolismo e, consequentemente, afetam a velocidade, porcentagem e uniformidade da germinação (POPINIGIS, 1985; MAYER & POLJAKOFF MAYBER, 1989). As sementes de *Amaranthus retroflexus* e *A. palmeri*, por exemplo, apresentaram picos de germinação quando expostas às temperaturas de 30 à 35°C, enquanto que sementes de *A. rudis* germinam melhor na temperatura de 20 à 25°C (GUO & AL-KHATIB, 2003).

A temperatura ótima para a maioria das espécies vegetais está entre 20 e 30°C e a máxima entre 35 e 40°C (MARCOS FILHO, 1986). Dentro dos limites térmicos da germinação, a temperatura ótima refere-se àquela na qual a maior porcentagem de germinação é obtida, dentro do menor período (VARELA et al., 2005).

No início do século XX, foi comprovado que, para diferentes espécies, existe uma ampla variação nas respostas germinativas de acordo com a luz. Apesar de em alguns casos os fatores luz e temperatura não influenciarem o processo germinativo, a luminosidade pode inibir a germinação em algumas espécies ou promovê-la em outras (NASSIF et al., 1998). Portanto, a germinação classifica as sementes em três tipos, de acordo com a sensibilidade à luz branca: fotoblásticas positivas, que germinam melhor na presença de luz, fotoblásticas negativas, as quais germinam melhor na ausência de luz e fotoblásticas neutras, que germinam com ou sem luminosidade (MAYER & POLJAKOFF MAYBER, 1989; VÁZQUEZ-YANES & OROZCO-SEGOVIA, 1993).

A ação da luz vermelha (660 a 760 nm) promove a ativação do fitocromo, que estimula a produção de citocininas. Este grupo hormonal, quando age de maneira

antagônica aos inibidores da germinação, permite as giberelinas desempenhar várias funções no processo germinativo (COPELAND & MCDONALD, 2001).

O processo germinativo inicia-se com a embebição de água pelos tecidos da semente, seguida da intensificação da respiração e retomada das atividades metabólicas, sobretudo da síntese de enzimas e aumento de atividades das hidrolases pré-existentes. Após este processo, os compostos de reserva são mobilizados e fornecem energia e nutrientes necessários à retomada de crescimento do eixo embrionário (SALES, 2002).

Segundo Bewley & Black (2012), a absorção de água pelas sementes possui três fases. Na Fase I ocorre uma rápida transferência de água do meio para a semente, mediante a diferença acentuada entre os potenciais hídricos. Durante essa fase, a reativação do metabolismo fica evidente com o aumento da atividade respiratória e liberação de energia para a germinação, ativação de enzimas e síntese de proteínas a partir do RNA mensageiro que foi armazenado ao final do processo de maturação. Na Fase II, também conhecida como “lag”, ocorre uma drástica redução da velocidade de hidratação e intensidade de respiração. Ela é caracterizada pela preparação do embrião para o crescimento, onde não há ganho de massa ou entrada de água nas células. Já no início da Fase III, a retomada de crescimento pelo embrião é visível através da protusão da raiz primária, ou seja, é uma etapa alcançada apenas por sementes vivas e não dormentes.

É importante ressaltar que o início das Fases II ou III não paralisa as etapas anteriores, de modo que a semente pode apresentar as três fases simultaneamente, dependendo de fatores como a permeabilidade da cobertura e composição química dos tecidos de reserva (BEWLEY & BLACK, 2012).

3.2. Dormência de sementes de plantas daninhas

A dormência é um dos principais mecanismos de sobrevivência e perpetuação das espécies de plantas daninhas, pois distribui a germinação ao longo do tempo, garantindo o potencial de regeneração do banco de sementes mesmo em condições ambientais adversas à sobrevivência (CARMONA, 1992). Este fenômeno regulado geneticamente é caracterizado pela ausência de germinação, mesmo quando as sementes possuem condições ideais para germinar como, por exemplo, água, luz, oxigênio e temperatura (VIVIAN et al., 2008).

Além disso, o banco de sementes no solo também pode influenciar no aparecimento de biótipos de plantas daninhas resistentes à herbicidas. Quanto maior o período de dormência das sementes, maior será o tempo de esgotamento do banco de sementes suscetível ao herbicida no solo. A velocidade no desenvolvimento da resistência depende muito da persistência das sementes no solo, características de germinação da espécie e sistema de cultivo adotado anteriormente (GRESSEL & SEGEL, 1990).

O processo de dormência pode ser atribuído a diferentes fatores, dentre os quais estão a impermeabilidade do tegumento à água e gases, imaturidade do embrião, presença de inibidores, ausência de promotores ou exigências especiais de luz ou temperatura (VÁSQUES-YANES & OROZCO-SAGOVIA, 1993; BEWLEY & BLACK, 2012).

É importante ressaltar a distinção entre dormência e quiescência, pois embora sejam difícil separar conceitualmente, são eventos distintos na prática. Na quiescência, a semente sofre uma redução nas atividades metabólicas após a maturação, a ponto de que não ocorra a tradução de mensagem genética para a germinação devido às condições edafoclimáticas inadequadas, enquanto que na dormência não ocorre a germinação devido a fatores que bloqueiam a transcrição genética, mesmo em condições ideais (MARCOS FILHO, 2005).

Cardoso (2009) cita que a dormência pode ser classificada em duas diferentes categorias, primária e secundária. A dormência primária instala-se na planta durante o desenvolvimento da semente, quando ela ainda está unida a planta mãe. Já a dormência secundária pode ser induzida logo após a dispersão da semente madura pela planta mãe, seja por fatores naturais ou artificiais. Geralmente, a dormência secundária é induzida quando são fornecidas às sementes praticamente todas as condições necessárias à sua germinação, exceto uma.

Quanto ao mecanismo, a dormência pode ser classificada basicamente como endógena (embrionária) ou exógena (tegumentar). Na dormência endógena, mesmo quando retirado o tegumento, a semente não germina, já a exógena está relacionada a algum impedimento oferecido pelos tecidos que envolvem o embrião, portanto, se retirado, o embrião germina normalmente. Ainda dentro da classificação quanto ao mecanismo, a dormência endógena pode ser subdividida em fisiológica, morfológica e morfofisiológica; enquanto que a dormência exógena é desmembrada em física,

química e mecânica (FOWLER & BIANCHETTI, 2000; CARDOSO, 2009; MOLIZANE, 2012).

A dormência fisiológica é basicamente regulada em níveis metabólicos e gênicos, as quais afetam atividades fisiológicas da semente, impossibilitando sua germinação (MÉROLA & DÍAZ, 2012). Numa dormência fisiológica profunda, o embrião retirado da semente não é capaz de produzir uma plântula normal, pois o ácido giberélico, promotor da germinação, não supera a dormência. Portanto, vários meses de estratificação com frio ou calor são requeridos para que a essa dormência seja quebrada (MOLITERNO, 2008). Numa dormência fisiológica não profunda a retirada do embrião dessas sementes produz plântulas normais. Neste caso, os tratamentos utilizados vão desde hormonais, com uso de ácido giberélico, até resfriamentos de sementes e sensibilidade a luz (CARDOSO, 2009; MOLITERNO, 2008).

A dormência morfológica está relacionada com o próprio embrião, que pode ser rudimentar ou estar indiferenciado. Neste caso, a germinação só será possível quando a semente encontrar condições ideais para que o embrião se desenvolva completamente, geralmente, por condições favoráveis de umidade e temperatura. Já a dormência morfofisiológica ocorre quando o embrião está subdesenvolvido, além de possuir algum componente fisiológico que iniba sua germinação (MÉROLA & DÍAZ, 2012; CARDOSO, 2009).

Dentro da dormência exógena, a física está relacionada ao impedimento da germinação através de estruturas do tegumento e/ou pericarpo, que impedem a entrada de água e trocas gasosas da semente. A dormência química está relacionada a presença de inibidores químicos presentes na semente e/ou no fruto. O ácido abscísico (ABA), por exemplo, é considerado o inibidor mais efetivo na germinação, quando aplicado externamente nas sementes. Os níveis de ABA geralmente aumentam a partir da primeira metade do desenvolvimento das sementes, junto com os acréscimos de massa seca e, a partir da segunda metade, a semente passa a reduzir o teor de água e ABA (HILHORST, 1995). Já na dormência mecânica há presença de estruturas lenhosas que impossibilitam a saída da plântula (MÉROLA & DÍAZ, 2012).

Diversos fatores afetam o nível de dormência em sementes de espécies daninhas, podendo ser divididos em principais e secundários. Entre os principais, a temperatura e disponibilidade de água na germinação são os mais significativos. Já

nos secundários, estão a luz, teores de nitrato e demais compostos do solo. Embora estes fatores que influenciam a germinação sejam estudados separadamente, a dormência de sementes geralmente está vinculada à associação de dois ou mais fatores (VIVIAN et al., 2008).

Hilhorst (1993) desenvolveu um modelo para explicar o ciclo de dormência de sementes sob a ação da luz e temperatura. Durante o período de superação da dormência, ocorre a síntese de receptores de fitocromos na membrana celular. Em temperaturas favoráveis à germinação, a consistência da membrana é alterada, permitindo a migração destes receptores para a superfície, onde são ativados por nitrato. O receptor ativo então, liga-se ao fitocromo, que é acionado após o recebimento da luz. Essa ativação do fitocromo promove a síntese de ácido giberélico que, quando unido ao seu receptor, produz um sinal que estimula a geminação. Se a temperatura permanecer inviável por um longo período, há uma redução na síntese de receptores do fitocromo, impedindo todo este processo e fazendo com que a semente entre em dormência novamente.

Os nitratos naturalmente armazenados no solo podem ser compostos estimulantes da germinação de muitas espécies de plantas daninhas, embora existam casos em que a aplicação de KNO_3 não é eficaz na superação da dormência (CHAUHAN et al., 2006; ZHOU et al., 2005; VOLLMER et al., 1996; AZANIA et al., 2003). Este efeito estimulador da germinação no tratamento com KNO_3 é atribuído à sua ação oxidante e acceptor de elétrons (ELLIS et al., 1983).

Nas gramíneas, a dormência pode ser atribuída à presença de substâncias fixadoras de oxigênio localizadas no complexo película-pericarpo da semente. O KNO_3 possui efeito na superação de dormência pelo fato do nitrato (NO_3^-) sofrer redução e passar para a forma de nitrito (NO_2^-). A ação destes radicais, nitrato e nitrito, conjuntamente com outras substâncias, acarreta a reoxidação do NAD(P)H, disponibilizando o NAD(P), que atuará estimulando a via pentose fosfato e a via do ácido chiquímico, através da Eritrose-4-fosfato. Essas duas vias são extremamente importantes na biossíntese de novos compostos. A via pentose fosfato irá sintetizar a Ribulose-5-fosfato utilizada na síntese de nucleotídeos, constituintes dos ácidos nucléicos (DNA) e ribonucleicos (RNA), além da síntese de coenzimas que atuam no fornecimento de energia para o crescimento do eixo embrionário. Já a via do ácido chiquímico é vital para a biossíntese de aminoácidos essenciais como, por exemplo,

o triptofano, fenilalanina e tirosina (CARDOSO et al., 2015; CARVALHO & NAKAGAWA, 2012).

3.3. Teste de Germinação

Os resultados do teste de germinação devem refletir a capacidade e porcentagem das sementes de originarem plântulas normais, sob condições controladas e favoráveis de ambiente, como temperatura, iluminação e água. Este teste objetiva a identificação da qualidade de um lote de sementes e a diferença para outras espécies, através de uma simulação de como se comportariam em campo. (NOVEMBRE & MARCOS FILHO, 1999).

Para a maioria das espécies, utiliza-se o papel de germinação do tipo germiteste como substrato, colocando-se quatro repetições de 50 ou 100 sementes sobre três folhas de papel. Um espaçamento entre as sementes de 1,5 a 5 vezes a sua largura ou diâmetro é considerado ideal. Em sementes de maior porte, geralmente utiliza-se o rolo de papel. É extremamente importante que os substratos utilizados preencham certos requisitos, como ser atóxico à semente, ausência de microrganismos e manter uma proporção adequada entre disponibilidade de água e aeração (COPELAND & MCDONALD, 1995).

O substrato deve manter umidade suficiente para garantir que o processo de germinação ocorra de forma plena, pois a deficiência de água impossibilita a sequência dos processos bioquímicos, físicos e fisiológicos que levam a retomada do crescimento do embrião. Entretanto, a umidade não pode ser excessiva, pois pode limitar a aeração e prejudicar a germinação. Embora seja aconselhada, a adição subsequente de água durante o teste deve ser evitada sempre que possível, já que pode aumentar a variabilidade entre as repetições e os tratamentos. A água utilizada no umedecimento deve apresentar um pH variando entre 6,0 e 7,5 e estar livre de impurezas (POLLOCK, 1974; ISTA, 2004).

Durante a realização do teste de germinação, restrições de oxigênio podem provocar atraso ou paralisação no desenvolvimento das plântulas ou, ainda, a ocorrência de anormalidades como, por exemplo, a ausência de raízes. Estas alterações relacionadas à metodologia adotada no teste provocam variações e resultados indesejáveis (PHANEENDRANATH, 1980).

A maioria das temperaturas dos germinadores são alternadas como, por exemplo, 20 e 35°C, sendo que durante 8 horas (dia), deve ser usada a maior

temperatura e nas 16 horas restantes utiliza-se a temperatura mais baixa. A utilização de temperaturas alternadas nos testes de germinação tem o objetivo de simular as alterações térmicas que normalmente ocorrem na natureza. Para muitas espécies, as temperaturas alternadas favorecem a germinação, atuando também sobre a dormência das sementes, como é caso das gramíneas forrageiras (CARVALHO & NAKAGAWA, 2012).

Os germinadores empregados para a acomodação das amostras devem possuir controle de temperatura, luz e umidade relativa do ar interno, além de outros detalhes. Dentre eles, o germinador de câmara é o mais comum, constituído por paredes duplas, adequadamente isoladas por uma camada de ar ou material isolante, reduzindo as variações indesejáveis de temperatura. Alguns germinadores mais sofisticados possibilitam o controle do fotoperíodo e termoperíodo. Às vezes, a umidade relativa interna do germinador não é suficiente e, neste caso, é necessário que os substratos contendo as sementes sejam envolvidos por recipientes ou materiais resistentes a troca do vapor d'água com o ambiente como, por exemplo, sacos plásticos transparentes (BRASIL, 2009).

Para a quebra de dormência, algumas espécies podem necessitar de luz, nitrato de potássio (KNO_3) a 0,2%, ácido sulfúrico, entre outros tratamentos. Algumas sementes de grandes culturas, forrageiras, espécies florestais, hortaliças, ornamentais e medicinais são colocadas no substrato umedecido levadas para uma temperatura entre 5 e 10°C, onde permanecem por alguns dias, variando de acordo com cada espécie. Após esse período de pré-resfriamento, as sementes são transferidas para o germinador, iniciando-se então, o teste de germinação propriamente dito. Além destas informações, as Regras para a Análise de Sementes informam o tempo necessário, em dias, para a primeira contagem de sementes germinadas e o término do teste de acordo com cada espécie. O prazo de validade do teste de germinação é de 8 meses, excluído o mês em que foi realizada a análise (POPINIGIS, 1985).

O pré-resfriamento sob temperaturas de 5 a 10°C, durante alguns dias, promove a ativação de enzimas hidrolíticas que propiciam a síntese de giberelina e citocinina e a degradação de inibidores, modificando o balanço hormonal e promovendo a germinação da semente. Apesar disso, como a dormência de sementes não se manifesta uniformemente na mesma planta, a utilização do pré-resfriamento pode provocar estresse térmico nas sementes não dormentes, além de incentivar o

desenvolvimento de microrganismos maléficos à germinação (MARCOS FILHO, 2005; THOMAS, 1980).

Atrelado ao Teste de Germinação, o Índice de Velocidade Germinação (IVG) tem o objetivo de avaliar o vigor das sementes com alto potencial fisiológico, capazes de germinar de maneira rápida e uniforme, de modo que a emergência tardia das plântulas reflete menor vigor. A rapidez e sincronia são muito importantes já que permitem reduzir o grau de exposição das sementes e das plântulas a fatores adversos, dificultando seu controle (MARCOS FILHO, 2005).

Ao final do Teste de Germinação, durante sua avaliação, as sementes colocadas para germinar devem ser classificadas em três tipos, de acordo com as características que apresentam: plântulas normais (PN), plântulas anormais (PA) ou sementes mortas (SM) (BRASIL, 2009).

3.3.1. Classificação das Plântulas no Teste de Germinação

Segundo a Regra para Análise de Sementes, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, plântulas normais são aquelas que possuem potencial para continuar seu desenvolvimento e dar origem a plantas normais. Para serem classificadas como tal, as plântulas germinadas devem estar intactas, ou seja, com todas estruturas essenciais bem desenvolvidas, completas, proporcionais e sadias; com pequenos defeitos em suas estruturas essenciais, porém com um desenvolvimento satisfatório e equilibrado; ou plântulas com alguma infecção secundária, desde que seja evidente que a própria semente não seja a fonte dessa infecção (BRASIL, 2009).

Seguindo as mesmas regras de classificação, as plântulas anormais, por sua vez, não mostram potencial para continuar seu desenvolvimento e dar origem a plantas normais. Entre elas se enquadram as danificadas em suas estruturas essenciais, impedindo o desenvolvimento proporcional; as plântulas deformadas ou desproporcionais, com desenvolvimento fraco ou distúrbios fisiológicos; e as deterioradas como resultado de uma infecção primária proveniente da própria semente (BRASIL, 2009).

Uma terceira classificação presente Teste de Germinação são as sementes que não germinaram, que pode estar atrelado basicamente a três fatores: sementes duras, dormentes ou mortas. As sementes duras, devido à impermeabilidade do tegumento à água, permanecem sem absorver água, apresentando o mesmo aspecto no início e

final do teste de germinação. Quando verificada a presença de sementes duras ao final do teste, recomenda-se que elas permaneçam no substrato por um período adicional de até sete dias. Já as sementes dormentes não germinam até o final do teste e algumas dessas são capazes de absorver água e intumescer. Nem todas as sementes classificadas como dormentes são viáveis, podendo haver entre elas sementes mortas, fato verificado pelo Teste de Tetrazólio (TZ). As sementes mortas, por sua vez, são consideradas as que não germinaram, não estão duras ou dormentes e, geralmente, apresentam-se amolecidas, atacadas por microrganismos e não exibem nenhum sinal de início de germinação (BRASIL, 2009).

3.4. Gênero *Amaranthus spp.*

O caruru é originário de regiões áridas do centro sul dos Estados Unidos e norte do México e possui cerca de 60 espécies de plantas distribuídas em regiões tropicais e temperadas, sendo que, aproximadamente 10 destas possuem importância como plantas infestantes das lavouras brasileiras (KISSMANN & GROTH, 1999). Dependendo da condição de desenvolvimento, uma única planta pode produzir de 200 a 600 mil sementes, porém há casos em que esse número ultrapasse 1 milhão de sementes. Devido à proximidade taxonômica entre as diferentes espécies do gênero, através do cruzamento interespecífico é possível a transferência da capacidade de resistência a alguns tipos herbicidas como, por exemplo, o glifosato. As perdas no rendimento das culturas por estas espécies podem superar 90% em milho e 80% em soja e algodão (GAZZIERO, 2016).

Umas das características mais importantes do *Amaranthus* é sua resistência ao estresse hídrico. Ao contrário de outras culturas de interesse agronômico, esta espécie tem alta capacidade de desenvolvimento e frutificação sob condições desfavoráveis, com luminosidade intensa, altas temperaturas (35 a 45°C) e restrição hídrica (AMAYA-FARFAN et al., 2005).

As espécies mais representativas são herbáceas anuais, podendo apresentar caules eretos ou semi-prostrados, suculentos, com coloração esverdeada ou avermelhada, lisos ou levemente pilosos. As folhas possuem disposição alterna e formato elíptico, oblongo ou oval-lanceolado, podendo ou não conter pelos e com coloração variando entre verde, avermelhada ou vinácea. A inflorescência do caruru está disposta em cimeira, podendo ser axilar ou terminal, longa ou curta, verde ou

avermelhada, dependendo da espécie. Além disso, possuem de uma a três brácteas protegendo as flores (SALTER, 1950).

Em relação aos órgãos reprodutivos, as flores são unissexuadas, com a presença de 3 a 5 sépalas livres. De acordo com a espécie, podem ser monóicas ou dióicas, ou seja, apresentar flores unissexuais distribuídas no mesmo indivíduo ou flores diclínica (masculinas e femininas) em indivíduos separados. A flor masculina possui 3 a 5 estames, filetes livres e anteras bitecas. A flor feminina possui 2 ou 3 estigmas, sépalas de forma e tamanho variados, ovário unilocular e apenas um óvulo. Os frutos apresentam cápsula monospérmica, deiscente ou indeiscente, com semente lenticular e com coloração negra, fosca ou brilhante. As sementes possuem fotoblastismo positivo e estima-se que, cada grama contenha em média 2400 sementes. O ciclo do *Amaranthus* é relativamente curto, entre 60 e 70 dias, sendo que a reprodução é exclusivamente por sementes (LEITÃO FILHO, 1968; MOREIRA & BRAGANÇA, 2011).

O metabolismo fotossintético é do tipo C4, sendo muito eficiente na utilização de água, CO₂ e luz para a produção de açúcares. Em condições normais de concentração de gás carbônico, as maiores taxas fotossintéticas ocorrem entre 36 e 46°C, com máximo a 42°C. Como o crescimento da espécie é rápido, é necessária muita atenção no seu controle com herbicidas em pós-emergência (ANDRADE JÚNIOR et al., 2015).

3.4.1. *Amaranthus viridis*

O *A. viridis*, também conhecido como caruru de mancha, possui porte herbáceo e tamanho médio, variando entre 40 e 50 cm e podendo atingir até 70 cm. A haste é lisa, com pouca ou nenhuma antocianina e as folhas são simples, alternas, pecioladas, com pecíolo variando entre 0,5 e 6 cm. O limbo das folhas não possui pelos, apresenta bordas onduladas e com comprimento de 1,5 a 10 cm. A coloração das folhas é verde-escura, com bordas mais claras e nervuras acentuadas (GAZZIERO et al. 2006).

A inflorescência o caruru de mancha localiza-se na porção terminal e axilar, formada por flores sésseis. As inflorescências axilares são de pequeno porte e apresentam apenas flores femininas, enquanto que a terminal é de tamanho variável (7 a 17 cm), com flores masculinas e femininas. Com a maturação dos frutos, a inflorescência exibe aspecto encarquilhado, muito característico desta espécie (MERRILL, 1995)

3.4.2. *Amaranthus deflexus*

O caruru rasteiro possui pequeno porte, totalmente glabra e geralmente prostrada, com altura entre 30 e 40 cm. As raízes são avermelhadas, pigmentadas de antocianina, enquanto que o resto da planta não apresenta essa pigmentação. As folhas são simples, alternas e pecioladas, com pecíolo entre 1 e 5 cm. Seu limbo foliar não apresenta pelos e a parte apical das folhas geralmente possui um fendilhamento (PROCÓPIO et al., 2002).

Nesta espécie, não há presença de inflorescência terminal, aparecendo apenas nas axilas das folhas superiores e não excedendo a 10 cm de comprimento. As flores masculinas e femininas mostram-se intercaladas, com predominância das masculinas nas extremidades e femininas na porção intermediária e basal da inflorescência. Este fato se dá pela protandria da espécie, ou seja, as flores masculinas amadurecem antes que as femininas e, portanto, são notadas na extremidade (GLEASON & CRONQUIST, 1991).

3.4.3. *Amaranthus spinosus*

Também conhecido como caruru de espinho, o *A. spinosus* tem ciclo anual, apresenta porte médio, semiprostrada ou ereta, totalmente glabra, com haste verde-escura e ligeiramente reluzente. A altura da haste é bastante variável, entre 50 e 60 cm e podendo chegar à 80 cm. As folhas são simples, inteiras, alternas e pecioladas, com pecíolo de 1 até 4 cm de comprimento. Na base do pecíolo são encontrados 2 espinhos intra-axilares característicos da espécie, variando de 0,3 a 1 cm de comprimento. Sua inflorescência é terminal e axilar, sendo que a primeira pode atingir até 13 cm de comprimento e é formada por glomérulos de flores sésseis. Já a inflorescência axilar é formada por praticamente por flores femininas e de tamanho reduzido (LEITÃO FILHO, 1968; PROCÓPIO et al., 2002).

3.4.4. *Amaranthus hybridus*

Assim como as demais espécies do gênero, é uma erva anual, ereta e pouco ramificada, com porte variável, desde 30 até 130 cm. Quando a planta atinge sua máxima dimensão, o diâmetro da haste pode atingir até 1,5 cm na base. Suas folhas são simples, alternas, pecioladas, inteiras e com bordas levemente onduladas. O limbo foliar é glabro, ovalado com extremidade subaguda e apresenta a face inferior mais clara e nervuras mais salientes. As folhas desta espécie possuem dimensões bastante variadas, atingindo de 3 a 20 cm de comprimento por 1,2 a 8 cm de largura.

Podem apresentar tanto inflorescência terminal quanto axilar, sendo que a axilar aparece apenas nas folhas superiores, enquanto que a terminal pode ser pêndula ou ereta, com tamanho de 8 até 35 cm (LEITÃO FILHO, 1968).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes, do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, em Piracicaba - SP, em maio de 2018.

Foram estudadas quatro espécies do gênero *Amaranthus*: *A. viridis*, *A. deflexus*, *A. spinosus*., *A. hybridus* var. *patulus* e *A. hybridus*, conhecidos popularmente como caruru de mancha, caruru rasteiro, caruru de espinho, caruru branco e caruru roxo, respectivamente. As sementes foram adquiridas da Agro Cosmos Ltda., empresa produtora de sementes de plantas daninhas, no mês de fevereiro de 2018.

O teste de germinação foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições em cada um dos três tratamentos, com 50 sementes em cada repetição.

As temperaturas programadas para germinação das sementes foram baseadas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), onde estão indicadas as temperaturas de 20 a 30°C ou 20°C de amplitude, para as espécies de *Amaranthus*.

A germinação foi conduzida em caixas de plástico transparentes do tipo Gerbox® (11,0 x 11,0 x 3,0 cm) e para cada repetição do teste, foram dispostas 50 sementes sobre duas folhas de papel “mata-borrão” (10,5 x 10,5 cm), previamente umedecidas com quantidade correspondente a 2,5 vezes a massa do papel seco (Figura 1). Nos tratamentos controle e de pré-resfriamento, as amostras foram umedecidas apenas com água destilada, enquanto que no terceiro tratamento a água foi substituída por solução de nitrato de potássio (KNO_3) a 0,2%.



Figura 1 - Caixa de plástico do tipo Gerbox onde foi conduzido o Teste de Germinação em *Amaranthus spp.*

Em seguida, as caixas foram acondicionadas no interior de sacos plásticos transparentes, a fim de evitar a perda de água, e colocadas em câmaras de germinação com controle de temperatura e disponibilidade de luz, no caso do tratamento controle e com solução de KNO_3 (Figura 2a). No tratamento de pré-resfriamento as amostras foram armazenadas por sete dias à temperatura de 10°C e, posteriormente transferidas para o germinador. Somente após esta transferência que as avaliações deste tratamento tiveram início.



Figura 2 - Câmara de germinação (a) e B.O.D (b) onde foram armazenadas as caixas plásticas para o Teste de Germinação.

A avaliação dos testes de germinação foi realizada a cada dois dias, até os 14 Dias Após a Semeadura (DAS), computando-se como plântulas normais as que

possuíam as partes do embrião convenientemente desenvolvidas e com características descritas nas Regras para Análise de Sementes, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009). A medida que as plântulas que germinavam, eram retiradas do substrato para evitar uma segunda contagem da mesma semente na avaliação seguinte.

O Índice de Velocidade de Germinação (IVG) foi avaliado conjuntamente com o Teste de Germinação em que a cada dois dias, a partir da instalação do experimento, foram realizadas contagens até que o número de plântulas tornasse constante (14 DAS).

O IVG foi calculado pelo somatório do número de plântulas normais a cada dia avaliado, dividido pelo número de dias decorridos para a formação da plântula, utilizando como referência a fórmula proposta por Maguire (1962):

$$\text{IVG} = (G_1/N_1) + (G_2/N_2) + (G_3/N_3) + \dots + (G_{14}/N_{14}) \quad (1)$$

Onde:

IVG: Índice de Velocidade de Germinação;

$G_1, G_2, G_3, \dots, G_{14}$: número de plantas computadas de acordo com a germinação de cada contagem;

$N_1, N_2, N_3, \dots, N_{14}$: número de dias de semeadura até a contagem.

Para a análise dos dados inicialmente foi verificado se os dados atendiam os pressupostos da análise de variância (normalidade e homogeneidade de variância). Em seguida foi realizado teste ANOVA, e sendo os resultados significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de germinação das espécies de *Amaranthus*, após os tratamentos está apresentada na Tabela 1. Pode-se observar que não houve diferença entre as médias das porcentagens de germinação no caso do caruru de espinho e caruru branco entre os três tratamentos.

Tabela 1 - Porcentagem de germinação para as cinco espécies do gênero *Amaranthus* de acordo com os tratamentos controle, utilizando KNO₃ e pré-resfriamento.

	MANCHA	ESPINHO	BRANCO	RASTEIRO	ROXO
CONT.	46,00±6,73 ^a	86,00±5,89	51,00±6,00	74,50±5,51 a	66,50±9,29 a
KNO₃	44,50±3,00 ab	81,50±6,61	46,50±4,73	49,50±10,63 b	75,50±6,61 a
PRÉ-RESF.	30,0±10,71 b	76,50±6,61	40,00±9,80	65,50±7,19 a	40,50±1,00 b
MÉDIA	40,17	81,33	45,83	63,17	60,83
F	0.027*	0.164 NS	0.148 NS	0.00539**	0.000101***

Média seguida por letras iguais mostram que os tratamentos não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹Média±desvio padrão (n=4). PRÉ-RESF.: pré-resfriamento. CONT.: controle. * P<0,05; ** P <0,01; *** P <0,001.

O caruru de espinho foi a espécie que apresentou as maiores porcentagens de germinação, independente do tratamento utilizado, com uma média de 81,33%, seguido de caruru rasteiro, caruru roxo, caruru branco e de caruru de mancha, com médias de germinação de 63,17%, 60,83%, 45,83% e 40,17%, respectivamente. O caruru de mancha foi a espécie com a menor porcentagem de germinação nos três tratamentos, comprovando a baixa viabilidade deste lote de sementes.

No caruru rasteiro, pode-se observar que as maiores médias de germinação foram obtidas na testemunha (74,50%) e no tratamento com pré-resfriamento (65,50%), enquanto que no tratamento com nitrato de potássio (KNO₃) foi observada a menor porcentagem de germinação (49,50%), indicando um efeito negativo. A elevada germinação do controle nessa espécie sugere que as sementes de caruru rasteiro não apresentavam dormência.

Kissman et al. (2010), trabalhando com sementes de *Stryphnodendron adstringens*, *S. obovatum* e *S. polyphyllum* citaram que o tratamento utilizando KNO₃ provocou uma redução linear da porcentagem de germinação. Perez & Negreiros (2002), estudando o poder germinativo de sementes de *Peltophorum dubium*, também observaram uma considerável redução do poder germinativo destas sementes quando pré-condicionadas em KNO₃, e tornando-se mais acentuada com o aumento na concentração de nitrato de potássio. Bonome et al. (2006) concluíram que o KNO₃, devido ao baixo peso molecular, pode penetrar facilmente nos tecidos das sementes causando fitotoxidez, que tende a ser mais severa em elevadas concentrações.

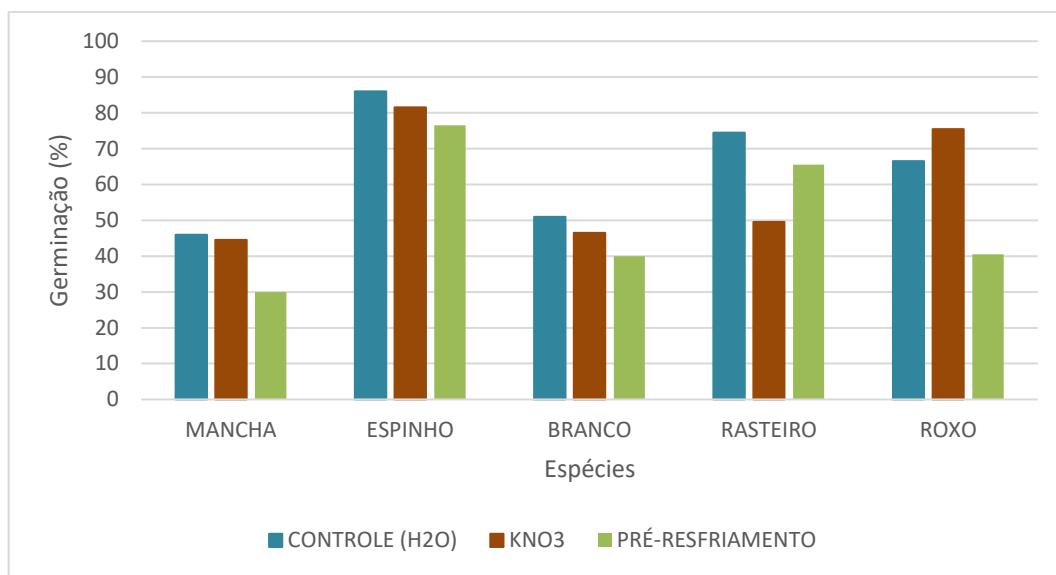


Figura 3 - Porcentagem de germinação de cinco espécies de *Amaranthus* nos tratamentos controle, utilizando KNO₃ e pré-resfriamento.

Por outro lado, no caso do caruru roxo as maiores médias de germinação foram obtidas no tratamento com KNO₃ e controle, com 75,50% e 66,50%, respectivamente. Nesta espécie, no tratamento com pré-resfriamento foi observado uma porcentagem de germinação de 40,50%. Isso pode ser explicado pelo fato de que o período de exposição das sementes à baixa temperatura, pode ter agido como um fator de estresse.

Em resultados obtidos por Ikeda et al. (2008) em *Tridax procumbens*, por Cordazzo & Hackbart (2009) em *Hydrocotyle bonariensis* e por Pereira et al. (2012) com sementes de *Solanum sessiliflorum*, a solução de KNO₃ também foi eficiente na superação da dormência. De acordo com Ellis et al. (1983), esse aumento na taxa de germinação em algumas espécies pode estar relacionado a ação oxidante e atuação como acceptor de elétrons do nitrato de potássio, estimulando reações que darão início ao fornecimento de energia para o crescimento do eixo embrionário. Outra explicação pode estar no envolvimento do potássio na manutenção do equilíbrio nas células vegetais, promovendo a respiração e o metabolismo de carboidratos (AISHA et al., 2007).

Em relação ao caruru roxo, o tempo de pré-resfriamento talvez foi insuficiente. O efeito das baixas temperaturas tem um componente quantitativo, podendo ser mais acentuado quanto maior for o período que a semente ficar exposta às condições do tratamento (CARVALHO & NAKAGAWA, 2012).

No caso do caruru de mancha, houve diferença entre os tratamentos apenas entre o controle (46,00%) e o tratamento de pré-resfriamento (30,00%), de modo que o KNO₃ (44,50%) não se diferenciou estatisticamente destes dois tratamentos.

Cardoso et al. (2014), em experimento realizado com *Brachiaria brizantha* cv MG5 e condicionamento fisiológico por imersão em solução de KNO₃, também evidenciou que não houve efeitos significativos sobre o teste de germinação na primeira contagem de germinação em relação a testemunha. Em contrapartida em trabalho realizado por Piana et al. (1986), foi verificado que o tratamento de pré-resfriamento a 5°C por 72 horas foi mais eficiente do que o uso de solução de nitrato de potássio a 0,2%.

Martins et al. (2011), testando diferentes métodos para a quebra de dormência em azevém, constatou que os valores máximos de germinação foram obtidos com o tratamento de pré-resfriamento a 10°C por um período de sete dias associado a solução de nitrato de potássio.

Tabela 2 - Índice de Velocidade de Germinação (IVG) para as cinco espécies do gênero *Amaranthus* de acordo com os tratamentos controle, utilizando KNO₃ e pré-resfriamento.

	MANCHA	ESPINHO	BRANCO	RASTEIRO	ROXO
CONT.	3,82±0,74 ¹	8,22±0,68	3,64±0,39	5,17±0,49 a	5,32±0,80 b
KNO₃	3,69±0,91	8,06±0,69	4,03±0,57	2,81±0,82 b	7,71±0,89 a
PRÉ-RESF.	2,93±0,99	7,72±0,59	3,77±0,94	5,45± 0,51 a	3,35±0,11 c
MÉDIA	3,48	8,00	3,82	4,48	5,46
F	0.353 NS	0.574 NS	0.709 NS	0.000369***	3.38e-05***

Média seguida por letras iguais mostram que os tratamentos não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹Média±desvio padrão (n=4). PRÉ-RESF.: pré-resfriamento. CONT.: controle. * P<0,05; ** P <0,01; *** P <0,001.

Na Tabela 2 nota-se que apenas nos tratamentos realizados para o caruru rasteiro e caruru roxo foi observada diferença para Índice de Velocidade de Germinação (IVG). No caso do caruru rasteiro, o pré-resfriamento não propiciou diferença em relação ao controle, com valores de IVG de 5,45 e 5,17, respectivamente. Esse fato pode ser explicado pela ausência de dormência nas sementes estudadas, que favorece uma germinação uniforme, já que uma das funções da dormência é a distribuição espacial da semente ao longo do tempo, fazendo com que germinem somente quando encontrarem a condição ideal (MARCOS FILHO, 2005). Em contrapartida, no caruru roxo os três tratamentos apresentaram

diferença de IVG, onde o tratamento com KNO_3 apresentou o maior índice, com 7,71, seguido do controle (5,32) e pré-resfriamento (3,35).

Comparando o IVG entre as cinco espécies, observa-se que o caruru de espinho foi a espécie que apresentou maior velocidade de germinação nos três tratamentos, com índices de 8,22, 8,06 e 7,72 para o controle, KNO_3 e pré-resfriamento, respectivamente. Segundo dele ficou o caruru roxo, caruru rasteiro, caruru branco e de caruru mancha, na ordem decrescente. Vale ressaltar que essa velocidade de germinação seguiu os mesmos padrões das porcentagens de germinação em todas as espécies, fato que pode ser melhor observado comparando as Figuras 3 e 4.

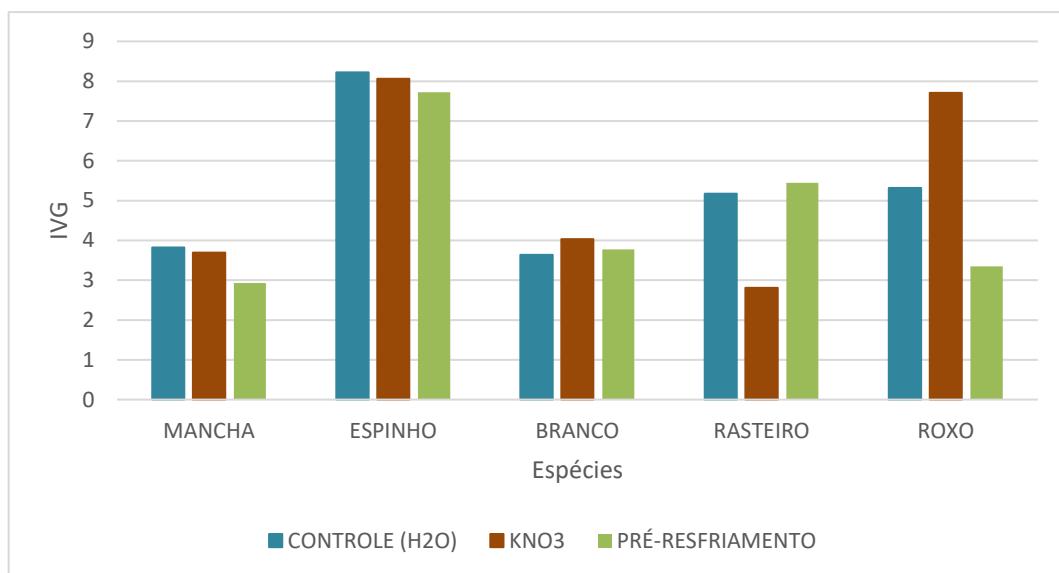


Figura 4 - Índice de Velocidade de Germinação (IVG) avaliado nas cinco espécies de *Amaranthus* nos tratamentos controle, utilizando KNO_3 e pré-resfriamento.

Nas figuras 5, 6 e 7 foram apresentadas as porcentagens acumuladas da germinação ao longo de todo o estudo. Verifica-se que a formação de plântulas normais se iniciou somente a partir do segundo dia após a semeadura, independente da espécie e tratamento utilizados. Também é possível notar uma grande diferença entre porcentagens finais de germinação obtidas para cada espécie e nos padrões de germinação de cada uma ao longo do tempo de semeadura.

O caruru de espinho foi a espécie que, nos três tratamentos, atingiu sua máxima porcentagem germinação mais rapidamente, comparada as demais. Isso sugere que esta espécie é mais vigorosa, havendo uma relação direta entre a velocidade de germinação e o vigor.

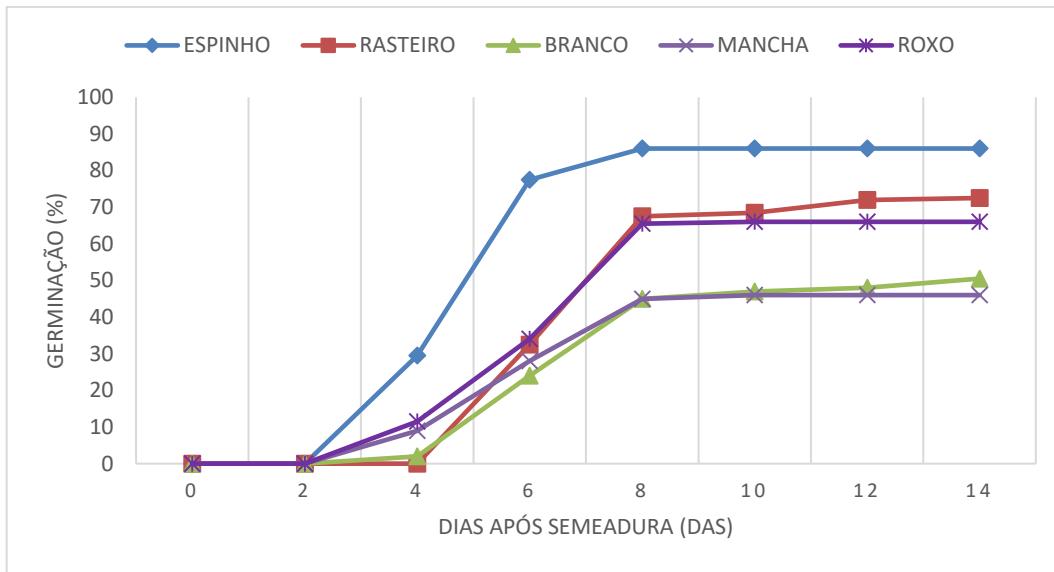


Figura 5 - Porcentagem de germinação acumulada de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* ao longo do experimento, no tratamento controle, contendo apenas água destilada.

No tratamento com KNO_3 , observa-se que o caruru roxo também obteve alta porcentagem de germinação, logo no sexto dia após a semeadura (Figura 6). A análise destes dados confirmou que a solução de nitrato de potássio influenciou positivamente na quebra do caruru roxo. Já no tratamento de pré-resfriamento (Figura 7), o caruru rasteiro também atingiu sua máxima porcentagem germinação rapidamente, permitindo correlacionar este fato à quebra de dormência nessa espécie pelo frio, que aumentou seu vigor.

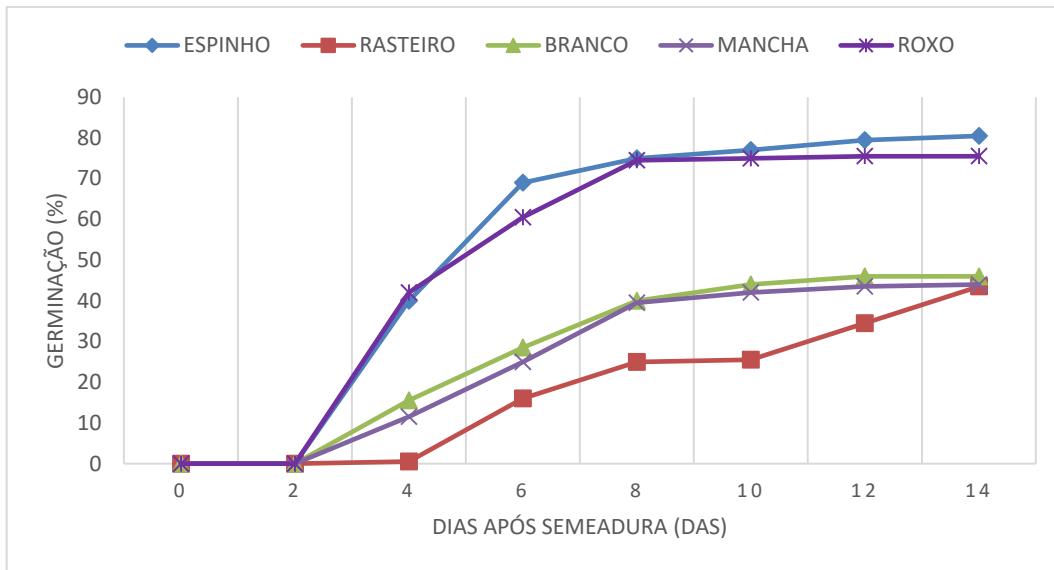


Figura 6 - Porcentagem de germinação acumulada de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* ao longo do experimento, no tratamento com KNO_3 a 0,2%.

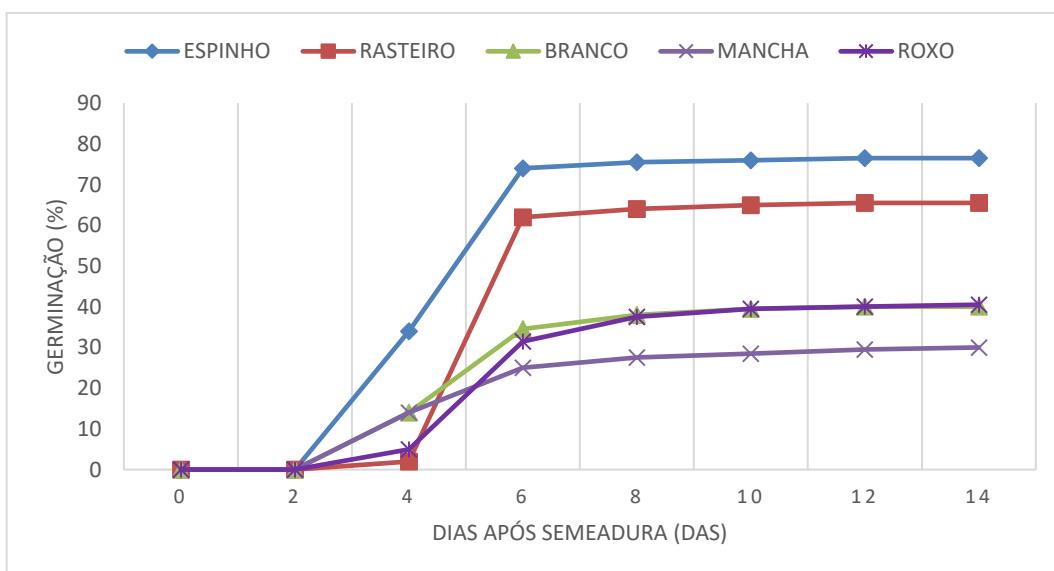


Figura 7 - Porcentagem de germinação acumulada de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* ao longo do experimento, no tratamento de pré-resfriamento (10°C durante 7 dias).

Estes dados foram diferentes dos observados por Carvalho & Christoffoleti (2007), que notaram uma germinação mais rápida em caruru de mancha, caruru gigante e caruru roxo. Os autores correlacionam essa velocidade à forma predominante de dispersão dessas espécies e de sua aplicabilidade neste experimento, que é basicamente por meio de sementes, enquanto o caruru rasteiro e caruru de espinho disseminam-se geralmente por meio de frutos. Possivelmente, a embebição do pericarpo dos frutos e posteriormente do tegumento das sementes foi um processo mais lento que o simples estímulo direto ao tegumento das sementes.

6. CONCLUSÃO

As espécies caruru de mancha, caruru rasteiro e caruru roxo responderam diferentemente aos tratamentos de pré-resfriamento e KNO₃ na germinação. No caso do caruru de mancha, as maiores porcentagens de germinação ocorreram nos tratamentos controle e com solução de KNO₃, enquanto que a menor, no pré-resfriamento. Os tratamentos controle e de pré-resfriamento obtiveram maiores taxas de germinação para caruru rasteiro. Já no caso do caruru roxo, o KNO₃ e o controle obtiveram as maiores porcentagens de germinação. Quando avaliado o IVG, houve diferença entre os tratamentos apenas para o caruru rasteiro e caruru roxo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AISHA, A. H.; RIZK, F. A.; SHAHEEN, A. M.; ABDEL-MOUTY, M. M. Onion plant growth, bulb yield and its physical and chemical properties as affected by organic and natural fertilization. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*; 3(5): 380-388, 2007.
- AMAYA-FARFAN, J.; MARCÍLIO, R.; SPEHAR, C. R. Deveria o Brasil investir em novos grãos para a sua alimentação? A proposta do amaranto (*Amaranthus spp.*). Segurança alimentar e nutricional. *Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*, v. 12, n. 1, p. 47–56, 2005.
- ANDRADE JÚNIOR, E. et al. Primeiro relato de *Amaranthus palmeri* no Brasil em áreas agrícolas no estado de Mato Grosso [First report of *Amaranthus palmeri* in Brazil in agricultural areas in the state of Mato Grosso, Portuguese]. Circular Técnica IMA-MT, v. 19, p. 1-8, 2015.
- AZANIA, A. A. P. M.; AZANIA, C. A. M.; PAVANI, M. C. M. D.; CUNHA, M. C. S. Métodos de superação de dormência em sementes de *Ipomoea* e *Merremia*. *Planta Daninha, Viçosa*, v. 21, p. 203-209, 2003.
- BAKER, D. N. Characteristics and modes origin of weeds. In: BAKER, D. N. & STEBBINS, B. L. *The Genetics of Colonizing Species*. New York, Academic Press., p. 1- 24, 1965.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego: Academic Press. 666 p., 1998.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. *Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination: volume 2: viability, dormancy, and environmental control*. Springer Science & Business Media, 2012.
- BONOME, L. T. S.; GUIMARÃES, R. M.; OLIVEIRA, J. A.; ANDRADE, V. C.; CABRAL, P. S. Efeito do condicionamento osmótico em sementes *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Ciência Agrotecnologia, Lavras-MG*, v. 30, n.3, p. 422-428, 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA. Regras para análise de sementes. 2009.

CARDOSO, V. J. M. Conceito e classificação da dormência em sementes. *Oecologia Brasiliensis*, [S. I.], v. 13, n. 14, p. 619-631, 2009.

CARDOSO, E. D.; SÁ, M. E.; HAGA, K. I.; BINOTTI, F. F.S.; NOGUEIRA, D. C.; VALÉRIO FILHO, W. V. Desempenho fisiológico e superação de dormência em sementes de Brachiaria brizantha submetidas a tratamento químico e envelhecimento artificial. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina-PR, v. 35, n. 1, p. 21-38, 2014.

CARDOSO, E. D.; SÁ, M. E.; HAGA, K. I.; BINOTTI, F. F. S.; COSTA, E. Qualidade fisiológica e composição química de sementes de Brachiaria brizantha em função do condicionamento osmótico. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia-MS, v.2, n.2, p.42-48, 2015.

CARMONA, R. Problemática e manejo de banco de sementes de invasoras em solos agrícolas. *Planta Daninha*, Brasília, v.10, n.1/2, p.5-16, 1992.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: Ciência, tecnologia e produção. 5 ed. Jaboticabal: Funep, 590p., 2012.

CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Influência da luz e da temperatura na germinação de cinco espécies de plantas daninhas do gênero Amaranthus. *Bragantia*, Campinas, v. 66, n. 4, p. 527-533, 2007.

CHAUHAN, B. S.; GILL, G.; PRESTON, C. Factors affecting seed germination of threehorn bedstraw (*Galium tricornutum*) in Australia. *Weed Science*, v.54, p.471–477, 2006.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; PASSINI, T. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do feijão. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Feijão irrigado: estratégias básicas de manejo. Piracicaba: LPV/ESALQ/USP, p. 80-97, 1999.

COPELAND, L. O.; MCDONALD, M. B. Seed science and technology. New Jersey: Chapmam & Hall, 409 p., 1995.

COPELAND, L. O.; MCDONALD, M. B. Seed germination. In: Principles of Seed Science and Technology. Springer, Boston, MA. p. 72-123, 2001.

CORDAZZO, C. V.; HACKBART, V. C. S. Efeitos da temperatura, lixiviação, KNO₃, GA₃ e escarificação sobre a Germinação das sementes de *Hydrocotyle bonariensis* Lam. *Atlantica*; 31(1): 79-84, 2009.

CRUZ, E. D.; CARVALHO, J. E. U. Methods of overcoming dormancy in *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke (Leguminosae-Caesalpinoideae) seeds. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 28, n. 3, p. 108-115, 2006.

DUKE, J. A. Flora of Panama: Amaranthaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 48(1):6-50, 1961.

- ELLIS R. H.; HONG T. D.; ROBERTS E. H. Procedures for the safe removal of dormancy from rice seed. *Seed Science Technology*; p. 77-112, 1983.
- FOWLER, A. J. P.; BIANCHETTI, A. Dormência em sementes florestais. Colombo: Embrapa Florestas. 27 p., 2000.
- GAZZIERO, D. L. P.; SILVA, A. F. Caracterização e manejo de *Amaranthus palmeri*. *Embrapa Soja-Documentos*, 2017.
- GAZZIERO, D. L. P. et al. *Amaranthus palmeri* in Brazil. Comunicado Técnico-Embrapa Soja, n. 88, 2016.
- GAZZIERO, D. L. P.; BRIGHENTI, A. M.; LOLLATI, R. P.; PITELLI, R. A.; VOLLM, E.; OLIVEIRA, E., & MORIYAMA, R. T. Manual de identificação de plantas daninhas da cultura da soja. *Embrapa Soja-Documentos*, 2006.
- GLEASON, H. A.; CRONQUIST, A. J. Manual of vascular plants of northeastern United States and adjacent Canada. Ixxv + 910 pp. 1991.
- GRESSEL, J.; SEGEL, L. A. Herbicide rotations and mixtures: effective strategies to delay resistance. In: GREEN, M. B.; LeBARON, H. L.; MOBERG, W. K. Managing resistance to agrochemicals: from fundamental research to practical strategies. Washington: American Chemical Society. p.430- 458, 1990.
- GUO, P.; AL-KHATIB, K. Temperature effects on germination and growth of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), Palmer amaranth (*A. palmerii*), and common waterhemp (*A. rudis*). *Weed Science*, Lawrence, v. 51, n. 6, p. 869-875, 2003.
- HILHORST, H. W. M. New aspects of seed dormancy. In: COME, E.; CORBINEAU, F. (Eds.). In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON SEEDS: Basic and applied aspects of seed biology, 4., 1993, Paris. Proceedings... Paris: University Pierre et Marie Curie. p. 551-579, 1993.
- HILHORST, H. W. M. A critical update on seed dormancy: I. Primary dormancy. *Seed Science Research*, [S. l.], v. 5, p. 61-73, 1995.
- HORAK, M. J.; LOUGHIN, T. M. Growth analysis of four *Amaranthus* species. *Weed Science*, Lawrence, v. 48, n. 3, p. 347-355, 2000.
- ISTA. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. Germination. In: ISTA. International Rules for Seed Testing. Bassersdorf: ISTA. p.5.1- 5.5; 5A.1- 5A.50, 2004.
- IKEDA, F. S.; CARMONA, R.; MITJA, D.; GUIMARÃES, R. M. Luz e KNO₃ na germinação de sementes de *Tridax procumbens* sob temperatura constante e alternada. *Planta Daninha*; 26(4): 751-756, 2008.
- KISSMANN, K. G.; GROTH, D. Plantas infestantes e nocivas. 2.ed. São Paulo: BASF,, v.2, 978 p., 1999.
- KISSMANN, C.; SCALON, S. P. Q; MOTA, L. H. S.; VIEIRA, M. C. Germinação de sementes de *Stryphnodendron Mart.* Osmocondicionadas. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina-PR, vol. 32, nº 2 p. 26-35, 2010.

- LEITÃO FILHO, H. F. Espécies de Amaranthus que ocorrem como invasoras no município de Campinas. Bragantia, 1968.
- LORENZI, H. Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional. Nova Odessa: Editora Plantarum Ltda 299p, v. 4, 1994.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. Crop Science, v.2, n.1, p.176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. Germinação de sementes. In: SEMANA DE ATUALIZAÇÃO EM PRODUÇÃO DE SEMENTES, 1., Piracicaba. Trabalhos apresentados... Campinas: Fundação Cargill, p.11-39, 1986.
- MARCOS FILHO, J.; CICERO, S. M.; SILVA, W. R. Avaliação da qualidade de sementes. Piracicaba: FEALQ. 230 p., 1987.
- MARCOS FILHO, J. Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas. 12. v. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.
- MARTINS, A. B. N.; KRÜGER, F. de O.; QUINEPER, R. R.; COSTA, C. J.; MITTELMANN, A. Avaliação de métodos para superar a dormência em sementes de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.). In: ENCONTRO DE PÓS GRADUAÇÃO UFPEL, 15., Pelotas. Anais... Pelotas: UPEL, 2011.
- MAYER, A.C.; POLJAKOFF MAYBER, A. The germination of seeds. 4.ed. Oxford: Pergamon Press, 270p., 1989.
- MÉROLA, R.; DÍAZ, S. Métodos, técnicas y tratamientos para inhibir dormência en semillas de plantas forrajeras. Post-grado (Producción de semillas de plantas forrajeras). Universidad de la Empresa, Producción de semillas de plantas forrajeras, Montevideo, 41 p., 2012.
- MERRILL, Elmer D. Plant life of the Pacific world. Tuttle Publishing, 1995.
- MOLITERNO, E. Variabilidade genética e a eficiência de seleção no caráter dormência de sementes de sementes em Aveia-Preta (*Avena strigosa* Schred.). Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pelotas, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Pelotas. 194 p., 2008.
- MOLIZANE, D. M. Estabelecimento e superação de dormência em sementes de *Erythrina speciosa* Andrews. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas, Botucatu, 77 p., 2012.
- MOREIRA, H. J. C.; BRAGANÇA, H. B. N. Manual de identificação de plantas infestantes—Hortifrutí. São Paulo: FMC Agricultural Products, p. 788-789, 2011.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no crescimento de plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 164p., 1994.

- NASSIF, S. M. N.; VIEIRA, I. G.; FERNADES, G. D. Fatores externos (ambientais) que influenciam na germinação de sementes. Informativo Sementes-IPEF, 1998.
- NOVEMBRE, A. D. L. C.; MARCOS FILHO, J. Estudo da metodologia para condução do teste de germinação em sementes de algodão deslintadas mecanicamente. Revista Brasileira de Sementes, Curitiba, v.21, n.2, p.187-193, 1999.
- PEREIRA, M. D.; SOARES, E. R.; LOPES, J. C.; BORGES, E. E. L. Condicionamento osmótico de sementes cubiu. *Revista Caatinga*; 25(3): 12-17, 2012.
- PEREZ, S. C. J. G. A.; NEGREIROS, G.F. Pré-condicionamento na viabilidade e no vigor de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng) Taub) em condições de estresse. Revista Brasileira de Sementes, Brasília-DF, v.23, n.1, p.175-183, 2002.
- PHANEENDRANATH, B. R. Influence of amount of water in the paper towel on standard germination tests. Journal of Seed Technology, Lansing, v.5, n.2, p.82-87, 1980.
- PIANA, Z.; CRISPIM, J. E.; ZANINI NETO, J. A. Superação da dormência de sementes de azevém anual (*Lolium multiflorum* LAM). Revista Brasileira de Sementes, Brasília, DF, v. 8, n. 1, p. 58-72, 1986.
- PITELLI, R. A. Manejo integrado de plantas daninhas. Controle integrado de plantas daninhas. São Paulo, Editora do CREA-SP, p. 28-41, 1982.
- POLLOCK, B. M. Effect of environment after sowing on viability. In: ROBERTS, E. H. (Ed.) Viability of seeds. London: Chapman and Hall, p.150-171, 1974.
- POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. Brasília, DF: AGIPLAN. 289p., 1985,
- PROCÓPIO, S. O. et al. Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil. IV-Amaranthus deflexus, Amaranthus spinosus, Alternanthera tenella e Euphorbia heterophylla. 2002.
- SALES, J. F. Atividade da celulase sobre o processo germinativo de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Dissertação (Mestrado em Agronomia. Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 38 p., 2002.
- SALTER, J. The grain amaranths: a survey of their history and classification. Annals of the Missouri Botanical Garden 37(4): 561-632, 1950.
- SILVA, A. F. A. et al. Interferência de plantas daninhas sobre plantas cultivadas. Agropecuária científica no semiárido, v. 8, n. 1, p. 01-06, 2012.
- SMIDERLE, O. J.; SOUSA, R. de C. P. Dormência em sementes de paricarana (*Bowdichia virgilioides* Kunth - Fabaceae - Papilionidae). Revista Brasileira de Sementes, v. 25, n. 1, p. 72-75, 2003.
- THOMAS, T. H. Cytokinins, cytokinin-active compounds and seed germination. In: Khan, A.A., (Ed.). The Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier/North Holland, 2a edição. p. 111-144, 1980.

VARELA, V. P.; COSTA, S. S; RAMOS, M. B. P. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de itaúbarana (*Acosmium nitens* (Vog.) Yakovlev) - Leguminosae, Caesalpinoideae. *Acta Amaz.*, Manaus, v. 35, n. 1, p. 35-39, 2005.

VÁZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v.24, n.1, p.69-87, 1993.

VIVIAN, R. et al. Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência—Breve revisão. 2008.

VOLL, E.; GAZZIERO, D. L. P.; QUINA, E.; KRYZZANOWSKI, F. C. Avaliação fisiológica de sementes de *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc. com procedimentos da superação de dormência. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, DF, v. 18, p. 186-192, 1996.

ZHOU, J.; DECKARD, E. L.; MESSERSMITH, C. G. Factors affecting eastern black nightshade (*Solanum ptycanthum*) seed germination. *Weed Science*, v. 53, p. 651–656, 2005.