

FABRÍCIA NASCIMENTO DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE
SEMENTES DE GIRASSOL (*Helianthus annuus* L.)**

MOSSORÓ-RN

2011

FABRÍCIA NASCIMENTO DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE
GIRASSOL (*Helianthus annuus* L.)**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido, como parte
das exigências para obtenção do título de
Mestre em Agronomia: Fitotecnia.

ORIENTADOR: Prof. D.Sc. SALVADOR BARROS TORRES

MOSSORÓ-RN

2011

**Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação
e catalogação da Biblioteca “Orlando Teixeira” da
UFERSA**

O48a Oliveira, Fabrícia Nascimento de.

Avaliação do potencial fisiológico de sementes de girassol
(*Helianthus annuus* L.). / Fabrícia Nascimento de Oliveira. --
Mossoró, 2011.
81f.

Dissertação (Mestrado em Fitotecnia: Área de concentração
em Tecnologia de sementes) – Universidade Federal Rural
do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Pós-Graduação.

Orientador: Prof. Dr. Salvador Barros Torres

1. *Helianthus annuus* L. 2. Sementes - Vigor. 3.
Germinação.I. Título.

CDD: 583.55

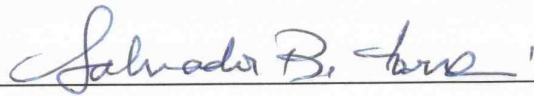
Bibliotecária: Vanessa Christiane Alves de Souza
CRB-15/452

FABRÍCIA NASCIMENTO DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE
GIRASSOL (*Helianthus annuus* L.)**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido, como parte
das exigências para obtenção do título de
Mestre em Agronomia: Fitotecnia.

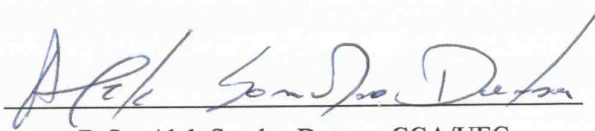
APROVADA EM: 07 / 01 / 2011



D.Sc. Salvador Barros Torres – EMPARN/UFERSA
Orientador



D.Sc. Maria Clarete Cardoso Ribeiro – UFERSA
Conselheira



D.Sc. Alek Sandro Dutra – CCA/UFC
Membro Convidado

Aos meus pais, Francisco Nascimento de Oliveira e Francisca Maria de Assis Oliveira, as minhas irmãs Flávia, Fabiana e Fernanda Nascimento e ao meu noivo Jean Carlos Marinho.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao DEUS todo poderoso, que todos os dias da minha vida me deu forças para nunca desistir. Ele é o Autor e consumidor da minha fé. Sem Ele, com certeza, a realização deste trabalho não seria possível. Obrigada Senhor, pelos cuidados divinos e pela graça derramada em minha vida, pois mesmo sem merecer sua misericórdia, sempre me impulsiona a transpor barreiras e superar desafios.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, pela oportunidade de fazer o mestrado nesta instituição bem conceituada. Muito obrigada pela confiança depositada em mim.

A coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos durante o primeiro ano de mestrado.

Aos meus pais, Francisco Nascimento de Oliveira e Francisca Maria de Assis Oliveira, maior exemplo de perseverança na busca da sobrevivência pelo pão de cada dia e que apesar das dificuldades souberam transmitir toda sabedoria e apoio constante. Muito obrigada por tudo. Amo vocês.

Aos meus pais de criação, Joana D'arc do Nascimento Silva e Uziel Nogueira da Silva, que não mediram esforços para que eu pudesse estudar. Sem vocês, eu não estaria aqui. Vocês são os maiores responsáveis por mais esta conquista.

As minhas irmãs Flávia Nascimento, Fernanda Nascimento e Fabiana Nascimento por me darem forças e sempre estarem ao meu lado.

Ao meu noivo, Jean Carlos Marinho, pela compreensão em todos os momentos, pois muitas noites ficou em frente ao computador me ajudando a escrever a dissertação. Muito obrigada pelo amor e carinho incondicional. Louvo a Deus por tê-lo comigo.

Aos pais de meu noivo, Joana Teixeira Marinho e José Carlos Marinho, que com todo amor e incentivo me ajudaram a superar as dificuldades ao longo da minha vida acadêmica.

Ao meu orientador, Professor e Pesquisador Dr. Salvador Barros Torres, que me mostrou os primeiros passos da pesquisa científica, além de sua competência e especial atenção nas revisões e sugestões, fatores fundamentais para a conclusão deste trabalho. Na verdade, o Senhor extrapolou sua tarefa de orientador ao longo da minha caminhada sendo a maior referência da minha vida profissional e acadêmica. Obrigada pelo apoio irrestrito em todos os momentos, dedicação, confiança e pela amizade que se consolidou neste período. Graças a você professor Salvador, novos horizontes se formaram.

A todos os professores do mestrado que de alguma forma contribuíram para minha formação. Bem como aos funcionários da secretaria e toda a equipe que integra o programa de pós-graduação pela competência e suporte de nossas necessidades acadêmicas.

Aos colegas da minha turma de mestrado pelo companheirismo e momentos de alegrias e tristezas compartilhados, em especial, aos meus amigos Francisco Elvis Ramos Vieira, Lisiane Lucena Bezerra, Laiane Torres Silva e Karla Diana da Silva Sombra pelo apoio nos momentos mais difíceis, pelos lanches na cantina, pelas boas conversas e grande amizade que construímos.

Agradeço as professoras Maria Clarete Cardoso Ribeiro, Maria Zuleide de Negreiros e Jailma Suerda Silva Lima que sempre me atenderam tão bem, mesmo diante de seus compromissos.

Ao professor Alek Sandro Dutra pela disponibilidade em participar da banca examinadora.

A minha equipe de pesquisa, Manoela Pereira de Paiva, Francisco Elvis Ramos Vieira e Sílvia Regina Silva de Oliveira Bento, que sempre foram tão atenciosos (as) em relação à condução do ensaio, inclusive sem ônus para a pesquisa. Mais que isso,

quero agradecer por tudo, saibas que a dívida que tenho com todos vocês, nesta vida não terei condições de pagar, assim, rogo a Deus, que os abençoe grandemente e conceda aquilo que deseja os vossos corações.

Como não agradecer a minha amiga Clarisse Pereira Benedito? Clarisse, muito obrigada pelas valiosas ajudas que sempre me proporcionou e por sempre estar disposta a me ajudar nos mais simples detalhes. Um grande abraço para você.

Aos meus amigos da UFERSA: Andreyka Kalyana de Oliveira, Francisco Ésio Porto, Mychelle Karla Teixeira, Francisco Assis Oliveira, Maria Aparecida de Medeiros, José Dijalma Batista de Freitas, Tennessee Andrade Nunes, João Paulo Bezerra Saraiva, Isaías Porfírio Guimarães, Luiz Eduardo de Souza Fernandes da Silva, Gardênia Silvana de Oliveira Rodrigues, Alfredo Henrique Dantas, Paulo Costa Araújo, Paulo César Ferreira Linhares, Damiana Cleuma de Medeiros, Dalila Regina Mota de Melo, Carmem Valdênia da Silva Santana e Maeli Rayanne da Silva Dantas pelo companheirismo e grande amizade que construímos.

Aos funcionários do Laboratório de Análise de Sementes da UFERSA, Francisco César de Góis e Raimundo Nonato Monteiro, pelas orientações em diversas avaliações dos testes conduzidos em laboratório.

Aos meus primos, Windembergue do Nascimento, Janine Nogueira, Windembergue Júnior do Nascimento e Dayne Dantas, que me ajudaram quando eu precisei e que sempre esteve orando por mim.

Aos colegas do SESI/RN – Serviço Social da Indústria pelo apoio e compreensão em todos os momentos.

Aos familiares, amigos e colegas que sempre me incentivaram e apoiaram nessa jornada.

E a todos que, de forma direta ou indireta colaboraram em mais uma etapa da minha vida e, que embora não citados aqui, não deixam de merecer o meu agradecimento.

RESUMO

OLIVEIRA, Fabrícia Nascimento de. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.)**. 2011. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2011.

A avaliação do potencial fisiológico de sementes é elemento essencial de programas de controle de qualidade de sementes. O teste de germinação, conduzido em laboratório sob condições favoráveis, geralmente, superestima o potencial fisiológico de lotes de sementes. Sendo assim, cada vez maior a necessidade de aperfeiçoamento dos testes destinados à avaliação do vigor de sementes. Des sa forma,
esta pesquisa buscou avaliar a qualidade fisiológica de sementes de girassol, cultivares Catissol e Multissol, cada um representado por cinco lotes. Inicialmente, determinou-se a qualidade dos lotes de sementes mediante os testes de germinação, primeira contagem, emergência de plântulas em casa de vegetação e índice de velocidade de emergência, além da determinação do grau de umidade das sementes. A avaliação do potencial fisiológico foi realizada através dos testes de envelhecimento acelerado, métodos tradicional e com solução saturada de NaCl (períodos 24, 48 e 72 horas, a 42°C), deterioração controlada (graus de umidade de 20%, 22% e 24%, a 42°C, durante 72 horas) e condutividade elétrica (temperaturas de 25°C e 30°C, volumes de 50 e 75mL de água, 25 e 50 sementes e períodos de 6, 12, 18 e 24 horas). O delineamento utilizado nesta etapa foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial e com quatro repetições, separadamente para cada cultivar e teste conduzido. Diante dos resultados obtidos, conclui-se que os testes de envelhecimento acelerado com solução salina a 42°C/24h e condutividade elétrica utilizando a combinação (25°C/75mL/50 sementes) foram suficientemente sensível para avaliar o potencial fisiológico das sementes de girassol. Os testes de deterioração controlada e de envelhecimento acelerado, procedimento tradicional, não se constituíram em opção eficiente para detectar diferenças entre lotes de sementes de girassol, contudo, há necessidade de estudos adicionais para determinação dos procedimentos mais adequados para sua condução.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L. Vigor. Sementes. Germinação.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Fabrícia Nascimento de. **Evaluate of physiological potential of seeds of sunflower (*Helianthus annuus* L.)**. 2011. 81 f. Dissertation (Master in Agronomy: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2011.

The evaluation of the physiological potential of seeds is an essential element of programs control for seed quality. The germination test, conducted under laboratory conditions, usually, overestimates the physiological potential of seed lots, therefore, increasing the need for improvement tests towards the evaluation of seed vigour. Thus, this study pursues to evaluate the physiological quality of sunflower seeds, Multissol and Catissol cultivars, each one represented by five lots. Firstly, the quality of seed lots was determined by germination test, first count, seedling emergency under greenhouse conditions and emergence rate index, besides the determination of water content of seeds. The evaluation of the physiological potential was carried out through accelerated aging tests, traditional methods and saturated NaCl solution (for 24, 48 and 72 hours at 42°C), controlled deterioration (seed moisture content of 20%, 22% and 24% at 42°C, for 72 hours) and electrical conductivity (25 or 50 seeds, imbibed in 50mL and 75mL at 25°C and 30°C, of 6, 12, 18 and 24 hours). The delineating used in this stage was completely randomized in a factorial arrangement with four replications for each cultivar and test conducted separately. From the obtained results, it was concluded that the accelerated aging tests with saline solution at 42°C/24h and electrical conductivity using the combination (25°C/75mL/50 seeds) were clear enough for the evaluation of the physiological potential of sunflower seeds. The tests of controlled deterioration and accelerated aging traditional procedure did not result to be an efficient choice for detecting the differences among lots of sunflower seeds, however, additional studies are necessary to determine more appropriate procedures for their performance.

Keywords: *Helianthus annuus* L. Vigour. Seeds. Germination.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Esquema da análise de variância dos dados obtidos nos testes de germinação, primeira contagem de germinação, emergência de plântulas e índice de velocidade de emergência em casa de vegetação para avaliação inicial da qualidade dos lotes de sementes de girassol, cultivares Catissol e Multissol, Mossoró-RN, 2010.....	42
Tabela 2. Esquema da análise de variância dos dados referentes aos testes de envelhecimento acelerado e deterioração controlada para as sementes de cada cultivar, Mossoró-RN, 2010.....	43
Tabela 3. Esquema de análise de variância dos dados do teste de condutividade elétrica para as sementes de cada cultivar, Mossoró-RN, 2010.....	43
Tabela 4. Valores médios obtidos na determinação do grau de umidade (GU), teste de germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), emergência de plântulas (EP) e índice de velocidade de emergência (IVE) para dez lotes de sementes de girassol, cultivares Catissol e Multissol, Mossoró-RN, 2010.....	46
Tabela 5. Valores médios (%) dos testes de envelhecimento acelerado (procedimento tradicional) e grau de umidade após os períodos de condicionamento de dez lotes de sementes de girassol, dos cultivares Catissol e Multissol, a 42°C, Mossoró-RN, 2010....	49
Tabela 6. Valores médios (%) dos testes de envelhecimento acelerado (com solução salina) e grau de umidade após os períodos de condicionamento de dez lotes de sementes de girassol, dos cultivares Catissol e Multissol, a 42°C, Mossoró-RN, 2010....	51
Tabela 7. Valores médios (%) dos testes de deterioração controlada e grau de umidade após o período em banho-maria de dez lotes de sementes de girassol, dos cultivares Catissol e Multissol, Mossoró-RN, 2010.....	55
Tabela 8. Valores médios dos testes de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm.g}$) utilizando as combinações 25 sementes/50mL e 50 sementes/50mL, a 25°C, de dez lotes de sementes de girassol, dos cultivares Catissol e Multissol, em cada período de embebição, Mossoró-RN, 2010.....	57

Tabela 9. Valores médios dos testes de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm.g}$) utilizando as combinações 25 sementes/75mL e 50 sementes/75mL, a 25°C, de dez lotes de sementes de girassol, dos cultivares Catissol e Multissol, em cada período de embebição, Mossoró-RN, 2010..... 58

Tabela 10. Valores médios dos testes de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm.g}$) utilizando as combinações 25 sementes/50mL e 50 sementes/50mL, a 30°C, de dez lotes de sementes de girassol, dos cultivares Catissol e Multissol, em cada período de embebição, Mossoró-RN, 2010..... 59

Tabela 11. Valores médios dos testes de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm.g}$) utilizando as combinações 25 sementes/75mL e 50 sementes/75mL, a 30°C, de dez lotes de sementes de girassol, dos cultivares Catissol e Multissol, em cada período de embebição, Mossoró-RN, 2010..... 60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 A CULTURA DO GIRASSOL.....	15
2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	16
2.3 SEMENTES.....	18
2.3.1 Qualidade da semente.....	19
2.3.2 Teste de germinação.....	21
2.4 AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES.....	22
2.4.1 Envelhecimento acelerado.....	24
2.4.2 Deterioração controlada.....	27
2.4.3 Condutividade elétrica.....	29
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.1 SEMENTES.....	36
3.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE INICIAL DAS SEMENTES.....	37
3.2.1 Determinação do grau de umidade.....	37
3.2.2 Teste de germinação.....	37
3.2.3 Primeira contagem do teste de germinação.....	38
3.2.4 Emergência de plântulas em casa de vegetação.....	38
3.2.5 Índice de velocidade de emergência.....	38
3.3 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO.....	39
3.3.1 Envelhecimento acelerado (procedimento tradicional).....	39
3.3.2 Envelhecimento acelerado (solução saturada de NaCl).....	40
3.3.3 Deterioração controlada.....	40
3.3.4 Condutividade elétrica.....	41
3.4 PROCEDIMENTO ESTATÍSTICO.....	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1 AVALIAÇÃO INICIAL DA QUALIDADE DOS LOTES DE SEMENTES DE GIRASSOL.....	45
4.2 ENVELHECIMENTO ACELERADO (PROCEDIMENTO TRADICIONAL).....	47
4.3 ENVELHECIMENTO ACELERADO (SOLUÇÃO SATURADA DE SAL).....	49
4.4 DETERIORAÇÃO CONTROLADA.....	52
4.5 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....	55
5 CONCLUSÕES.....	63
REFERÊNCIAS.....	64

1 INTRODUÇÃO

O girassol é uma planta originária do sudoeste dos Estados Unidos e do México (ROSSI, 1998) e que se adapta muito bem a todos os tipos de solo e clima. No entanto, em relação à área plantada e produção mundial, o Brasil possui área cultivada e produção reduzida. Para que a área cultivada seja aumentada significativamente, é necessário que haja grande disponibilidade de sementes com condições fisiológicas adequadas para garantir população de plantas e produtividade de grãos elevadas.

No que diz respeito ao seu potencial de aproveitamento econômico, seus aquênios, apresentam potencial nutritivo bastante elevado na alimentação humana (SMIDERLE, 2004), podendo ainda ser utilizado como alimentação para aves (SILVA; PINHEIRO, 2005). Além disso, seus aquênios são usados para extração de óleo de alta qualidade para o consumo humano e o subproduto pode ser usado como ração (AGUIAR, 2001). Suas hastes e folhas podem ser usadas como adubo verde e para silagem (AMABILE et al., 2002). Outra particularidade importante é a utilização do óleo do girassol como biodiesel, pois o teor de óleo nos aquênios está em torno de 45% (LAZAROTTO et al., 2005).

Para que se possam comercializar os aquênios de girassol destinados à semeadura, estes devem apresentar padrão mínimo de germinação de 75% (BRASIL, 2005). Como em outras culturas, a utilização de sementes de qualidade é fundamental para o estabelecimento das plântulas em campo. Assim, para análise da qualidade de sementes, tem sido empregado o teste de germinação. No entanto, há necessidade de complementar as informações fornecidas por este teste com as obtidas por outros testes, tais como os de vigor, possibilitando a seleção dos melhores lotes para comercialização e para semeadura (ALBUQUERQUE et al., 2001).

Além disso, de acordo com Rodo et al. (2000), nem sempre há correlação do teste de germinação com o realizado em condições de campo, o que conduz a

superestimativa de qualidade. A avaliação da qualidade das sementes por meio dos testes de germinação permite que elas expressem sua máxima germinação sob condições favoráveis. Entretanto, em situações naturais, as sementes estão submetidas a uma série de pressões, como variações na umidade do solo, radiação e competição, constituindo condições desfavoráveis para que a semente expresse todo seu potencial germinativo (TORRES, 2002).

Os testes de vigor têm sido instrumentos de uso cada vez mais rotineiro pela indústria de sementes para determinação da sua qualidade fisiológica. As empresas produtoras e as instituições oficiais têm incluído esses testes em programas internos de controle de qualidade ou para a garantia da qualidade das sementes destinadas à comercialização. O objetivo básico dos testes de vigor é a identificação de diferenças importantes no potencial fisiológico das sementes, principalmente das que compõem lotes com poder germinativo semelhante (MARCOS FILHO, 1999).

Dentre os testes utilizados para avaliação do vigor, o de envelhecimento acelerado é um dos mais estudados e recomendados para várias espécies (PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 2001), assim como o teste de deterioração controlada (KRZYZANOWSKI; VIEIRA, 1999). Segundo Albuquerque et al. (2001), dentre outros testes de vigor em aquênios de girassol, têm sido empregados o de condutividade elétrica.

Sabendo-se que os testes de vigor fornecem índices mais sensíveis do potencial fisiológico, quando comparados ao teste de germinação (ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS, 1983), qualquer evento que preceda a perda do poder germinativo pode servir como base para o desenvolvimento de testes de vigor. Além do mais, o aumento da demanda por sementes de alta qualidade tem levado as empresas do setor a procurarem aprimoramento técnico de suas atividades, visando, basicamente, ao aumento de produtividade associado a um incremento da qualidade do produto.

Nesse sentido, Ferguson (1993), Marcos Filho (1994), Krzyzanowski; Viera (1999) e Albuquerque et al. (2001) sugerem que para uma análise mais completa da qualidade de sementes, há necessidade de se complementar as informações fornecidas pelo teste de germinação com testes de vigor, que possibilitem selecionar os melhores lotes para comercialização, potencial de armazenamento e que forneçam, com maior precisão, informações a semeadura para produzir plântulas normais mesmo em condições adversas.

Diante do exposto e da importância de se utilizar sementes de alta qualidade como fator preponderante para o sucesso de qualquer cultura, torna-se de extrema relevância pesquisas sobre a avaliação do potencial fisiológico de sementes. Dessa forma, o trabalho teve como objetivo estudar os procedimentos dos testes de envelhecimento acelerado, deterioração controlada e condutividade elétrica, para verificar sua sensibilidade em identificar diferenças entre níveis de vigor de lotes de sementes de girassol.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DO GIRASSOL

O termo girassol (*Helianthus annuus* L.) deriva do grego *hélíos*, que significa sol, e de *anthus*, que significa flor, ou “flor do sol”, uma característica da planta é girar a inflorescência, seguindo o movimento do sol (SEILER, 1997). É uma dicotiledônea anual, ordem Asterales, família Asteraceae, subfamília Asteroideae e tribo Heliantheae, compreendendo 49 espécies, 19 subespécies, sendo 12 anuais e 37 perenes (JOLY, 1993).

O *Helianthus annuus* L. possui um sistema radicular pivotante e em solos podem alcançar até dois metros de profundidade, com um grande conjunto de raízes secundárias, sendo que 80% a 90% dessas raízes estão compreendidas nos primeiros 10 cm de profundidade (MERRIEN, 1992).

O caule é herbáceo e cilíndrico, contudo, em híbridos e variedades comerciais não ramificam, sendo haste única, atingindo o diâmetro entre 1 a 8 cm e altura entre 0,7 a 4,0 m (DE CAMPO LEITE et al., 2005). A inflorescência do girassol, chamada capítulo, é a formação na parte do ápice do colmo de um alongamento discóide, constituindo um receptáculo onde há a inserção das flores. O diâmetro do capítulo varia geralmente de 10 a 40 cm, dependendo da variedade ou híbrido e das condições do desenvolvimento, devido ao clima e solo (ROSSI, 1998).

O aquênio é o fruto do girassol. Ele possui uma semente e a casca, onde as suas dimensões variam de sete a vinte e cinco milímetros no comprimento, podendo haver até dois mil aquênios em um capítulo. O peso de mil aquênios varia de quarenta a duzentos gramas, dependendo da variedade (PELEGRINI, 1985).

O girassol domesticado foi cultivado inicialmente para o consumo de suas sementes. A seguir, sua farinha começou a ser utilizada no preparo de alimentos (ROSSI, 1998) e usada na fabricação de pães. Os índios utilizavam as sementes para a fabricação de uma espécie de tinta púrpura para ornamentação de cestas e telas, além de colorir seus cabelos e corpos nas apresentações de cerimônias religiosas. Os receptáculos e as raízes eram fervidos e utilizados para fins medicinais (PUTT, 1997) e o uso da semente como oleaginosa apareceu no fim da Primeira Guerra Mundial, atingindo verdadeiro incremento a partir da Segunda Guerra Mundial (ROSSI, 1998).

Presume-se que, no Brasil, o cultivo do girassol tenha sido iniciado na época da colonização, principalmente na região Sul, com a introdução do hábito do consumo de suas sementes torradas. Porém, a primeira indicação de cultivo de girassol comercial no Brasil data de 1902, no Estado de São Paulo, quando a Secretaria da Agricultura deste estado distribuiu as primeiras sementes de girassol aos agricultores (UNGARO, 1986).

Atualmente, o aumento do cultivo do girassol no Brasil vem ocorrendo principalmente pelo surgimento de indústrias interessadas em adquirir o produto e pela necessidade dos agricultores por novas opções de cultivo, amparados pelos resultados de pesquisa e pelas tecnologias geradas na década de 1990 (VIEIRA, 2005).

O girassol é cultivado em todos os continentes, em áreas que atingem aproximadamente 18 milhões de hectares. Destaca-se como a quarta oleaginosa em produção de grãos e a quinta em área cultivada no mundo (EMBRAPA, 2010).

2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

O girassol apresenta algumas características importantes como maior resistência à seca, ao frio, ao calor, ampla adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas e

rendimento pouco influenciado pela altitude e pelo fotoperíodo que a maioria das espécies normalmente cultivadas no Brasil. As suas sementes são utilizadas para extração de óleo de alta qualidade para consumo humano e para fabricação de ração animal. Devido a essas particularidades e a crescente demanda do setor industrial e comercial, a cultura do girassol torna-se uma importante alternativa econômica no sistema de rotação, consórcio e sucessão de culturas nas regiões produtoras de grãos (CARVALHO et al., 2003).

O *Helianthus annuus* L. está entre as quatro maiores culturas produtoras de óleo vegetal comestível do mundo, ficando atrás da soja, do algodão e do amendoim. Dentre as fontes energéticas renováveis, a exploração racional da cultura do girassol representa hoje uma alternativa de grande importância, não só pela renda que pode agregar à atividade agrícola, mas como fonte de proteína de alto valor biológico para alimentação humana e animal. É uma cultura de comportamento rústico e seu índice de adaptabilidade edafoclimático é excelente, podendo no Brasil, ser cultivada de Norte a Sul. É uma cultura que melhora a qualidade do solo porque promove a ciclagem de nutrientes ao longo do perfil do solo e disponibiliza uma grande quantidade de nutrientes pela mineralização dos restos culturais, beneficiando o desenvolvimento e a melhoria do estado nutricional das culturas subsequentes (LEITE et al., 2007).

Se existisse uma planta ideal, cujo aproveitamento fosse máximo, o girassol estaria bem perto desta realidade. As raízes pivotantes promovem uma considerável reciclagem dos nutrientes, além da matéria orgânica produzida pela sua morte e subsolagem natural pela profundidade que atingem. As hastes servem tanto para silagem como para adubação verde e a floração traz, pelo menos, de 20 kg a 40 kg de mel por hectare da cultura. Suas sementes podem ser consumidas em rações ou pelo homem. Delas se extrai o óleo vegetal comestível mais cobiçado atualmente pelos naturalistas, visto seus baixos teores de gordura e altos teores de ácido linoléico, comprovadamente recomendado nas prevenções e enfermidades relacionadas aos problemas do coração, produzidos pelo excesso de colesterol (CAVASIN, 2001).

2.3 SEMENTES

O tecido de reserva da semente caracteriza-se por ser especialmente rico em três substâncias: carboidratos, lipídios e proteínas. A quantidade com que cada uma dessas substâncias entra na composição química da semente é variável, dependendo principalmente da espécie. Normalmente, uma dessas três substâncias predomina amplamente sobre as outras duas, classificando as sementes em amiláceas, oleaginosas ou protéicas. No reino vegetal predominam amplamente as amiláceas e as oleaginosas, raramente ocorrendo as caracteristicamente protéicas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). O girassol, de acordo com Cavasin (2001), é caracterizado como excelente oleaginosa. Segundo Popinigis (1985), em sementes de girassol, 19% são de carboidratos, 26% de lipídios e 17% de proteínas.

Carvalho; Nakagawa (2000) se referem a dois tipos de germinação das sementes, a epígea e a hipógea. Na epígea, a parte aérea é posta fora do solo envolta nos cotilédones. Este mecanismo se baseia essencialmente num rápido e vigoroso crescimento inicial do eixo hipocótilo-radicular, ao passo que o epicótilo e as folhas primárias, no interior dos cotilédones, praticamente não crescem. À medida que o eixo hipocótilo-radicular cresce, forma-se, próximo do nó cotiledonar, uma alça, que é a primeira parte da plântula a atingir a superfície do solo. Este tipo de germinação ocorre quase com exclusividade entre as dicotiledôneas. A espécie *Helianthus annuus* L. apresenta este tipo de germinação.

A inflorescência do girassol, chamada de capítulo, é a parte do ápice do colmo de um alongamento discóide, constituindo um receptáculo onde se inserem as flores. As flores férteis e tubulosas são as que possuem os órgãos de reprodução e dão origem aos frutos, os aquênios. O fruto do girassol, popularmente considerado semente, é do tipo seco, indeiscente, chamado de aquênio. É constituído por pericarpo e pela semente propriamente dita (SEILER, 1997).

O tamanho do aquênio varia de 7 a 25 mm de comprimento e 4 a 13 mm de largura. Sementes pequenas têm 2 a 7 mm de comprimento e 1 a 2 mm de largura. O peso individual dos aquênios é de 40 a 400 mg. O peso de 1000 sementes varia de 30 a 60 gramas. O teor de óleo varia de 10 a 60% (CASTIGLIONI et al., 1994).

2.3.1 Qualidade da semente

A partir da maturação fisiológica não há qualquer procedimento que possa melhorar o potencial fisiológico da semente. Considera-se que, até atingir o ponto de maturação fisiológica, a semente não tem oportunidade para iniciar o processo de deterioração, porque ainda não constitui uma unidade biológica independente da planta mãe (MARCOS FILHO, 1998).

O ponto de maturação fisiológica é, teoricamente, o mais indicado para colheita, pois representa o momento em que a semente atinge o máximo potencial de germinação e vigor. Entre as fases de um sistema de produção, o momento da colheita é muito relevante; quando as sementes atingem o ponto de maturação fisiológica, já está praticamente desligada da planta mãe. Dependendo das condições climáticas predominantes, o processo de deterioração é acelerado, com consequente perda da qualidade, germinação e vigor (VIEIRA, 2004).

Conhecer a qualidade das sementes antes da semeadura é o procedimento mais correto e seguro para se evitarem prejuízos decorrentes da baixa germinação ou de germinação desuniforme. Esse problema é frequente em lavouras do Brasil, por causa do uso de sementes de qualidade desconhecida, isto é, em geral, desprovidas de informações sobre germinação (LUIZ, 1999). Conforme Popinigis (1985), a alta qualidade da semente influencia diretamente na cultura resultante no que se refere à

uniformidade da população, ausência de moléstias introduzidas via sementes, alto vigor das plantas e maior produtividade.

Além de alto poder germinativo, a semente de girassol deve ter vigor elevado para proporcionar germinação rápida, uniforme e emergência de plântulas sob condições edafoclimáticas extrínsecas, tais como umidade, temperatura e aeração. Essas propriedades têm de ser verificadas em laboratório antes da semeadura, mediante amostra representativa do lote a ser usado. Em geral, semente com teor maior de óleo tem mais problemas de germinação, sobretudo em temperaturas mais amenas do solo (SILVEIRA et al., 2005).

Quando a semente usada na semeadura tem qualidade fisiológica baixa, é comum o uso de densidade maior de sementes para se obter a população desejada de plantas, como forma de compensar eventuais falhas no estabelecimento do estande inicial previsto. Mas, segundo Scheeren (2002), esse recurso é um fator de correção que aumenta o custo da lavoura e não resolve o problema. Normalmente, o produtor não percebe que, como fator de segurança, essa diferença para mais pode ser suficiente para se adquirir uma semente de qualidade excelente, além das incertezas quanto ao futuro de seu desenvolvimento e produtividade da lavoura.

Os componentes da qualidade das sementes (genético, físico, fisiológico e sanitário) têm importância equivalente, mas os aspectos fisiológicos têm recebido mais atenção da pesquisa, sobretudo quando se consideram as espécies oleaginosas. Na verdade, o estabelecimento das plântulas após a semeadura e o início do desenvolvimento da lavoura representa, talvez, o parâmetro balizador principal da qualidade da semente, do ponto de vista do consumidor (MARCOS FILHO, 2001).

Seja como for, a qualidade fisiológica potencial de uma semente é determinada pela sua herança genética; por outro lado, sua qualidade real é função das condições ambientais em que foi produzida e armazenada, bem como das técnicas de produção, colheita, secagem e beneficiamento (KRZYŻANOWSKI, 1992).

Braz; Rossetto (2009) constataram que o uso de aquênios vigorosos de girassol favoreceu o desenvolvimento das plantas 60 dias após a emergência e que esse efeito persistiu até a produção, na ausência de diferença na população inicial.

2.3.2 Teste de germinação

O teste de germinação visa obter informações sobre a qualidade das sementes para fins de semeadura no campo e fornecer dados que possam ser usados, juntamente com outras informações, para comparar diferenças entre lotes de sementes (BRASIL, 2009). Este teste visa determinar se uma semente é ou não, capaz de germinar, pois é executado oferecendo à semente as condições mais favoráveis, tais como, umidade, temperatura, oxigênio e substrato. Os resultados são de grande valia para a comparação entre lotes de sementes para fins de comercialização, e para o cálculo de densidade da semeadura (POPINIGIS, 1985).

O estabelecimento da cultura do girassol ocorre através de população de plantas provenientes de sementes com pericarpo (aquênios). Para a aquisição, as sementes devem apresentar o padrão mínimo de germinação de 75% (BRASIL, 2005). O teste de germinação, usado como rotina para avaliação da qualidade fisiológica das sementes, fornece informações sobre o potencial de uma amostra para germinar sob condições ótimas de ambiente (MARCOS FILHO, 1999a). No entanto, no campo, as sementes podem estar sujeitas às situações adversas, como temperatura inadequada, excesso ou deficiência hídrica, microrganismos e, com isso, nem sempre há correlação entre os testes de germinação com a emergência de plântulas em campo, o que conduz a uma superestimativa de qualidade (RODO et al, 2000). Assim, devido às limitações impostas pelo teste de germinação, no sentido de diferenciar os lotes de sementes, vêm sendo desenvolvidos os testes de vigor (MARCOS FILHO, 1999a).

2.4 AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES

Para a Association of Official Seed Analysts – AOSA (1983), o vigor de sementes compreende um conjunto de características que determinam o potencial para a emergência e o rápido desenvolvimento de plântulas normais, sob ampla diversidade de ambiente. E ainda, enfatiza a importância da precisão dos procedimentos utilizados para a condução de testes de vigor, os problemas enfrentados para a padronização dos procedimentos e a apresentação dos resultados. Ressaltando que o principal desafio das pesquisas sobre testes de vigor está na identificação de parâmetros adequados, comuns à deterioração de sementes.

Os estudos desenvolvidos têm mostrado que outras características fisiológicas da semente podem influir decisivamente não apenas no estabelecimento de uma população inicial no campo, como também sobre todo o ciclo da planta e sobre a produtividade. A soma dessas características fisiológicas mais sutis é atualmente denominada “vigor” da semente. Segundo Krzyzanowski (1999), os testes de vigor têm se constituído em ferramentas de uso cada vez mais rotineiro pela indústria de sementes para a determinação da qualidade fisiológica.

Os testes de vigor visam determinar, com maior precisão, o grau de deterioração da semente. Podem ser classificados em diretos e indiretos (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Os testes diretos são aqueles que simulam as condições adversas que a semente provavelmente encontrará no campo. Assim, por exemplo, o teste de frio foi originalmente desenvolvido para milho, tendo alcançado grande sucesso, nos E.U.A., porque simula as condições de excessiva umidade no solo e baixas temperaturas normalmente existentes naquele país. Os testes indiretos são agrupados em: bioquímicos, fisiológicos e os testes de resistência (POPINIGIS, 1985; CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

O rendimento das culturas pode ser influenciado indiretamente pelo potencial fisiológico das sementes, o qual afeta a velocidade e a porcentagem de emergência das plântulas, bem como a população de plantas (ELLIS, 1992). A utilização de sementes de baixo vigor prejudicou a emergência de plântulas de girassol (ALBUQUERQUE; CARVALHO, 2003) e de arroz (HÖFS et al., 2004b), embora não tenha sido avaliada a produção. No entanto, quando foi avaliada a produção, foi constatado que sementes de baixo vigor influenciaram negativamente a emergência de milho (DURÃES et al., 1995), sem prejudicar a produção de arroz (HÖFS et al., 2004a), de soja (PINTHUS; KIMEL, 1979) e de trigo (KHAH et al., 1989), com prejuízo à produção. Marcos Filho (2005) relata que a redução da produção somente ocorre quando as sementes avaliadas apresentaram grau avançado de deterioração.

Testes de vigor vêm sendo estudados e recomendados para várias espécies. Adamo et al. (1984) verificaram que o teste de envelhecimento acelerado, a 42°C, por 48 horas, foi adequado para avaliar o vigor das sementes de girassol. No entanto, para Zelener et al. (1990), os períodos ideais devem ser de 72 e 96 horas, a 42°C, para obter correlação positiva com a emergência de plântulas em campo. Além disso, na literatura há trabalhos com a proposta de alteração da metodologia de teste de envelhecimento acelerado, visando o controle de absorção de água, com o uso de solução saturada na câmara de exposição.

Em soja, Marcos Filho et al. (2000) e em amendoim, Rossetto et al. (2004) constataram que o teste de envelhecimento acelerado com solução saturada foi eficiente em avaliar o potencial fisiológico das sementes. Por outro lado, diferenças no vigor de lotes de sementes também têm sido detectadas pelo teste de deterioração controlada. Em soja, Rossetto; Marcos Filho (1995) verificaram que o teste de deterioração controlada em comparação ao de envelhecimento acelerado, apresenta-se menos drástico, pois causa menor germinação das sementes. Albuquerque et al. (2001) e Longo et al. (1999) constataram eficiência do teste de condutividade para sementes de girassol após a remoção do pericarpo, uma vez que esta estrutura, sendo lignificada,

é capaz de produzir um aumento da condutividade, prejudicando a avaliação. Também em girassol, Braz et al. (2008) constataram que os testes de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada foram eficientes em classificar os lotes em diferentes níveis de vigor.

2.4.1 Envelhecimento acelerado

O teste de envelhecimento acelerado foi proposto por Delouche (1965) com o objetivo de avaliar o comportamento de sementes submetidas à temperatura e umidade relativa altas, procurando estimar o potencial relativo de armazenamento de sementes. O princípio do teste baseia-se no aumento considerável da taxa de deterioração das sementes por meio de sua exposição a altas temperaturas e altos valores de umidade relativa do ar, considerados os fatores ambientais preponderantes na intensidade e velocidade de deterioração (MARCOS FILHO, 1999a).

Vários fatores afetam o comportamento das sementes durante o teste de envelhecimento acelerado. Marcos Filho (1999a) relaciona a temperatura, o período de exposição das sementes, teor de água das sementes, tratamento fungicida, tamanho da amostra, as condições de germinação após o envelhecimento, o genótipo e eventual abertura da “câmara”, como sendo fatores relevantes para a condução e consequentes resultados obtidos com o teste.

O teste de envelhecimento acelerado expõe as sementes por períodos controlados a dois ambientes que, geralmente, contribuem com a deterioração: temperatura e umidade relativa altas. Lotes de sementes mais vigorosas resistirão a essas condições extremas e deteriorarão mais lentamente que as menos vigorosas (TEKRONY, 1995).

O teste foi desenvolvido para estimar a longevidade das sementes armazenadas (DELOUCHE; BASKIN, 1973) e, posteriormente, para avaliar o vigor de sementes de várias espécies cultivadas e, geralmente, os resultados relacionam-se aos de emergência da plântula em campo (HAMPTON; TEKRONY, 1995). Por esse motivo, as empresas de sementes utilizam essas informações para avaliar os lotes de sementes sob condições de campo e como determinante do potencial de armazenamento para a gestão do estoque de sementes (DELOUCHE; BASKIN, 1973; HAMPTON; TEKRONY, 1995; JIANHUA; MCDONALD, 1996).

De acordo com a sequência hipotética proposta por Delouche; Baskin (1973), a redução do potencial de armazenamento é a primeira manifestação fisiológica da deterioração, após o decréscimo da velocidade de germinação. Consequentemente, o teste de envelhecimento acelerado pode ser considerado como um dos mais sensíveis para avaliação do vigor dentre os disponíveis (MARCOS FILHO, 1999b).

Dos fatores que afetam o comportamento das sementes durante o teste, a interação temperatura/período de exposição merece destaque, sendo que na descrição do teste é citada a possibilidade de utilização de temperaturas na faixa de 40 a 45°C, embora predominem recomendações de uso de 41 e 42°C (MARCOS FILHO, 1999b). Este autor destacou ainda que é necessário verificar se a câmara está devidamente regulada para atingir a temperatura programada, sendo tolerada uma variação de $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$, sem que o teste perca a sua consistência.

Apesar de inúmeros estudos já terem sido conduzidos, não existe consenso quando aos períodos mais adequados para sementes de várias espécies, sendo muito comum, recomendação de períodos que causam estresse mais drásticos do que aqueles que as sementes são submetidas durante o transporte, armazenamento ou em condições de campo, baseados no fato desse período ter sido capaz de identificar níveis de vigor diferentes entre as amostras avaliadas (MARCOS FILHO, 1999b).

Por outro lado, tem sido considerado que a resposta ao envelhecimento depende, dentre outros fatores, da interação da temperatura, do período de exposição,

da qualidade e do grau de umidade das sementes, o qual deve estar entre 11,0 e 13,0%. Para que os resultados possam ser consistentes, deve ser efetuada a determinação do grau de umidade, antes e após o período de envelhecimento, sendo considerado um teste uniforme quando não apresente variação superior a 2,0% (MARCOS FILHO, 2005).

Para algumas espécies, há indicações da temperatura/período de condicionamento adequados à realização do teste, como para sementes de soja, 41°C/48h (KRZYŻANOWSKI et al., 1991; MARCOS FILHO, 1999b), 41°C/72h (HAMPTON; TEKRONY, 1995), 42°C / 48h (DUTRA; VIEIRA, 2004); milho, 45°C/72h (HAMPTON; TEKRONY, 1995; DUTRA; VIEIRA, 2004), 42°C/96h (MARCOS FILHO, 1999b); mamona, 41°C/72h (MENDES et al., 2010); sorgo, 41°C/96h (SOARES et al., 2010); e de trigo, 41°C/72h (HAMPTON; TEKRONY, 1995; AOSA, 1983), 43°C/72h ou 45°C/72h (MODARRESI et al., 2002), 43°C/48h (LIMA et al., 2006; FANAN et al., 2006).

Observa-se que amostras com baixo vigor apresentam maior redução de sua viabilidade depois de expostas ao estresse pelo envelhecimento (MARCOS FILHO, 1999), de modo que há possibilidade de serem estabelecidas diferenças na qualidade fisiológica das amostras avaliadas (PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 1998). Várias culturas têm respondido à estratificação de lotes pelo teste de envelhecimento acelerado, entre elas pode-se citar a soja (ROSSETO; MARCOS FILHO, 1995), milho (HAMPTON; TEKRONY, 1995; MIGUEL; MARCOS FILHO, 2002; TEIXEIRA et al., 2006; ÁVILA et al., 2007), e o arroz (MENEZES; SILVEIRA, 1995; HÖFS et al., 2004; WRASSE, 2006).

Um dos fatores que levam à redução no conteúdo de lipídios é a peroxidação de lipídios. Talvez a peroxidação seja a causa mais frequente de deterioração e perda de viabilidade de sementes. A peroxidação de lipídios é muitas vezes ativada pela ação do oxigênio sobre um ácido graxo poliinsaturado, como os ácidos oléicos e linoléico, que está presente nas membranas das sementes de girassol. A perda da integridade das

membranas tem sido constatada como um dos processos iniciais de deterioração de sementes (McDONALD, 1999).

Kar; Gupta (1991), trabalhando com aquênios de girassol, referiram-se que quando aumentava a degradação do RNA e há acréscimos do nível de malonaldeído, um produto da peroxidação de ácidos graxos insaturados, aumentava a deterioração de sementes envelhecidas.

Bailly et al. (1996) verificaram em aquênios de girassol aumentos significativos nos níveis de malonaldeído, sugerindo que a peroxidação de lipídios foi acelerado durante o armazenamento, o que pode ser comprovada pelo acúmulo de peróxidos. O estresse oxidativo afetou a qualidade dos aquênios de girassol, pois Reuzeau; Cavalié (1995) verificaram reduções em defesas antioxidantes. Aquênios de girassol submetidos a envelhecimento obtiveram alterações nas proteínas. O RNAm é reduzido em aquênios envelhecidos (GIDROL et al., 1990).

2.4.2 Deterioração das sementes

A deterioração da semente é um processo degenerativo contínuo que tem início logo após a maturação fisiológica e contínua até a perda da viabilidade da semente. A deterioração, para Delouche; Baskin (1973) é uma sequência hipotética de eventos, que se inicia com a desorganização de membranas e a perda da sua seletividade, culminando com a redução do vigor e morte da semente.

Os eventos deteriorativos estão ligados ao aumento ou diminuição na atividade de um determinado grupo de enzimas, além de alterações em componentes de reserva, como a queda na síntese e conteúdo de proteínas, variações na disponibilidade e na estrutura dos carboidratos, diminuição no conteúdo de lipídios e aumento dos ácidos

graxos livres, alterações na permeabilidade de membranas, alterações nas atividades respiratórias e alterações no DNA (BASRA, 1994; MCDONALD, 1999).

O teste de deterioração controlada foi proposto primeiramente por Powell; Matthews (1981) para avaliar o vigor de sementes pequenas. Esse teste estabelece diferenças de vigor entre sementes de lotes distintos e detecta os lotes de sementes com menor potencial de emergência da plântula em campo. Para esse teste, há o ajuste do teor de água das sementes, realizado de maneira uniforme para todas as amostras, antes do período de deterioração em temperaturas altas (POWELL; MATTHEWS, 1981).

O teste fundamenta-se no conhecimento de que as sementes deterioram-se rapidamente quando armazenadas em condições de umidade relativa do ar e temperatura elevada (POWELL, 1986). A base do teste é similar ao princípio do teste de envelhecimento acelerado, ou seja, as sementes são expostas a dois ambientes variáveis, os quais influenciam a deterioração das sementes, temperatura (40°C a 45°C) e umidade relativa altas do ambiente por períodos de 24 ou 48h, dependendo da espécie (HAMPTON; TEKRONY, 1995). O teor de água inicial aumenta no mesmo nível para todos os lotes. Assim, o teste proporciona grau de umidade constante das sementes durante o período de exposição, em contraste com o teste de envelhecimento acelerado em que o teor de água é variável. Braz et al. (2009) verificaram que a combinação de 20% de água por 72 horas de exposição, no teste de deterioração controlada, permitiu classificar os lotes de aquênios de girassol do cultivar Catissol-01.

Segundo Rosseto et al. (1995), o ajuste do grau de umidade das sementes é crítico para a condução de um teste, porque as sementes de pior vigor apresentam maior velocidade de embebição. Portanto, os autores recomendaram que o processo seja lento e, para isso, o melhor meio de hidratação controlada é a utilização do umedecimento de sementes através do método da atmosfera úmida, a 20°C.

O teste de deterioração controlada tem se mostrado promissor para a avaliação do potencial fisiológico das sementes de grandes culturas, tais como: algodão (MENDONÇA et al., 2008; DUTRA; MEDEIROS FILHO, 2008), amendoim

(ROSSETTO et al, 2004), soja (ROSSETTO; MARCOS FILHO, 1995; MARCOS FILHO et al., 2001) e feijão (SANTOS et al., 2003).

2.4.3 Condutividade elétrica

O teste de condutividade é um meio rápido e prático de determinar o vigor de sementes, podendo ser conduzido facilmente na maioria dos laboratórios de análise de sementes, sem maiores despesas com equipamento e treinamento de pessoal (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). O princípio do teste fundamenta-se em mensurar a quantidade de lixiviados na solução de embebição das sementes, cujos resultados relacionam-se diretamente à integridade do sistema de membranas, sendo maiores para lotes de sementes com menor vigor e menores para os de maior vigor (AOSA, 1983; HAMPTON; TEKRONY, 1995).

O teste de condutividade elétrica foi proposto por Matthews; Bradnock (1967) para estimar o vigor de sementes de ervilha. Esse teste avalia a quantidade de eletrólitos liberada pelas sementes durante a embebição, que está, diretamente, relacionada à integridade das membranas celulares (MATTHEWS; POWELL, 1981). Membranas mal estruturadas e células danificadas estão, geralmente, associadas com o processo de deterioração da semente e, portanto, com sementes de baixo vigor (AOSA, 1983). Até o momento, este teste é recomendado para avaliação do vigor de sementes de ervilha (NIJÊNSTEIN et al., 2007) e sugerido para sementes de soja (HAMPTON; TEKRONY, 1995). Apesar da indicação preferencial para essas duas espécies, o teste tem sido estudado para outras culturas, em razão da sua simplicidade de execução e rapidez de resposta.

Vários fatores diretamente relacionados às características das sementes ou a própria metodologia podem interferir nos resultados do teste de condutividade elétrica

(SAMPAIO et al., 1995; VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999), tais como: presença de sementes danificadas fisicamente (TAO, 1978; LOEFFLER et al., 1988), tamanho da semente (TAO, 1978; DESWAL; SHEORAN, 1993), genótipo dentro de uma mesma espécie (PANOBIANCO; VIEIRA, 1996; PANOBIANCO et al., 1999), grau de umidade inicial das sementes (AOSA, 1983; LOEFFLER et al., 1988; HAMPTON et al., 1992; CARVALHO, 1994), período de embebição (LOEFFLER et al., 1988) e temperatura de embebição (GILVELBERG et al., 1976).

O efeito da temperatura se manifesta, basicamente, sobre a quantidade e velocidade de liberação de exsudatos, durante a embebição, sem alterar, necessariamente, a classificação dos lotes quanto ao vigor (HAMPTON; TEKRONY, 1995). No caso de sementes relativamente pequenas, como as de hortaliças, a lixiviação máxima pode ocorrer em período inferior a 2 horas (MURPHY; NOLAND, 1982), ao passo que em sementes maiores, como as de soja, verificam-se aumento da lixiviação até 24-30 horas após o início da embebição, a 25°C (LOEFFLER et al., 1988). Halder; Gupta (1980) constataram que aquênios de girassol armazenados por mais de 90 dias com umidade relativa elevada e temperaturas de 25°C provocaram o aumento da lixiviação de eletrólitos.

As pesquisas têm demonstrado que além do nível de deterioração das sementes e do efeito da temperatura, outros fatores podem afetar os resultados do teste de condutividade elétrica, tais como a qualidade da água, a duração do período de hidratação, o tamanho, o grau de umidade e o número de sementes testadas (TAO, 1978; GIVELBERG et al, 1976; LOEFFLER et al., 1988; DESWAL; SHEORAN, 1993; GUIMARÃES, et al., 1993; DIAS; MARCOS FILHO, 1996; OLIVEIRA; NOVOBRE, 2005).

Entre os fatores mencionados, o período de hidratação é o mais estudado, visando obter resultados em menor período de tempo. A descrição inicial do método, para o teste de condutividade elétrica indica o período de 24 horas para a hidratação das sementes (HAMPTON; TEKRONY, 1995). No entanto, em trabalhos realizados

por diversos autores, constatou-se a redução do tempo de hidratação para o teste de condutividade elétrica, conseguida para diversas espécies como soja (MARCOS FILHO et al., 1990; DIAS; MARCOS FILHO, 1996), girassol (BRANDÃO JÚNIOR et al., 1997) e amendoim (VANZOLINI; NAKAGAWA, 1999), uma vez que a possibilidade da redução deste período é vantajosa para a indústria de sementes. Testes que avaliem rapidamente a qualidade fisiológica das sementes e, consequentemente reduzam o período de tomada de decisão da indústria de sementes assumem elevada importância (MARCOS FILHO et al., 1990).

Na fase inicial do processo de embebição, a capacidade da semente de reorganizar o sistema de membranas celulares e de reparar danos físicos e/ou biológicos, que podem ter ocorrido durante o processo de produção, irá influenciar a quantidade e natureza de solutos liberados para o meio externo (SIMON; RAJA HARUN, 1972; BEWLEY; BLACK, 1994; VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). Assim, sementes com menor potencial fisiológico, em decorrência do processo deteriorativo, têm a capacidade de reorganização de membranas reduzida, havendo maior perda de solutos para o meio, determinando decréscimo nas reservas da semente e prejuízo na uniformidade e rapidez do processo germinativo (AOSA, 1983; BEWLEY; BLACK, 1994; HAMPTON; TEKRONY, 1995; VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

A embebição é acompanhada pela liberação de açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, enzimas e íons, em quantidades variáveis de acordo com o estado de organização dos sistemas de membranas celulares (SIMON; RAJA HARUN, 1972; SHORT; LACY, 1976; GIVELBERG et al., 1976; BEWLEY; BLACK, 1994; TAYLOR et al., 1995). As taxas de liberação de solutos e de absorção de água são muito elevadas no início do processo de embebição; posteriormente, à medida que as membranas se reorganizam, há uma diminuição (ABDEL SAMAD; PEARCE, 1978; SIMON; MATHAVAN, 1986).

Tao (1978) avaliou o uso do teste para sementes de soja e relatou a influência do tamanho da semente, da qualidade da água, do grau de umidade inicial das sementes, do volume de água utilizado e da presença de sementes danificadas fisicamente. Loeffler et al. (1988) constataram o efeito desses fatores; porém, ressaltaram que as variáveis apontadas poderiam ser controladas pela padronização de procedimentos, a fim de proporcionar uma avaliação não subjetiva do potencial fisiológico das sementes. Pesquisas posteriores (HAMPTON et al., 1992; VIEIRA et al., 1996; VIEIRA et al., 2002) confirmaram esses resultados.

O teste de condutividade elétrica envolve princípios físicos e biológicos, uma vez que a avaliação do vigor está baseada na determinação da condutividade elétrica da solução de embebição das sementes e nas alterações bioquímicas que interferem na integridade das membranas celulares (VIEIRA; KRZYŻANOWSKI, 1999). Cronologicamente, quanto mais distante o parâmetro considerado estiver da morte da semente, mais sensível será a avaliação do vigor, sendo que os testes que avaliam a integridade do sistema de membranas celulares, como o teste de condutividade elétrica estaria nessa situação (MARCOS FILHO, 1999b).

Face ao exposto, a condutividade elétrica foi proposta como um teste para avaliar o potencial fisiológico das sementes, por meio da quantidade de íons lixiviados em uma solução com determinado volume de água deionizada, onde um número conhecido de sementes é embebido sob temperatura controlada, durante período pré-estabelecido; as sementes de menor potencial fisiológico liberam maior quantidade de exsudados após o período de embebição, como consequência da menor seletividade das membranas celulares (VIEIRA; KRZYŻANOWSKI, 1999).

Várias pesquisas demonstram que o decréscimo do potencial fisiológico e da germinação de sementes tem relação direta com o aumento da lixiviação de solutos, como consequência da perda da integridade das membranas. Dentre os trabalhos dedicados ao assunto, destacam-se os realizados por Loeffler et al. (1988), Marcos Filho et al. (1990) e Vieira et al. (1999).

Buscando o aprimoramento da metodologia do teste para sementes de milheto, Gaspar; Nakagawa (2002) avaliaram o efeito da correção do valor da condutividade elétrica da solução de embebição e concluíram que a condutividade da água utilizada exerce grande influência no valor calculado quando a condutividade da solução é muito baixa, embora os resultados obtidos sugiram não haver necessidade de correção em função da condutividade da água, quando se comparam lotes empregando o mesmo número de sementes.

Estudando procedimentos para condução do teste de condutividade elétrica em trigo, Lima (2005) testou algumas combinações de temperatura e período de embebição, verificando que cada genótipo gerava diferenças significativas nos valores da condutividade. Segundo o autor, a temperatura de 25°C, nos períodos de 18 e 24 horas, e a de 30°C por 18 horas, foram as combinações que proporcionaram a classificação dos lotes em diferentes níveis de vigor, embora não tenham sido obtidas informações suficientes para recomendar sua inserção em programas de controle de qualidade para a espécie.

Várias pesquisas, utilizando o teste de condutividade elétrica têm sido realizadas com diversas espécies, tais como algodão, soja, milho e feijão (KRZYŻANOWSKI et al., 1999). Em 2001, a metodologia do teste de condutividade elétrica para sementes de ervilha foi incluída nas Regras para Análises de Sementes da ISTA (MARCHI; CÍCERO, 2003). A eficiência do teste na avaliação da qualidade fisiológica de sementes foi verificada em sementes de café (COSTA; CARVALHO, 2006), soja (VIEIRA et al., 2004; COLETE et al., 2004), milho (ALVES et al., 2004), trigo (TAJBAKHS, 2000) e algodão (TORRES, 1998).

A variabilidade na permeabilidade do tegumento pode ser atribuída a diferenças observadas entre cultivares no controle de troca de água nas sementes, bem como na velocidade de embebição das sementes como consequência de variação na forma, no tamanho e na funcionalidade dos poros e da quantidade de material ceroso na epiderme do tegumento (PANOBIANCO et al., 1999). O tegumento das sementes

exerce papel importante na embebição, quando esta é impedida, em virtude da impermeabilidade deste, conforme Bradford (1995), a germinação não ocorre. McDonald et al. (1988) mostraram que, durante as primeiras horas de embebição, o tegumento das sementes de soja atua regulando a passagem de água, após esse período, torna-se totalmente permeável, podendo inclusive servir como reservatório de água para o uso do eixo embrionário. Brandão Júnior et al. (1997), utilizando o teste de condutividade elétrica na avaliação de sementes íntegras e destegumentadas de girassol, cv. IAC-Anhandy, verificaram que os tratamentos com sementes destegumentadas, embebidas por 18 e 24 horas, apresentaram maior eficiência para detectar as diferenças de qualidade existentes entre os lotes.

Muitos são os trabalhos realizados para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de girassol, utilizando testes de condutividade elétrica. Albuquerque et al. (2001), trabalhando com quatro genótipos de girassol, teve como objetivo avaliar a metodologia do teste de condutividade elétrica, utilizando períodos de embebição de 16, 20, 24, 28 e 32 horas, nas temperaturas de 25 e 30°C. Verificaram-se efeito do genótipo nos testes de condutividade elétrica, com inversão na classificação dos genótipos em relação aos outros testes de avaliação da qualidade fisiológica. Eles concluíram que o teste de condutividade elétrica não foi eficiente para avaliar as sementes de genótipos de girassol.

Queiroga; Duran (1997), trabalhando com três cultivares de girassol, teve como objetivo estudar a condutividade elétrica (CE) de sementes com diferentes graus de umidade (6, 9, 12 e 15%). Uma vez alcançados os diferentes graus de umidade desejados, determinou-se a CE em quatro repetições de 25 sementes por bandeja, empregando-se a diferença de potencial de 0,5v e tempo de embebição de 24 horas, a 20°C. Os resultados obtidos permitiram concluir que o grau de umidade das sementes influenciou de forma significativa a CE dos seus lixiviados, sendo as sementes com maior grau de umidade as que apresentaram os valores de condutividade elétrica mais baixos.

Em pesquisas realizadas entre laboratórios, verificou-se que o teste de condutividade elétrica é um dos mais utilizados na avaliação do vigor das sementes (HAMPTON et al., 1992 e 1994). No Brasil, é utilizado como um teste de vigor com resultados bastante promissores, principalmente em sementes de soja (MARCOS FILHO et al., 1990; PAIVA-AGUERRO, 1995; DIAS; MARCOS FILHO, 1996) e de milho (FAGIOLI, 1997).

Deve-se salientar, contudo, que a eficiência dos testes de vigor depende da escolha adequada de procedimentos, em função dos objetivos pretendidos. Além disso, existem testes mais promissores para cada espécie e, muitas vezes, para diferentes cultivares da mesma espécie. Assim, a tendência é a combinação de resultados de diferentes testes, pois o uso de apenas um teste pode gerar informações incompletas; sabe-se que o vigor pode ser refletido através de várias características, de modo que um teste isolado é considerado deficiente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, em Mossoró-RN, utilizando-se sementes de dois cultivares de girassol, no período de fevereiro a agosto de 2010.

Inicialmente foram determinados o grau de umidade, a germinação das sementes, primeira contagem de germinação, emergência de plântulas em casa de vegetação, índice de velocidade de emergência e estudados procedimentos para a condução dos testes de envelhecimento acelerado (tradicional e com solução saturada de NaCl), deterioração controlada e condutividade elétrica.

3.1 SEMENTES

Foram utilizadas sementes de girassol, cultivares Catissol e Multissol, cada um representado por cinco lotes, provenientes da Coordenadoria de Assistência Técnica Integrada (CATI), produzidas no ano agrícola de 2009.

As sementes foram homogeneizadas com auxílio de divisor tipo Boerner e durante o período experimental, os lotes permaneceram embalados em sacos de papel e armazenados em câmara fria e seca a 16°C-18°C e 50-55% de umidade relativa do ar.

3.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE INICIAL DAS SEMENTES

3.2.1 Determinação do grau de umidade

Realizado pelo método da estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas, de acordo com as Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009), utilizando-se duas subamostras de 4,0g de sementes para cada lote. Os resultados foram expressos em porcentagem média (base úmida) por lote.

3.2.2 Teste de germinação

Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes por lote, cada uma distribuída em bandejas de areia, previamente umedecidas com quantidade de água equivalente a 60% da capacidade de campo, colocadas em bancadas e mantidas em temperatura ambiente de aproximadamente 27°C . As avaliações foram efetuadas aos quatro e dez dias após a semeadura, sendo os resultados expressos em porcentagem média de plântulas normais para cada lote.

3.2.3 Primeira contagem de germinação

Esses dados foram obtidos computando-se a porcentagem de plântulas normais obtidas aos quatro dias após a instalação do teste de germinação. Os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais para cada lote.

3.2.4 Emergência de plântulas em casa de vegetação

Para a realização do teste de emergência de plântulas em casa de vegetação, foram utilizadas bandejas de poliestireno com 200 células, contendo substrato comercial (tipo Plantimax), mantidas em condições de ambiente, com irrigação periódica. Para cada lote, foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes.

A avaliação da emergência das plântulas foi efetuada aos 16 dias após a semeadura, mediante a contagem de plântulas normais emergidas, avaliadas de acordo com os critérios adotados para avaliação da parte aérea de plântulas normais em um teste de germinação. Os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais para cada lote (NAKAGAWA, 1994).

3.2.5 Índice de velocidade de emergência

O índice de velocidade de emergência (IVE) foi calculado pelo somatório das razões do número de plântulas emergidas no período pelo número de dias da semeadura à emergência, usando-se a fórmula proposta por Maguire (1962).

3.3 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO

Nesta etapa, conduziram-se estudos específicos dos testes de envelhecimento acelerado (procedimentos tradicional e com solução saturada de sal), de deterioração controlada e condutividade elétrica, procurando-se verificar sua eficiência para a identificação de diferentes níveis de vigor dos lotes estudados.

3.3.1 Envelhecimento Acelerado (procedimento tradicional)

O teste foi conduzido utilizando-se caixas plásticas transparentes (11,5 x 11,5 x 3,5) como compartimentos individuais (mini-câmaras), possuindo em seu interior suportes para apoio de uma tela metálica. Na superfície de cada uma destas, foram distribuídas 300 sementes de cada lote. Para o controle da umidade relativa do ar no interior das caixas, foram colocados 40mL de água. As caixas tampadas foram mantidas em câmara do tipo BOD, regulada a 42°C durante 24, 48 ou 72 horas.

Decorrido cada período de envelhecimento, quatro subamostras de 50 sementes por tratamento foram colocadas para germinar, seguindo o mesmo procedimento utilizado para o teste de germinação (item 3.2.2). A avaliação foi efetuada aos quatro dias após a semeadura, computando-se a porcentagem de plântulas normais para cada lote. Foi determinado também, o teor de água das sementes antes e após cada período de envelhecimento, visando à avaliação da uniformidade das condições do teste.

3.3.2 Envelhecimento Acelerado (solução saturada de NaCl)

Esta avaliação foi conduzida da mesma forma relatada para o procedimento tradicional (item 3.3.1), acondicionando-se, porém, 40mL de solução saturada de NaCl ao fundo de cada caixa plástica, em substituição a água, proporcionando ambiente com 76% de umidade relativa obtida através da proporção 40g de NaCl/100mL de água (JIANHUA; McDONALD, 1996).

3.3.3 Deterioração Controlada

O grau de umidade das sementes foi ajustado artificialmente para três níveis diferentes, 20%, 22% e 24%, através do método da atmosfera úmida (ROSSETTO et al., 1995). Para tanto, foram colocados 40mL de água em caixas plásticas transparentes (11,5x11,5x3,5) com suportes para apoio de uma tela metálica e, sobre esta, distribuídas amostras de sementes de girassol, em camada uniforme. As caixas foram tampadas e mantidas em câmara tipo BOD, a 20°C. Durante o umedecimento artificial, o grau de umidade de cada amostra foi monitorado mediante pesagens sucessivas, até se obterem os valores almejados.

Uma vez obtidos os graus de umidade desejados, cada amostra foi colocada em embalagem aluminizada, fechada hermeticamente e mantida por cinco dias em câmara fria e seca (16-18°C), com a finalidade de assegurar distribuição uniforme da água no interior das sementes. Posteriormente, as amostras foram mantidas em banho-maria a 42°C, durante 72 horas. Em seguida, foram imersas rapidamente em água fria para reduzir a temperatura, sendo instalado em seguida o teste de germinação (POWELL, 1995).

A avaliação foi realizada aos quatro dias após a semeadura, computando-se a porcentagem média de plântulas normais para cada lote. Foi verificado também, o grau de umidade das sementes após o período de 72 horas em banho-maria.

3.3.4 Condutividade Elétrica

Para determinar a marcha de liberação de eletrólitos para cada lote, foram estudados os efeitos do período de embebição, do volume de água destilada, da temperatura e do número de sementes, utilizando-se 25 e 50 sementes colocadas em copos plásticos contendo 50 ou 75mL de água destilada e mantidas a 25 ou 30°C, durante 6, 12, 18 e 24 horas de embebição. Dessa forma, os tratamentos foram os seguintes:

1. 25 sementes embebidas em 50mL de água destilada, a 25°C;
2. 50 sementes embebidas em 50mL de água destilada, a 25°C;
3. 25 sementes embebidas em 75mL de água destilada, a 25°C;
4. 50 sementes embebidas em 75mL de água destilada, a 25°C;
5. 25 sementes embebidas em 50mL de água destilada, a 30°C;
6. 50 sementes embebidas em 50mL de água destilada, a 30°C;
7. 25 sementes embebidas em 75mL de água destilada, a 30°C;
8. 50 sementes embebidas em 75mL de água destilada, a 30°C;

As avaliações foram conduzidas com quatro repetições, utilizando-se sementes previamente pesadas, sem pericarpo (ALBURQUERQUE et al, 2001), embebidas em água destilada e mantidas em BOD durante cada período considerado. A quantidade de lixiviados foi determinada com o auxílio de condutímetro marca TECNAL, modelo

TEC-4MP, e os resultados, para cada lote, expressos em $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ de semente. A análise estatística dos dados considerou apenas os períodos de 6, 12, 18 e 24 horas de embebição.

3.4 PROCEDIMENTO ESTATÍSTICO

Os dados em porcentagem, provenientes dos testes de germinação, primeira contagem de germinação, emergência de plântulas em casa de vegetação, envelhecimento acelerado (tradicional e com solução saturada de NaCl) e deterioração controlada, foram transformados em $\text{arc sen } \sqrt{x/100}$. Os dados referentes aos testes de condutividade elétrica não sofreram transformações.

Os testes de germinação, primeira contagem de germinação, emergência de plântulas em casa de vegetação foram instalados em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, segundo o esquema apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Esquema da análise de variância dos dados obtidos nos testes de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de emergência e emergência de plântulas em casa de vegetação para avaliação inicial da qualidade dos lotes de sementes de girassol, cultivares Catissol e Multissol.

Causas de variação	Graus de liberdade
Lotes	4
Resíduo	15
Total	19

Os dados obtidos nos testes de envelhecimento acelerado (procedimento tradicional e com solução saturada de sal) e de deterioração controlada foram analisados conforme delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial (lotes x períodos de condicionamento ou graus de umidade), com quatro repetições, conforme o esquema apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Esquema da análise de variância dos dados referentes aos testes de envelhecimento acelerado e deterioração controlada para as sementes de cada cultivar.

Causas de variação	Graus de liberdade
Períodos ou Graus de umidade	2
Lotes	4
Lotes x Períodos ou Graus de umidade	8
Resíduo	45
Total	59

Os dados obtidos no teste de condutividade elétrica foram analisados utilizando-se delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (lotes x períodos), com quatro repetições, de acordo com o esquema apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Esquema de análise de variância dos dados do teste de condutividade elétrica para as sementes de cada cultivar.

Causas de variação	Graus de liberdade
Períodos	3
Lotes	4
Lotes x Períodos	12
Resíduo	60
Total	79

As análises de variância foram realizadas separadamente para cada cultivar e teste conduzido e a comparação de médias foi realizado pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os dados referentes ao grau de umidade das sementes de girassol não foram submetidos à análise estatística. A análise estatística foi realizada através do programa estatístico SISVAR Versão 4.2 (FERREIRA, 2003).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 AVALIAÇÃO INICIAL DA QUALIDADE DOS LOTES DE SEMENTES DE GIRASSOL

Os dados referentes ao grau de umidade das sementes dos diferentes lotes, dentro de cada cultivar (Tabela 4), não apresentaram variações elevadas, o que é importante, pois a uniformidade do teor de água das sementes é essencial para a padronização das avaliações e obtenção de resultados consistentes (MARCOS FILHO et al., 1987; LOEFFLER et al., 1988; KRZYZANOWSKI et al., 1991; MARCOS FILHO, 1999a).

Os valores médios de germinação evidenciam que todos os lotes possuíam porcentagem média de plântulas normais superiores a mínima estabelecida ($\geq 75\%$) para a comercialização de sementes de girassol (BRASIL, 2005). Segundo Marcos Filho (1999a), é importante e coerente à comparação de lotes de sementes com germinação semelhantes e, de acordo com Powell (1986), preferencialmente situadas na Fase I da curva de perda de viabilidade. Neste estudo, todos os lotes apresentaram alta qualidade, com germinação variando entre 90 e 99%, estando situados, portanto, na fase I da curva de perda de viabilidade da semente, caracterizada por ser relativamente longa e com poucas sementes mortas.

Verifica-se que o teste de germinação não permitiu diferenciar os lotes do cultivar Catissol, cujas médias variaram de 92 a 97% (Tabela 4). Entretanto, os testes de primeira contagem de germinação, emergência de plântulas em casa de vegetação e índice de velocidade de emergência indicaram a menor qualidade dos lotes 2 e 5, a maior qualidade dos lotes 3 e 4 e comportamento intermediário do lote 1.

Em relação aos lotes do cultivar Multissol, o teste de germinação revelou o lote 7 como de melhor qualidade, os lotes 6, 9 e 10 foram agrupados num mesmo nível, não diferindo entre si, e o lote 8 como de pior qualidade fisiológica. Já os testes de primeira contagem de germinação, emergência de plântulas em casa de vegetação e índice de velocidade de emergência, apontaram os melhores resultados para os lotes 7 e 10, todavia, os lotes 8 e 9 demonstraram os piores resultados e o lote 6 revelou valores intermediários.

Tabela 4. Valores médios da determinação do grau de umidade (GU), teste de germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), emergência de plântulas (EP) e índice de velocidade de emergência (IVE) para dez lotes de sementes de girassol, cultivares Catissol e Multissol, Mossoró-RN, 2010.

Cultivares	Lotes	GU	G	PCG	EP	IVE
		 %				
Catissol	1	5,0	92 A*	77 AB	91 AB	14,50 AB
	2	5,3	92 A	66 B	85 B	13,25 B
	3	5,1	94 A	83 A	96 A	15,25 A
	4	5,0	97 A	77 AB	95 A	14,75 A
	5	5,9	93 A	66 B	88 AB	13,55 B
	C.V. (%)	-	7,2	4,7	4,16	5,48
Multissol	6	6,3	95 AB	59 AB	87 AB	13,00 AB
	7	6,2	99 A	76 A	91 A	13,75 A
	8	6,4	90 B	40 BC	78 B	12,00 B
	9	6,7	95 AB	31 C	81 AB	12,75 B
	10	6,2	95 AB	66 A	88 AB	13,25 AB
	C.V. (%)	-	18,9	6,9	4,14	5,1

*Comparação de médias dentro de cada coluna pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

4.2 ENVELHECIMENTO ACELERADO (PROCEDIMENTO TRADICIONAL)

Os resultados do teste de envelhecimento acelerado (procedimento tradicional), utilizando-se a temperatura de 42°C e três períodos de condicionamento, encontram-se na Tabela 5. A interação lotes x períodos de exposição foi significativa, demonstrando existir influência dos períodos de exposição à temperatura e umidade relativa elevadas sobre o desempenho das sementes de girassol nesse teste.

Constatou-se que, para o cultivar Catissol, o envelhecimento acelerado tradicional, quando conduzido a 42°C, durante 72 horas, foi eficiente em separar os lotes em diferentes níveis de vigor, sendo os lotes 3 e 5 de pior e melhor qualidade, respectivamente, e os lotes 1, 2 e 4 como de qualidade intermediária. Para o mesmo cultivar, o período de 24 e 48 horas de exposição não foi satisfatório para diferenciar lotes, não havendo diferenças significativas entre os cinco lotes estudados do cultivar Catissol.

Verificou-se que, o período de 24 horas, proporcionou a identificação do lote 8 como de menor potencial fisiológico para o cultivar Multissol, havendo, nesse sentido, concordância com os testes de germinação, emergência de plântulas em casa de vegetação e índice de velocidade de emergência (Tabela 4). A combinação 42°C/24h identificou o lote 10 como superior, o lote 8 como inferior e os lotes 6, 7 e 9 como intermediários. Neste estudo, constatou-se que os períodos de 48 e 72 horas não foram sensíveis para identificar os lotes do cultivar Multissol em diferentes níveis de potencial fisiológico.

A literatura indica que, apesar de vários estudos terem sido conduzidos, ainda não há consenso entre os pesquisadores quanto aos períodos mais adequados na execução do teste de envelhecimento acelerado para sementes de diversas espécies de importância econômica. Portanto, o que predomina nas pesquisas desse teste, segundo

Marcos Filho (1999b), é a avaliação mediante a sensibilidade de amostras ao envelhecimento, através de tentativas do uso de vários períodos de exposição.

Nesse aspecto, alguns trabalhos com sementes de grandes culturas, envolvendo diferentes períodos e temperaturas foram realizados, entre os quais se destacam o de sementes de soja, 41°C/48h (ROSSETTO; MARCOS FILHO, 1995; SCHUAB et al, 2006); milho, 45°C/72h e soja 42°C/48h (DUTRA; VIEIRA, 2004); canola, 42°C/24h (ÁVILA et al., 2005); girassol, 42°C/96h (BRAZ et al., 2008); mamona, 41°C/72h (MENDES et al., 2010); sorgo, 41°C/96h (SOARES et al., 2010); e milho, 42°C/96h (PERES, 2010). Essas pesquisas, de certa forma, concordam em partes com as combinações (42°C/24h e 42°C/72h), consideradas promissoras neste estudo.

O grau de umidade das sementes, após os períodos de condicionamento (Tabela 5), variou entre os lotes de 1,2 a 1,9 pontos percentuais para o envelhecimento acelerado tradicional, dependendo da combinação período/temperatura utilizada, estando estas variações inferiores aos limites toleráveis. Nesse sentido, Tomes et al (1998); Marcos Filho (1999a) relatam que um dos principais indicadores da uniformidade das condições do envelhecimento acelerado é o grau de umidade das sementes após o teste, pois, variações de 3 a 4 pontos percentuais entre amostras são consideradas toleráveis.

Portanto, neste estudo verificou-se que o teste de envelhecimento acelerado tradicional, utilizando as combinações 42°C/24h e 42°C/72h, revelaram-se como as mais promissoras para distinguir a qualidade fisiológica dos lotes de sementes de girassol dos cultivares Multissol e Catissol, respectivamente.

Tabela 5. Valores médios (%) dos testes de envelhecimento acelerado (procedimento tradicional) e grau de umidade após os períodos de condicionamento de dez lotes de sementes de girassol, dos cultivares Catissol e Multissol, a 42°C, Mossoró-RN, 2010.

Cultivares	Lotes	EA (procedimento tradicional)			Grau de umidade após o EA		
		42°C			42°C		
		24h	48h	72h	24h	48h	72h
		 %					
Catissol	1	77 Aab*	86 Aa	69 BCb	19,0	24,0	24,8
	2	83 Aab	88 Aa	77 ABb	17,9	22,5	23,0
	3	74 Aa	81 Aa	59 Cb	19,2	23,0	24,0
	4	85 Aa	82 Aab	74 ABb	17,6	22,4	24,7
	5	75 Aa	79 Aa	81 Aa	19,1	24,2	24,9
C.V. (%) = 7,5							
Multissol	6	81 ABab	90 Aa	80 Ab	19,4	21,6	22,7
	7	85 ABa	88 Aa	75 Ab	19,7	20,9	22,8
	8	80 Bb	90 Aa	83 Aab	18,2	20,1	23,2
	9	86 ABa	86 Aa	81 Aa	19,2	19,9	22,0
	10	91 Aa	81 Ab	83 Aab	18,7	21,3	22,4
C.V. (%) = 6,1							

*Letras maiúsculas: comparação de médias dentro de cada coluna pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade. Letras minúsculas: comparação de médias dentro de cada linha pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

4.3 ENVELHECIMENTO ACELERADO (SOLUÇÃO SATURADA DE SAL)

Na Tabela 6 podem ser observados os resultados referentes ao teste de envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl, utilizando-se a temperatura de 42°C e três períodos de condicionamento. Verificou-se, para o cultivar Catissol, que os períodos de 48 e 72 horas de envelhecimento acelerado, com solução salina, não detectaram diferenças no potencial fisiológico entre os lotes estudados. Nota-se que os valores de germinação observados nestes períodos de condicionamento foram maiores

ou iguais a 77% e que o grau de umidade máximo de 8,7%, atingido pelas sementes nesse teste, mesmo associado à temperatura elevada, não tenha sido suficiente para promover estresses, que resultem na diminuição do desempenho germinativo.

Por outro lado, o período de 24 horas de envelhecimento, apresentou melhor classificação dos lotes em diferentes níveis de vigor. Assim, para o cultivar Catissol, apontaram os lotes 1 e 5 como os menos vigorosos, o lote 4 como de melhor qualidade e os 2 e 3 com qualidade intermediária. De forma geral, esses resultados concordam em parte com os obtidos nos testes de primeira contagem de germinação, emergência de plântulas em casa de vegetação e índice de velocidade de emergência. No caso do cultivar Multissol, também houve concordância com os testes de germinação, emergência de plântulas em casa de vegetação e índice de velocidade de emergência (Tabela 4) e foi confirmada a inferioridade e superioridade da qualidade dos lotes 8 e 7, respectivamente.

Constatou-se, para o cultivar Multissol, que os períodos de 24 e 72 horas proporcionaram diferenças no potencial fisiológico entre os lotes avaliados. Desse modo, para o período de 24 horas de envelhecimento, os lotes 7 e 9 foram classificados como de melhor qualidade, o lote 8 como de pior qualidade e os lotes 6 e 10 com qualidade intermediária. Porém, para o período de 72 horas, os lotes 7 e 10 apresentaram, respectivamente, a pior e melhor qualidade, e os lotes 6, 8 e 9 qualidade intermediária.

Tabela 6. Valores médios (%) dos testes de envelhecimento acelerado (com solução salina) e grau de umidade após os períodos de condicionamento de dez lotes de sementes de girassol, dos cultivares Catissol e Multissol, a 42°C, Mossoró-RN, 2010.

Cultivares	Lotes	EA (com solução salina)			Grau de umidade após o EA		
		42°C			42°C		
		24h	48h	72h	24h	48h	72h
..... %							
Catissol	1	75 Bb *	77 Ab	87 Aa	7,5	7,4	6,9
	2	86 ABab	81 Ab	92 Aa	7,1	7,4	6,7
	3	81 ABa	82 Aa	88 Aa	7,2	7,3	7,0
	4	92 Aa	87 Aa	84 Aa	7,1	7,0	6,8
	5	78 Bb	79 Aab	88 Aa	8,5	8,7	8,3
C.V. (%) = 6,63							
Multissol	6	88 ABa	85 Aa	82 ABCa	7,5	7,5	7,8
	7	90 Aa	84 Aab	78 Cb	7,6	7,7	8,3
	8	74 Cb	85 Aa	89 ABa	7,7	7,8	8,1
	9	90 Aa	89 Aa	80 BCb	7,9	7,3	8,1
	10	79 BCb	88 Aa	91 Aa	7,9	6,7	8,4
C.V. (%) = 5,9							

*Letras maiúsculas: comparação de médias dentro de cada coluna pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade. Letras minúsculas: comparação de médias dentro de cada linha pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

Em relação ao grau de umidade das sementes após os períodos de envelhecimento (Tabela 6), os resultados mostraram-se, em geral semelhantes para os dez lotes estudados. Verificou-se que o grau de umidade das sementes expostas à solução salina apresentou valores menores e mais uniformes, após os períodos de envelhecimento, em relação aos observados pelo procedimento tradicional (Tabela 5). A variação no grau de umidade das sementes após os períodos de envelhecimento com solução de NaCl foi de até 1,7 pontos percentuais entre lotes de mesmo cultivar, estando abaixo dos limites toleráveis. Uma possível explicação para este fato é que a exposição das sementes a solução saturada de sais durante a realização do teste de envelhecimento acelerado, as quais reduzem a umidade relativa do ambiente no

interior dos compartimentos individuais para 76%, retardam a absorção de água pelas sementes.

Para Marcos Filho et al. (2001), as condições de envelhecimento com o uso de solução salina promoveram efeitos menos drásticos em relação ao normalmente verificado com o uso do método tradicional. Além disso, reduz o desenvolvimento de microorganismos, minimizando, assim, a preocupação com efeitos de microorganismos nos resultados do teste (JIANHUA; McDONALD, 1997).

É interessante ressaltar que nesse procedimento não houve redução drástica dos percentuais de germinação, quando comparado à mesma combinação no procedimento tradicional (Tabela 5), pois a utilização de solução saturada de sal implica em menor grau de umidade das sementes após o teste, quando comparado ao procedimento tradicional, havendo assim redução na taxa de deterioração das sementes.

Nesse aspecto, o teste de envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl, utilizando o período de 48 horas, para os dois cultivares, não foi eficiente em diferenciar os lotes. Todavia, o período de 24 horas foi sensível na separação dos lotes para ambos cultivares estudados e que o período de condicionamento a 72 horas foi eficiente apenas para o cultivar Multissol.

4.4 DETERIORAÇÃO CONTROLADA

Os dados referentes ao teste de deterioração controlada a 42°C, durante 72 horas, utilizando-se dez lotes de sementes de girassol, cultivares Catissol e Multissol, com grau de umidade ajustado artificialmente para três níveis diferentes (20%, 22% e 24%) e período de condicionamento em banho-maria, são apresentados na Tabela 7.

Os resultados do teste de deterioração controlada com o grau de umidade das sementes do cultivar Catissol, ajustado para 22%, revelou o lote 1 como o de melhor e o lote 3 como o de pior desempenho, e os lotes 2, 4 e 5 como de desempenho intermediário. Quando o grau de umidade das sementes foram ajustados para 20% e 24%, não se observaram diferenças de potencial fisiológico entre os cinco lotes estudados, a semelhança do ocorrido na caracterização inicial dos lotes para o teste de germinação (Tabela 4), envelhecimento acelerado procedimento tradicional a 42°C, durante 24 e 48 horas (Tabela 5) e envelhecimento acelerado utilizando solução saturada de sal a 42°C/48h e 42°C/72h (Tabela 6). Resultados discordantes foram encontrados por (BRAZ et al., 2009) que verificou que a combinação de 20% de água por 72 horas de exposição, no teste de deterioração controlada, permitiu classificar os lotes de aquênios de girassol do cultivar Catissol-01.

Para o cultivar Multissol, na deterioração controlada com grau de umidade ajustado para 20%, os lotes 7 e 10 apresentaram-se superiores aos demais, sendo os lotes 6 e 9 intermediários e o lote 8 de menor potencial fisiológico; com grau de umidade ajustado para 22%, o teste de deterioração controlada não apontou diferenças de potencial fisiológico entre os cinco lotes estudados desse cultivar; com grau de umidade ajustado para 24%, os lotes 7 e 9 não diferiram entre si, apresentando maior qualidade, e os lotes 6 e 8 apresentaram menor qualidade fisiológica.

Examinando-se a Tabela 7, verifica-se, de forma geral, que o grau de umidade ajustado para 20% e 24% apontaram o lote 8 do cultivar Multissol como menos vigoroso, confirmando os resultados obtidos na avaliação inicial dos lotes de sementes através dos testes de germinação, emergência de plântulas em casa de vegetação, índice de velocidade de emergência (Tabela 4), teste de envelhecimento acelerado, procedimento tradicional e com solução saturada de sal na combinação 42°C/24h (Tabelas 5 e 6, respectivamente); o lote 7 foi indicado como de qualidade mais elevada, ratificando os resultados alcançados nos testes de germinação, primeira contagem de germinação, emergência de plântulas em casa de vegetação, índice de

velocidade de emergência (Tabela 4), teste de envelhecimento acelerado com solução salina a 42°C/24h (Tabela 6).

Diante dos resultados obtidos, constatou-se que a combinação 22%/72h apresentou maior poder discriminatório da qualidade dos lotes de sementes de girassol, cultivar Catissol, com relação ao potencial fisiológico. No tocante ao cultivar Multissol, as combinações 20%/72h e 24%/72h foram consideradas as mais eficientes em detectar diferenças de vigor entre os lotes avaliados. Esses resultados concordam em parte aos obtidos por Braz et al. (2008), que indicaram o teste de deterioração controlada, com as combinações de 20% de água por 72 horas de exposição para classificar os lotes de aquênios de girassol em diferentes níveis de vigor.

Os dados referentes ao grau de umidade das sementes, após o período em banho-maria, no teste de deterioração controlada, encontram-se na Tabela 7. Verificou-se que esse parâmetro variou de 0,2 a 0,7 pontos percentuais entre lotes do mesmo cultivar, situando-se dentro de limites toleráveis. Examinando-se os resultados, verifica-se que o grau de umidade das sementes se manteve aproximadamente constante, durante o decorrer do teste de deterioração controlada.

Portanto, neste estudo, observa-se que o período de 72 horas em banho-maria, a 42°C, com ajuste do grau de umidade das sementes para 20%, 22% e 24%, não permitiram a diferenciação dos lotes de todos os cultivares estudados. Quando o teor de água foi ajustado para 22%, houve separação dos lotes para o cultivar Catissol, porém, os lotes do cultivar Multissol, somente foram classificados em diferentes níveis quando os graus de umidade das sementes foram ajustados para 20% e 24%.

Tabela 7. Valores médios (%) dos testes de deterioração controlada e grau de umidade após o período em banho-maria de dez lotes de sementes de girassol, dos cultivares Catissol e Multissol, Mossoró-RN, 2010.

Cultivares	Lotes	Deterioração Controlada (DC)			Grau de umidade após DC		
		72h			72h		
		20%	22%	24%	20%	22%	24%
..... %							
Catissol	1	71 Aa *	74 Aa	79 Aa	20,3	22,1	24,4
	2	77 Aa	59 BCb	72 Aa	20,3	21,7	24,4
	3	69 Aa	56 Cb	68 Aa	20,4	21,8	24,3
	4	76 Aa	63 ABCb	79 Aa	20,4	22,1	23,9
	5	70 Aa	72 ABa	77 Aa	20,2	22,0	24,2
C.V. (%) = 9,5							
Multissol	6	79 ABa	82 Aa	60 Bb	20,1	21,9	24,4
	7	83 Aa	80 Aa	80 Aa	20,4	21,7	24,3
	8	65 Bb	89 Aa	60 Bb	19,9	22,1	24,1
	9	78 ABa	77 Aa	82 Aa	19,7	21,8	23,9
	10	85 Aa	81 Aab	72 ABb	19,8	22,1	24,4
C.V. (%) = 9,6							

*Letras maiúsculas: comparação de médias dentro de cada coluna pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade. Letras minúsculas: comparação de médias dentro de cada linha pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

4.5 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Os resultados do teste de condutividade elétrica, envolvendo as combinações de número de sementes, volumes de água e temperatura, nos diferentes períodos de embebição, são apresentados nas Tabelas de 8 a 11.

A análise dos resultados permitiu verificar que para a combinação 25 sementes / 50mL / 25°C em todos os períodos de embebição, não houve diferenciação entre os lotes do cultivar Catissol, exceto para o período de 24 horas, que indicou os lotes 2 e 4

como de maior potencial fisiológico, os lotes 1 e 3 como de qualidade intermediária e o lote 5 com qualidade inferior aos demais. Já para o cultivar Multissol, esta combinação foi eficiente em classificar os lotes para todos os períodos de embebição (6, 12, 18 e 24h), que apontaram os lotes 7 e 8 como de qualidades inferior e superior, respectivamente.

A análise dos dados constatou que, no geral, para o cultivar Catissol, as combinações de número de sementes e volume de água destilada nos diferentes períodos de embebição mostrou-se eficiente em diferenciar o potencial fisiológico entre os lotes estudados, indicando o lote 4 como de qualidade superior aos demais. Essa tendência é a mesma obtida nos testes de germinação, emergência de plântulas em casa de vegetação, índice de velocidade de emergência (Tabela 4), teste de envelhecimento acelerado, procedimento tradicional e com solução salina a 42°C/24h (Tabelas 5 e 6, respectivamente).

Constataram-se nos resultados que as diversas combinações de número de sementes e volumes de água para as temperaturas de 25°C e 30°C, estudadas no teste de condutividade elétrica, apresentaram semelhanças na distinção dos lotes de sementes do cultivar Multissol em relação ao seu potencial fisiológico. Assim, os procedimentos indicaram o lote 8 como sendo o mais vigoroso e o lote 7 como o menos vigoroso. De forma geral, estes resultados discordam com os obtidos nos testes de germinação, emergência de plântulas em casa de vegetação, índice de velocidade de emergência (Tabela 4), envelhecimento acelerado com solução salina a 42°C/24h (Tabela 6), deterioração controlada com graus de umidade ajustados para 20% e 24% (Tabela 7), que em linhas gerais apontaram o inverso, o lote 7 como superior e o lote 8 como inferior aos demais.

Tabela 8. Valores médios dos testes de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm.g}$) utilizando as combinações 25 sementes/50mL e 50 sementes/50mL, a 25°C, de dez lotes de sementes de girassol, dos cultivares Catissol e Multissol, em cada período de embebição, Mossoró-RN, 2010.

Cultivares	Lotes	Períodos de Embebição (h)			
		6	12	18	24
.....25 sementes / 50mL / 25°C.....					
Catissol	1	47,9 Aa *	57,3 Aa	66,1 Aa	67,9 ABa
	2	36,7 Aa	44,8 Aa	53,7 Aa	56,2 Aa
	3	46,2 Aa	57,6 Aa	66,5 Aa	68,3 ABa
	4	35,7 Aa	44,4 Aa	51,5 Aa	55,1 Aa
	5	45,3 Aa	60,2 Aab	71,5 Ab	80,9 Bb
C.V. (%) = 22,4					
Multissol	6	42,8 BCa	54,7 BCab	63,5 Bb	68,9 Bb
	7	58,0 Ca	71,2 Cab	78,2 Bb	81,5 Bb
	8	22,7 Aa	26,9 Aa	28,4 Aa	29,1 Aa
	9	32,2 ABa	39,5 ABa	43,9 Aa	44,8 Aa
	10	48,0 BCa	57,9 BCab	65,9 Bab	68,3 Bb
C.V. (%) = 19,0					
.....50 sementes / 50mL / 25°C.....					
Catissol	1	47,3 BCa	60,2 Bab	68,1 Cb	71,5 Cb
	2	42,5 ABa	53,9 ABab	60,9 BCb	66,0 BCb
	3	62,3 Ca	77,7 Cab	87,8 Dbc	94,3 Dc
	4	30,4 Aa	38,4 Aa	42,9 Aa	45,3 Aa
	5	37,1 ABa	45,3 ABa	50,5 ABa	51,9 ABa
C.V. (%) = 14,9					
Multissol	6	31,2 Ba	36,5 Bab	42,6 Bbc	48,7 Bc
	7	49,7 Ca	60,4 Db	69,2 Dbc	75,6 Cc
	8	17,9 Aa	21,6 Aa	24,4 Aa	25,9 Aa
	9	28,6 Ba	36,4 Bab	42,6 Bbc	47,9 Bc
	10	36,9 Ba	46,2 Cb	53,5 Cbc	57,2 Bc
C.V. (%) = 11,4					

*Letras maiúsculas: comparação de médias dentro de cada coluna pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade. Letras minúsculas: comparação de médias dentro de cada linha pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

Tabela 9. Valores médios dos testes de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm.g}$) utilizando as combinações 25 sementes/75mL e 50 sementes/75mL, a 25°C, de dez lotes de sementes de girassol, dos cultivares Catissol e Multissol, em cada período de embebição, Mossoró-RN, 2010.

Cultivares	Lotes	Períodos de Embebição (h)			
		6	12	18	24
.....25 sementes / 75mL / 25°C.....					
Catissol	1	51,5 Ca*	66,1 Bab	78,4 Bbc	86,3 Bc
	2	26,5 ABa	33,5 Aa	38,5 Aa	41,1 Aa
	3	42,9 BCa	62,4 Bb	74,4 Bb	80,5 Bb
	4	22,9 Aa	28,6 Aa	32,9 Aa	35,3 Aa
	5	28,9 ABa	32,5 Aa	35,7 Aa	38,5 Aa
C.V. (%) = 21,4					
Multissol	6	29,5 ABa	36,7 Aa	40,4 Aa	43,3 ABa
	7	48,4 Ba	65,6 Ba	63,7 Ba	64,5 Ba
	8	19,6 Aa	22,7 Aa	23,9 Aa	24,5 Aa
	9	29,9 ABa	37,3 Aa	44,2 ABa	44,9 ABa
	10	31,7 ABa	37,4 Aa	43,4 ABa	43,8 ABa
C.V. (%) = 28,4					
.....50 sementes / 75mL / 25°C.....					
Catissol	1	36,9 CDa	46,1 Cab	51,7 Bbc	56,8 Bc
	2	24,3 ABa	30,6 ABab	34,1 Ab	37,2 Ab
	3	45,7 Da	56,9 Db	63,3 Cbc	68,9 Cc
	4	21,3 Aa	26,5 Aab	29,4 Aab	31,4 Ab
	5	31,6 BCa	39,7 BCab	45,5 Bb	48,9 Bb
C.V. (%) = 12,2					
Multissol	6	24,5 Ba	30,6 Bab	33,7 Bab	36,7 Bb
	7	50,0 Ca	59,9 Cab	69,7 Cbc	74,7 Cc
	8	13,1 Aa	15,4 Aa	16,1 Aa	17,1 Aa
	9	22,7 ABa	28,3 Bab	31,5 Bab	35,2 Bb
	10	30,8 Ba	37,9 Bab	40,0 Bab	45,2 Bb
C.V. (%) = 15,6					

*Letras maiúsculas: comparação de médias dentro de cada coluna pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade. Letras minúsculas: comparação de médias dentro de cada linha pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

Tabela 10. Valores médios dos testes de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm.g}$) utilizando as combinações 25 sementes/50mL e 50 sementes/50mL, a 30°C, de dez lotes de sementes de girassol, dos cultivares Catissol e Multissol, em cada período de embebição, Mossoró-RN, 2010.

Cultivares	Lotes	Períodos de Embebição (h)			
		6	12	18	24
.....25 sementes / 50mL / 30°C.....					
Catissol	1	63,1 Ba *	82,4 Bab	89,2 Cbc	101,9 Cc
	2	46,5 ABa	60,7 Aab	66,2 ABb	74,9 ABb
	3	48,7 ABa	61,6 Aab	66,8 ABab	74,2 ABb
	4	39,2 Aa	50,1 Aab	53,9 Aab	59,8 Ab
	5	51,4 ABa	68,4 ABab	75,8 BCb	85,4 BCb
C.V. (%) = 15,8					
Multissol	6	38,2 ABa	47,6 ABa	56,9 Ba	61,4 Ba
	7	60,9 Ba	74,3 Cab	87,5 Cbc	100,3 Cc
	8	24,5 Aa	28,2 Aa	31,2 Aa	33,5 Aa
	9	41,6 ABa	53,7 ABCa	62,4 BCa	62,3 Ba
	10	48,2 ABa	57,8 BCa	63,5 BCa	70,4 Ba
C.V. (%) = 23,4					
.....50 sementes / 50mL / 30°C.....					
Catissol	1	60,6 Ba	78,1 Bb	86,2 Bb	102,6 Cc
	2	38,1 Aa	49,1 Aab	53,9 Abc	63,5 Bc
	3	67,1 Ba	86,8 Bb	95,6 Bb	113,3 Cc
	4	30,8 Aa	39,3 Aab	42,5 Aab	47,7 Ab
	5	38,3 Aa	48,9 Aab	51,7 Aab	57,2 ABb
C.V. (%) = 11,7					
Multissol	6	36,5 Ba	45,9 BCab	52,0 Bbc	59,7 Bc
	7	64,2 Ca	76,9 Da	92,5 Cb	108,7 Dc
	8	22,0 Aa	26,4 Aa	28,7 Aa	30,8 Aa
	9	32,7 ABa	44,7 Bab	55,2 Bbc	65,3 BCc
	10	41,9 Ba	59,1 Cb	65,5 Bbc	73,8 Cc
C.V. (%) = 12,8					

*Letras maiúsculas: comparação de médias dentro de cada coluna pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade. Letras minúsculas: comparação de médias dentro de cada linha pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

Tabela 11. Valores médios obtidos em testes de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm.g}$) utilizando as combinações 25 sementes/75mL e 50 sementes/75mL, a 30°C, de dez lotes de sementes de girassol, dos cultivares Catissol e Multissol, em cada período de embebição, Mossoró-RN, 2010.

Cultivares	Lotes	Períodos de Embebição (h)			
		6	12	18	24
		25 sementes / 75mL / 30°C.....			
Catissol	1	49,3 Ca *	63,7 Bb	67,7 Bbc	77,5 Bc
	2	27,8 Aa	34,9 Aa	36,3 Aa	39,3 Aa
	3	44,5 BCa	58,1 Bb	63,1 Bb	68,8 Bb
	4	32,9 ABa	42,4 Aab	44,6 Aab	48,8 Ab
	5	35,8 ABCa	43,6 Aa	45,0 Aa	48,5 Aa
		C.V. (%) = 14,7			
Multissol	6	23,9 Aa	29,2 ABa	32,5 ABa	35,4 ABa
	7	45,8 Ca	58,6 Cab	67,8 Cbc	75,9 Cc
	8	14,2 Aa	16,8 Aa	18,5 Aa	19,6 Aa
	9	26,6 ABa	34,9 Bab	39,2 Bab	43,7 Bb
	10	42,0 BCa	53,7 Cab	59,1 Cb	63,3 Cb
		C.V. (%) = 21,7			
		50 sementes / 75mL / 30°C.....			
Catissol	1	36,5 ABa	46,6 BCab	50,4 BCb	58,7 BCb
	2	26,1 Aa	33,7 ABab	35,3 Aab	40,8 Ab
	3	42,7 Ba	54,9 Cab	60,1 Cbc	70,1 Cc
	4	26,1 Aa	32,9 Aab	35,0 Aab	39,6 Ab
	5	31,2 ABa	40,0 ABab	42,0 ABab	47,3 ABb
		C.V. (%) = 15,8			
Multissol	6	40,9 Ba	38,0 Ba	43,3 Ba	44,3 Ba
	7	47,0 Ba	41,7 BCa	47,4 Ba	49,4 Ba
	8	21,4 Aa	18,5 Aa	20,2 Aa	20,0 Aa
	9	43,3 Ba	40,9 Bab	48,9 BCab	51,5 BCb
	10	57,7 Ca	51,3 Ca	57,8 Ca	59,8 Ca
		C.V. (%) = 11,8			

*Letras maiúsculas: comparação de médias dentro de cada coluna pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade. Letras minúsculas: comparação de médias dentro de cada linha pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

Os resultados alcançados nos testes de condutividade elétrica indicaram diferentes separações entre os lotes do cultivar Catissol. As combinações de 25 sementes / 75mL / 25°C nos períodos de 12, 18 e 24 horas, 50 sementes / 50mL / 30°C nos períodos de 6, 12, 18 e 24 horas e 25 sementes / 75mL / 30°C nos períodos de 12, 18 e 24 horas apontaram os lotes 1 e 3 como inferiores aos demais, enquanto a combinação de 25 sementes / 50mL / 25°C no período de 24 horas, apontou o lote 5 como de menor potencial fisiológico comparados aos demais.

Para o cultivar Multissol, as combinações de número de sementes e volumes de água destilada nos diferentes períodos de embebição promoveram diferenciação entre os lotes estudados, o que pode indicar que o teste de condutividade elétrica pode ser sensível para detectar diferenças de potencial fisiológico entre tais lotes. Todas as combinações indicaram o lote 7 como inferior e o lote 8 como superior, exceto a combinação 50 sementes/75mL/30°C, que apontou o lote 10 como inferior aos demais.

Os resultados obtidos com o teste de condutividade elétrica para ambos os cultivares, nas diversas combinações e nos diferentes períodos de embebição, indicaram um aumento progressivo das leituras com o decorrer dos períodos de embebição, o que concorda com as observações de Loeffler et al. (1988), Marcos Filho et al. (1990) e Dias et al. (1996). Observou-se que, todos os tratamentos apresentaram significativa lixiviação após o período inicial de 6 horas de embebição, permitindo estratificação dos lotes quanto ao potencial fisiológico. Em relação à temperatura, verificou-se que a lixiviação de exsudatos foi proporcional ao aumento da temperatura empregada, ou seja, a elevação da temperatura de 25°C para 30°C proporcionou aumento na lixiviação dos exsudatos, mas manteve as tendências ordenadas de acréscimo dos lixiviados durante os períodos de embebição.

Em relação ao número de sementes, verificou-se que, mantendo constantes a temperatura, o volume e o período de embebição os valores da lixiviação apresentaram aumentos de condutividade em função do aumento do número de sementes, para ambos os cultivares, nas diversas combinações. Nesse sentido, constatou-se que as

combinações de 25 sementes, para os dois cultivares, apresentaram coeficiente de variação médio de 20,9%, enquanto que o de 50 sementes, foi de 13,3%.

Verificou-se que o aumento do volume de água, quando se mantiveram constantes os outros fatores (temperatura, número de sementes e período de embebição), estabeleceu em geral, relação direta com a diminuição do valor da lixiviação. Essa tendência foi observada para os dois cultivares estudados nos diferentes procedimentos; os valores de lixiviação no maior volume foram inferiores ou próximos aos do tratamento com menor volume.

Para a combinação de 50 sementes/75mL/25°C, o teste de condutividade elétrica apresentou resultados consistentes pelo fato dela permitir a classificação dos lotes.

5 CONCLUSÕES

O teste de envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl, utilizando o binômio temperatura/período de exposição de 42°C/24 horas e o de condutividade elétrica, utilizando a combinação 25°C/75mL/50 sementes apresentaram sensibilidade para avaliação do potencial fisiológico de sementes de girassol;

Os testes de deterioração controlada e de envelhecimento acelerado, procedimento tradicional, não se constituíram em opção eficiente para avaliação do vigor das sementes de girassol, contudo, há necessidade de estudos adicionais para determinação dos procedimentos mais adequados para sua condução.

REFERÊNCIAS

- ABDEL SAMAD, L. M.; PEARCE, R. S. Leaching of ions, organic molecules, and enzymes from seeds of peanut (*Arachis hypogaea* L.) imbibing without testas or with intact testas. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 29, n. 112, p. 1471-1478, 1978.
- ADAMO, P. E.; SADER, R.; UNGARO, M. R. E. Comportamento germinativo de sementes de girassol submetidas ao teste de envelhecimento precoce. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 6, n. 3, p. 15-20, 1984.
- AGUIAR, R. H.; FANTINATTI, J. P.; GROTH, D.; USBERTI, R. Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de girassol de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 134-139, 2001.
- ALBUQUERQUE, M. C. F.; CARVALHO, N. M. Effects of the environmental stress on the emergence of sunflower (*Helianthus annuus* L.), soybean (*Glycine max* L. Merrill) and maize (*Zea mays* L.) seeds with different levels of vigor. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 31, p. 465-479, 2003.
- ALBUQUERQUE, M. C. F.; FABÍOLA, V.; MORO, F. V.; FAGIOLI, M.; RIBEIRO, M. C. Testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 1-8, 2001.
- ALVES, E.; CAVARIANI, C.; CORRÊA, M. R.; SOUZA, F. G.; CORRÊA, T. M.; NAKAGAWA, J. Efeito dos períodos de envelhecimento na lixiviação de íons e proteínas solúveis em sementes de milho. **Revista brasileira de sementes**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 119-125, 2004.
- AMABILE, R. F.; FERNANDES, F. D.; SANZONOWICS, C. **Girassol como alternativa para o sistema de produção do cerrado**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 3 p. (Circular técnica, n. 20).

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS - AOSA. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. 93p. (Contribution, n. 32).

ÁVILA, M. R. et al. Testes de laboratório em sementes de canola e a correlação com a emergência das plântulas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 62- 76, 2005.

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A. Teste de comprimento de plântulas sob estresse hídrico na avaliação do potencial fisiológico das sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 117-124, 2007.

BAILLY, C.; BENAMAR, A.; CORBINEAU, F. CÔME, D. Changes in malondialdehyde content and superoxide dismutase, catalase and glutathione reductase activities in sunflower seeds as related to deterioration during accelerated ageing. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 97, p. 104-110, 1996.

BASRA, A. S. **Seed Quality: Basic Mechanisms and Agricultural implications**. Food Products Press, 1994. 389p.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.

BRADFORD, K. J. Water relations in seed germination. In: KIGEL, Y.; GALLI, G. (Ed.) **Seed development and germination**, New York: Marcel Dekker, 1995. cap. 3., p.351-356.

BRANDÃO JUNIOR, D. S.; RIBEIRO, D. C. A.; BERNADINO FILHO, J. R.; VIEIRA, M. C. C. C. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Informativo ABRATES**, Brasília, v. 17, n. 1/2, p. 184, 1997. Trabalho apresentado no X Congresso Brasileiro de Sementes, Foz do Iguaçu, PR, 1997.

BRASIL. Instrução Normativa nº 25, de 16 de dezembro de 2005. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 16 dez. 2005. Col. 2, p. 2.

BRASIL, Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Departamento Nacional de Produção Vegetal, 2009, 365p.

BRAZ, M. R. S.; BARROS, C. S.; CASTRO, F. P.; ROSSETTO, C. A. V. Testes de envelhecimento acelerado e deterioração controlada na avaliação do vigor de aquênios de girassol. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 7, p. 1857-1863, 2008.

BRAZ, M. R. S.; ROSSETTO, C. A. V. Correlação entre testes para avaliação da qualidade de sementes de girassol e emergência das plântulas em campo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2004-2009, 2009.

BRAZ, M. R. S.; ROSSETTO, C. A. V. Estabelecimento de plântulas e desempenho de plantas em resposta ao vigor dos aquênios de girassol. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 1997-2003, 2009.

CARVALHO, C. G. P.; OLIVEIRA, M. F.; PORTO, W. S.; LEITE, R. M. V. B. C.; ARIAS, C. A. A.; CASTIGLIONI, V. B. R. **Informes de avaliação de genótipos de girassol, 2002/2003**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 2003. 97 p.

CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 1-30.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; CASTRO, C.; SILVEIRA, J. M. **Fases de desenvolvimento da planta do girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1994. 24p. (Documentos, n. 58).

CAVASIN, P. **A cultura do girassol**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 69 p.

COLETE, J. C. F.; VIEIRA, R. D.; DUTRA, A. S. Electrical conductivity and soybean seedling emergence. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 61, n. 4, p. 386-391, 2004.

COSTA, P. S. C.; CARVALHO, M. L. M. Teste de condutividade elétrica individual na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de café. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 92-96, 2006.

DE CAMPO LEITE, R. M. V. B; BRIGHENTI, A. M.; DE CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 641p.

DELOUCHE, J. C. An accelerated aging technique for predicting relative storability of crimson clover of seeds lots. **Agronomy Abstracts**, American Society of Agronomists Meeting, p. 40, 1965.

DELOUCHE J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 2, p. 427-452, 1973.

DESWAL, D. P.; SHEORAN, I. S. A simple method for seed leakage measurement: applicable to single seeds of any size. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 21, n. 1, p. 179-185, 1993.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine Max* (L.) *Merrill*). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 31-42, 1996.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J.; CARMELLO, Q. A. C. Potassium leakage test for the evaluation of vigour in soybean seeds. **Seed Science and technology**, Zürich, v. 25, n. 1, p. 7-18, 1996.

DURÃES, E. L.; CHAMMA, H. M. C. P.; COSTA, J. D.; MAGALHÃES, P. C.; BORBA, C. S. Índices de vigor de sementes de milho (*Zea mays* L.): Associação com emergência em campo, crescimento e rendimento de grãos. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 17, n. 1, p. 13-18, 1995.

DUTRA, A. S.; MEDEIROS FILHO, S. Teste de deterioração controlada na determinação do vigor em sementes de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 19-23, 2008.

DUTRA, A. S.; VIEIRA, R. D. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de milho e soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 715-721, 2004.

ELLIS, R. H. Seed and seedling vigour in relation to crop growth and yield. **Plant Growth Regulation**, Netherland, v. 11, n. 1, p. 249-255, 1992.

EMBRAPA – Tecnologias da produção de girassol. Disponível em:
<<http://www.cnpso.embrapa.br/producaogirassol/importancia.htm>> Acesso em : 26 dez 2010.

FAGIOLI, M. Relação entre a condutividade elétrica de sementes e a emergência para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine Max* (L.) Merril). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 31-42, 1997.

FANAN, S.; MEDINA, P. F.; LIMA, T. C.; MARCOS FILHO, J. M. Avaliação do vigor de sementes de trigo pelos testes de envelhecimento acelerado e de frio. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 152-158, 2006.

FERGUSON, J. M. Perspective of seed vigor testing. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v. 17, n. 2, p. 110-120, 1993.

FERREIRA, D. F. **Sisvar – Sistemas de análises de variância versão 4.2**. Lavras: DEX/UFLA, 2003.

GASPAR, M. A.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em função do número de sementes e da quantidade de água para sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.24, n.2, p.70-76, 2002.

GIDROL, X.; NOUBHANI, A.; PRADET, A. Biochemical changes induced by accelerated aging in sunflower seeds. II. RNA populations and proteins synthesis. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 80, n. 1, p. 598-604, 1990.

GIVELBERG, A.; HOROWITZ, M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. Solute leakage from GRABE, D.F. Measurement of seed vigor. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v. 1, n. 2, p. 18-31, 1976.

GUIMARÃES, J. R. M.; MALAVASI, M. M.; LOPES, H. M. Definição do protocolo do teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de alface. **Informativo ABRATES**, Brasília, v. 3, n. 3, p. 138, 1993.

HALDER, S.; GUPTA, K. Effect of storage of sunflower seeds in high and low relative humidity on solute leaching and internal biochemical changes. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 8, n. 1, p. 317-321, 1980.

HAMPTON, J. G.; JOHNSTONE, K. A.; EUA-UMPON, V. Bulk conductivity test variables for mungbean, soybean and French bean seed lot. **Seed Science Technology**, Zürich, v. 20, n. 3, p. 643-663, 1992.

HAMPTON, J. G.; LUNGWANGWA, A. L.; HILL, K. A. The bulk conductivity test for lotus seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 22, n. 1, p. 177-180, 1994.

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, B. M. Conductivity test. In: HAMPTON, J. G.; TEKRONY, B. M. (eds.) *Handbook of vigour methods*. 3.ed. Zürich: ISTA, 1995. p.22-34.

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

HÖFS, A.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta à qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 92-97, 2004a.

HÖFS, A.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta à qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 92-97, 2004.

HÖFS, A.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. Efeito da qualidade fisiológica das sementes e da densidade de semeadura sobre o rendimento de grãos e qualidade industrial em arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 55-62, 2004b.

JIANHUA, Z.; McDONALD, M. B. The saturated salt accelerated aging test for smallseeded crops. **Seed Science & Technology**, Zürich, v. 25, n. 1, p. 123-131, 1996.

JIANHUA, Z.; McDONALD, M. B. The saturated salt accelerated aging test for small-seeded crops. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 25, n. 1, p. 123-131, 1997.

JOLY, A. B. **Botânica**: introdução à taxonomia vegetal. 11. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1993. 777p.

KAR, C.; GUPTA, K. Effect of tryazole type plant growth regulators on sunflower and safflower seed viability. **Canadian Journal of Botany**, v. 69, n. 6, p. 1344-1348, 1991.

KHAH, E. M.; ROBERTS, E. H.; ELLIS, R. H. Effects of seed ageing on growth and yield of spring wheat at different plant-population densities. **Field Crops Research**, v. 20, n. 1, p. 175-190, 1989.

KRZYZANOSWSKI, F. C. **Vigor de sementes**. Palestra proferida no curso de controle de qualidade de sementes de milho: problemas e tecnologias disponíveis. Londrina: IAPAR, 1992. 11p.

KRZYZANOWSKI, F. C. **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Brasília, v. 1, n. 2, p. 15- 50, 1991.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D. Deterioração controlada. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1.1-1.21.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. ABRATES: Londrina, 1999. 218p.

LAZZAROTTO, J. J.; ROESSING, A. C.; MELLO, H. C. O. Agronegócio do girassol no mundo e no Brasil. In: LEITE, R.M.V.B.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (Ed). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 15-42.

LEITE, R. M. V. B. C.; CASTRO, C.; BRIGHENTI, A. M.; OLIVEIRA, F. A.; ARVALHO, C. G. P.; OLIVEIRA, A. C. B. – Indicações para o cultivo de girassol nos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Roraima. Londrina, PR: EMBRAPA, 2007. (comunicado técnico n. 78).

LIMA, T. C. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.)**. 2005. 64p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, São Paulo, 2005.

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

LOEFFLER, T. M.; TEKRONY, D. M.; EGLI, B. D. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v. 12, n. 1, p. 37-53, 1988.

LONGO, O.; PÉREZ, A. H.; MURCIA, M. Efecto de la presencia de pericarpio sobre los valores de conductividad en semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.) com

diferentes níveis de deterioro. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v. 9, n. 1/2, p. 149, 1999.

LUIZ, V. **Estudo dos parâmetros ecofisiológicos para avaliação da qualidade de sementes de aveia-branca (*Avena sativa* L.) produzidas na região sul do Brasil**. 1999. 97f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999. Disponível em: <<http://www.tede.ufsc.br/teses/PAGR0104.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2010.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination and in selection and evaluation for seedlings emergence and vigor. **Crop Science**, New York, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MARCHI, J. L.; CÍCERO, S. M. Influence of chemical treatment of maize seeds with different levels of mechanical damage on electrical conductivity values. **Seed science and technology**, Zürich, v. 31, n. 2, p. 481-486, 2003.

MARCOS FILHO, J. Avaliação da qualidade de sementes de soja. In: CÂMARA, G.M.S. (Ed.). **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba: Publique, p. 206-243, 1998.

MARCOS FILHO, J. Conceitos e testes de vigor para sementes de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, p. 220–226, 1999.

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. cap. 3., p. 1-24, 1999a.

MARCOS FILHO J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI F. C; VIEIRA R. D; FRANÇA NETO J. B (eds). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES. p. 1-21, 1999b.

MARCOS FILHO, J. Pesquisa sobre vigor de sementes de hortaliças. **Informativo Abrates**, Brasília, v. 11, n. 3, p. 63–75, 2001.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 133-150.

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

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S. M.; SILVA, W. R. **Avaliação da qualidade de Sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.

MARCOS FILHO, J.; SILVA, W. R.; NOVENBRE, A. D. C.; CHAMMA, H. M. C. P. Estudo comparativo de métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 12, p. 1805-1815, 1990.

MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A. D. C.; CHAMMA, H. M. C. P. Tamanho das sementes e o teste de envelhecimento acelerado para soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 473-482, 2000.

MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A. D. C.; CHAMMA, H. M. C. P. Testes de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada para avaliação do vigor de sementes de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 421-426, 2001.

MATTHEWS, S.; BRADNOCK, W. T. The detection of seed samples of wrinkle-seeded peas (*Pisum sativum* L.) of potentially low planting value. **Proceedings of the International Seed Testing Association**, n. 32, p. 553-563, 1967.

MATTHEWS, S.; POWELL, A. A. Electrical conductivity test. In: PERRY, D. A. (Ed.) **Handbook of vigor test methods**. Zurich: ISTA, 1981. p. 37-42.

McDONALD, M. B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 27, n. 1, p. 177-237, 1999.

McDONALD, M. B.; VERTUCCI, C. W.; ROOS, E. E. Soybean Seed imbibition: water absorption by seeds parts. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 1, p. 993-997, 1988.

MENDES, R. C.; DIAS, D. C. F. S.; PEREIRA, M. D.; DIAS, L. A. S. Testes de vigor para avaliação do potencial fisiológico de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.). **Ciência agrotécnica**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 114-120, 2010.

MENDONÇA, E. A. F.; AZEVEDO, S. C.; GUIMARÃES, S. C.; ALBURQUERQUE, M. C. F. Testes de vigor em sementes de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 001-009, 2008.

MENEZES, N. L.; SILVEIRA, T. L. D. Métodos para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 350-359, 1995.

MERREIN, A. **Physiologie du tournesol**. Paris: CETIOM, 66p. 1992.

MIGUEL, M. V. C.; MARCOS FILHO, J. Potassium leakage and maize seed physiological potential. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 315-319, 2002.

MODARRESI, R.; RUCKER, M.; TEKRONY, D. M. Accelerated ageing test for comparing wheat seed vigour. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 30, n. 3, p. 683-687, 2002.

MURPHY, J. B.; NOLAND, T. L. Temperature effects on seed imbibition and leakage mediated by viscosity and membranes. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 69, n. 2, p. 428-431, 1982.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, p. 49-86, 1994.

NIJÊNSTEIN, H.; NYDAM, J.; DON, R.; MACGILL, C. **ISTA Handbook on Moisture Determination**, Basserdorf: International Seed Testing Association, 2007. 248p.

OLIVEIRA, A. R. S.; NOVENBRE, A. D. L. C. Teste de condutividade elétrica para as sementes de pimentão. **Revista Brasileira de sementes**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 31-36, 2005.

PAIVA-AGUERRO, J. A. **Correlação de condutividade elétrica e outros testes de vigor com a emergência das plântulas de soja em campo**. 1995. 92f. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1995.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pimentão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 68-72, 1998.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 525-531, 2001.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D. Electrical conductivity soybean soaked seeds. I - effect of genotype. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 621-627, 1996.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 27, n. 3, p. 945 – 949, 1999.

PELEGRINI, B. **Girassol: uma planta solar que das Américas conquistou o mundo**. São Paulo: Ícone, 1985. 117p.

PERES, W. L. R. **Testes de vigor em sementes de milho**. 2010. 50f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Produção e Tecnologia de

Sementes) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP Jaboticabal, São Paulo, 2010.

PINTHUS, M. J.; KIMEL, U. Speed of germination as a criterion of seed vigor in soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 19, n. 2, p. 291-292, 1979.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

POWELL, A. A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v. 10, n. 2, p. 81-100, 1986.

POWELL, A. A. The controlled deterioration test. In: VAN DE VENTER, H. A. (Ed.). **Seed vigour testing seminar**. Copenhagen: ISTA, p. 73-87, 1995.

POWELL, A. A.; MATTHEWS, S. Evaluation of controlled deterioration, a new vigor test for small seeded vegetables. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 9, n. 2, p. 633-640, 1981.

PUTT, E. D. Early history of sunflower, In: SCHNEITER, A. A. **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, p. 1-19, 1997.

QUEIROGA, V. P.; DURAN, J. M. Avaliação da condutividade elétrica em sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) com diferentes graus de umidade. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v. 7, n. 1/2, p. 176, 1997.

REUZEAU, C.; CAVALIÉ, G. Activities of free radical processing enzymes in dry sunflowers seeds. **New Phytologist**, v. 130, p. 59-66, 1995.

RODO, A. B.; PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Metodologia alternativa do teste de envelhecimento acelerado para sementes de cenoura. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 289-292, 2000.

ROSSETTO, C. A. V.; FERNANDEZ, E. M.; MARCOS FILHO, J. Metodologias de ajuste do grau de umidade e comportamento das sementes de soja no teste de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 171-178, 1995.

ROSSETTO, C. A. V.; LIMA, T. M.; GUIMARÃES, E. C. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em semente de amendoim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 8, p. 795-801, 2004.

ROSSETTO, C. A. V.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre os métodos de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 1, p. 123-131, 1995.

ROSSI, R. **O Girassol**. Curitiba: Tecnogro, 1998. 333p.

SAMPAIO, N. V.; SAMPAIO, T. G.; DURAN, J. M. Avaliação da qualidade de sementes através da condutividade elétrica dos exsudatos de embebição. **Infomativo ABRATES**, Curitiba, v. 5, n. 3, 1995.

SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Teste de deterioração controlada para avaliação do vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 28-35, 2003.

SCHEEREN, B. **Vigor de sementes de soja e produtividade**. 2002. 45f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) — Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2002.

SCHUAB, S. R. P.; BRACCINI, A. L.; FRANÇA NETO, J. B.; SCAPIM, C. A.; MESCHÉDE, D. K. Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 4, p. 553-561, 2006.

SEILER, G. J. Anatomy and morphology of sunflower. In: SCHNEITER, A. A. (Ed.). **Sunflower technology and technology**. Agronomy Monograph n. 35. Madison: ASA, CSSA, SSSA, cap. 3, p. 67-111, 1997.

SHORT, G. E.; LACY, M. L. Carbohydrate exudation from pea seeds: effect of cultivar, seed age, seed color, and temperature. **Phytopathology**, v. 66, n. 2, p. 182-187, 1976.

SILVA, C. A.; PINHEIRO, J. W. Girassol na alimentação de suínos e aves. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, M. A.; CASTRO, C. (Eds.). **Girassol no Brasil**. Londrina - PR: Embrapa Soja, Cap. 6, p. 93-121, 2005.

SILVEIRA, J. M.; CASTRO, C.; MESQUISTA, C. M.; PORTUGAL, F. A. F. Semeadura e manejo da cultura do girassol. In: LEITE, R. M. V. B.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. Girassol no Brasil. Londrina, CNPSO, 2005.

SIMON, E. W.; MATHAVAN, S. The time-course of leakage from imbibing seeds different species. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 14, n. 1, p. 9-13, 1986.

SIMON, E. W.; RAJA HARUN, R. M. Leakage during seed imbibition. **Journal of Experimental Botany**, v. 23, n. 77, p. 1076-1085. 1972.

SMIDERLE, O. J. O girassol como alternativa de combustível. **Artigos Técnicos**. Ramal Artigos. Disponível em: <<http://www.agrisustentavel.com/artigos>>. Acesso em: 18 out. 2004.

SOARES, M. M.; CONCEIÇÃO, P. M.; DIAS, D. C. F. S.; ALVARENGA, E. M. Testes para avaliação do vigor de sementes de sorgo com ênfase à condutividade elétrica. **Ciência agrotécnica**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 391-397, 2010.

TAJBAKHSH, M. Relationships between electrical conductivity of imbibed seeds leachate and subsequent seedling grown in Omid Wheat. **J. Agr. Set. Tech.**, v. 2, p. 67-71, 2000.

TAO, J. K. Factors causing variations in the conductivity testing soybean seeds. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v. 3, n. 1, p. 10-18, 1978.

TAYLOR, A. G.; LEE, S. S.; BERESNIEWICZ, M. M.; PAINE, D. H. Amino acid leakage from aged vegetable seeds. **Seed Science Technology**, Zürich, v. 23, n. 1, p. 113-122, 1995.

TEIXEIRA, E. F.; CICERO, S. M.; DOURADO NETO, D. Análise de imagens digitais de plântulas para avaliação do vigor de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 2, p.159-167, 2006.

TEKRONY, D. M. Seed vigor testing. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v. 8, n. 1, p. 55-60, 1983.

TEKRONY, D. M. Accelerated aging test. In: VAN DE VENTER, H. A. (Ed.). **Seed vigour testing seminar**. Copenhagen: The International Seed Testing Association, p. 53- 72, 1995.

TOMES, L. T.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Factors influencing the tray accelerated aging test for soybean seed. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v. 12, n. 1, p. 24-36, 1998.

TORRES, S. B. Comparação entre testes de vigor para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 11-15, 1998.

TORRES S. B. **Métodos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de melão**. 2002. 103p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

UNGARO, M. R. G. **Instrução para a cultura do girassol**. Instituto Agrônômico de Campinas, 1986, 26p. (Boletim técnico, n. 105).

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em sementes de amendoim: efeitos de teor de água inicial e de período de embebição. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 46-52, 1999.

VIEIRA, O. V. **Ponto de maturação ideal para colheita do girassol visando alta qualidade da semente.** 2005. 93f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2005.

VIEIRA, R. D. Influência do ambiente na qualidade de sementes. In: SEMINÁRIO PAN AMERICANO DE SEMILLAS, 19., 2004, Asunción-Paraguay. **Conferencias y resúmenes de trabajos presentados.** Asunción-Paraguay: Federación Latinoamericana de Asociaciones de Semillistas. Asociación de Productores de Semillas del Paraguay, p. 93-99, 2004.

VIEIRA, R. D.; AGUERO, J. A. P.; PERECIN, D. Electrical conductivity and field performance of soybean seeds. **Seed Technology**, v. 21, n. 1, p. 15-24, 1999.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes.** Londrina: ABRATES, 1999. p. 4.1-4.26.

VIEIRA, R. D.; NETO, A. S.; BITTENCOURT, S. R. M.; PANOBIANCO, M. Electrical conductivity of the seed soaking solution and soybean seedling emergence. **Scientia agrícola**, v. 61, n. 2, p. 164-168, 2004.

VIEIRA, R. D.; PANOBIANCO, M.; LEMPS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Efeito de genótipos de feijão e de soja sobre os resultados da condutividade elétrica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 18, n. 2, p. 220-224, 1996.

VIEIRA, R. D.; PENARIOL, A. L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 9, p. 1333-1338, 2002.

WRASSE, C. F. **Testes de vigor alternativos em sementes de arroz.** 2006. 70f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2006.

ZELENER, N.; CRAVIOTTO, R. M.; DURET, G.; CAPRIGLIONI, C. Prueba de invecimiento acelerado en girasol (*Helianthus annuus* L.) e interpretación de sus resultados. In: SEMINARIO PANAMERICANO DE SEMILLAS, 13., 1990, Guatemala. **Acta...** Guatemala: FELAS, 1990. s.p.