

**MARIA GUADALUPE LIMA PEIXOTO**

**GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO  
PÓS-SEMINAL DE *Crotalaria Spectabilis* ROTH**

**RIO LARGO  
ALAGOAS-BRASIL  
2007**

**MARIA GUADALUPE LIMA PEIXOTO**

**GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO  
PÓS-SEMINAL DE *Crotalaria Spectabilis* ROTH**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
RIO LARGO, ESTADO DE ALAGOAS.  
JULHO DE 2007**



**MARIA GUADALUPE LIMA PEIXOTO**

**GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO  
PÓS-SEMINAL DE *Crotalaria Spectabilis* ROTH**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em produção Vegetal, da Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

**Orientador:** Prof. Dr. João Correia de Araújo Neto

**Co-orientadora:** Profa. Dra. Vilma Marques Ferreira

**RIO LARGO, ESTADO DE ALAGOAS  
JULHO DE 2007**

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
Bibliotecário Responsável: Elias Barbosa da Silva

P379g Peixoto, Maria Guadalupe Lima.  
Germinação e vigor de sementes e desenvolvimento pós-seminal de  
*Crotalaria Spectabilis* ROTH / Maria Guadalupe Lima Peixoto. – Rio  
Largo, 2007.

viii, 65f. : il, tabs, graf.

Orientador: Prof. Dr. João Correia de Araújo Neto  
Dissertação (mestrado em agronomia: Produção vegetal) – Univer-  
sidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Maceió, 2007.

Inclui Bibliografia.

1. Germinação – critérios. 2. *Crotalaria spectabilis* Roth. 3. Semen-  
tes – Envelhecimento acelerado. 4. Sementes – Desenvolvimento pós-  
seminal. 5. Sementes – Comportamento germinativo. I. Título.

CDU: 631.53.01/.048

## TERMO DE APROVAÇÃO

MARIA GUADALUPE LIMA PEIXOTO  
2005M21D19S-9

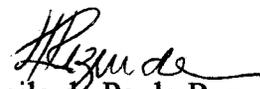
### GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO PÓS SEMINAL DE *Crotalaria Spectabilis* ROTH

Dissertação aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Alagoas, pela seguinte Banca Examinadora:

  
Prof. Dr. João Correia de Araújo Neto  
ORIENTADOR

  
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Vilma Marques Ferreira  
CECA/UFAL

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Luzineide Fernandes de Carvalho  
EMBRAPA/MEIONORTE

  
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Leila de Paula Rezende  
CECA/UFAL

Aprovada em 27 de julho de 2007

*A Deus, pela minha existência.*

*OFEREÇO*

*Aos meus pais **Enoe Miranda Lima Peixoto** e **Márcio Jorge Cabral Peixoto (in memória)**, a minha tia **Cândida Angélica Miranda Lima**, a minha sogra **Alice Gomes da silva** e a minha avó **Maria Lyrss Cabral Peixoto (in memória)***

*A minha profunda gratidão*

*Aos meus filhos, **João Pedro, Maria Clara e José Davi**,  
Minha alegria, meu impulso para vencer e ao meu marido **Jeir***

*O meu amor*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força, coragem e perseverança em todo meu percurso.

A minha família pelo amor que nos une.

Ao Prof. Dr. João Correia de Araújo Neto e a Profa. Dra. Vilma Marques Ferreira, que me orientaram sempre na perspectiva que eu desempenhasse minhas funções com profissionalismo.

A universidade Federal de Alagoas, pelo apoio institucional.

A escola Agrotécnica Federal de Satuba, pela minha liberação.

A empresa de sementes Piraí, através da pessoa do Eng. Agr. José A. Donizeti Carlos que me cedeu as sementes de Crotalaria.

Aos funcionários da Secretaria de Agricultura José Gerônimo, Cassimiro José e Ana Maria pela constante disponibilidade em me ajudarem na execução deste trabalho.

Aos amigos do laboratório de sementes, Silvia e Euménes pela agradável convivência.

A amiga Clíssia pela constante ajuda.

Ao secretário da coordenação, Geraldo Lima, pela constante disponibilidade de ajuda.

Aos amigos de turma, Celene, Emília, Luciano, Dulce, Jaqueline e Fernanda pela presença nos momentos difíceis e alegres.

A todas as pessoas que tornaram possível a conclusão desta dissertação.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABELAS.....	vi
RESUMO GERAL.....	vii
ABSTRACT.....	viii
<b>CÁPITULO 1- INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>1</b>
2.0 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1 - GERMINAÇÃO DAS SEMENTES.....	2
2.1.1 - TEMPERATURA.....	4
2.1.2 - LUZ.....	7
2.1.3 - SUBSTRATO.....	9
2.2 - VIGOR DAS SEMENTES.....	10
3.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
<b>CAPÍTULO 2 - COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO DE SEMENTES EM FUNÇÃO DO SUBSTRATO, LUZ E TEMPERATURA E DESENVOLVIMENTO PÓS-SEMINAL DE <i>Crotalaria spectabilis</i> Roth.....</b>	<b>28</b>
RESUMO.....	28
ABSTRACT.....	29
1.0 - INTRODUÇÃO.....	30
2.0 - MATERIAL E MÉTODOS.....	31
2.1 - BIOMETRIA DAS SEMENTES.....	31
2.2 - COMPORTAMENTO GERMINATIVO DAS SEMENTES.....	31
2.3 - DESENVOLVIMENTO PÓS SEMINAL.....	32
3.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
3.1 - BIOMETRIA DAS SEMENTES.....	32
3.2 - COMPORTAMENTO GERMINATIVO DAS SEMENTES.....	34
3.3 - DESENVOLVIMENTO PÓS-SEMINAL.....	40
4.0 - CONCLUSÕES.....	44
5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
<b>CAPÍTULO 3 - AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE <i>Crotalaria spectabilis</i> Roth através de diferentes testes de vigor.....</b>	<b>47</b>
RESUMO.....	47
ABSTRACT.....	48
1.0 - INTRODUÇÃO.....	49
2.0 - MATERIAL E MÉTODOS.....	51
2.1 - TEOR DE ÁGUA DAS SEMENTES.....	51
2.2 - GERMINAÇÃO.....	51
2.3 - PRIMEIRA CONTAGEM DO TESTE DE GERMINAÇÃO.....	51

2.4 - ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO.....	51
2.5 – EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS EM AREIA.....	52
2.6 – PRIMEIRA CONTAGEM DE EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS.....	52
2.7 – ÍNDICE DE VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA.....	52
2.8 – TESTE DE ENVELHECIMENTO ACELERADO.....	52
2.9 – CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....	52
2.10 – TESTE DE TETRAZÓLIO.....	52
2.11 – PROCEDIMENTO ESTATÍSTICO.....	53
3.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
4.0 - CONCLUSÕES.....	61
5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65

## LISTA DE FIGURAS

<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>28</b>
<b>FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO DA FREQUÊNCIA RELATIVA, DO COMPRIMENTO, DA LARGURA E DA ESPESSURA DE SEMENTES DE <i>Crotalaria spectabilis</i>.....</b>	<b>33</b>
<b>FIGURA 2 - NÚMERO DE SEMENTES DE <i>Crotalaria spectabilis</i> EM FUNÇÃO DO PESO EM GRAMAS.....</b>	<b>34</b>
<b>FIGURA 3 - MASSA FRESCA DE SEMENTES DE <i>Crotalaria spectabilis</i> EM FUNÇÃO DO TEMPO DE EMBEBIÇÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>FIGURA 4 - VARIAÇÃO DAS FASES DE DESENVOLVIMENTO DAS PLÂNTULAS DE <i>Crotalaria spectabilis</i>.....</b>	<b>43</b>
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>47</b>
<b>FIGURA 1 - GERMINAÇÃO, ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE SEMENTES DE CROTALARIA SUBMETIDAS AO ENVELHECIMENTO ARTIFICIAL.....</b>	<b>57</b>
<b>FIGURA 2 - COLORAÇÃO DE SEMENTES DE <i>Crotalaria spectabilis</i> NA CONCENTRAÇÃO DE 0,1% DO SAL DE TETRAZÓLIO A 40°C POR 1 HORA.....</b>	<b>60</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>28</b>
<b>TABELA 1 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DO COMPRIMENTO,LARGURA E ESPESSURA DE SEMENTES DE <i>Crotalaria spectabilis</i> Roth.....</b>	<b>32</b>
<b>TABELA 2 – PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO E ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CROTALARIA EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA E DO SUBSTRATO, CONSIDERANDO O CRITÉRIO BOTÂNICO.....</b>	<b>35</b>
<b>TABELA 3 - PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO E ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CROTALARIA EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA E DO SUBSTRATO, CONSIDERANDO O CRITÉRIO TECNOLÓGICO.....</b>	<b>35</b>
<b>TABELA 4 - ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CROTALARIA EM FUNÇÃO DO SUBSTRATO E DA LUZ, CONSIDERANDO O CRITÉRIO BOTÂNICO.....</b>	<b>39</b>
<b>TABELA 5 - PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO E ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CROTALÁRIA EM FUNÇÃO DO SUBSTRATO E DA LUZ CONSIDERANDO O CRITÉRIO TECNOLÓGICO.....</b>	<b>39</b>
<b>TABELA 6 - ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CROTALARIA EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA DA LUZ, CONSIDERANDO O CRITÉRIO BOTÂNICO.....</b>	<b>40</b>
<b>TABELA 7 – PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO E ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CROTALARIA EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA E DA LUZ, CONSIDERANDO O CRITÉRIO TECNOLÓGICO.....</b>	<b>40</b>
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>47</b>
<b>TABELA 1 - TEOR DE ÁGUA, GERMINAÇÃO, PRIMEIRA CONTAGEM, ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO, EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS, PRIMEIRA CONTAGEM DE EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS E ÍNDICE DE VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA DE CINCO LOTES DE SEMENTES DE CROTALARIA.....</b>	<b>54</b>
<b>TABELA 2 - VALORES MÉDIOS DOS TEORES DE ÁGUA, PORCENTAGEM E ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO DE CINCO LOTES DE SEMENTES DE CROTALARIA ENVELHECIDAS POR 72 E 96 HORAS.....</b>	<b>54</b>
<b>TABELA 3 - CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE CINCO LOTES DE SEMENTES DE CROTALARIA EM FUNÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA E DO PERÍODO DE EMBEBIÇÃO.....</b>	<b>56</b>

## RESUMO GERAL

A *Crotalaria spectabilis* Roth é uma espécie que vem se destacando na melhoria da qualidade de solos e controle de nematóides em vários estados do Nordeste. O objetivo deste trabalho foi obter dados biométricos de sementes (comprimento, largura, espessura e peso de 1000 sementes), estudar o comportamento germinativo em função do substrato, temperatura e luz, considerando os critérios botânico e tecnológico de germinação, acompanhar e registrar o desenvolvimento pós-seminal, bem como comparar diferentes testes de vigor. Para avaliação do potencial fisiológico, as sementes foram divididas em cinco lotes, sendo submetidas aos testes: germinação, primeira contagem, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado tradicional. Transcorrida esta etapa, estudou-se diferentes concentrações do sal 2, 3, 5 cloreto trifenil de tetrazólio a fim de estabelecer padrões colorimétricos em sementes com diferentes níveis de vigor obtidos pelo teste de envelhecimento acelerado. As sementes apresentam comprimento, largura e espessura de 4,4 mm; 3,3 mm e 1,6 mm, respectivamente, com total de 62.189 sementes em um quilograma. As temperaturas de 25 e 30<sup>0</sup>C, utilizando o substrato papel, na presença de luz, proporcionaram os melhores valores de porcentagem e velocidade de germinação das sementes em relação ao critério botânico, enquanto que para o critério tecnológico, a temperatura de 25<sup>0</sup>C foi estatisticamente superior para essas duas variáveis nas mesmas condições descritas. A germinação das sementes de *Crotalaria spectabilis* é epígea e as plântulas são fanerocotiledonares. Os testes estudados não revelaram diferenças de vigor nos cinco lotes estudados, com exceção da condutividade elétrica realizada com 50 ml de água. O teste de tetrazólio mostrou-se promissor na identificação de sementes com diferentes níveis de vigor.

**Termos para indexação:** critério de germinação, condutividade elétrica, tetrazólio, envelhecimento acelerado e *Crotalaria spectabilis*

## GENERAL ABSTRACT

*Crotalaria spectabilis* Roth is a species which has been standing out in the improvement of the quality of ground and control of nematodes in some states of northeast. The objective of this work was to get given biometrics data of seeds (length, width, thickness and weight of 1000 seeds), to study the sprouting behavior in terms of the substratum, temperature and light, being considered the botanical and technological criteria of germination, to follow and to register the after-seminal development, as well as comparing different tests of vigor. For physiological potential evaluation, the seeds had been divided in five lots, being submitted to the tests: germination, first counting, electric conductivity and traditional accelerated aging. After this stage, different concentrations of 2, 3, 5 triphenil tetrazolium chloride salt had been studied in order to establish colorimetric standards in seeds with different levels of vigor obtained by the test of accelerated aging. The seeds present length, width and thickness of 4,4 mm; 3,3 mm and 1,6 mm, respectively, with the total of 62.189 seeds in one kilogram. The temperatures of 25 and 30<sup>0</sup>C, using the paper substratum, in the light presence, had provided the best values of percentage and germination speed of the seeds in relation to the botanical criterion, whereas for the technological criterion, the temperature of 25<sup>0</sup>C was statistically superior for these two variables in the same described conditions. The germination of the seeds of *Crotalaria spectabilis* is epigaea and plantules is phanerocotyledonarius. The studied tests had not exposed differences of vigor in the five studied lots, with exception of the one carried through electric conductivity with 50 ml of water. The tetrazolium test revealed promising in the identification of seeds with different levels of vigor.

**Terms for indexation:** criterion of germination, electric conductivity, tetrazolium, accelerated aging and *Crotalaria spectabilis*

## CAPÍTULO 1

### 1 - Introdução Geral

A *Crotalaria spectabilis* Roth conhecida como guizo-de-cascavel e chocalho-de-cascavel (CALEGARI et al., 1992) é uma leguminosa originária da Índia (MONEGAT, 1991), anual, de porte baixo, crescimento lento e com raiz pivotante capaz de romper camadas compactadas do solo. É uma planta sensível ao fotoperíodo, necessitando de dias longos para o seu crescimento e dias curtos para florescer (MAGALHÃES, 2004). Tem sido bastante utilizada como planta útil na melhoria das qualidades físicas e química do solo, através do uso na adubação verde e em sistemas consorciados ou rotação com várias culturas, sendo também bastante efetiva no impedimento da multiplicação das populações de nematóides.

A adubação verde é uma prática conhecida desde a antiguidade, podendo ser definida como a incorporação ao solo de material vegetal não decomposto, produzido ou não no local. Desta operação resultam alterações desejáveis ao solo, em seus atributos químicos, físicos e biológicos, levando a cultura subsequente a se beneficiar destas mudanças, refletindo normalmente em maiores produtividades (CACERES e ALCARDE, 1995). Dos benefícios produzidos pelo uso de leguminosas como adubos verdes, pode ser citada a adição de nitrogênio no solo; manutenção da matéria orgânica do solo; reciclagem de nutrientes; cobertura do terreno diminuindo os problemas de erosão e de compactação do solo.

O estado de Alagoas tem a cana-de-açúcar como cultura predominante, consolidando-se como grande produtor de açúcar e álcool. A grande maioria dos solos cultivados com essa cultura situa-se na unidade de paisagem dos Tabuleiros Costeiros que tem como principal característica a presença de horizontes coesos situados, em geral, entre 30 e 60 cm de profundidade (JACOMINE, 2001). Esses horizontes respondem pela formação de períodos alternados de ressecamento e encharcamento nos solos criando um ambiente inadequado para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas em geral (CINTRA, 1997).

De acordo com Cintra et al. (2006), a *Crotalaria spectabilis* tem sido bastante usada como adubo verde em sistemas consorciados ou rotação com várias culturas. Carvalho et al. (2002), concluíram que a *Crotalaria spectabilis* foi uma das leguminosas que apresentaram os melhores resultados em poder relativo de penetração de raízes

(PRPR), demonstrando assim grande habilidade em explorar um maior volume de solo em profundidade.

A cana-de-açúcar possui uma grande afinidade pela adubação verde uma vez que quando o canavial é reformado, o que ocorre geralmente após o quinto corte, o solo fica desprovido de vegetação por vários meses, sofrendo o efeito direto da temperatura, ventos e da chuva o que pode causar problemas severos de erosão. Assim o uso da *Crotalaria spectabilis* tem sido feito com o intuito de proteger o solo após a retirada do canavial, servindo de cobertura morta e contribuindo para melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

Apesar da importância e do crescente uso dessa espécie como adubo verde, são poucas as informações em relação à qualidade fisiológica das sementes. Diante deste fato esse trabalho tem como objetivo caracterizar fisicamente as sementes, estudar o comportamento germinativo em função do substrato, temperatura e luz usando dois critérios de germinação, bem como acompanhar e registrar o desenvolvimento pós-seminal. Além disto, complementar as informações fornecidas pelo teste de germinação com testes de vigor que permitam selecionar melhores lotes para a comercialização e consequentemente melhorar a produtividade no campo.

## **2.0 - Revisão bibliográfica**

### **2.1 - Germinação das sementes**

A fase de germinação tem início com a embebição em água e com a ativação do tecido embrionário. O processo está completo quando a nutrição não mais depende dos materiais de reserva e ao mesmo tempo a plântula torna-se autotófica, atingindo o estado de independência. Esta é a primeira condição para a planta estabelecer-se (LARCHER, 2004).

Em plena disponibilidade de água, a absorção apresenta em muitos casos, uma curva trifásica. Na fase I, o teor de água na semente aumenta rapidamente, seguido de uma estabilização na fase II, mantida até início da germinação visível, quando na fase III, há outro aumento no teor de água em decorrência do crescimento do embrião (CARDOSO, 2004).

A fase I da absorção é um processo puramente físico, que depende somente da ligação da água com a matriz da semente. Ocorre em qualquer material, morto ou vivo que

contenha sítios de ligação ou afinidade com a água (CASTRO et al., 2004). Por esse motivo é considerada uma adsorção ou absorção capilar não biológica (BEWLEY e BLACK, 1982).

Na fase II são ativados os processos metabólicos requeridos para o crescimento do embrião e a conclusão do processo germinativo (CASTRO et al. 2004). Acrescenta-se que as reduções drásticas da velocidade de hidratação e da intensidade respiratória da semente caracterizam esta fase, cuja ocorrência e a duração são variáveis de acordo com a espécie considerada. Ao mesmo tempo, a duração da fase II depende do potencial hídrico do substrato, ou seja, quanto menor o potencial, maior é a duração desta fase (MARCOS FILHO, 2005).

A fase III da absorção é marcada por aumento no conteúdo de água da semente, que acontece devido à absorção associada com a iniciação do crescimento do embrião. É nessa fase que ocorre a protrusão da radícula (CASTRO et al., 2004; MARCOS FILHO, 2005)

Logo para que a germinação ocorra é necessário que as sementes alcancem nível adequado de hidratação, que permita a reativação do metabolismo e conseqüentemente crescimento do eixo embrionário, sendo que quanto maior a quantidade de água disponível para as sementes, mais rápida será a absorção (POPINIGIS, 1985; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

De maneira geral, a germinação pode ser conceituada sob diferentes pontos de vista. Do ponto de vista agrônômico ou tecnológico, considera-se germinação, a emergência da planta no solo ou a formação de uma plântula vigorosa no substrato utilizado. Do ponto de vista botânico ou morfológico, esta é considerada como a protrusão de uma das partes do embrião de dentro dos envoltórios, como por exemplo, a raiz primária (BORGUETTI e FERREIRA, 2004).

Segundo Magnus (1920) e Kamensky (1928) citados por Labouriau (1983), o critério botânico sem qualquer qualificação adicional é insuficiente mesmo para estudos básicos da fisiologia da germinação. Uma das razões está no fenômeno da “falsa germinação” que é a extrusão da radícula de um embrião morto, conseqüente à absorção de água por causa da pressão de embebição dos constituintes hidrofílicos. Labouriau (1983) enfatiza que uma boa solução é seguir as instruções adotadas pela Sociedade Internacional de Análise de Sementes (ISTA) que considera germinadas as sementes que originam plântulas normais, com todas as suas estruturas essenciais indicando a capacidade de produzir plantas normais em condições favoráveis.

A forma ou o tipo de germinação, em relação à posição dos cotilédones quanto ao nível do solo é denominada epígea para aqueles que se elevam acima do nível do solo e de hipógea, quando permanecem abaixo deste, findo o processo de formação da plântula. (OLIVEIRA, 1993)

As regras para análise de sementes (BRASIL, 1992) têm o objetivo de estabelecer critérios que facilitem a padronização de técnicas ou metodologias para melhorar o aproveitamento das sementes. Desta maneira, apresentam recomendações específicas quanto ao substrato, temperatura e tratamentos específicos aos quais devem ser submetidas cada uma das espécies estudadas para quebra de dormência ou para realização de testes como os de germinação, viabilidade, sanidade, entre outros.

### **2.1.1 - Temperatura**

A temperatura exerce forte influência na germinação, sendo considerada ótima aquela na qual a semente expressa seu potencial máximo de germinação no menor espaço de tempo. As temperaturas máxima e mínima são os pontos críticos onde abaixo e acima das quais, respectivamente, não ocorre germinação (CARVALHO e NAKAGAVA, 2000).

Existem temperaturas nas quais a velocidade das reações é máxima, e outras nas quais o processo ocorre muito lentamente ou encontra-se inibido. Considerando-se que a germinação das sementes pode ser encarada como somatório de reações parciais concatenadas envolvendo enzimas diversas, a velocidade desse processo fisiológico será também dependente da temperatura de incubação das sementes, apresentando temperaturas nas quais a velocidade de germinação é máxima, e outra nas quais a velocidade é reduzida ou em que a germinação não ocorre (BORGHETTI e FERREIRA, 2004). Vale salientar que normalmente o intervalo de temperatura de máxima germinabilidade é maior que o intervalo de temperatura de máxima velocidade de germinação e normalmente eles se sobrepõem (BORGHETTI, 2005).

Baseggio e Franke (1998) concluíram que a temperatura ótima para germinação de *Desmodium Incanum* DC. foi a 30<sup>0</sup>C e que 15<sup>0</sup>C e 45<sup>0</sup>C foram respectivamente a mínima e máxima, isto é, testes conduzidos sob temperaturas abaixo ou acima destas, não permitem a germinação das sementes desta espécie. Cavalcante e Perez (1995) estudaram o efeito da temperatura sobre a germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. e observaram que a faixa máxima de germinação foi de 20<sup>0</sup>C a 35<sup>0</sup>C. Dentro dessa faixa,

determinaram que 30<sup>0</sup>C seria a temperatura ótima para germinação e 10<sup>0</sup>C e 45<sup>0</sup>C seriam os extremos mínimo e máximo, respectivamente.

As variações da temperatura também afetam a velocidade, a porcentagem e a uniformidade de germinação, sendo necessário determinar temperaturas em que a eficiência do processo seja total, bem como os extremos (máximo e mínimo) tolerados pelas sementes. Esses extremos, incluindo a temperatura considerada ótima, representam as temperaturas cardiais para a germinação (MARCOS FILHO, 2005).

Segundo Koller (1972), a temperatura ótima para a maioria das espécies tropicais encontra-se entre 20<sup>0</sup>C e 30<sup>0</sup>C. Por sua vez Albrecht et al., (1986) observaram que para a maioria das espécies, a temperatura mais adequada à germinação encontra-se entre 26,5<sup>0</sup>C e 35<sup>0</sup>C.

Sune e Franke (2006) observaram que *Desmanthus depressus* Humb. e *Trifolium riograndense* Burkart germinaram entre 5<sup>0</sup>C e 30<sup>0</sup>C uma vez que foi possível verificar a formação de plântulas normais entre essas temperaturas, embora as temperaturas ótimas para cada espécie tenham sido de 30<sup>0</sup>C e 25<sup>0</sup>C, respectivamente.

Para Labouriau (1983), quanto maior for a faixa de temperatura para germinação, mais ampla é a distribuição da espécie. Embora sementes de *Trifolium riograndense* Burkart germinem em ampla faixa de temperatura, Sune e Frank (2006) observaram que acima de 25<sup>0</sup>C houve acentuada queda na porcentagem de germinação. Sementes de *Dalbergia nigra* Fr. All., leguminosa arbórea de ampla distribuição na Mata Atlântica, apresentam porcentagem de germinação acima de 50% a 40<sup>0</sup>C, mas não germinam a 45<sup>0</sup>C (FERRAZ-GRANDE e TAKAKI, 2001). Cavalcante e Perez (1995) relatam que quando sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. foram postas para germinar em temperaturas acima de 45<sup>0</sup>C, extravasaram substâncias de odor desagradável para o meio germinativo. O mesmo comportamento foi observado por Araújo Neto et al., (2002) em *Guazuma ulmifolia* Lam. quando suas sementes foram expostas à temperatura de 40<sup>0</sup>C.

O uso de temperaturas altas no processo germinativo de sementes tem ocasionado estresse, proporcionando-lhes inibição térmica, dormência térmica ou mesmo perda de viabilidade (BEWLEY e BLACK, 1982).

Segundo Hendricks e Taylorson (1976), sementes de algumas espécies quando mantidas em temperaturas altas, sofrem alterações na camada de lipídeos das membranas e aumento do efluxo de aminoácidos, com conseqüente decréscimo na germinação. De acordo com os autores, é provável que o efluxo de solutos, por meio de alterações metabólicas, exerça maior influência no evento que as alterações da membrana.

Ferraz-Grande e Takaki (2001) observaram que sementes de *Dalbergia nigra* Fr. All. germinam acima de 85% quando suas sementes são expostas à temperatura de 15<sup>0</sup>C, mas não germinam a 10<sup>0</sup>C. Andrade (1995) não verificou germinação de *Tibouchina benthamiana* Cogn. e *Tibouchina moricandiana* (DC.) Baill. quando colocadas à temperatura de 15<sup>0</sup>C, todavia quando transferidas para temperatura de 30<sup>0</sup>C os valores de germinação foram semelhantes aos obtidos para as temperaturas de 25<sup>0</sup>C e 30<sup>0</sup>C. De acordo com Carvalho et al. (2001) a inibição da germinação em temperaturas abaixo do mínimo é reversível, enquanto que o bloqueio da germinação por temperaturas de incubação acima do máximo é irreversível.

Sementes de *Caesalpinia férrea* Mart. Ex Tul. não apresentaram diferença na porcentagem de germinação a 25 e 30<sup>0</sup>C no substrato areia, entretanto a temperatura de 30<sup>0</sup>C promoveu o menor tempo médio de germinação (LIMA et al., 2006). Sementes de *Maquira sclerophylla* (Ducke) C.C. Berg. apresentam germinabilidade ao redor de 90% entre 25<sup>0</sup>C e 35<sup>0</sup>C, e maior velocidade de germinação, ou seja, menor tempo médio entre 30 e 35<sup>0</sup>C (MIRANDA e FERRAZ, 1999). Varela et al., (2005) observaram que foi necessário um tempo médio maior para o processo germinativo de sementes de *Acosmium nitens* (Vog.) Yakovlev na temperatura de 20<sup>0</sup>C quando comparado com as temperaturas de 25<sup>0</sup>C, 30<sup>0</sup>C e 35<sup>0</sup>C e que a exigência do tempo decresce com o aumento da temperatura.

Em algumas espécies a germinação de suas sementes é favorecida quando submetidas à temperatura constante (LIMA et al., 1997) como as de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. que apresentam melhor comportamento germinativo quando expostas à temperatura de 35<sup>0</sup>C, embora em temperaturas alternadas de 20-40, 20-35 e 25-40<sup>0</sup>C as mesmas não apresentaram variações no percentual de germinação, o qual foi superior a 73% (SOUZA FILHO, 2000). Araújo Neto et al., (2003) observaram que a alternância de temperatura não favoreceu a germinação de sementes de *Acacia polyphylla* DC., pois os resultados obtidos a 20-30<sup>0</sup>C foram inferiores aos obtidos a 25<sup>0</sup>C.

Existem ainda espécies que germinam indiferentemente em temperaturas constantes ou alternadas (ALBUQUERQUE et al., 1998), como por exemplo sementes de *Dalbergia nigra* Fr. All., leguminosa papilionoideae, foram submetidas as temperaturas constantes de 20<sup>0</sup>C, 25<sup>0</sup>C, 30<sup>0</sup>C e 35<sup>0</sup>C e alternada de 20-30 e 20-35<sup>0</sup>C, onde os resultados demonstraram que as sementes não possuem exigência de alternância de temperatura para acelerar ou iniciar o processo germinativo, uma vez que tanto as temperaturas constantes como as alternadas proporcionaram valores elevados de germinação e de velocidade de emergência de plântulas (ANDRADE et al., 2006).

Algumas espécies tropicais respondem melhor ao regime de temperatura alternada em comparação à temperatura constante (PROBERT et al., 1986), principalmente aquelas que não foram submetidas a processo intenso de domesticação. Tal comportamento parece estar associado a espécies que apresentam dormência, no entanto também pode beneficiar outras espécies que normalmente não apresentam esta característica (MARCOS FILHO, 2005). Essa alternância corresponde provavelmente a uma adaptação às flutuações naturais do ambiente (BORGES e RENA, 1993).

Sementes de *Desmanthus depressus* Humb., leguminosa nativa do Rio Grande do Sul, quando submetida à temperatura alternada de 20-30°C, aumentaram em seis pontos percentuais a média final de germinação, em relação a temperatura de 30°C, considerada ideal para espécie (SUNE e FRANK, 2006). Carneiro et al., (1986) trabalhando com dois lotes de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. observaram que as temperaturas alternadas de 20-35°C favoreceram o poder germinativo das sementes em ambos os lotes.

Segundo Marcos Filho (2005) as razões que determinam os efeitos da alternância da temperatura não são totalmente conhecidas, mas supõe-se que essa variação térmica cria uma alteração no balanço promotores/inibidores da germinação em que estes têm a concentração diminuída durante os períodos de temperatura mais baixa, enquanto a dos promotores aumenta durante os ciclos de temperatura mais altas.

Bewley e Black (1985) comentam que de maneira geral a temperatura age na germinação determinando a capacidade e velocidade de germinação, removendo a dormência primária e secundária, podendo também induzir a dormência secundária.

### **2.1.2 - Luz**

Em relação à luz, observou-se que as sementes da maioria das espécies cultivadas germinam bem tanto na ausência, quanto na presença de luz, entretanto, a luz faz-se necessária para germinação de várias espécies (MENEZES et al., 2004). A participação da luz pode ocorrer tanto na indução ou quebra de dormência quanto na germinação propriamente dita.

De modo geral, as sementes podem ser divididas em três grupos, dependendo da resposta germinativa à luz branca: sementes cuja germinação é indiferente à luz (como o feijão e a maioria das hortaliças); sementes que apresentam maior germinabilidade e/ou velocidade de germinação em luz, tais como *Cecropia glaziovii* Snethlage (embaúba), e *Hyptis suaveolens* (L.) Poit; e sementes que germinam melhor no escuro do que em luz,

como maxixe (*Cucumis anguria* L.), e mamona (*Ricinus comunis* L.). A resposta da semente a luz não é um caractere absoluto, dependendo de inúmeros fatores, tais como condições de maturação, tempo de armazenamento, integridade dos tegumentos, nitratos, potencial hídrico do meio e temperatura de germinação. (CARDOSO, 2004).

Probert et al., (1985) demonstraram que as condições de temperatura a que a planta mãe foi submetida durante o desenvolvimento das sementes podem exercer considerável influência nas respostas quantitativas de germinação na luz e em temperaturas alternadas.

A influência da luz diminui com o envelhecimento da semente. Esta talvez seja a razão que determina as referências a diferentes graus de sensibilidade de sementes da mesma espécie encontradas na literatura (MARCOS-FILHO, 2005). O autor acrescenta que de acordo com a resposta, a presença de luz as sementes são classificadas como fotoblásticas positivas, beneficiadas pela luz (alface, gramíneas forrageiras); fotoblásticas negativas, prejudicadas pela luz (não verificadas em espécies cultivadas) e não-fotoblásticas ou indiferentes (maioria das espécies cultivadas).

Souza Filho (2000) observou que a luz não se constitui um fator promotor de variação na germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., podendo as mesmas germinarem satisfatoriamente tanto na presença quanto na ausência total de luz. Segundo Dutra et al., (2007) Sementes de *Senna siamea* (Lam) H.S. Irwin e Barneby também se comportaram como indiferentes à luz. Crepaldi et al., (1998) mencionam que sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul são fotoblásticas neutras, pois quando colocadas para germinar em fotoperíodos de 0, 8, 16 e 24 horas não apresentaram diferença na taxa de germinação. Sune e Frank (2006) observaram que sementes de *Desmanthus depressus* Humb. e *Trifolium riograndense* Burkart apresentaram maior porcentagem de germinação na presença e ausência de luz respectivamente, todavia houve germinação tanto com luz, como na ausência desta. Para Klein e Felipe (1991) embora em alguns casos a espécie possa ser considerada fotoblástica positiva, este comportamento é apenas quantitativo, uma vez que tanto na presença quanto na ausência de luz ocorre germinação das sementes, o autor classifica esse comportamento como fotoblastismo preferencial. Baseggio e Franke, (1998) com base nos experimentos de Klein e Felipe (1991), classificaram as sementes de *Desmodium incanum* DC. como fotoblásticas positivas preferenciais, visto que a germinação ocorreu também na ausência de luz, porém, em porcentagens estatisticamente menores.

### 2.1.3 - Substrato

O substrato onde as sementes serão semeadas deve ser escolhido de maneira criteriosa, pois o crescimento radicular e desenvolvimento da parte aérea estão diretamente relacionados com a aeração, estrutura, capacidade de retenção de água e grau de infestação de patógenos, fatores estes que podem variar de um substrato para outro, favorecendo ou prejudicando a germinação das sementes e emergência das plântulas (CALDEIRA et al., 2000).

De acordo com Brasil (1992), a escolha do substrato deve ser feita levando-se em consideração o tamanho da semente, sua exigência com relação à quantidade de água, sua sensibilidade ou não à luz e a facilidade que oferece para realização das contagens e avaliação das plântulas. Figliolia et al., (1993) acrescentam que no caso das sementes grandes e/ou esféricas recomenda-se a utilização de vermiculita, pois o contato entre as sementes e o substrato é bem maior. Já para sementes de tamanho médio e pequeno associados à forma achatada o substrato indicado é o papel. Segundo Varela et al., (2005), sementes esféricas de *Acosmium nitens* (Vog.) Yakovlev apresentaram altas taxas de germinação nas temperaturas de 20°C, 25°C, 30°C e 35°C com o substrato sobre vermiculita. Cavallari et al., (1992) também verificaram para sementes de *Gmelina arborea* Roxb. que os melhores resultados de germinação foram obtidos no substrato vermiculita.

A areia quando utilizada como substrato deve apresentar uniformidade de tamanho de suas partículas, para tanto deve ser utilizada a fração que passe através de uma peneira de 0,8 mm e fique retida sobre outra de orifício de 0,05 mm. Deve ter capacidade de retenção de água em quantidade suficiente para suprir as sementes, bem como para permitir aeração adequada para a germinação, com valor de pH entre 6,0 e 7,5. Quanto ao papel, este deve ser composto de 100% de fibra de madeira clareada quimicamente, de algodão ou de outro tipo de celulose vegetal. Devem ter textura porosa e apresentar capacidade de retenção de água para garantir umidade as sementes durante o teste, com valor de pH entre 6,0 e 7,5 (BRASIL, 1992).

Baseggio e Franke (1998) observando o efeito do substrato na germinação de *Desmodium Incanum* DC. concluíram que a areia proporcionou maior porcentagem de germinação em relação ao papel, sendo, portanto o mais adequado. Segundo os autores esse efeito pode ser explicado pela menor infestação de fungos observada nos tratamentos com areia, comparado aos tratamentos com papel. Por outro lado Scalon et al., (2003) não

encontraram efeito satisfatório na germinação de sementes de *Caesalpinia pelthophoroides* Benth. quando postas para germinar na areia.

Para sementes de urucum (*Bixa orellana* L.) o substrato rolo de papel proporcionou melhor resultado de germinação (GOMES e BRUNO,1992). Em sementes de *Acacia mangium* Wild., Lima e Garcia (1996) observaram que o substrato rolo de papel proporcionou os melhores valores da primeira contagem da germinação, independente da temperatura (25<sup>0</sup>C, 25-35<sup>0</sup>C e 35<sup>0</sup>C) utilizada. Alves et al., (2002) concluíram que o substrato entre papel foi o mais apropriado para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.

Figliolia et al., (1993) acrescentam que nos testes de germinação realizados em laboratório, o substrato deve permanecer uniformemente úmido, a fim de suprir as sementes da quantidade de água necessária para sua germinação e desenvolvimento. Também salientam que, em geral o excesso de umidade provoca decréscimo na germinação, visto que dificulta a respiração e reduz todo o processo metabólico resultante, além de aumentar a incidência de fungos, levando à redução da viabilidade.

## 2.2 - Vigor das Sementes

Os testes de germinação em condições de laboratório objetivam qualificar e quantificar o valor das sementes vivas, capazes de produzir plantas normais sob condições favoráveis de campo (FIGLIOLIA et al., 1993). No entanto, as condições que as sementes encontram no solo para germinação raramente são ótimas, pois há ali microorganismos que podem afetá-las, apesar dos fatores físicos serem favoráveis. Desta forma, lotes de sementes de mesma espécie, com capacidade de germinação semelhante podem apresentar diferenças marcantes na porcentagem de emergência, em condições de campo. A falta de uma estreita relação entre a germinação obtida no laboratório e a emergência em campo, foi responsável pelo desenvolvimento do conceito de vigor. Assim, este conceito torna-se importante para selecionar os lotes que apresentam germinação semelhante, pois podem apresentar diferentes potenciais de armazenamento (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). A qualidade de um lote de sementes compreende uma série de atributos que determinam seu valor para semeadura, sendo de naturezas genética, física, fisiológica e sanitária (POPINIGIS, 1985).

De modo geral, a literatura documenta a relação entre germinação e o vigor, avaliados em laboratório, e a emergência das plântulas em campo. Sabe-se, por exemplo,

que sob condições ambientais adequadas após a sementeira, os resultados de germinação aproximam-se da porcentagem de emergência, mas a avaliação do vigor é necessária para estimar o potencial de desempenho das sementes quando as condições de ambiente se desviam das mais adequadas. (MARCOS FILHO e KIKUTI, 2006).

O vigor diminui à medida que a deterioração aumenta. Deterioração é o processo de envelhecimento e morte da semente, sendo o vigor o principal componente da qualidade afetado pelo processo de deterioração. Segundo Delouche (2002), a velocidade e o progresso da deterioração nas sementes são fundamentalmente influenciados pelo grau de hidratação da semente, temperatura e herança genética. O mesmo acrescenta que à medida que a deterioração avança diminui a velocidade de germinação e de crescimento e desenvolvimento das plântulas.

De acordo com Marcos Filho (1999), os testes de vigor têm se constituído em ferramentas de uso cada vez mais rotineira pela indústria de sementes para a determinação da qualidade fisiológica. As empresas produtoras e as instituições oficiais têm incluído esses testes em programas internos de controle de qualidade e/ou para garantia da qualidade das sementes destinadas à comercialização.

Segundo Pina-Rodrigues et al. (2004), os métodos de avaliação do vigor podem ser classificados em diretos, quando realizados no campo ou em condições de laboratório que simulem fatores adversos, ou indiretos, quando realizados em laboratório, mas avaliando as características físicas, fisiológicas e bioquímicas que expressem a qualidade das sementes. Os autores acrescentam que os testes mais simples para determinação de vigor são os de velocidade de desenvolvimento, cujos resultados podem ser obtidos pela análise-padrão de germinação. Os mais utilizados são o tempo médio de germinação, o índice de velocidade de germinação, a primeira contagem do teste de germinação e a análise de plântulas.

Marcos Filho (1999) menciona que a classificação que separou os testes em diretos e indiretos foi utilizada durante alguns anos, mas revelou-se inconsistente à medida que foram desenvolvidos novos métodos. Outras classificações foram propostas, no entanto a classificação atribuída a McDonald (1975) é considerada como a mais completa.

A classificação de McDonald (1975) citada por Marcos Filho (1999) distribui os testes da seguinte maneira: (i) Testes Físicos: avaliam aspectos morfológicos ou características físicas das sementes possivelmente associadas ao vigor; (ii) Testes Fisiológicos: procuram determinar atividade fisiológicas específica, cuja manifestação depende do vigor; (iii) Testes Bioquímicos: avaliam alterações bioquímicas associadas ao

vigor das sementes; (iv) Testes de Resistência: avaliam o desempenho de sementes expostas a estresses.

Segundo Nakagawa (1999) o teste de velocidade de germinação tem por objetivo determinar o vigor relativo do lote, avaliando a velocidade de germinação de sementes da amostra em condições controladas de laboratório estabelecidas pelo teste de germinação. Este método baseia-se no princípio de que os lotes que apresentam maior velocidade de germinação de sementes são os mais vigorosos, ou seja, que há relação direta entre a velocidade e o vigor das sementes. Vanzoline e Carvalho (2002) estudando o efeito do vigor de sementes de *Glicine max* (L.) Merr. sobre seu desempenho no campo, concluíram que o maior efeito do vigor foi obtido no desenvolvimento inicial da cultura, onde lotes de menor vigor apresentaram menor emergência total e menor velocidade de emergência, o que se refletiu em queda da população de plantas.

Nos testes de germinação, normalmente são realizadas duas contagens. Na primeira contagem são retiradas as plântulas normais, ou seja, aquelas que germinaram mais rapidamente. Deste modo o teste de primeira contagem baseia-se no princípio de que as amostras que apresentam maior porcentagem de plântulas normais na primeira contagem, estabelecidas pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), são as mais vigorosas (NAKAGAWA, 1999). O autor acrescenta que, indiretamente, está se realizando uma avaliação da velocidade de germinação, pois maior porcentagem à primeira contagem significa que as sementes desta amostra germinaram mais rapidamente que as demais.

O teste de condutividade elétrica baseia-se no princípio de que com o processo de deterioração ocorre a lixiviação dos constituintes celulares das sementes embebidas em água devido à perda da integridade dos sistemas celulares. Assim, baixa condutividade significa alta qualidade da semente e alta condutividade, ou seja, maior saída de lixiviados da semente, sugerindo o menor vigor desta (VIEIRA e KRZYZANOWSKI, 1999). Este teste analisa a quantidade de exsudados que são lixiviados das sementes e tendo sido bastante empregado na avaliação do vigor de lotes de soja (VANZOLINI e CARVALHO, 2002). Segundo Vieira e Carvalho (1994) o mesmo pode ser instalado em dois sistemas: o de condutividade em massa, que analisa um conjunto de sementes de uma só vez e o de análise individual, cujo procedimento é semelhante ao anterior, no entanto as sementes são analisadas individualmente em bandejas com células individuais.

Sabe-se, no entanto que vários fatores podem comprometer os resultados do teste de condutividade elétrica, por exemplo: qualidade da água, temperatura, duração do período de embebição, grau de umidade e número de sementes testadas (VIEIRA e

KRZYZANOWSKI, 1999), além do genótipo. (VIEIRA et al., 1996). Vanzolini e Nakagawa (2005), concluíram que o uso do referido teste para avaliar a qualidade de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) mostrou-se promissor utilizando quatro subamostras de 50 sementes puras embebidas em 75 ml de água na temperatura de 25<sup>o</sup>C, com período de embebição de três horas. Para sementes de *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.(milheto), Gaspar e Nakagawa (2002), estudando os efeitos de período e temperatura de embebição sobre os resultados do teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor, concluíram que é possível reduzir o período de embebição para duas horas e que nesse período a temperatura teve pouca influência. Os autores também observaram uma relação coerente entre o teste de germinação e os testes de condutividade elétrica e primeira contagem, separando um lote mais vigoroso de outros dois menos vigorosos.

Rodo et al., (1998) observaram que em sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), o teste de condutividade elétrica foi mais eficiente quando usou-se 50 sementes para o cultivar IAC e com 25 sementes para o cultivar KADA. No entanto, Sá (1999) observou que amostras de diferentes tamanhos (25, 50 ou 100 sementes) não afetam os valores de condutividade elétrica para os cultivares de tomate Petomech e Santa Clara.

Marcos Filho e Kikuti (2006), trabalhando com vigor de sementes de rabanetes e desempenho de plantas em campo consideraram que os testes de condutividade elétrica e envelhecimento acelerado com solução salina merecem atenção e podem ser promissores para avaliação do potencial fisiológico de sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L.). Porém, a relação entre os resultados obtidos no laboratório e o desempenho das plantas em campo não se estendeu até a produção final em alguns lotes. Rodo e Marcos Filho (2003) relatam que no início do desenvolvimento os efeitos do vigor são mais evidentes, mas há uma redução gradativa desse efeito até desaparecer ao final do ciclo da planta.

Segundo Marcos Filho (1999), o teste de envelhecimento acelerado tem como princípio o fato de que a taxa de deterioração das sementes é aumentada consideravelmente através de sua exposição a níveis muito adversos de temperatura e umidade relativa, considerados os fatores ambientais preponderantes na intensidade e velocidade de deterioração. Dessa maneira verifica-se que há maior queda de viabilidade nas amostras com baixo vigor quando submetidas a essa situação de estresse. O autor conclui que dessa maneira as sementes mais vigorosas geralmente são menos afetadas na capacidade de produzir plântulas normais e apresentam germinação mais elevada, após serem submetidas ao envelhecimento. Perez e Nassif (1998) trabalhando com algarobeira (*Prosopis juliflora* (SW) DC) detectaram diferenças no vigor entre sementes de coloração clara e

intermediária através do índice de velocidade de emergência após o envelhecimento das sementes por 24 horas a 45<sup>0</sup>C. Borges et al., (1992) submeteram sementes de jacaré (*Piptadenia communis* Benth) ao envelhecimento precoce por vários períodos, à 40<sup>0</sup>C, e concluíram que nessa temperatura houve declínio na germinação com o aumento do tempo de exposição.

Dutra e Teófilo (2007) mencionam que entre os fatores que afetam o comportamento das sementes submetidas a o teste de envelhecimento acelerado, a interação temperatura/período de exposição tem sido um dos mais estudados. Vários autores estudaram essa interação para diferentes espécies, indicando para sementes de soja (*Glicine max* (L.) Merr.), 42<sup>0</sup>C/48h e de milho (*Zea mays* L.), 45<sup>0</sup>C/72h (DUTRA e VIEIRA, 2004); de maxixe (*Cucumis anguria* L.), 41<sup>0</sup>C/48h; (SILVA et al., 1998); de tomate (*Lycopersicum esculentum* Miller), 41<sup>0</sup>C/72h (PANOBIANCO e MARCOS FILHO, 2001); e de erva-doce (*Pimpinella anisum* L.), 41<sup>0</sup>C/72h (TORRES, 2004).

A avaliação da qualidade das sementes por meio de testes rápidos que proporcionam resultados reproduzíveis tem sido uma busca constante dos tecnologistas de sementes (MARCOS FILHO, 1999). Entre os testes indiretos considerados rápidos destaca-se o de tetrazólio para avaliar viabilidade e vigor, e permitir a identificação dos fatores que influenciam a qualidade das sementes (FRANÇA NETO, 1999).

Durante o processo de produção, as informações sobre o potencial fisiológico das sementes são de importância fundamental para as decisões a serem tomadas. Nesse sentido, o teste de tetrazólio é promissor, pois, estima a viabilidade, fornece informações a respeito do vigor a partir de critérios específicos de avaliação e, ainda indica os principais problemas que podem afetar a qualidade das sementes (SANTOS, 2003).

Este teste baseia-se na atividade das enzimas desidrogenases (AOSA, 1983) que estão envolvidas na atividade respiratória dos sistemas biológicos. Durante os processos respiratórios, substâncias intermediárias são produzidas, que servem de substrato para as enzimas. Íons de hidrogênio são transferidos (em diversas etapas) para o tetrazólio, que atua como um receptor de hidrogênio. O tetrazólio é então reduzido a um “formazan” insolúvel e colorido (vermelho). Desde que a reação ocorra no interior da célula e considerando que o pigmento é não-difusível, há um delineamento bastante nítido entre o tecido que respira (viável) e o tecido que não respira (inviável). O pigmento adquire uma cor vermelho característica, enquanto o último mantém sua cor natural (DELOUCHE et al., 1976).

Segundo Santos (2003), para a realização do teste de tetrazólio é fundamental conhecer a estrutura da semente em análise para poder estabelecer as condições para o preparo e os critérios para avaliação das sementes.

De acordo com Delouche et al., (1976) é desejável e frequentemente necessário, pré-condicionar as sementes, antes de prepará-las para o teste de tetrazólio. O pré-condicionamento em água ou em substrato umedecido, não somente facilita o corte mais proporciona uma coloração mais limpa e clara. Os autores acrescentam que o pré-condicionamento ou amolecimento se processa mais rapidamente com temperaturas mais elevadas, em geral a maioria das sementes são pré-condicionadas satisfatoriamente a cerca de 30<sup>0</sup>C. Grabe (1976) menciona que a embebição em água é o método mais rápido e pode ser desejável quando o teste de tetrazólio é realizado no campo, mas as sementes secas quebradiças, especialmente as de feijão, podem fraturar se colocadas diretamente em água. Portanto a escolha do método de condicionamento dependerá da rapidez e da precisão requerida e das características da semente.

Dias e Barros (1999) indicam 16 horas de embebição à temperatura de 25 a 30<sup>0</sup>C para sementes de milho (*Zea mays* L.). Bhering et al., (1999) recomendam que as sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) devem ser colocadas entre duas folhas de papel – toalha umedecido e levadas ao germinador à temperatura de mais ou menos 25<sup>0</sup>C, durante 14-16h, aproximadamente.

De acordo com a indicação de Costa et al., (1988) a velocidade de embebição de água aumenta com a elevação da temperatura, promovendo redução do tempo de hidratação e, conseqüentemente, de execução do teste. A fase de coloração deve ser realizada no escuro, pois a solução de tetrazólio é sensível à luz (BHERING et al., 1999; DIAS E BARROS, 1999; DELOUCHE et al., 1976).

Segundo Delouche et al., (1976), a velocidade de coloração das sementes varia de acordo com as características de cada espécie e com a concentração da solução de tetrazólio. No entanto, ainda não foram estabelecidas as concentrações mais adequadas para o processo em sementes de várias espécies (NASCIMENTO, 1997).

Grabe (1976) recomenda como regra geral o uso de solução de tetrazólio a 1%, para leguminosas e gramíneas (quando as sementes não são seccionadas através do embrião antes de serem submetidas à coloração) e solução diluída 0,1 a 0,25%, para forrageiras e cereais (quando as sementes são seccionadas através do embrião). Nesse sentido, Dias e Barros (1999) recomendam as concentrações de 0,075 ou 0,1% para sementes de milho (*Zea mays* L.) à temperatura de 35<sup>0</sup>C durante duas a quatro horas; Bittencourt e Vieira

(1999) indicam 0,075% por duas horas ou 0,05% por três horas à temperatura de 40<sup>0</sup>C para sementes de amendoim (*Arachis hypogaeae* L.).

As Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992) têm as informações gerais para a realização do teste de tetrazólio para um grande número de sementes. Segundo Santos (2003) os estudos desenvolvidos têm procurado estabelecer a temperatura, a concentração da solução de tetrazólio e a redução do tempo para realização dos testes e os critérios complementares para avaliação.

Andrade et al., (1996) verificaram que o teste de tetrazólio em sementes de cenoura permitiu a caracterização dos embriões das sementes em viáveis e não viáveis, em um período de tempo significativamente inferior ao indicado pelas Regras de Análise de Sementes, e concluíram que é possível a utilização de duas horas para hidratação a 25<sup>0</sup>C, e uma hora para coloração a 35<sup>0</sup>C.

Novembre et al., (2006) trabalhando com sementes de *Brachiaria brizantha* (Hochst.ex A.Rich) Stapf. concluíram que o teste de tetrazólio é eficiente para estimar a viabilidade das sementes e que pode ser conduzido com um período de hidratação de seis horas a 30<sup>0</sup>C e com duas horas a 40<sup>0</sup>C para o período de coloração.

### 3.0 - Referências Bibliográficas

Association of official Seed Analysts (AOSA). **Seed vigour testing handbook**. 1983, 93p. (Contribution, 32).

ALBRECHT, J.M.F.; ALBUQUERQUE, M.C.L.F.; SILVA, M.V.S. Influência da temperatura e do tipo de substrato na germinação de sementes de cerejeira. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.8, n.1, p.49-55. 1986.

ALBUQUERQUE, C.F. RODRIGUES, T.J.D.; MINOHARA, L. TEBALDI, N.D.; SILVA, L.M.M. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de saguari (*Colubrina glandulosa* Perk) - Rhamanaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.2, p.346-349, 1998.

ALVES, E.D.; PAULA, R.C.; OLIVEIRA, A. P.; BRUNO, R.L.A.; DINIZ, A.A. Germinação de sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. em diferentes substratos e temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.24, n.1, p.169-178, 2002.

ANDRADE, A.C.S. Efeito da luz na germinação de *Leandra breviflora* Cogn., *Tibouchina benthamiana* Cogn., *Tibouchina grandifolia* Cogn. E *Tibouchina moricandiana* (DC) BAIL. (MELASTOMATACEAE). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 17, n.1, p. 29-35, 1995.

ANDRADE, R.N. B. de; SANTOS, D.S. B.; SANTOS FILHO, B.G.; MELLO, V. D. C. Teste de germinação e de tetrazólio em sementes de cenoura armazenadas por diferentes períodos. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n. 1, p. 108-116, 1996.

ANDRADE, A.C.S.; PEREIRA, T.P.; FERNANDES, M.J.; CRUZ, A.P.M.; CARVALHO, A.S.R. Substrato, temperatura de germinação e desenvolvimento pós-seminal de sementes de *Dalbergia nigra*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.3, p.517-523, 2006.

ARAÚJO NETO, J.C.; AGUIAR, I.B. FERREIRA, V.M. RODRIGUES, J.D. Temperaturas cardeais e efeito da luz na germinação de sementes de mutamba. **Revista**

PEIXOTO, M.G.L. 2007. Germinação e vigor de sementes e desenvolvimento pós seminal de 18 *Crotalaria spectabilis* Roth.

**Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3 p.460-465, 2002.

ARAÚJO NETO, J.C.; AGUIAR, I.B. FERREIRA, V.M. Efeito da temperatura e da luz na germinação de sementes de *Acácia polyphylla* DC. **Revista Brasil Botânica**, São Paulo, v.26, n.2, p.249-256, jun.2003.

BASEGGIO, J.; FRANKE, L.B. Condições para germinação de sementes de *Desmodium incanum* DC. **Revista Brasileira de sementes**, Brasília, v.20, n. 1, p.148-152, 1998.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination**. New York: Springer-Verlag, 1982.375p.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1985. 367p.

BITTENCOURT, S. R. M.de; VIEIRA, R. D. Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de amendoim. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. Cap. 8, p. 8.2-1/8.2-8.

BHERING, M.C.; SILVA, R.F.da; ALVARENGA, E.M.; DIAS, D.C.F.S. Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de feijão. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. Cap. 8, p. 8.3-1/8.3-10.

BORGES, E.E.L.; CASTRO, J.L.D.; BORGES, R.C.G. Alterações fisiológicas em sementes de jacaré (*Piptadenia communis*) submetidas ao envelhecimento precoce. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 14, n. 1, p. 9-12, 1992.

BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Org.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993, 350p

PEIXOTO, M.G.L. 2007. Germinação e vigor de sementes e desenvolvimento pós seminal de 19 *Crotalaria spectabilis* Roth.

BORGHETTI, F.; FERREIRA, A.G. Interpretação de resultados de germinação. In: FERREIRA, A.G. & BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004, p. 209-222.

BORGHETTI, F. Temperaturas extremas e a germinação das sementes. In: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E.L.; WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U. M.T. (Edit.) **Estresses ambientais, danos e benefícios em plantas**. IMPRENSA UNIVERSITÁRIA, 2005, p. 207-218.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

CACERES, N.T.; ALCARDE, J.C. Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). **Revista STAB**, Piracicaba, v. 13, n 5, p. 16-20, 1995.

CALDEIRA, M.V.W. SHUMACHER, M.V. TEDESCO, N. Crescimento de mudas de *Acácia mearnsii* em função de diferentes doses de vermicomposto. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, n.57, p.161-170, 2000.

CALEGARI, A.; ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S. & AMADO, T.J.C. Caracterização das principais espécies de adubo verde. In: COSTA, M.B.B. (coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. p.209-327.

CARDOSO, V.J.M. Germinação. In. KERBAUY, G.B. (Ed). **Fisiologia vegetal**. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2004, p.386-408.

CAVALCANTE, A. M. B.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeitos da temperatura sobre a germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 17, n.1, p. 1-8, 1995.

CAVALLARI, D.A.N.; WETZEL, M.M.V.da S.; BATISTA, L.A.R. Substrato e temperatura na germinação de sementes de *Gmelina arborea* Roxb. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.14, n.1, p.89-92, 1992.

PEIXOTO, M.G.L. 2007. Germinação e vigor de sementes e desenvolvimento pós seminal de 20 *Crotalaria spectabilis* Roth.

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

CARVALHO, P.G.B.de; BORGUETTI, F.; BUCKERIDGE, M.S.; MORHY, L.; FERREIRA FILHO, E. X. Temperature dependent germination and endo-b-mannanase activity in sesame seeds. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.13, p.139-148. 2001.

CARVALHO, S.R.L. de; REZENDE, J.O.; FERNANDES, J.C.; PEREIRA, A.P. Caracterização e avaliação de leguminosas e gramíneas com alto poder relativo de penetração de raízes em solo coeso dos tabuleiros costeiros do recôncavo baiano. **Magistra**, Cruz das Almas, BA, v.14, n.1, jan./jun., p. 2002.

CARNEIRO, J.W.P.; ROSSETO, M.Z.; MAIA, M.de S. Influência da posição da semente no substrato e da temperatura de germinação no desempenho de dois lotes de sementes de *Brachiaria humidicola*. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília. v.8, n.3, p.41-46. 1986.

CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. Embebição e reativação do metabolismo In: FERREIRA, A.G. & BORGHETTI, F.(Org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Artmed. Porto Alegre, 2004, p.149-162.

CINTRA, F. L. D. **Disponibilidade de água no solo para porta-enxertos de citros em ecossistema de Tabuleiro Costeiro**. Piracicaba: ESALQ/USP. 1997. 90p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo.

CINTRA, F.L.D.; IVO, W.M.P.M.; SILVA, L. et al., **Distribuição das raízes de cana-de-açúcar em sistema de cultivo com adubação orgânica**. Aracaju. Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2006, 20p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 12).

COSTA, N.P. da; FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A. A.; PEREIRA, J.E. Avaliação de metodologia alternativa para o teste de tetrazólio para sementes de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.55, n. 2, p. 305-312, maio/ago., 1988.

PEIXOTO, M.G.L. 2007. Germinação e vigor de sementes e desenvolvimento pós seminal de 21 *Crotalaria spectabilis* Roth.

CREPALDI, I.C.; SANTANA, J.R.F.; LIMA, P.B. Quebra de dormência de sementes de pau-ferro (*Caesalpinia férrea* Mart. Ex Tul. - Leguminosae, Caesalpinioideae). **Sitientibus**, Feira de Santana, n.18, p. 19-29, 1998.

DELOUCHE, J. C. STILL, T.W.; RASPET, M.; LIENHARD, M. **O teste de tetrazólio para viabilidade das sementes**. Brasília: AGIPLAN, 1976. 103p.

DELOUCHE, J. C. Germinação, deterioração e vigor da semente. **Revista Seed News**, Pelotas, v.6, n. 6, p.24-31, 2002.

DIAS, M.C.L.L.; BARROS, A.S.R. Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de milho. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. Cap. 8, p. 8.4-1/8.4-9.

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.

DUTRA, A. S.; TEÓFILO, E.M. Envelhecimento acelerado para avaliar o vigor de sementes de caupi. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.29, n. 1, p. 193-197, 2007.

DUTRA, A.S.; MEDEIROS FILHO, S.; TEÓFILO, E.M.; DINIZ, F.O. Germinação de sementes de *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin E Barneby - Caesalpinioideae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 160-164, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Tabuleiros Costeiros. **Plano diretor do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Tabuleiros Costeiros (CPATC)**. Brasília: EMBRAPA, SPI, 1994. 37p.

FERRAZ-GRANDE, F.G.A.; TAKAKI, M. Temperature dependent seed germination of *Dalbergia nigra* Allen (Leguminosae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.44, p.401-404, 2001.

- PEIXOTO, M.G.L. 2007. Germinação e vigor de sementes e desenvolvimento pós seminal de 22 *Crotalaria spectabilis* Roth.
- FIGLIOLIA, M.B.; OLIVEIRA, E.de C.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Análise de sementes. In: AGUIAR, J.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Coord.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, p.137-174, 1993.
- FRANÇA NETO, J.B. Teste de tetrazólio para determinação do vigor das sementes. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 8.1/8.7.
- GASPAR, C.M.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em função do número de sementes e da qualidade de água para sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.24, n. 2, p. 70-76, 2002.
- GOMES, S.M.de S.; BRUNO, R.de L. Influência da temperatura e substratos na germinação de sementes de urucum (*Bixa orellana* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.14, n.1, p.47-50, 1992.
- GRABE, D. F. **Manual do teste de tetrazólio em sementes**. Brasília: AGIPLAN, 1976. 86p.
- HENDRICKS, S.B.; TAYLORSON, R.B. Variation in germination and amino acid leakage of seeds with temperature related to membrane phase change. **Plant Physiology**, Maryland, v.58, n.1, p.7-11, 1976.
- KLEIN, A.; FELIPE, G.M. Efeito da luz na germinação de sementes de ervas invasoras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v.26, n.7, p.955-966, 1991.
- KOLLER, D. **Physiological ecology: A series of monographs, texts and tratseses**. v.2. ACADEMIC PRESS: New York, 1972, 447 p.
- JACOMINE, P. K. T. Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil. In: WORKSHOP SOBRE COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 2001, Aracaju. **Anais...** Aracaju: EMBRAPA-CPTAC, 2001. p. 19-46.
- LABOURIAU, L.G. **A germinação da semente**. Washington: Secretaria Geral da O. E. A., 1983, 173p.

PEIXOTO, M.G.L. 2007. Germinação e vigor de sementes e desenvolvimento pós seminal de 23 *Crotalaria spectabilis* Roth.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: Rima 2004.

LIMA, D.; GARCIA, L.C. Avaliação de métodos para o teste de germinação em sementes de *Acácia mangium* Wild. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 18, n. 2, p.180-185, 1996.

LIMA, C.M.R., BORGHETTI, F.; SOUSA, M.V. Temperature and germination of the Leguminosae *Enterolobium contortisiliquum*. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.9, n.2, p.97-102, 1997.

LIMA, J.D.; ALMEIDA, C.C.; DANTAS, V.A.V.; SILVA E SILVA, B.M. MORAES, W.S. Efeito da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). **Revista árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.4, p.513-518, 2006.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. Cap. 1, p. 1.1-1.21.

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

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P. Vigor de sementes de rabanete e desempenho de plântulas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.28, n. 3, p. 44-51, 2006.

MAGALHÃES, V.S. **Leguminosas para utilização em sistema plantio direto na cultura do milho nos tabuleiros costeiros do estado de Alagoas**. 2004. 50f. Dissertação (Mestrado em agronomia: Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2004.

MENEZES, N.L.; FRANZIN, S.M.; ROVERSI, T. NUNES, E.P. Germinação de sementes de *Salvia splendens* Sellow em diferentes temperaturas e qualidade de luz. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.26, n.1, p.32-37, 2004.

PEIXOTO, M.G.L. 2007. Germinação e vigor de sementes e desenvolvimento pós seminal de 24 *Crotalaria spectabilis* Roth.

MIRANDA, P.R.M. FERRAZ, I.D.K. Efeito da temperatura na germinação de sementes e morfologia da plântula de *Maquira sclerophylla* (Ducke) C.C. Berg. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.22, n.2, p.303-307. 1999.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó: Ed. do Autor, 1991. 337p.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. Cap. 2, p. 2.1 - 2.24.

NASCIMENTO, W. M. O. **Caracterização morfo-anatômica, comportamento germinativo e avaliação de técnicas para o teste de tetrazólio em sementes de jenipapo (*Genipa americana* L.)** 1997. 95f. Dissertação (Mestrado em Produção e tecnologia de Sementes) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

NOVEMBRE, A. D. L. C.; CHAMMA, H. M. C. P.; GOMES, R. B. R. Viabilidade das sementes de braquiária pelo teste de tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.28, n. 2, p. 147-151, 2006.

OLIVEIRA, E. C. Morfologia de plântulas. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Org.) **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993, p. 175-213.

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

PEREZ, S. C. J. G. de.; NASSIF, S. M. L. Efeitos do envelhecimento precoce, polietilenoglicol e substrato na viabilidade e vigor de sementes de algarobeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n. 12, p. 2055-2064, 1998.

PEIXOTO, M.G.L. 2007. Germinação e vigor de sementes e desenvolvimento pós seminal de 25 *Crotalaria spectabilis* Roth.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B.; PEIXOTO, M.C. Testes de qualidade. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação: do Básico ao Aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004, p.283-297.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985.289p

PROBERT, R.J.; SMITH, R.D.; BIRCH, P. Germination responses to light and alternating temperature in European populations of *Dactylis glomerata*. L.I. Variability in relation to origin. **New Phytologist**, v.99, p.305-316, 1985.

PROBERT, R.J.; SMITH, R.D.; BIRCH, P. Germination responses to light and alternating temperature in European populations of *Dactylis glomerata*. L. V: the principle components of the alternating temperature requirement. **New Phytologist**, v. 102, p. 133-142, 1986.

RODO, A.B.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A.; SAMPAIO, N.V. Teste de condutividade elétrica em sementes de tomate. **Revista Brasileira de sementes**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 29-38, 1998.

RODO, M.A.B.; MARCOS FILHO, J. onion seed vigor in relation to plant growth and yield. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n.2, p. 220-226. 2003.

SÁ, M. E. Condutividade elétrica em sementes de tomate (*Lycopersicon lycopersicum* L.). **Scientia agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 1, p. 13-19, 1999.

SANTOS, M.A. de O.; **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de tomate através do teste de tetrazólio**. 2003. 68f. Dissertação (Mestrado em agronomia) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SCALON, S.P.Q.; MUSSURY, R.M.; ALMEIDA, K.A.; RIGONI, M.R. Efeito do álcool e substrato na germinação de sementes de sibipiruna (*Caesalpinia pelthophoroides* Benth.) colhidas no chão e retiradas da vagem. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras. v.27, n.2, p. 389-392, mar./abr. 2003.

PEIXOTO, M.G.L. 2007. Germinação e vigor de sementes e desenvolvimento pós seminal de 26 *Crotalaria spectabilis* Roth.

SILVA, M.A.S.; TORRES, S.B.; CARVALHO, I.M.S. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.1, p.212-214, 1998.

SOUZA FILHO, A.P. da S. Influência da temperatura, luz e estresses osmótico e salino na germinação de sementes de *Leucaena leucocephala*. **Pasturas Tropicais**, v.22, n. 2, p.47-53, 2000.

SUNE, A.D.; FRANKE, L.B. Superação da dormência e metodologias para testes de germinação em sementes de *Trifolium riograndense* Burkart e *Desmanthus depressus* Humb. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.28, n.3, p.29-36, 2006.

TORRES, S.B. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de erva-doce. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.26, n.2, p.20-24, 2004.

VANZOLINE, S.; CARVALHO, N. M. Efeito do vigor de sementes de soja sobre seu desempenho em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 33-41, 2002.

VANZOLINE, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em sementes de amendoim. **Revista Brasileira de sementes**, Brasília, v.27, n. 2, p. 151-158, 2005.

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

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994.164p.

VIEIRA, R.D.; PANOBIANCO, M.; LEMOS, 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.

PEIXOTO, M.G.L. 2007. Germinação e vigor de sementes e desenvolvimento pós seminal de 27 *Crotalaria spectabilis* Roth.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. Cap. 4, p. 4.1-4.26.

## CAPÍTULO 2

### COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO DE SEMENTES EM FUNÇÃO DO SUBSTRATO, LUZ E TEMPERATURA E DESENVOLVIMENTO PÓS-SEMINAL DE *Crotalaria spectabilis* Roth.

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi obter dados biométricos de sementes, estudar o comportamento germinativo em função do substrato, temperatura e luz, considerando dois critérios de germinação, bem como acompanhar e registrar o desenvolvimento pós-seminal de *Crotalaria spectabilis* Roth., espécie que vem se destacando na melhoria da qualidade de solos e controle de nematóides em vários estados no Nordeste. Para tanto, as sementes foram homogeneizadas para determinação do comprimento, largura, espessura e peso de 1000 sementes, em seguida, foram incubadas nos substratos papel de filtro e areia lavada de rio, sendo submetidas às temperaturas de 10, 15, 25, 30 e 40<sup>o</sup>C, na presença ou ausência da luz. O ensaio foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, levando em consideração os critérios botânico e tecnológico de germinação. As sementes apresentam comprimento, largura e espessura de 4,4 mm; 3,3 mm e 1,6 mm, respectivamente com total de 62.189 sementes em um quilograma. As temperaturas de 25 e 30<sup>o</sup>C, utilizando o substrato papel de filtro, na presença de luz, proporcionam os melhores valores de porcentagem e velocidade de germinação das sementes em relação ao critério botânico, enquanto que para o critério tecnológico, a temperatura de 25<sup>o</sup>C foi estatisticamente superior para estas duas variáveis nas mesmas condições descritas.

**Termos para indexação:** plântula, critério de germinação, vigor.

**THE PHYSIOLOGIC BEHAVIOR OF SEEDS IN TERMS OF THE SUBSTRATUM, LIGHT, TEMPERATURE AND POST-SEMINAL DEVELOPMENT OF *Crotalaria spectabilis* Roth.**

**Abstract:** the objective of this work was to obtain biometrics data of seed, to study the germinated behavior in terms of the substratum, temperature and light, considering two criterion of germination. As well as to go along with and to register the post seminal development of the *Crotalaria spectabilis* Roth. It is standing out in the improvement of the accomplishment of the soils and control of nematodes in various states in the Northeast region. In order to that, the seeds were homogenized to obtain the length, width, thickness and weight of 1000 seeds, as well as incubated in the paper filter substratum and washed sand of river, they were also submitted in temperatures of 10, 15, 25, 30 and 40 Celsius grade, with or without light. The essay was conducted under entirely unexpected delineation, with four repetitions, taking technologic and botanic criteria of germination into consideration. The seeds has presented: length; weight, thickness and weight of 4.4 mm; 3.3 mm; 1.6 mm., respectively, in a total of 62.189 seeds in one kilogram. The temperatures of 25 and 30 Celsius grade utilizing the paper filter substratum, with light, have proportionate the best values of germination percentage and velocity of the seeds regarding to botanic criterion, whereas for technologic criterion the temperature of 25 Celsius grade was statistically superior for these two variables in the same described conditions.

**Thermos for indexation:** Seedling, germination criterion, vigour.

## 1.0 - INTRODUÇÃO

Um dos meios utilizados para a determinação da qualidade das sementes é o teste de germinação, o qual é utilizado sob condições de temperatura e substrato ideais para cada espécie. De acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992) além destes fatores, a luz tem fundamental importância nos resultados do teste de germinação.

O estudo de temperaturas específicas em diferentes espécies é necessário visto que as sementes apresentam capacidade germinativa em limites distintos de temperatura (Bewley e Black, 1982). Além disso, embora muitas sementes germinem em ampla variação de temperatura, elas geralmente não germinam abaixo ou acima de certa faixa específica para a espécie. A temperatura ótima para a maioria das espécies tropicais encontra-se entre 20<sup>o</sup>C e 30<sup>o</sup>C, sendo que, tanto abaixo quanto acima desta temperatura pode haver redução na velocidade do processo bem como no total de sementes germinadas (Koller, 1972).

O substrato deve manter uma proporção adequada entre a disponibilidade hídrica e aeração, o qual não deve ser umedecido em excesso para evitar que uma película de água envolva a semente, restringindo a penetração de oxigênio (Scalon et al., 1993). A escolha do substrato é muito importante para a obtenção dos melhores resultados em um teste de germinação, devido principalmente a grande variação que existe entre as espécies (Perez, 1999). Em relação à luz, Carvalho e Nakagawa (1988) mencionam que este fator é tido como um agente natural de quebra de dormência de sementes de algumas espécies e que, sobre o processo germinativo propriamente dito, não exerce efeito algum. Salienta-se, porém, que muitos dos trabalhos conduzidos com objetivo de estabelecer as melhores condições para a condução de testes de germinação têm indicado a temperatura ótima, bem como, a supra e infra-ótima para muitas espécies, levando em conta apenas um dos critérios de germinação, o botânico, que considera a protrusão da raiz primária como fim do processo germinativo, ou o tecnológico, que considera a plântula com suas estruturas essenciais (Brasil, 1992), dificultando a comparação entre os mesmos.

Diante do exposto, fica expressa a necessidade de pesquisas envolvendo espécies cultivadas e não cultivadas em relação ao estabelecimento das condições ótimas para a realização dos testes germinativos. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar fisicamente sementes de *Crotalaria spectabilis* Roth e estudar o seu comportamento germinativo em função do substrato, temperatura e luz, levando em conta os dois critérios de germinação, bem como acompanhar o seu desenvolvimento pós-seminal.

## 2.0 - MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no período de maio de 2006 a fevereiro de 2007, no Laboratório de Análise de Sementes pertencente ao Centro de Ciências Agrárias (CECA), Campus Delza Gitaí da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). O Campus está situado a 9°28'01" S, 35°49'32" W e 141 m de altitude. Sementes de *Crotalaria spectabilis* provenientes da cidade de Lins-SP, colhidas em maio de 2006 foram mantidas por ocasião dos experimentos em câmara seca, regulada a temperatura de 20°C ± 3°C e 45% de umidade relativa. Por ocasião do experimento que avaliou o comportamento germinativo das sementes, o teor de água com base no peso úmido foi de 10,8%.

### 2.1 - Biometria das sementes

Para realização da biometria foram utilizadas oito repetições de 100 sementes, determinando-se o comprimento, largura e espessura com o auxílio de um paquímetro manual. A determinação do peso de 1000 sementes foi realizada com 10 repetições de 100 sementes. Para cada variável, foram calculados a média (m), moda (mo), mediana (md), desvio padrão (Sx), variância (s<sup>2</sup>) e a frequência relativa (Fr), segundo Labouriau e Valadares (1976) e Labouriau (1983).

### 2.2 - Comportamento germinativo das sementes

Para avaliação do comportamento germinativo, as sementes foram submetidas a uma assepsia sendo imersas em água sanitária a 2% por um minuto e em seguida lavadas em água destilada. Transcorrida esta etapa, as mesmas foram colocadas em caixas plásticas transparentes de 11x11x3 cm (gerbox) utilizando como substrato areia lavada de rio e papel de filtro, sendo este umedecido até atingir o equivalente a 2,5 vezes o seu peso e colocadas no germinador. Os germinadores foram regulados às temperaturas constantes de 10°C, 15°C, 25°C, 30°C e 40°C, com fotoperíodo de oito horas, fornecidos por quatro lâmpadas tipo luz do dia de 20w. No tratamento de escuro, utilizou-se gerbox de coloração preta, sendo a contagem realizada em sala escura sob luz verde de segurança.

A contagem das sementes germinadas foi realizada diariamente durante 11 dias com base em dois critérios, o botânico, que considera germinada as sementes que emitiram a raiz primária (originada da radícula do embrião) e o tecnológico que inclui o desenvolvimento das estruturas embrionárias e a formação de uma plântula em que sejam evidentes as suas partes constituintes (Marcos-Filho, 2005 e Brasil, 1992).

Para avaliação estatística dos dados, utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 2 x 5 x 2 (substrato x temperaturas x presença e/ou ausência de luz) com quatro repetições de 25 sementes. Para o cálculo da porcentagem de germinação, os dados foram transformados em arc. seno  $\sqrt{x}$  e o índice de velocidade de germinação (IVG) foi calculado utilizando a

fórmula proposta por Maguire (1962). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

### 2.3 - Desenvolvimento pós-seminal

Para acompanhar o desenvolvimento pós-seminal, foram tomadas duas repetições de 25 sementes, sendo submetidas a um processo asséptico, conforme mencionado acima. Após assepsia, as sementes foram incubadas em “gerbox” sobre papel filtro umedecido com água destilada e mantidas em germinador a 25<sup>o</sup>C, com fotoperíodo de oito horas, durante 22 dias. Quando se iniciou o aparecimento das primeiras folhas verdadeiras, as plântulas foram transferidas para rolos de papel toalha (tipo germitest) a fim de se evitar o apodrecimento, dando assim continuidade ao processo de germinação. Para análise descritiva das plântulas, foram observados os processos de desenvolvimento e diferenciação das mesmas, com base em Oliveira (1993).

## 3.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

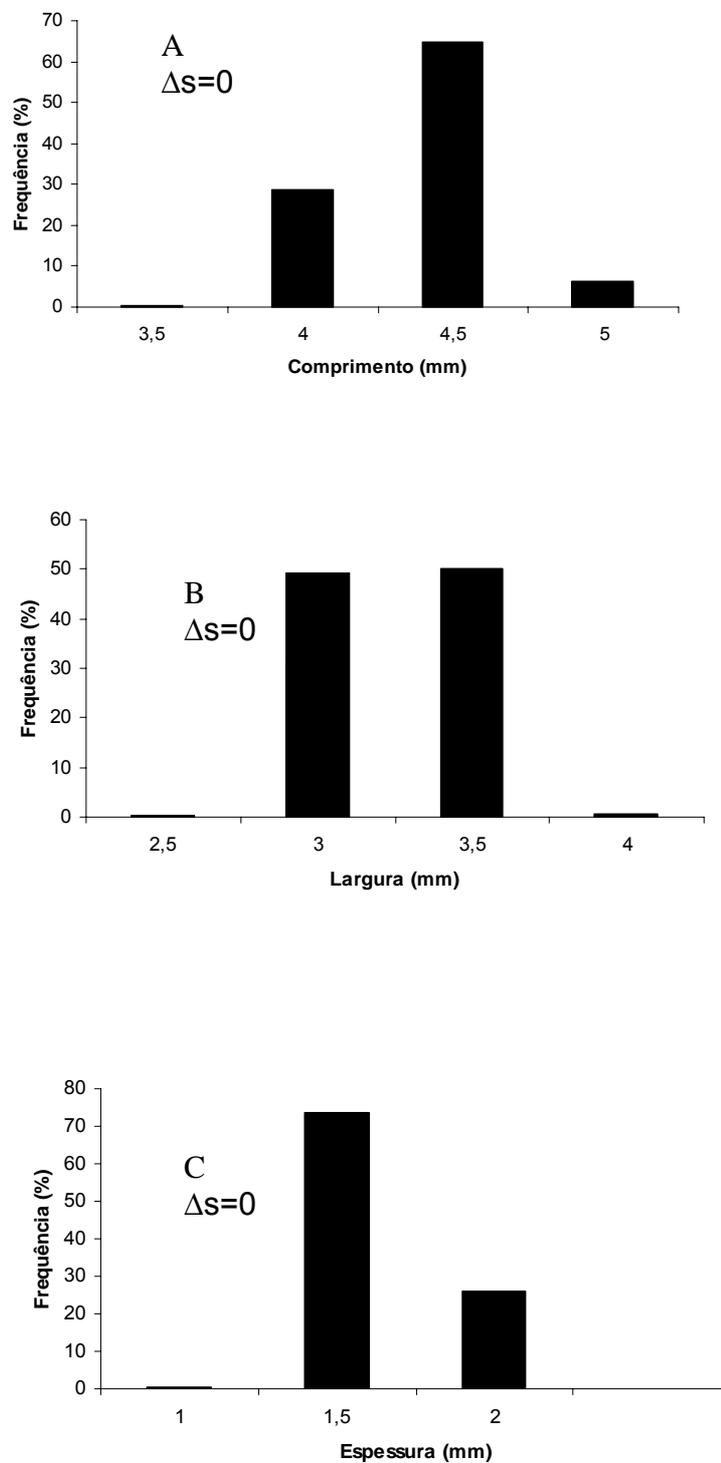
### 3.1 - Biometria das sementes

As sementes de *Crotalaria spectabilis* apresentam formato bastante homogêneo, medindo em torno de 4,4 mm de comprimento por 3,3 mm de largura e 1,6 mm de espessura (Tabela 1), com variação de 3,5 a 5,0; 2,5 a 4 e 1,0 a 2,0 mm, respectivamente (Figura 1). Possuem tegumento de coloração marrom escura a preta, com total de 30; 62 e 93 sementes em 0,5; 1 e 1,5 gramas, respectivamente, correspondendo a 62.189 sementes em um quilograma (Fig. 2).

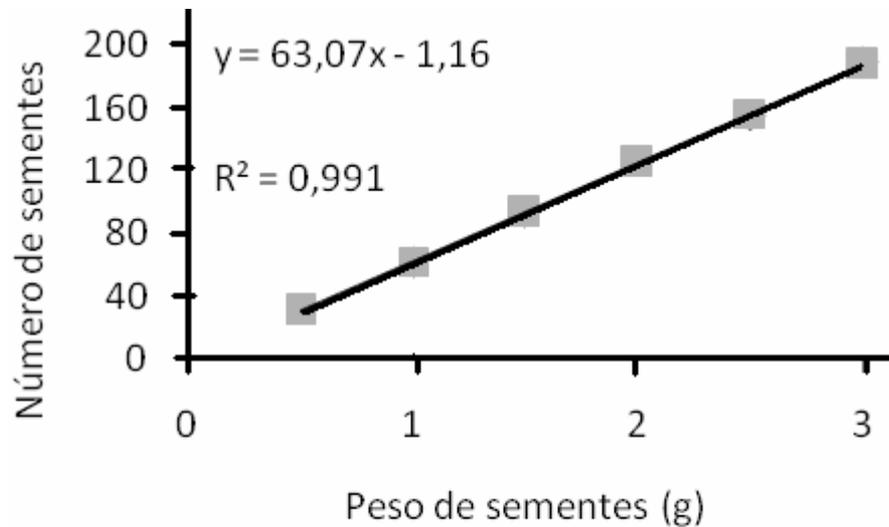
Pelos histogramas de frequência observa-se que no lote estudado, houve comportamento simétrico da curva para o comprimento, largura e espessura das sementes (média = moda = mediana), apresentando  $\Delta s=0$ , o que revela uma uniformidade de medidas nas sementes da população estudada (Figura 1).

**Tabela 1.** Estatística descritiva do comprimento, largura e espessura de sementes de *Crotalaria spectabilis* Roth.

Medidas estatísticas	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)
Média	4,4	3,3	1,6
Moda	4,5	3,5	1,5
Mediana	4,5	3,5	1,5
Variância	0,1	0,1	0,1
Desvio Padrão	0,3	0,3	0,2
Amplitude	1,5	1,5	1,0
Coeficiente de variação (%)	6,4	8,0	13,5



**Figura 1.** Distribuição de freqüência relativa (Fr) do comprimento (A), da largura (B) e da espessura (C) de sementes de *Crotalaria spectabilis*.



**Figura 2.** Número de sementes de *Crotalaria spectabilis* em função do peso em gramas.

### 3.2 - Comportamento germinativo das sementes

Os valores médios da porcentagem e velocidade de germinação das sementes de crotalária, considerando o critério botânico, encontram-se nas Tabelas 2, 4, e 6. Quando o substrato utilizado foi o papel de filtro (Tabela 2), constatou-se que os maiores valores para a porcentagem de germinação foram obtidos quando as sementes foram incubadas à temperatura de 25°C, não diferindo por sua vez das temperaturas 15, 30 e 40°C. No entanto, a velocidade de germinação foi superior nas temperaturas de 25 e 30°C. As temperaturas de 15 e 40°C reduziram a velocidade de germinação.

Para o substrato areia, as temperaturas de 25 e 30°C foram estatisticamente semelhantes em relação a porcentagem de germinação, conferindo maiores valores para essa variável, em relação às demais temperaturas, enquanto que os maiores valores de velocidade de germinação foram obtidos à temperatura de 30°C. Observou-se que a temperatura de 10°C impediu a germinação das sementes em ambos os substratos (Tabela 2).

**Tabela 2.** Porcentagem de germinação (%G) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de crotalária em função da temperatura e do substrato, considerando o critério botânico.

Substratos	Temperaturas (°C)				
	10	15	25	30	40
	<b>(%G)</b>				
Sobre papel	0	65,2 Aa	70,0 Aa	67,0 Aa	62,5 Aa
Entre areia	0	38,8 Bb	51,5 Ab	58,5 Ab	19,5 Cb
	<b>IVG</b>				
Sobre papel	0	6,8 Ba	10,9 Aa	11,3 Aa	8,0 Ba
Entre areia	0	1,5 Cb	6,4 Bb	8,4 Ab	0,9 Cb
			<b>G (%)</b>		<b>IVG</b>
Valor de "F" para substrato (S)			135,5**		195,2**
Valor de "F" para temperatura (T)			188,7**		154,9**
Valor de "F" para interação SxT			20,09**		17,9**
Coeficiente de variação			17,1%		23,4%

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Considerando o critério tecnológico de germinação, constatou-se que quando o substrato utilizado foi o papel de filtro, as maiores porcentagem de germinação foram obtidas quando as sementes foram incubadas nas temperaturas de 15<sup>o</sup>C e 25<sup>o</sup>C, sendo estatisticamente superiores às demais temperaturas (Tabela 3). No entanto, as temperaturas de 25 e 30<sup>o</sup>C inferiram em maiores velocidades para ambos os substratos. Observou-se na interação substrato e temperatura, que a porcentagem de germinação obteve melhor resultado com o substrato papel nos dois critérios utilizados.

**Tabela 3.** Porcentagem de germinação (%G) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de crotalária em função da temperatura e do substrato considerando o critério tecnológico.

Substratos	Temperaturas (°C)				
	10	15	25	30	40
	<b>(%G)</b>				
Sobre papel	0	52,1 Aa	47,7 Aa	37,1 Ba	22,9 Ca
Entre areia	0	30,1 Ab	30,8 Ab	34,9 Aa	9,3 Bb
	<b>IVG</b>				
Sobre papel	0	1,5 Ba	2,9 Aa	2,3 Aa	1,4 Ba
Entre areia	0	0,7 Bb	1,7 Ab	2,1 Ab	0,2 BCb
			<b>G (%)</b>		<b>IVG</b>
Valor de "F" para substrato (S)			95,5**		69,2**
Valor de "F" para temperatura (T)			197,9**		111,6**
Valor de "F" para interação SxT			14,4**		7,1*
Coeficiente de variação			18,9%		28,9%

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Machado et al., (2002) a utilização do substrato adequado é fundamental para germinação das sementes, uma vez que pode levar a maior ou menor dificuldade para avaliação das plântulas em relação aos problemas relativos à secagem excessiva e a presença de fungo, o que de certa forma colocou a utilização da areia em desvantagem para esta espécie neste experimento uma vez que o substrato papel mostrou-se mais prático para avaliação e menos propício a fungos. Portanto, a escolha do tipo de substrato deve ser feita de acordo com as exigências da semente em relação ao seu tamanho e formato (Brasil, 1992).

Em trabalhos realizados com sementes de duas leguminosas (*Desmanthus depressus* Humb. e *Trifolium riograndense* Burkart), Sune e Frank (2006) observaram que o substrato papel proporcionou melhores condições para a germinação dessas sementes quando comparadas com o substrato areia lavada de rio. Ao passo que para sementes de *Adenanthera pavonina* L., a porcentagem de germinação foi semelhante entre os substratos papel e areia, enquanto que a velocidade de germinação indicou o papel de filtro como melhor substrato para a realização de testes germinativos (Fanti et al., 1999).

Em relação à temperatura, verificou-se que o comportamento germinativo das sementes de *Crotalaria spectabilis* Roth expresso pela porcentagem e velocidade de germinação foi melhor na temperatura de 25<sup>o</sup>C, independente do critério de germinação avaliado (Tabelas 2 e 3). Entretanto, para o critério botânico a temperatura de 30<sup>o</sup>C não diferiu da de 25<sup>o</sup>C para as duas variáveis estudadas (Tabela 2). Abaixo e acima destas duas temperaturas, com exceção da porcentagem de germinação das sementes considerando o critério botânico, o comportamento fisiológico das sementes foi afetado, principalmente quando a temperatura foi de 10<sup>o</sup>C.

Sabe-se que os extremos de temperatura ambiente provocam alterações internas nas sementes, dificultando o processo germinativo, sendo tais danos, algumas vezes irreversíveis. O calor acelera o movimento das moléculas, as ligações químicas que associam os átomos tornam-se mais fracas e as camadas de lipídios das biomembranas tornam-se mais flúidas. Por outro lado, sob baixas temperaturas, as membranas ficam mais rígidas e aumenta a energia de ativação necessária para realizar os processos bioquímicos (Larcher, 2000).

Temperaturas relativamente baixas, como 15<sup>o</sup>C, atuam bloqueando os processos metabólicos, levando à redução da germinação, assim como foi verificado por Araújo Neto et al., (2002) em sementes de mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam), que apresentaram taxa de germinação extremamente baixa sob temperaturas de 10<sup>o</sup>C e 15<sup>o</sup>C. Para sementes de *Crotalaria spectabilis* observou-se que apesar da porcentagem de germinação à 15<sup>o</sup>C no substrato papel não ter diferido das temperaturas de 25, 30 e 40<sup>o</sup>C no critério botânico, nem da temperatura de 25<sup>o</sup>C no critério tecnológico, sua velocidade de germinação foi estatisticamente inferior nos dois critérios.

Embora altas temperaturas provoquem redução da viscosidade e aumento da energia cinética da água, beneficiando a embebição e a velocidade das reações componentes do metabolismo (Marcos-Filho, 2005), temperaturas extremamente altas podem provocar desorganização do sistema enzimático, com desnaturação de proteínas e desestruturação do sistema de membranas celulares (Garcia et al., 2004). Tal fato foi verificado por Araújo Neto et al., (2002), com sementes de *Guazuma ulmifolia* Lam, onde as sementes tiveram perda total da viabilidade sob temperatura de 40°C, evidenciada pelo extravasamento de substâncias de odor desagradável no substrato. No presente experimento, observou-se que apesar de iniciado o processo germinativo através da protrusão da radícula (Tabela 2) à temperatura de 40°C, verificou-se que o subsequente desenvolvimento do processo germinativo não ocorreu (Tabela 3), resultando no aparecimento de poucas plântulas normais.

Castro et al., (2004) mencionam que a atividade metabólica da semente pode ser comprometida por uma determinada temperatura. Os autores citam trabalhos realizados por Pollock e Toole que verificaram que sementes de milho e feijão tiveram seu sistema de membranas danificado pela embebição de água em temperaturas baixas, evento este conhecido como dano de embebição.

Cabe salientar que as sementes de *Crotalaria spectabilis*, cuja germinação foi inibida pela temperatura de 10°C quando transferidas para a temperatura de 30°C apresentaram porcentagem de germinação superior a 80% (dados não apresentados), indicando que a temperatura baixa apenas paralisou as atividades metabólicas necessárias à germinação das sementes, sendo, portanto, um efeito reversível.

Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram com Bewley e Black (1994) que mencionaram que a capacidade germinativa das sementes, assim como a velocidade de germinação, são afetadas pela temperatura. As sementes têm a capacidade de germinar dentro de uma determinada faixa de temperatura, característica para cada espécie, mas, o tempo necessário para se obter a porcentagem máxima de germinação é dependente da temperatura.

Segundo Cardoso (2004) e Hendricks e Taylorson (1976), a germinação de uma semente não dormente é balizada pelas chamadas temperaturas cardeais, ou seja, as temperaturas máxima, mínima e ótima. A temperatura mínima e máxima seria respectivamente, a menor e a maior temperatura cuja germinação é diferente de zero. A temperatura ou faixa térmica ótima é aquela que resulta no maior número de sementes germinadas em menor tempo, ou seja, a que produz maior germinabilidade e velocidade de germinação. Em algumas situações, a germinabilidade e velocidade de germinação exibem temperaturas ótimas não coincidentes ou completamente separadas. Labouriau (1983) faz referência às temperaturas cardeais extremas, que seriam aquelas abaixo e acima das quais a germinação não ocorre.

Assim sendo, levando em conta a porcentagem e velocidade de germinação e considerando o critério tecnológico, a temperatura de 25<sup>o</sup>C poderia ser considerada como ótima, acima e abaixo desta teria a mínima e máxima. Já as temperaturas de 25 e 30<sup>o</sup>C podem ser consideradas ótimas quando o critério utilizado for o botânico a temperatura de 10<sup>o</sup>C seria considerada como uma cardeal extrema, conforme proposto por Labouriau (1983), independente do critério utilizado.

Além da temperatura, Castro et al., (2004) mencionam que as sementes podem vir a requerer luz para que a germinação seja bem sucedida, ficando esta exigência relacionada às características particulares de cada espécie. Assim, a luz pode desempenhar importante papel no controle da germinação e do crescimento vegetal (Larcher, 2000).

Em sementes de crotalaria, não houve significância estatística para a interação substrato x luz (Tabela 4) e temperatura x luz (Tabela 6) com relação à porcentagem de germinação, considerando o critério botânico. No entanto, quando o critério foi o tecnológico, observou-se que a porcentagem de germinação foi significativamente superior no substrato papel, em presença de luz (Tabela 5).

Para os testes germinativos conduzidos na presença de luz, observou-se que as temperaturas de 25 e 30<sup>o</sup>C proporcionaram os maiores valores de porcentagem e velocidade de germinação, independente do critério utilizado (Tabelas 6 e 7).

Dentro da classificação mencionada por Marcos-Filho (2005), as sementes de *Crotalaria spectabilis* estariam dentro das consideradas fotoblásticas positivas, que seriam aquelas beneficiadas pela luz, cujo benefício estaria ligado à síntese de hormônios e de enzimas, ao controle respiratório, à permeabilidade dos tegumentos ao oxigênio e o metabolismo dos lipídios.

Klein e Felipe (1991) estudando o comportamento fotoblástico de espécies invasoras observaram que algumas sementes só germinavam sob luz, como por exemplo, a *Phyllanthus corcovadensis* Muell. Arg. e *Portulaca oleracea* L., classificando esse comportamento como fotoblastismo absoluto. Outras espécies como *Bidens pilosa* L., *Xanthium strumarium* L., *E. pilulifera* L., *Digitaria horizontalis* (Retz.) Koel. e *Setaria geniculata* (Lam.) Beauv. embora possam ser consideradas fotoblásticas positivas, este caráter é apenas quantitativo uma vez que tanto na presença quanto na ausência de luz ocorreu considerável germinação de suas sementes. Dessa forma, os autores classificaram-nas como fotoblásticas preferenciais.

Baseggio e Franke (1998) avaliando o comportamento germinativo de *Desmodium incanum* DC. em função do substrato e luz observaram que tais sementes germinaram muito pouco na ausência da luz, quando o substrato utilizado foi o papel de filtro (sobre papel). Dessa forma, os autores utilizando a mesma classificação usada por Klein e Felipe (1991) a consideraram como fotoblástica positiva preferencial. Quando o substrato utilizado foi a areia (entre e sobre) a germinação das sementes foi bem maior, comparado ao substrato

papel, independente da condição de luminosidade. Ao passo que para sementes de *Desmanthus depressus* Humb., o substrato papel (entre e sobre) favoreceu a germinação das sementes na presença de luz comparada ao substrato areia lavada de rio (Sune e Franke, 2006).

**Tabela 4.** Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de crotalária em função do substrato e da luz, considerando o critério botânico.

	Luz	IVG	Escuro
	Sobre papel	8,3 Aa	
Entre areia	3,7 Ab		3,1 Ab
		<b>G (%)</b>	<b>IVG</b>
Valor de "F" para substrato (S)		135,5**	195,2**
Valor de "F" para luz (L)		4,4**	17,8**
Valor de "F" para interação SxL		0,3 <sup>ns</sup>	4,0*
Coefficiente de variação		18%	23,4%

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 5.** Porcentagem de germinação (%G) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de crotalária em função do substrato e da luz, considerando o critério tecnológico.

Substratos	Luz	IVG	Escuro
	Sobre papel	48,2 Aa	
Entre areia	32,2 Ab		10,1 Bb
		<b>G (%)</b>	<b>IVG</b>
Sobre papel	3,08 Aa		0,3Ba
Entre areia	1,73 Ab		0,2 Ba
		<b>G (%)</b>	<b>IVG</b>
Valor de "F" para substrato (S)		95,5**	69,2**
Valor de "F" para Luz (L)		585,9**	626,6**
Valor de "F" para interação SxL		20,1**	43,8**
Coefficiente de variação		18,9%	28,9*

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 6.** Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de crotalaria em função da temperatura e da luz, considerando o critério botânico.

	Temperaturas (°C)				
	10	15	25	30	40
Luz	0	4,0 Ba	9,3 Aa	11,2 Aa	5,7 Ba
Escuro	0	4,4 Ba	7,9 Ab	8,7 Ab	3,2 Bb
		G (%)			IVG
Valor de "F" para temperatura (T)		188,7**			154,9**
Valor de "F" para interação LxT		0,4 <sup>ns</sup>			4,21**
Coeficiente de variação		17,01%			23,4%

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 7.** Porcentagem de germinação (%G) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de crotalaria em função da temperatura e da luz, considerando o critério tecnológico.

	Temperaturas (°C)				
	10	15	25	30	40
			<b>G (%)</b>		
Luz	0,5 Da	46,9 Ba	63,0 Aa	58,9 Aa	31,6Ca
Escuro	0,5 Ca	35,6 Ab	15,6 Bb	13,1 Bb	0,57Cb
			<b>IVG</b>		
Luz	0	1,5 Ba	4,3 Aa	4,4 Aa	1,6 Ba
Escuro	0	0,7 Ab	0,3 ABb	0,2 Bb	0
			<b>G (%)</b>		
Valor de "F" para temperatura (T)			197,9**		
Valor de "F" para Luz (L)			585,9**		
Valor de "F" para interação T x L			69,4**		
Coeficiente de variação			18,9%		

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

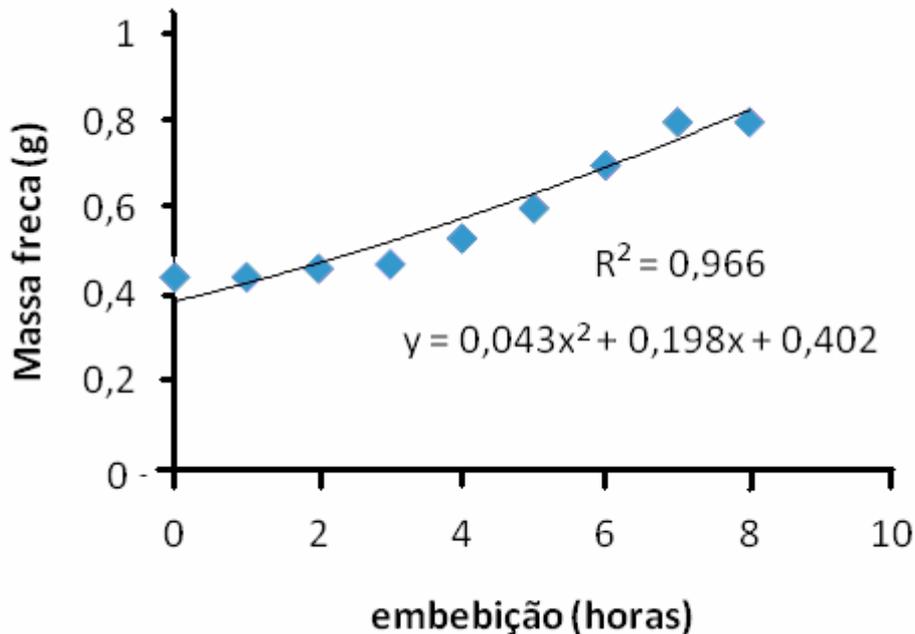
### 3.3 - DESENVOLVIMENTO PÓS-SEMINAL

O início do desenvolvimento pós-seminal é marcado pelo aumento de peso da semente devido à absorção de água pelos tecidos, que ocorre algumas horas após a exposição das sementes ao substrato úmido.

Para sementes de crotalaria observa-se que a fase I, tida por muitos autores como a rápida fase de absorção de água, a qual é dirigida pelo potencial matricial da semente é percebida nas primeiras horas do contato da mesma com o substrato úmido (Figura 3). A

fase II, considerada aquela em que a semente absorve muito pouca água estendendo-se por um tempo mais longo que a fase I, não foi percebida para as sementes em estudo, pelo menos até oito horas do processo de absorção de água.

Albuquerque et al., (2000) trabalhando com condicionamento osmótico de sementes de *Crotalaria spectabilis* Roth também observaram a quase inexistência desta segunda fase no potencial zero, enquanto que nos potenciais -0,8 e -1,2 MPa, esta fase foi bastante longa.



**Figura 3.** Massa fresca de sementes de *Crotalaria spectabilis* (Roth) em função do tempo de embebição.

A emergência da raiz primária foi percebida em algumas sementes após 19 horas de embebição (Figura 4A), diferentemente dos resultados observados por Albuquerque et al., (2000) que ocorreu após 24 horas no potencial zero e temperatura de 25°C. No presente trabalho o rompimento do tegumento ocorre na região menos espessa da casca, ou seja, na região micropilar. No segundo dia (Figura 4B), a raiz primária medindo em média 0,3 cm de comprimento, apresenta coloração esbranquiçada, forma cilíndrica com presença de pelos no eixo hipocótilo-raiz. O hipocótilo com aproximadamente o mesmo tamanho da raiz primária apresenta-se cilíndrico, esbranquiçado com uma ligeira dilatação em sua base que o diferencia da raiz. De acordo com Oliveira (1993) esta região dilatada é tida como transição entre a radícula e o hipocótilo, conhecida por colo, que por sua vez situa-se no nível do solo quando a germinação ocorre no campo. O autor comenta que esta estrutura

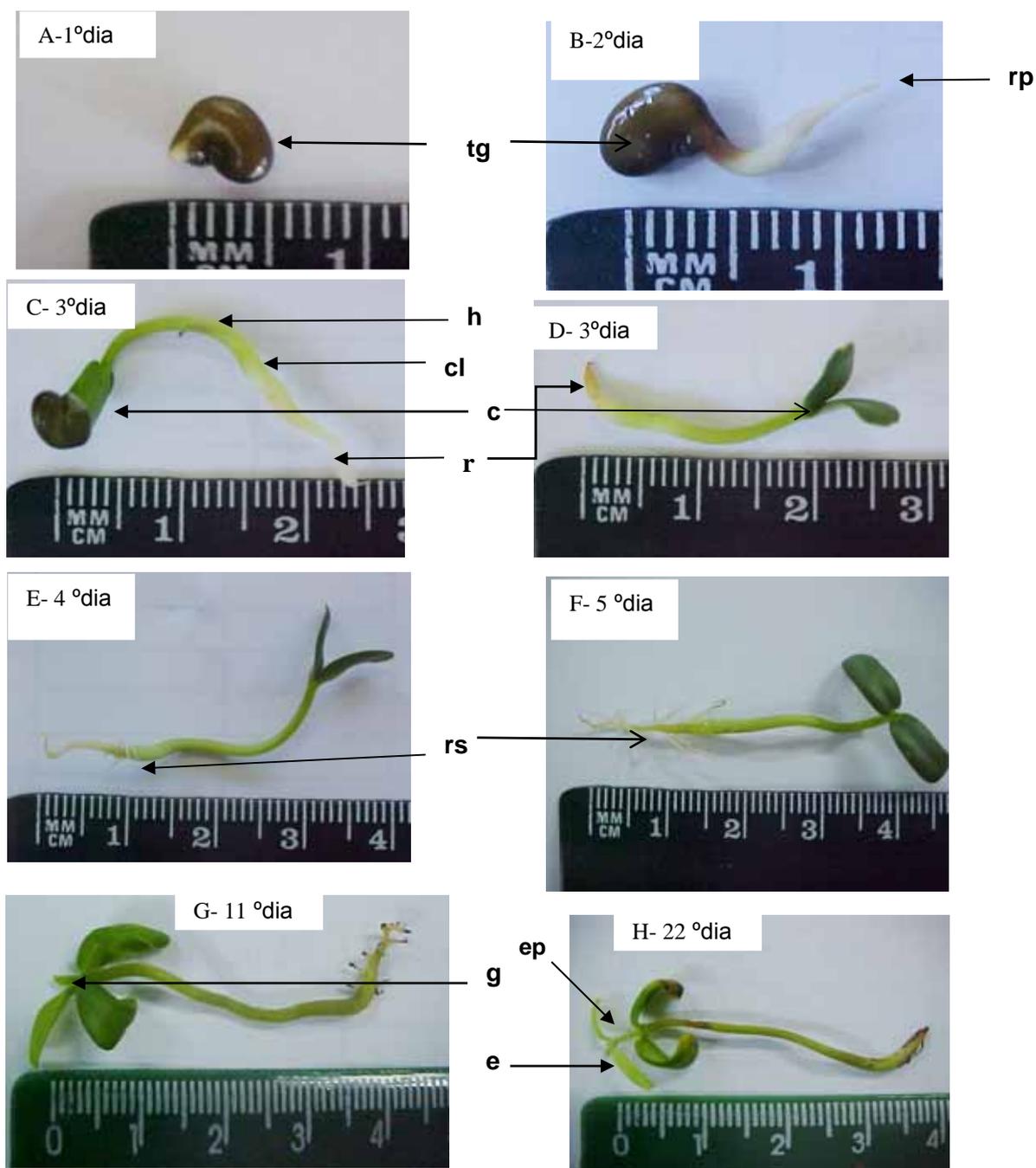
constitui um elemento de identificação nas plântulas, tendo apresentado forma constante nas espécies em que ocorre; nas de hipocótilo longo é, em geral reto, enquanto que nas espécies com hipocótilo curto ou ausente tende a ser geniculado.

No 3º dia de embebição (Figura 4C), foram observadas sementes iniciando o surgimento dos cotilédones, bem como com cotilédones totalmente desprendidos do tegumento da semente (Figura 4D). Estes apresentam coloração verde escuro, com ápice arredondado. Segundo Oliveira (1993), este comportamento é visto em sementes cuja germinação é do tipo fanerocotiledonar, ou seja, em que os cotilédones desprendem-se totalmente do tegumento das sementes, exercendo a função de órgão assimilador. O mesmo autor comenta que a quantidade de reserva alimentícia que os cotilédones oferecem é suficiente para suprir sua expansão até serem expostos, mas podem contribuir para nutrição da plântula também, por realizarem a fotossíntese, após o que a plântula torna-se dependente do processo de fotossíntese.

No 4º dia de desenvolvimento (Figura 4E), a raiz primária e o hipocótilo atingem, em média, 1 cm e 2,5 cm de comprimento, respectivamente. Nesta fase, já é visível o surgimento da raiz secundária, a qual mede aproximadamente 0,2 cm de comprimento. No do 5º dia (Figura 4F), as plântulas já se encontram bastante desenvolvidas, com raiz principal apresentando raízes secundárias fortes e vigorosas. A raiz principal apresenta o mesmo tamanho do dia anterior, por sua vez o hipocótilo já atinge em torno de 2,9 cm de comprimento. Nesta fase de desenvolvimento, observa-se em algumas plântulas o aparecimento da primeira gema apical, onde no 8º dia já é visível o primeiro par de eófilo (folhas verdadeiras), apresentando em média 0,3 cm de comprimento. A raiz principal e os cotilédones foliáceos apresentam em média 1,0 cm e o hipocótilo 3,4 cm de comprimento.

No 11º dia (Figura 4G), cerca de 70% das plântulas apresentam um eófilo bem desenvolvido, totalmente aberto, com coloração verde clara medindo cerca de 0,8 cm de comprimento. Nesta fase, já verifica-se o surgimento da segunda gema foliar, a raiz primária atinge cerca de 1,7 cm e o hipocótilo 3,4cm.

No 16º dia as primeiras folhas verdadeiras já atingem, em média, 0,57 cm de comprimento, apresentam nervuras salientes e cor verde claro. Os cotilédones já dão sinais de deterioração, começando a cair no 22º dia (Figura 4H). Nesta fase de desenvolvimento, o hipocótilo mede em média 4 cm e epicótilo 0,2 cm de comprimento.



**Figura 4.** Variação das fases do desenvolvimento das plântulas de *Crotalaria spectabilis*: Tg-tegumento; h-hipocótilo, ep-epicótilo; rp-raiz primária; rs-raiz secundária; eo-eófilos; g-gema axilar; c-cotilédone; cl-colo.

#### 4.0 - CONCLUSÕES

O peso de 1000 sementes de *Crotalaria spectabilis* Roth é de 16,08 g correspondendo a 62.189 sementes por quilograma;

As respostas da germinação de sementes de *Crotalaria spectabilis* aos fatores substrato, temperatura e luz diferem entre os critérios adotados, botânico ou tecnológico;

Considerando o critério botânico, as temperaturas de 25 e 30°C, no substrato sobre papel, na presença de luz proporcionam os maiores valores de porcentagem e velocidade de germinação para sementes de *Crotalaria spectabilis*.

Considerando o critério tecnológico, a temperatura de 25°C, no substrato sobre papel, na presença de luz, proporciona os maiores valores de porcentagem e velocidade de germinação para sementes de *Crotalaria spectabilis*.

A temperatura de 10°C inibe a germinação de sementes de *Crotalaria*, sendo este efeito reversível.

A germinação das sementes é epígeae as plântulas são fanerocotiledonares.

## 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, M.C.F; RODRIGUES, T.J.D; MENDONÇA,E.A.F. Absorção de água por sementes de *Crotalaria spectabilis* Roth., determinada em diferentes temperaturas e disponibilidade hídrica. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.1, p.206-215, 2000.

ARAÚJO NETO, J.C.; AGUIAR, I.B.; FERREIRA, V.M. *et al.* Temperaturas cardeais e efeito da luz na germinação de sementes de mutamba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.460-465, 2002.

BASEGGIO, J.; FRANKE, L.B. Condições para a germinação de sementes de *Desmodium incanum* DC. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.1, p.148-152, 1998.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination**. New York; SPRINGER VERLAG, 1982. 375P.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

CARDOSO, V.J.M. Germinação. In: KERBAUY, G.B.(Ed.). **Fisiologia vegetal**. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2004, p.386-408.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3 ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 424p.

CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. Embebição e reativação do metabolismo In: FERREIRA , A.G.; BORGHETTI,F (Org.). **Germinação: do básico ao aplicado**, Porto Alegre: Artmed,2004, p.150-185.

FANTI, S.C.; PEREZ, S.C.J.G.A. Influência do substrato e do envelhecimento acelerado na germinação de olho de dragão (*Adenanthera pavonina* L.-FABACEAE). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.2, p.135-141, 1999.

GARCIA, L.C.; NOGUEIRA, A.C.; ABREU, D.C.A. Influencia do envelhecimento acelerado no vigor de sementes de *Anadenanthera colubrina* (vellozo) Brenan-Mimosaceae. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.14, n.1, p.85-90, 2004.

HENDRICKS, S. B.; TAYLORSON, R. B. Variation in germination and amino acid leakage of seeds with temperature related to membrane phase change. **Plant Physiology**, Maryland, v.58, n.1, p. 7-11, 1976.

KLEIN, A.; FELIPE, G.M. Efeito da luz na germinação de sementes de ervas invasoras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.7, p.955-966, 1991.

KOLLER, D. **Physiological ecology**: A series of monographs, texts and tratseses. v.2. ACADEMIC PRESS: New York, 1972, 447 p.

LABOURIAU, L.G. **A germinação da semente**. Washington: Secretaria Geral da O. E. A., 1983, 173p.

LABOURIAU, L.G.; VALADARES, M.B. On the physiology of seed of *Calotropis procera*. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 2, p.235-264, 1976.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531p.

MACHADO, C.F.; OLIVEIRA, J.A.; DAVIDE, A.C.; GUIMARÃES, R.M. Metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de ipê-amarelo. **Revista Cerne**, Lavras, v.8, n.2, p.18-27, 2002.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Chicago, v.2, n.2, p.176-177, Apr./Jun. 1962.

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

OLIVEIRA, E.C. Morfologia de plântulas. In: AGUIA, I.B.; PINÃ-RODRIGUES, F.C.M. & FIGLIOLIA, M.B. (Coords.) **Sementes florestais**. Brasília: ABRATES, 1993. P.175-214.

PEREZ, S.C.J.G.A. Influência do armazenamento, substrato, envelhecimento precoce e profundidade de semeadura na germinação de canafístula. **Bragantia**, Campinas, v.58, n.1, p.57-68, 1999.

SUNE, A.D.; FRANKE, L.B. Superação da dormência e metodologias para testes de germinação em sementes de *Trifolium riograndense* Burkart e *Desmanthus depressus* Humb. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.28, n.3, p.29-36, 2006.

SCALON, S.P.Q.; ALVARENGA, A.A.; DAVIDE, A.C. Influência do substrato temperatura, umidade e armazenamento sobre germinação de sementes de pau-pereira (*Platycyamus regnelli* Benth). **Revista Brasileira de sementes**, Brasília, v.15, n.1, p.143-146, 1993.

### CAPÍTULO 3

#### **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE *Crotalaria spectabilis* Roth ATRAVÉS DE DIFERENTES TESTES DE VIGOR**

**RESUMO:** Dentro de um programa de controle de qualidade, a avaliação do vigor de sementes é fundamental e necessária para o sucesso da produção. O presente trabalho teve por objetivo comparar diferentes métodos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de *Crotalaria spectabilis*. Para tanto, cinco lotes de sementes foram submetidos aos seguintes testes: germinação, primeira contagem de germinação, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado tradicional. Transcorrida esta etapa, estudou-se diferentes concentrações do sal 2,3,5 cloreto trifenil de tetrazólio afim de estabelecer padrões colorimétricos em sementes com diferentes níveis de vigor. Os testes estudados não revelaram diferenças de vigor nos cinco lotes estudados, com exceção da condutividade elétrica realizado com 50 mL de água. Os testes de tetrazólio mostram-se promissores na identificação de sementes com diferentes níveis de vigor.

**Termos para indexação:** condutividade elétrica, tetrazólio, envelhecimento acelerado.

**EVALUATION OF PHYSIOLOGICAL POTENTIAL OF *CROTALARIA SPECTABILIS*  
ROTH SEEDS THROUGH DIFFERENT VIGOR TESTS**

**ABSTRACT:** Inside a qualified program of control, the evaluation of the seeds vigor is fundamental and necessary for the success of production. This work has had as an objective to compare different methods for the evaluation of physiological potential of *Crotalaria spectabilis* seeds. In order to that, five seeds lots were evaluated by the following tests: germination, first counting of germination test, electric conductivity and traditional accelerated aging. After this stage, different concentration of the 2.3.5 triphenil tetrazolium chloride salt had been studied, in order to establish models in color in the seeds with different vigor levels. These tests have not revealed any vigor differences inside the five lots studied, except for the electric conductivity carried out with 50 mL of water. The tests of tetrazolium have presented promising in the identification of seeds with different levels of vigor.

**Index Terms:** electric conductivity, tetrazolium test, accelerated aging.

## 1.0 - INTRODUÇÃO

A produção de sementes de leguminosas tropicais no Brasil tem aumentado e, em decorrência, existe maior demanda pelo aprimoramento de tecnologias já estabelecidas para a produção de sementes. No estado de Alagoas, por exemplo, grande parte da área agrícola é ocupada por cana de açúcar, estando localizada principalmente na unidade dos tabuleiros costeiros que tem como uma das principais características a presença de horizontes coesos, situados em geral, entre 30 a 60 cm de profundidade (Jacomine, 2001). Tais horizontes respondem pela formação de períodos alternados de ressecamento e encharcamento nos solos criando um ambiente inadequado para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas em geral, e no caso da cana de açúcar em particular, por ser uma espécie que necessita de no mínimo 10% de ar para sua sobrevivência, seu crescimento e desenvolvimento. Tal fato tem levado agricultores e/ou usineiros a buscar alternativas para melhorar a qualidade dos solos nesta região, sendo uma delas o uso da adubação verde como prática de cultivo.

Dentre as plantas utilizadas como adubo verde, a *Crotalaria spectabilis*, popularmente conhecida como crotalária e guizo de cascavel, por possuir raiz pivotante profunda, capaz de romper camadas compactadas, além de controlar populações de nematóides (Calegari et al., 1992), tem sido apontada como leguminosa potencial para uso durante a renovação do canavial na região dos Tabuleiros Costeiros (Cintra et al., 2006).

Apesar da importância, poucos são os trabalhos realizados com o intuito de avaliar a qualidade fisiológica das sementes, e como acontece em outras culturas, a utilização de sementes de boa qualidade é fundamental para o estabelecimento de populações adequadas em campo. Para uma análise mais completa da qualidade das sementes, há a necessidade de se complementar as informações fornecidas pelo teste de germinação com testes de vigor, que possibilitem selecionar os melhores lotes para a comercialização e que forneçam, com maior precisão, informações para a semeadura.

Em relação ao vigor de sementes, Vieira et al. (1994) ressaltam que é difícil pensar em uma única característica para avaliá-lo. Desse modo, procura-se relacioná-lo com a velocidade de germinação, a uniformidade de emergência e o vigor da plântula resultante. Geralmente, as sementes mais vigorosas retêm a capacidade de produzir plântulas normais e apresentam maior potencial de germinação, após serem submetidas a uma condição de estresse, enquanto que as de baixo vigor se caracterizam por apresentar maior redução da viabilidade.

Considerando-se que os testes de vigor fornecem índices mais sensíveis do potencial fisiológico, quando comparados ao teste de germinação (AOSA, 1983), qualquer evento que preceda a perda do poder germinativo pode servir como base para o desenvolvimento de teste de vigor. Assim, testes que avaliam a integridade da membrana

seriam, teoricamente, os mais sensíveis para estimar o vigor. Neste sentido, pode-se destacar o teste de condutividade elétrica, que se baseia na permeabilidade das membranas, avaliando características relacionadas à liberação de metabólitos durante a embebição das sementes (AOSA, 1983, Marcos-Filho, et al., 1987), sendo um dos mais importantes para estimar o vigor da semente, por possuir base teórica consistente, objetividade, rapidez, facilidade de execução e possibilidade de ser padronizado como teste de rotina por causa de sua reprodutibilidade (Vieira et al., 1994). Outro teste que vem se destacando é o de tetrazólio, que se baseia na atividade das enzimas desidrogenases, particularmente a desidrogenase do ácido málico, que reduz o sal 2,3,5 trifenil cloreto de tetrazólio nos tecidos vivos da semente, onde íons de hidrogênio são transferidos para o referido sal (Delouche et al., 1976).

Com base no exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade inicial de lotes de sementes de *Crotalaria spectabilis* através de diferentes testes de vigor.

## 2.0 - MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Análise de Sementes e em abrigo telado, pertencentes ao Centro de Ciências Agrárias (CECA), Campus Delza Gitaí da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). O Campus está situado a 9°28'01" de latitude, 35°49'32" de longitude e 141 m de altitude. Foram utilizadas sementes de crotalaria colhidas no ano safra de 2006 na cidade de Lins-SP.

As sementes foram separadas em cinco amostras com auxílio de um divisor de solo para homogeneização das mesmas. Em seguida, foram acondicionadas em embalagem semipermeável (saco de papel tipo "kraft") armazenadas em câmara seca (temperatura de 20°C ±3°C e 45% de umidade relativa). A avaliação do potencial fisiológico dos lotes das sementes de crotalaria foi feita pelos seguintes testes:

**2.1 - Teor de água das sementes** – Para a determinação do teor de água das sementes, foi utilizado o método de estufa à temperatura de 105 ± 3°C, segundo prescrições das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992). Esta determinação foi feita com duas amostras de 50 sementes antes de cada experimento, com exceção do teste de tetrazólio;

**2.2 - Germinação** – conduzido em ambiente controlado e não controlado, com quatro repetições de 25 sementes para cada lote. No ambiente controlado, as sementes foram distribuídas em caixas plásticas tipo "gerbox" (11,0 x 11,0 x 3,5 cm) sobre uma folha de papel de filtro com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco, a temperatura de 30°C e oito horas de luz. Na condição não controlada, o referido teste foi conduzido em abrigo telado coberto com sombrite com 70% de filtração, sem controle de temperatura e umidade, onde as sementes foram dispostas em bandejas plásticas contendo areia lavada de rio. Após semeadura, as sementes foram cobertas com uma camada de cerca de dois centímetros de areia. As contagens foram feitas diariamente durante 10 dias e foram analisadas a porcentagem de germinação, a primeira contagem do teste de germinação e o índice de velocidade de germinação para condição de ambiente controlado e a emergência de plântula, primeira contagem de emergência de plântula e índice de velocidade de emergência para condição não controlada. Considerou-se germinadas as sementes que originaram plântulas normais;

**2.3 - Primeira contagem do teste de germinação** - Realizado conjuntamente com o teste de germinação, registrando-se a porcentagem de plântulas normais verificadas no 4º dia de germinação;

**2.4 - Índice de velocidade de germinação** - No teste de germinação, foram efetuadas contagens diárias das plântulas emergidas a cada 24 horas, durante 10 dias, sendo consideradas emergidas as plântulas que desprenderam os cotilédones;

**2.5 - Emergência de plântulas em areia** - Conduzido em abrigo telado, conforme comentado no item 2.2;

**2.6 - Primeira contagem de emergência de plântulas** - Realizado conjuntamente com o teste de emergência de plântulas, registrando-se a porcentagem de plântulas normais verificadas no 4º dia de germinação;

**2.7 - Índice de velocidade de emergência** – No teste de emergência de plântulas, foram efetuadas contagens diárias das plântulas emergidas a cada 24 horas, durante 10 dias, sendo consideradas como emergidas as plântulas cujos cotilédones afloraram a superfície da areia;

**2.8 - Teste de envelhecimento acelerado** - Para realização do teste de envelhecimento acelerado, os lotes de sementes de *crotalaria* foram envelhecidas por 72 e 96 horas, utilizando para tanto camada única de semente sobre tela acoplada ao interior de caixas plásticas (11 x 11 x 3,0 cm), contendo, ao fundo 40 mL de água destilada, conforme AOSA (1983). As caixas foram tampadas e mantidas em câmara de germinação tipo BOD reguladas a temperatura de  $40^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ . Ao término deste período, foi determinado o grau de umidade, e em seguida foram postas para germinar, calculando-se a primeira contagem de germinação e o índice de velocidade de germinação como descritos nos itens 2.3 e 2.4;

**2.9 - Condutividade elétrica** – Conduzido pelo método de massa, de acordo com o procedimento proposto pelo comitê de vigor da ISTA (1995). Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes, contadas e pesadas em balança de precisão. Em seguida, as amostras foram colocadas em copos plásticos contendo 25, 50 e 75 mL de água destilada e mantidas em incubadora a  $20^{\circ}\text{C}$  durante os períodos de 1, 2, 4, 8 e 24 horas de embebição. As leituras foram realizadas em medidor de condutividade modelo CD-850, sendo os resultados expressos em  $\mu\text{s/cm/g}$  de sementes;

**2.10 - Teste de tetrazólio** - Neste experimento, procurou-se avaliar a concentração indicada pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992) para sementes de *Crotalaria* spp, bem como testar diferentes concentrações do sal 2,3,5 trifenil cloreto de tetrazólio em diferentes períodos de tempo, a fim de estabelecer um padrão colorimétrico que indicasse sementes com diferentes níveis de vigor. Para tanto, sementes vigorosas foram imersas por 15 horas em água destilada para facilitar o amolecimento do tegumento que foi removido cuidadosamente com auxílio de uma agulha fina. Transcorrida esta etapa, sementes com diferentes níveis de vigor foram colocadas em copos de plásticos de 50 mL, sendo totalmente submersos em solução de tetrazólio (pH 6,8) nas concentrações 0,1%; 0,5% e 1%, e mantidos no escuro à temperatura de  $40^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  por 30, 60 e 120 minutos. Para obtenção dos diferentes níveis de vigor, as sementes foram submetidas ao envelhecimento acelerado tradicional, sendo dispostas em camada única sobre tela acoplada ao interior de caixas plásticas, contendo, ao fundo 40 mL de água destilada, conforme AOSA (1983). As caixas foram tampadas e mantidas em câmara de germinação

regulada a temperatura de  $40^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  pelos períodos de 0, 72, 96, 120, 144, 168 e 240 horas. Após cada período, as sementes foram colocadas para germinar conforme descrito anteriormente, sendo os resultados expressos em porcentagem, velocidade de germinação e taxa de lixiviados obtidos pelo teste de condutividade elétrica, sendo este realizado com volume de 75 mL de água.

Transcorrida esta etapa, sementes consideradas de alto, médio e baixo vigor foram submetidas à concentração de 0,1% do sal de tetrazólio por uma hora para estabelecimento dos padrões colorimétricos, considerando sementes viáveis e não viáveis conforme coloração dos tecidos da semente. Foram consideradas vigorosas as sementes que se apresentavam sem danos ou com lesões superficiais nos cotilédones, sendo capazes de originar plântulas normais fortes. As não vigorosas eram sementes que exibiam algum tipo de lesão e que não seriam capazes de originar plântulas normais fortes. As sementes não viáveis eram aquelas que se mostravam incolor na presença do sal de tetrazólio. Os aspectos colorimétricos foram definidos conforme estabelecido por Mendonça (2006) e Bhering et al. (2005) realizados para sementes de outras espécies;

**2.11 – Procedimento estatístico** - foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 sementes. Para comparação de médias utilizou-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

### 3.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de água das sementes dos cinco lotes estudados foram estatisticamente semelhantes (Tabela 1), sendo que a variação entre os mesmos ficou abaixo do máximo requerido pelas Regras para Análises de Sementes (Brasil, 1992) que é de 0,5 pontos percentuais. Essa pequena variação proporciona maior segurança em afirmar que este fator não teve influência sobre os resultados dos testes empregados (Loeffler et al., 1988 e Marcos-Filho, 1999).

Os lotes utilizados neste trabalho “a priori” apresentaram qualidades fisiológica semelhante (Tabela 1), ou seja, não diferiram entre si pelo teste de germinação, mostrando alta porcentagem de plântulas normais. Este fato é relevante, haja vista, que um dos objetivos básicos dos testes de vigor é avaliar ou detectar diferenças significativas na qualidade fisiológica de lotes com germinação semelhante, complementando as informações fornecidas pelo teste de germinação (Tabela 1).

Os resultados de vigor obtidos pelos testes de germinação, primeira contagem e índice de velocidade de emergência realizados sob condições controladas e não controladas, não indicaram diferenças significativas entre os lotes (Tabela 1), revelando assim a qualidade inicial elevada e uniforme das sementes. Isto também pode ser atribuído à baixa sensibilidade de testes, como por exemplo, o da primeira contagem, que avalia o

vigor de sementes com base nos primeiros eventos do processo de deterioração, conforme comentado por Delouche e Baskin (1973).

Os resultados obtidos no teste de envelhecimento acelerado (Tabela 2) também não acusaram diferenças entre os lotes em relação à qualidade fisiológica das sementes de crotalária. Nota-se que todos os lotes exibiram sensibilidade semelhante às condições de estresse do teste, ou seja, alta temperatura e alta umidade relativa, embora os lotes A e E tenham apresentado menor grau de umidade quando envelhecidas a 72 horas.

**Tabela 1.** Teor de água (TA), Germinação (G), Primeira contagem (PC), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Emergência de Plântulas (EP), Primeira Contagem de Emergência de plântulas (PCE) e Índice de Velocidade de Emergência (IVE) de cinco lotes de sementes de crotalária.

Lotes	<i>Condições controladas</i>				<i>Condições não controladas</i>		
	TA (%)	G (%)	PC (%)	IVG	EP (%)	PCE (%)	IVE
A	11,7 A	80,0 A	77,5 A	12,1 A	86,0 A	84,0 A	6,6 A
B	11,9 A	90,0 A	85,0 A	13,1 A	86,0 A	76,0 A	6,0 A
C	11,9 A	83,7 A	82,5 A	13,0 A	90,0 A	82,0 A	6,2 A
D	12,0 A	82,5 A	80,0 A	12,2 A	86,0 A	82,0 A	6,5 A
E	11,9 A	82,5 A	76,3 A	11,9 A	85,0 A	82,0 A	6,5 A
CV	12%	10,5%	11,4%	13,2%	7,6%	8,9 %	9,1%

Letras iguais comparam médias dentro de cada coluna pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 2.** Valores médios dos teores de água, porcentagem e índice de velocidade de germinação de cinco lotes de sementes de crotalária envelhecidas por 72 e 96 horas.

Lotes	<b>Envelhecimento acelerado</b>							
	72 horas				96 horas			
	TA (%)	G (%)	PCG (%)	IVG	TA (%)	G (%)	PCG(%)	IVG
A	31,5 B	62,0 A	58,7A	12,6 A	35,8 A	67,5 A	67,5 A	4,4 A
B	39,3 A	68,8 A	61,3A	13,7 A	36,1 A	73,5 A	67,5 A	4,4 A
C	37,5 A	73,8 A	73,8A	15,0 A	33,1 A	73,8 A	71,2 A	4,7 A
D	37,8 A	60,0 A	57,5A	13,2 A	35,2 A	77,5 A	73,5 A	4,9 A
E	35,8 AB	67,5 A	58,8A	14,0 A	35,0 A	66,2 A	62,5 A	4,2 A
CV	12%	10,5%	16,9%	13,2%	16,2%	18,5%	18,8%	20,4%

Letras iguais comparam médias dentro de cada coluna pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados semelhantes foram obtidos por Dutra e Vieira (2006), os quais observando a qualidade fisiológica de cinco lotes de sementes de abobrinha (*Curcubita pepo* L.) observaram que os testes de germinação, primeira contagem, porcentagem e índice de velocidade de emergência de plântulas não permitiram detectar diferenças quanto ao nível de vigor, embora o teste de condutividade elétrica realizado com 75 mL de água em oito horas de imersão das sementes à temperatura de 30°C revelasse diferença na qualidade fisiológica dos lotes estudados.

O mesmo ocorreu com sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), em que os testes de primeira contagem e envelhecimento acelerado não revelaram diferenças de vigor entre os quatro lotes testados, sendo possível tal separação quando realizados testes de vigor à baixa temperatura e emergência de plântulas em solo (Barros et al., 2002).

Considerando os valores de condutividade elétrica dos solutos lixiviados nos lotes de sementes de crotalária, provenientes de cinco leituras realizadas, utilizando 50 sementes em 25, 50 e 75 mL de água (Tabela 3), constata-se que o teste realizado com 50 mL de água revelou diferenças entre os lotes estudados, onde os períodos de uma e duas horas indicaram o lote A como o de menor qualidade fisiológica, o qual não diferiu dos lotes B, C e E quando utilizou-se quatro horas de imersão das sementes. Ao passo que os testes realizados com 25 e 75 mL de água, independente dos períodos utilizados, mostraram homogeneidade dos lotes quanto ao vigor, o que de certa forma concorda com os resultados obtidos pelos demais testes já apresentados.

**Tabela 3.** Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ) de cinco lotes de sementes de *Crotalaria spectabilis* em função do volume de água e do período de embebição.

	1 hora	2 horas	4 horas	8 horas	24 horas
Lotes	25 mL de água				
A	40,3 A	45,2 A	56,1 A	123,1 A	300,9 A
B	47,8 A	54,4 A	76,7 A	157,6 A	367,4 A
C	42,8 A	47,8 A	62,8 A	141,7 A	328,2 A
D	42,9 A	47,6 A	63,9 A	149,7 A	332,9 A
E	42,8 A	47,3 A	61,6 A	138,8 A	323,6 A
	50 mL de água				
A	25,4 A	29,1 A	35,5 A	76,3 A	167,2 A
B	21,4 B	24,4 B	32,0 AB	69,9 A	150,3 A
C	21,0 B	25,6 B	34,1 AB	72,5 A	162,9 A
D	20,5 B	24,4 B	30,1 B	66,2 A	150,7 A
E	21,4 B	24,7 B	33,0 AB	75,2 A	158,3 A
	75 mL de água				
A	15,3 A	18,1 A	22,5 A	49,0 A	112,6 A
B	15,4 A	18,1 A	22,5 A	47,3 A	106,7 A
C	14,8 A	17,5 A	22,7 A	53,6 A	113,6 A
D	15,9 A	18,6 A	23,3 A	51,5 A	106,8 A
E	16,3 A	20,1 A	26,2 A	58,5 A	117,7 A

Letras iguais comparam médias dentro de cada coluna e volume pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).

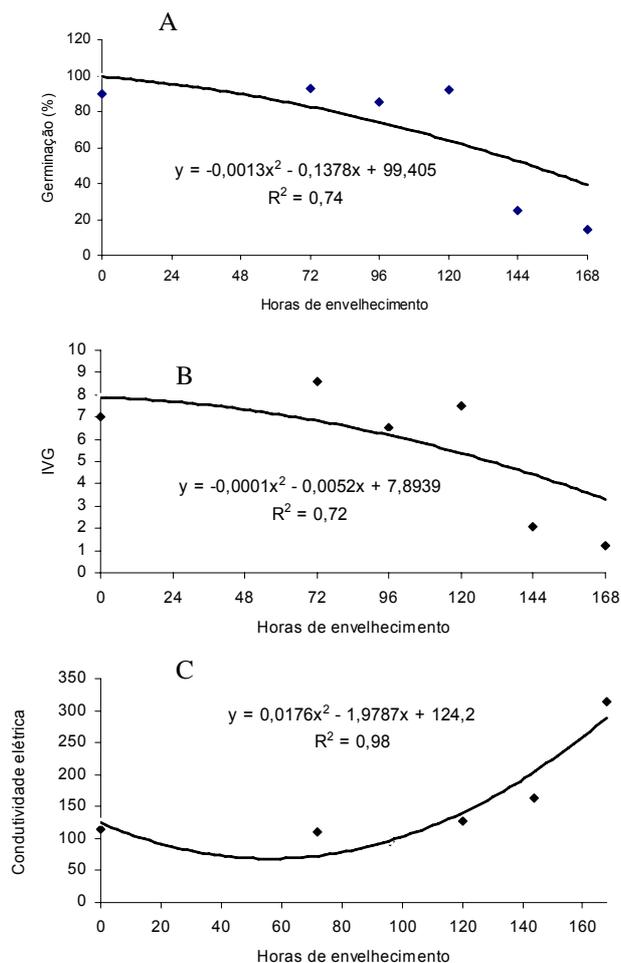
Sementes de *Crotalaria spectabilis* apresentaram redução da porcentagem e velocidade de germinação quando expostas ao envelhecimento acelerado (Figura 1A e 1B), sendo o declínio da qualidade fisiológica mais evidenciado após 120 horas, com aumento da condutividade elétrica das sementes (Figura 1C).

O vigor das sementes é o reflexo de um conjunto de características ou propriedades que determinam o seu potencial fisiológico, ou seja, a capacidade de apresentar desempenho adequado quando exposta a diferentes condições ambientais (Vieira e Carvalho, 1994). Vários pesquisadores têm procurado elucidar os mecanismos que determinam a deterioração das sementes e analogamente, verificar as transformações que ocorrem durante o teste de envelhecimento. Dentre estes mecanismos, a exposição das sementes à temperatura e umidade elevadas provoca sérias alterações degenerativas no metabolismo da semente, desencadeadas pela desestruturação e perda da integridade do sistema de membranas celulares, causadas principalmente pela peroxidação dos lipídios.

Além da perda da compartimentalização celular, a desintegração do sistema de membranas promove descontrole do metabolismo e das trocas de água e solutos entre células e o meio exterior, determinando a queda da viabilidade da semente (Vieira e Carvalho, 1994). Delouche (2002) relatou que o primeiro evento, ou primeiro passo na deterioração das sementes parece ser a danificação aos sistemas de membranas que determina prejuízos na retenção dos solutos.

Em sementes de crotalária observa-se que o aumento do período de envelhecimento ocasionou proporcionalmente aumento da lixiviação eletrolítica (Figura 1C), onde as sementes com porcentual de germinação em torno de 90% apresentaram valores próximo de condutividade elétrica de  $70\mu\text{S}$ , enquanto que sementes apresentando em torno de 50% e 30% de germinação apresentaram valores de 216 e  $355\mu\text{S}$  na taxa de lixiviados, respectivamente.

Alves et al., (2004) trabalhando com sementes de milho, observaram decréscimo do vigor das sementes a partir de 96 horas de envelhecimento a temperatura de  $42^{\circ}\text{C}$ , onde a porcentagem de germinação e lixiviação eletrolítica passou de 90% e  $12(\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\text{g}^{-1})$  para 60% e  $17(\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\text{g}^{-1})$ , respectivamente.



**Figura 1.** Germinação (A), Índice de Velocidade de Germinação (B) e Condutividade Elétrica (C) de sementes de crotalária submetidas ao envelhecimento artificial.

Diferentemente do recomendado pelas Regras para Análises de Sementes (Brasil, 1992) e por Grabe (1976) a concentração de 1% do sal de tetrazólio, independente do período de tempo utilizado, proporcionou coloração intensa, impossibilitando a avaliação das condições dos tecidos da semente. Verificou-se no presente estudo que a coloração uniforme e coerente foi obtida quando as sementes foram imersas em solução de tetrazólio a 0,1% por uma e duas horas e 0,5% por uma hora. Esta última concentração por duas horas inferiu em coloração intensa, dificultando a separação das sementes.

O preparo das sementes, a concentração da solução de tetrazólio e o tempo de coloração são específicos para cada espécie. Utilizando sementes de *Braquiaria brizantha* (Hochst ex A.Rich) Stapf., Novembre et al. (2006) obtiveram coloração distinta dos tecidos vivos com sementes embebidas na solução de tetrazólio de 0,075% a 40°C. Para sementes de abobrinha (*Curcubita pepo* L.), a concentração do sal recomendada por Barros et al., (2005) foi de 0,05 e 0,075 %, por 60 minutos, a 40°C.

Definida a concentração de tetrazólio para sementes de crotalaria, estabeleceram-se as classes de viabilidade e vigor, utilizando-se como critérios a intensidade de coloração, a profundidade e a localização dos danos. Foram estabelecidas cinco classes de viabilidade e vigor e cada semente avaliada foi qualificada em uma delas (Figura 2). Para auxiliar no estabelecimento destas classes, foram considerados os resultados da porcentagem de germinação e o vigor das sementes obtidas nos testes de germinação com sementes envelhecidas e não envelhecidas.

Na figura 2, observa-se os padrões colorimétricos assumidos por sementes vigorosas e não vigorosas. Analisando estes padrões com os resultados apresentados na Figura 1, as sementes consideradas de alto vigor, tecidos coloridos de rosa claro e ou vermelho claro e consistência firme (Figura 2, classe 1), estariam com porcentagem de germinação em torno de 95% (Figura 1A), e IVG em torno de 8 (Figura 1B) e 87  $\mu\text{S g}^{-1}$  na taxa de lixiviados das sementes (Figura 1C).

Com 144 horas de envelhecimento, já observa-se declínio mais acentuado da porcentagem (52%) e velocidade de germinação (5,0) com uma taxa de lixiviados em torno de 204,4  $\mu\text{S g}^{-1}$ (Figura 1A, 1B e 1C). Tais sementes apresentam pequenas áreas (< 50%) descoloridas, não atingindo o eixo vital do embrião (Figura 2, classe 2). Após período de 168 horas de envelhecimento, as sementes apresentaram em torno de 30% e 3 na porcentagem e velocidade de germinação, respectivamente, e taxa de lixiviados em torno de 355  $\mu\text{S g}^{-1}$ (Figura 1). Tais sementes apresentaram lesões > 50% no tecido cotiledonar, sendo, portanto, consideradas uma sementes de baixo vigor (Figura 2, classe 3).

Grabe (1976) classifica como germinável, sementes de leguminosas (trevo encarnado) que apresentam pequenas áreas não coloridas nos cotilédones; pequenas áreas descoloridas na porção superior do eixo hipocótilo-radícula; ponta extrema da

radícula não colorida e não germinável aquelas sementes que apresentam áreas descoloridas na junção dos cotilédones e eixo hipocótilo radícula; mais da metade do tecido cotiledonário descolorido e eixo hipocótilo radícula não colorido.

As sementes de *Crotalaria spectabilis* Roth, envelhecidas por 244 horas, apresentaram lesões acentuadas em sua estrutura embrionária, bem como áreas vitais descoloridas ou coloridas intensamente (Figura 2). Estas estariam dentro daquelas consideradas não germináveis (classes 4 e 5).

O teste de tetrazólio por se tratar de um teste rápido e confiável na análise de sementes, fornecendo informações mais rapidamente que o teste de germinação, é recomendado para avaliação de diversas espécies, tais como *Gleiditschia amorphoides* Taub (Fogaça et al., 2006); melancia (Bhering et al., 2005), dentre outras.



Classe 1 - Sementes viáveis de alto vigor: Embrião com coloração rósea uniforme, claro brilhante, todos os tecidos firme.



Classe 2 - Sementes viáveis de médio vigor: Semente apresentando menos de 50% dos cotilédones com coloração branco ou vermelho intenso. O eixo embrionário pode apresentar coloração vermelho intenso na metade inferior.



Classe 3 - Semente viável de baixo vigor: coloração rosa claro ou vermelho, apresentando mancha vermelho intenso ou branco leitoso superior a 0,5 mm não devendo atingir mais de 50 % dos cotilédones nem a região de ligação com o eixo embrionário.



Classe 4 - Sementes não viáveis: Os cotilédones com metade superior branco leitoso ou vermelho muito intenso, ou seja, ocupando mais de 50% de ambos os cotilédones, podendo ou não atingir a região de ligação com o eixo embrionário, o qual se apresenta vermelho intenso. Pode apresentar-se, também mais de 50% de área descolorida (branco leitoso).



Classe 5 - Sementes não viáveis: Ambos os cotilédones com manchas vermelhas muito intensas, atingindo inclusive a região de ligação com o eixo embrionário, cujo tecido apresenta-se flácido, totalmente vermelho intenso ou com áreas branco leitoso em mais de 50% de sua extensão. Eixo embrionário completamente branco leitoso, independente do estado dos cotilédones. Embrião branco leitoso em toda sua extensão.

**Figura 2.** Coloração de sementes de *Crotalaria spectabilis* na concentração de 0,1% do sal de tetrazólio a 40°C por 1 hora.

#### 4.0 - CONCLUSÕES

Com exceção da condutividade elétrica realizada com volume de água de 50 mL, os testes de vigor mostram-se promissores na avaliação do potencial fisiológico das sementes de *crotalaria*;

A utilização de 50 sementes com 25 e 75 ml de água destilada mostra-se promissora para a realização do teste de condutividade elétrica em sementes de *Crotalaria spectabilis*, quando conduzido à temperatura de 20<sup>0</sup>C, com leitura inferior a 24 horas em virtude do início do processo de protrusão radicular.

As concentrações do sal de tetrazólio de 0,1% por uma e duas horas e 0,5% por uma hora à 40<sup>0</sup>C permitem avaliar a qualidade de lotes de sementes dessa espécie.

## 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E.; CAVARIANI, C.; CORRÊA, M.R.; SOUZA, F.L.G.; CORRÊA, T.M. NAKAGAWA, J. Efeito dos períodos de envelhecimento na lixiviação de íons e de proteínas solúveis em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.26, n.2, p.119-125, 2004.

Association of official Seed Analysts. **Seed vigour testing handbook**. (AOSA), 1983, 93p. (Contribution, 32).

BARROS, D.I., NUNES, H.V, DIAS, D.C.F.S., BHERING, M.C. Comparação entre testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 12-16, 2002.

BARROS, D.A., DIAS, D.C.F.S, BHERING, L.A.S.D., ARAÚJO, E.F. Uso do teste de tetrazólio para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de abobrinha. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.27, n.2, p.165-171, 2005.

BHERING, M.C., DIAS, D.C.F,S., BARROS, D.I. Adequação da metodologia do teste de tetrazólio para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de melancia. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.27, n.1, p.176-186, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

CINTRA, F.L.D., IVO, W.M.P.M., SILVA, L. et al., **Distribuição das raízes de cana-de-açúcar em sistema de cultivo com adubação organica**. Aracaju. Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2006, 20p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 12).

CALEGARI, A.; ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S. & AMADO, T.J.C. Caracterização das principais espécies de adubo verde. In: COSTA, M.B.B. (coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. p.209-327.

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

DELOUCHE, J.C., STILL, T.W., RASPET, M. et al., **Teste de tetrazolio para viabilidade de sementes**. Brasília: AGIPLAN, 1976. 103p.

DELOUCHE, J. C. Germinação, deterioração e vigor da semente. **Revista Seed News**, Pelotas, v.6, n. 6, p.24-31, 2002.

DUTRA, A. S., VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de abobrinha. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.28, n.2, p.117-122, 2006.

FOGAÇA, C., MALAVASI, M.M.M., ZUCARELI, C. et al. Aplicação do teste de tetrazólio em sementes de *Gleditschia amorphoides* Taub. Caesalpinaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.28, n.3, p.101-107, 2006.

GRABE, D.F. **Manual do teste de tetrazólio**. Brasília: AGIPLAN, 1976, 85p

JACOMINE, P. K. T. Evolução do conhecimento sobre solos coesos do Brasil. In: CINTRA, F. L. D.; IVO, W. M. P. de M. **Workshop Coesão em Solos dos Tabuleiros Costeiros Anais.....**Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. p. 161-168.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. Controlled deterioration test. **Handbook of vigor testing methods**. Zurich, 1995. p.70-78.

LOEFFLER, T.M., TEKRONY, D.M., EGLI, D.B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, v.123, n.1, p.37-53, 1988.

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J. de B. (Eds) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.3, p.1-21.

MARCOS-FILHO, J., CÍCERO, S.M., SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987, 230p.

MENDONÇA, E.A.F., COELHO, M.F.B., LUCHESE, M. Teste de tetrazólio em sementes de mangaba-branca (*Lifoensia pacari*, St.Hil.-Litraceae). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. V.8, n.2, p.33-38, 2006.

NOVEMBRE, A.D.L.C., CHAMMA, H.M.C.P., GOMES, R.B.R. Viabilidade das sementes de braquiária pelo teste de tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n.2, p.147-151, 2006.

VIEIRA, R.D., CARVALHO, N.M. **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994, 164p.

VIEIRA, R.D., CARVALHO, N.M., SADER, R. Teste de vigor e suas possibilidades de uso. In: VIEIRA, R.D., CARVALHO, N.M (Eds) **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994, p.31-47.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho realizado procurou contribuir para o estudo relativo à *Crotalaria spectabilis* Roth, espécie que vem contribuindo na melhoria dos aspectos físicos e químico do solo. Apesar de seu crescente uso como planta melhoradora do solo, pesquisas referentes a sua germinação e qualidade fisiológica de suas sementes são escassas. O capítulo 2 apresenta informações sobre aspectos da biometria das sementes de crotalária, sua germinação e desenvolvimento pós-seminal e o capítulo 3 estuda a avaliação do potencial fisiológico das sementes de crotalária através de diferentes testes, dando ênfase a praticidade dos testes de vigor.

Novos trabalhos com testes que ajudem a determinar o vigor das sementes de forma prática, rápida e econômica como forma de ampliar o conhecimento sobre os aspectos abordados no presente trabalho podem ser sugeridos, bem como trabalhos que pesquisem a perda da qualidade fisiológica através de períodos de armazenamento.