

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**DETERIORAÇÃO CONTROLADA DE SEMENTES DE TRÊS
HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS DE CAPIM ELEFANTE X
MILHETO**

Eng^a Agrícola: MARINA POZITANO

ORIENTADOR: Dr. ROBERTO USBERTI

CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**DETERIORAÇÃO CONTROLADA DE SEMENTES DE TRÊS
HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS DE CAPIM ELEFANTE X
MILHETO**

Dissertação de mestrado submetida à banca
examinadora para obtenção do título de Mestre em
Engenharia Agrícola, Área de Concentração de
Tecnologia Pós-Colheita.

Eng^a Agrícola: MARINA POZITANO

ORIENTADOR: Dr. ROBERTO USBERTI

CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -
UNICAMP

P879d Pozitano, Marina
Deterioração controlada de sementes de três híbridos
interespecíficos de Capim Elefante x Milheto / Marina
Pozitano. --Campinas, SP: [s.n.], 2008.

Orientador: Roberto Usberti.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Seleção de plantas - Melhoramento genético. 2.
Deterioração. 3. Sementes - viabilidade. I. Usberti,
Roberto. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

Título em Inglês: Controlled deterioration of seeds of three interespecific
hybrids of elephant grass x pearl millet.

Palavras-chave em Inglês: Interespecific hybrids Pennisetum purpureum x P.
glaucum, Recurrent selection, Controlled
deterioration, Viability.

Área de concentração: Tecnologia Pós-Colheita.

Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola.

Banca examinadora: Leila Martins e Benedito Carlos Benedetti.

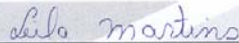
Data da defesa: 21/02/2008

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Agrícola

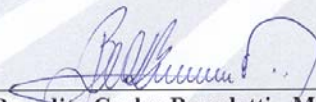
Este exemplar corresponde à redação final da **Dissertação de Mestrado** defendida por **Marina Pozitano**, aprovada pela Comissão Julgadora em 21 de fevereiro de 2008, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



Prof. Dr. Roberto Usberti
FEAGRI/UNICAMP



Dr.ª Leila Martins - Membro Titular
CATI



Prof. Dr. Benedito Carlos Benedetti - Membro Titular
FEAGRI/UNICAMP

Faculdade de
Engenharia Agrícola
Unicamp

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS	V
LISTA DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE EQUAÇÕES	VII
RESUMO.....	VIII
SUMMARY.....	IX
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
2.1. OBJETIVO GERAL	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. GERMINAÇÃO E VIGOR DAS SEMENTES	4
3.2. VIABILIDADE DAS SEMENTES	5
3.3. ATIVIDADE DE ÁGUA	6
3.4. SECAGEM E QUALIDADE DAS SEMENTES	7
3.5. LONGEVIDADE DAS SEMENTES.....	8
3.6. EQUAÇÃO DE LONGEVIDADE.....	9
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
4.1. MATÉRIA-PRIMA	11
4.2. ANÁLISE DE PUREZA	11
4.3. PESO DE MIL SEMENTES	12
4.4. GRAU DE UMIDADE	12
4.5. ATIVIDADE DE ÁGUA	12
4.6. TESTE DE VIGOR.....	12
4.7. GERMINAÇÃO DAS SEMENTES	12
4.8. ACONDICIONAMENTO E ARMAZENAMENTO	13
4.9. PROCEDIMENTO ESTATÍSTICO	14
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5.1. ANÁLISE DE PUREZA	16
5.2. PESO DE MIL SEMENTES	16
5.3. TESTE DE VIGOR.....	17
5.4. GERMINAÇÃO DAS SEMENTES	18
5.5. ATIVIDADE DE ÁGUA	18
5.6. ARMAZENAMENTO EM DIFERENTES GRAUS DE UMIDADE E TEMPERATURAS	19
5.7. CONSTANTES DE VIABILIDADE PARA CADA HÍBRIDO	28
6. CONCLUSÕES.....	32
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

LISTA DE TABELAS

Nº		Página
1	Graus de umidade obtidos.	14
2	Armazenamento das sementes a 40, 50 e 65°C de acordo com os diferentes graus de umidade.	14
3	Porcentagens de sementes puras obtidas na análise de pureza.	16
4	Peso de mil sementes e número de sementes puras por grama.	17
5	Porcentagens de vigor (Teste de envelhecimento acelerado).	17
6	Porcentagens de germinação para os diferentes níveis de umidade.	18
7	Distribuição da mortalidade das sementes no tempo (log sigma) em armazenamento hermético a 40, 50 e 65°C com seus respectivos graus de umidade.	23
8	Valores de K_i para cada híbrido (K_i = qualidade inicial das sementes).	24
9	Análise de variância para as combinações dos tratamentos (D = período de armazenamento em dias; UT = grau de umidade e temperatura de armazenamento).	24
10	Análise de variância de todos os sigmas (LGU = logaritmo de grau de umidade; T = temperatura de armazenamento).	25
11	Constantes da equação de viabilidade para cada híbrido.	28
12	Análise de variância conjunta entre os três híbridos nas temperaturas de armazenamento (LGU = logaritmo de grau de umidade; T = temperatura de armazenamento; H = híbrido).	29
13	Valores das constantes da equação de viabilidade estimados após a análise conjunta dos resultados obtidos para os três híbridos analisados.	29

LISTA DE FIGURAS

Nº		Página
1	Isotermas de sorção e desorção a 25°C para sementes de Corte, Paraíso e Pastoreio.	19
2	Curvas de sobrevivência para cada híbrido em diversas combinações de graus de umidade a 40°C. As linhas representam as curvas em probit e os símbolos, as porcentagens de germinação.	20
3	Curvas de sobrevivência para cada híbrido em diversas combinações de graus de umidade a 50°C. As linhas representam as curvas em probit e os símbolos, as porcentagens de germinação.	21
4	Curvas de sobrevivência para cada híbrido em diversas combinações de graus de umidade a 65°C. As linhas representam as curvas em probit e os símbolos, as porcentagens de germinação.	22
5	Relações logarítmicas entre grau de umidade das sementes e a frequência da distribuição das sementes mortas no tempo (sigma) para os três híbridos analisados, nas temperaturas de 40, 50 e 65°C.	27
6	Relação logarítmica entre grau de umidade das sementes e a frequência da distribuição das sementes mortas no tempo (sigma) para as três temperaturas de armazenamento. As linhas representam a regressão linear com valor comum de origem.	30

LISTA DE EQUAÇÕES

Nº		Página
1	Equação de longevidade (completa).	9
2	Curva de sobrevivência em termos de viabilidade.	10
3	As condições ambientais de armazenagem não interferem em K_i , mas afetam σ .	10
4	Equação de Valentini (Grau de umidade).	13
5	Equação única a ser utilizada para quaisquer dos híbridos analisados.	29

Deterioração controlada de sementes de três híbridos interespecíficos de capim elefante x milho. Campinas, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Área de Concentração de Tecnologia Pós-colheita) – Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI/UNICAMP).

RESUMO

O híbrido interespecífico *Pennisetum purpureum* (capim-elefante) \times *P. glaucum* (milho) foi desenvolvido com o intuito de aliar a rusticidade e a elevada produção de forragem do capim-elefante com o alto potencial de produção de sementes puras do milho. Entretanto, revelou baixa uniformidade fenotípica ($\pm 50,0\%$) e produção de sementes puras (5-10,0%). Através de seleção recorrente, obtiveram-se duas populações (Corte e Pastoreio) com elevada uniformidade fenotípica ($\geq 80,0\%$) e boa produção de sementes puras ($\pm 30,0\%$). Para facilitar o uso e o estabelecimento dessas sementes, tornou-se necessário pesquisar o seu comportamento em relação às condições de armazenamento e à deterioração controlada. Foram utilizados para cada híbrido, cinco graus de umidades e três temperaturas (40, 50 e 65°C). Para cada combinação de umidade e temperatura, as sementes foram embaladas em papel de alumínio multifoliado e semeadas periodicamente, permanecendo nas estufas até se obter curvas completas de deterioração. O teste de envelhecimento acelerado detectou diferenças de vigor entre os períodos de tempo para cada híbrido e, entre os híbridos, para 72 horas de envelhecimento. A seleção recorrente não alterou a armazenabilidade das sementes dos híbridos, mas alterou o tamanho das sementes. A seleção recorrente aumentou a qualidade inicial (K_i) e o tamanho das sementes na população de Pastoreio (plantas mais baixas e mais perfilhadas), sendo que o inverso ocorreu na população de Corte (plantas mais altas e menos perfilhadas). As constantes obtidas para os híbridos Corte, Paraíso e Pastoreio foram: $K_E = 8,417; 7,735; 8,285$; $C_W = 5,037; 4,658; 4,522$; $C_H = 0,02309; 0,01969; 0,03655$; $C_Q = 0,000436; 0,000403; 0,000300$. Foi possível obter uma equação única de viabilidade para os híbridos, com constantes iguais a: $K_E = 8,033$; $C_W = 4,662$; $C_H = 0,02544$; $C_Q = 0,000386$.

Palavras-chave: Híbridos interespecíficos *Pennisetum purpureum* \times *P. glaucum*, seleção recorrente, deterioração controlada, viabilidade.

Controlled deterioration of seeds of three interespecific hybrids of elephant grass x pearl millet. Campinas, 2008. Dissertation (Master on Agricultural Engineering, Post-Harvest Technology Concentration Area) - Faculty of Agricultural Engineering, (FEAGRI/UNICAMP).

SUMMARY

The interespecific hybrid *Pennisetum purpureum* (elephant grass) \times *P. glaucum* (pearl millet) has been developed aiming to get the rusticity and high forage production of elephant grass and the high production of pure seeds of pearl millet. However, it revealed low phenotypic uniformity (around 50.0%) as well as low pure seed production (5 -10.0%). A recurrent selection scheme has been applied, resulting in two populations (Cutting- and Grazing-types), showing high phenotypic uniformity (around 80.0%) and a good pure seed production (around 30.0%). In order to allow the using and the establishment of those hybrid seeds, it has been necessary to analyze their performances in relation to storage conditions and controlled deterioration. Five moisture content levels and three storage temperature (40, 50 and 65°C) have been used for each hybrid. Seed sub samples for each moisture content and storage temperature combination were sealed in laminated aluminum foiled packets and stored at those temperatures until complete survival curves have been obtained. Accelerated aging test revealed vigour differences among storage periods for each hybrid as well as at 72-hour period among the hybrids. The recurrent selection has not changed seed storability of the hybrids however altered their seed sizes. The recurrent selection increased seed initial quality (K_i) and seed size for Grazing-type population (lower and high-tillered plants); however inverse results were observed at Cutting-type population (higher and low-tillered plants). Viability equation constants estimated for hybrids Cutting-type, Paraíso and Grazing-type were: $K_E = 8.417$; 7.735; 8.285; $C_W = 5.037$; 4.658; 4.522; $C_H = 0.02309$; 0.01969; 0.03655; $C_Q = 0.000436$; 0.000403; 0.000300, respectively. It has been feasible estimating the viability equation for the hybrids, through the constants $K_E = 8.033$; $C_W = 4.662$; $C_H = 0.02544$; $C_Q = 0.000386$.

Key words: Interespecific hybrids *Pennisetum purpureum* \times *P. glaucum*, recurrent selection, controlled deterioration, viability.

1. INTRODUÇÃO

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) é uma gramínea forrageira tropical com elevado potencial de produção de matéria seca e é utilizado, atualmente, para pastoreio animal direto ou para complementação alimentar durante o período da seca. Seu bom potencial produtivo, associado a outras características forrageiras favoráveis, tais como boa palatabilidade, vigor e persistência, tem estimulado não só o cultivo dessa espécie como também o seu melhoramento genético, visando o desenvolvimento para utilização sob Pastoreio e Corte (SOBRINHO et al., 2005).

O capim-elefante está amplamente difundido no Brasil e contribui para o aumento da produção de leite (DERESZ, 1999); entretanto, existem poucos cultivares melhorados disponíveis, especialmente para uso sob pastoreio rotativo (PEREIRA et al., 2001).

A maioria dos cultivares disponíveis de capim-elefante não produz sementes viáveis, dificultando deste modo o seu uso mais intenso na formação de pastagens. Por outro lado, o milheto (*Pennisetum glaucum*) apresenta elevada produção de sementes viáveis, mas com baixo potencial de produção de forragem.

Um híbrido interespecífico, entre o capim-elefante e o milheto foi desenvolvido em 1980 na Estação Experimental da Universidade de Geórgia, Município de Tifton, e em 1995 foi introduzido no Brasil, em São Sebastião do Paraíso (MG) através da Matsuda Genética, com o nome de capim elefante Paraíso (*P. purpureum* x *P. glaucum*) (SCHANK et al., 1996).

A partir do híbrido original Paraíso, foram obtidas populações melhoradas através da seleção recorrente em campo (USBERTI et al., 2005a; USBERTI et al., 2005b). A seleção recorrente consiste em, após o plantio, retirar as sementes das plantas que se mostraram mais vigorosas em campo, de acordo com as características que se deseja, e realizar novos plantios somente com essas sementes. No caso do melhoramento das sementes do híbrido Paraíso, foram selecionadas em campo, sementes para Corte e para Pastoreio. As sementes para Corte foram retiradas de plantas que, em campo, apresentavam colmos mais grossos, plantas mais altas e robustas, enquanto que para o Pastoreio, foram selecionadas sementes de plantas mais baixas, colmos mais finos e mais macios.

A seleção recorrente do híbrido Paraíso foi realizada por três anos consecutivos, o que permitiu uma elevada uniformidade fenotípica no campo, possibilitando o emprego das sementes em larga escala de plantações comerciais.

Desta forma, é importante analisar a longevidade dessas sementes híbridas em condições controladas de armazenamento, usando-se para tanto a metodologia adotada por Ellis e Roberts (1980), determinando o comportamento das sementes em deterioração controlada para definir as constantes da equação de viabilidade.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo geral

Analisar o comportamento das sementes desses três híbridos no armazenamento, através da deterioração controlada, de modo a conservar a qualidade inicial dessas sementes por um maior período de tempo.

2.2. Objetivos específicos

- Relacionar as condições de armazenamento com o período de viabilidade das sementes;
- Realizar análise de vigor e previsão da viabilidade de acordo com o comportamento dessas sementes em graus de umidade e temperaturas diferentes;
- Definir as constantes da equação de longevidade para cada híbrido interespecífico.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Germinação e vigor das sementes

Botanicamente, a germinação é considerada como a retomada de crescimento do embrião, com o conseqüente rompimento do tegumento pela radícula (LABOURIAU, 1983). Quando armazenadas em condições ideais, o vigor e a porcentagem de germinação podem ser mantidos por longo tempo.

Na germinação, a composição química das sementes é alterada assim como o consumo de substâncias de reservas, tais como carboidratos, lipídeos e proteínas que fornecem energia para que o embrião se desenvolva (FANTINATTI, 2004).

A semente atinge sua maturidade fisiológica (máximo vigor e máxima germinação) quando alcança o máximo teor de matéria seca e, a partir daí, iniciam-se os processos de deterioração (POPINIGIS, 1985).

Para que as sementes germinem, primeiramente é necessário que as condições ambientais sejam adequadas, principalmente quanto à temperatura e umidade (FANTINATTI, 2004).

O armazenamento das sementes pode apenas preservar a qualidade inicial com a qual a semente veio do campo. A deterioração caracteriza-se como um processo irreversível, mas que pode ser controlado, tendo como conseqüência a perda de germinação, que ocorre juntamente com outras mudanças deletérias (DELOUCHE, 1968).

O teste de vigor de envelhecimento acelerado tem como fundamento que a aceleração da deterioração está relacionada a condições ambientais adversas, principalmente alta umidade e alta temperatura; sementes com alto vigor suportam melhor essas condições, mantendo a qualidade em níveis satisfatórios (DIAS e BARROS, 1995).

Em outras palavras, no teste de envelhecimento acelerado as sementes são expostas a níveis elevados de temperatura e umidade relativa do ar, considerados os fatores ambientais preponderantes na intensidade e velocidade de deterioração das sementes (MARCOS FILHO, 1999b). As sementes de baixa qualidade deterioram-se mais rapidamente do que as mais vigorosas, apresentando redução diferenciada da viabilidade (TORRES, 2005).

De acordo com Tekrony (1995), o teste de envelhecimento acelerado é reconhecido como um dos mais utilizados para avaliação do potencial fisiológico de sementes de várias espécies, proporcionando informações com alto grau de consistência.

3.2. Viabilidade das sementes

A viabilidade das sementes depende das características genéticas do cultivar, vigor das plantas progenitoras, condições climáticas durante a maturação das sementes, grau de dano mecânico e condições de armazenamento (CARVALHO e NAKAGAWA, 1988).

Os testes de viabilidade visam determinar se uma semente é ou não capaz de germinar. Tais testes podem ser diretos ou indiretos: os diretos avaliam a emergência de plântulas normais e o principal teste direto é o teste de germinação; os indiretos estimam a capacidade germinativa da semente medindo parâmetros como a atividade metabólica e enzimática. O teste indireto e que apresenta maior rapidez nos resultados é o teste de tetrazólio (POPINIGIS, 1985).

No teste de germinação as sementes são submetidas às condições mais favoráveis possíveis com relação à umidade relativa e temperatura. A metodologia do teste de germinação tem sido padronizada para estabelecer alto nível de reprodutibilidade e confiabilidade, através das Regras Internacionais para Análise de Sementes estabelecidas pela International Seed Testing Association (ISTA, 2006).

Entretanto, cabe lembrar que nem toda semente viável irá germinar devido à dormência que algumas espécies apresentam, e, para tanto, utiliza-se o teste indireto de tetrazólio. No teste de tetrazólio, as sementes são colocadas, inteiras ou cortadas longitudinalmente, numa solução aquosa incolor de cloreto de 2, 3, 5 trifenil tetrazolium. Este sal, quando penetra nas sementes vivas, se transforma em uma substância vermelha, insolúvel e estável, chamada formazan. Nas sementes mortas, o sal permanece incolor (POPINIGIS, 1985).

Para Marcos Filho (1999a), a viabilidade das sementes depende de um conjunto de características que determinam o potencial para emergência e para um desenvolvimento de plântulas normais mais rapidamente, em condições ambientais adversas.

3.3. Atividade de água

Assim como nos alimentos, a água nas sementes é um fator que influencia de forma direta a natureza física e as propriedades das sementes. O nível com que a água interage com as sementes é limitado por moléculas. Este nível em que a água é limitada chama-se atividade de água (A_w).

A atividade de água é expressa pela água livre no produto. Também pode ser entendido como a umidade relativa em equilíbrio com o produto para uma mesma temperatura (MOHSENIN, 1986). Através da atividade de água, pode-se determinar a quantidade de água que tende a sair ou permanecer na semente e, portanto, a sua disponibilidade.

Todo material biológico quando exposto a certa umidade reage no sentido de ajustar sua própria umidade a condição de equilíbrio com o ambiente e isto ocorre quando a pressão de vapor da água na superfície do material se iguala à pressão de vapor de água do ar que o envolve (TREYBALL, 1968).

O grau de umidade de equilíbrio é o ponto em que a umidade do produto se iguala à umidade do ar. Quando o produto perde umidade para entrar em equilíbrio com a umidade do ar, ocorre o processo de “desorção”. No entanto, quando as sementes ganham umidade, o processo é denominado de “sorção” (FIOREZE, 1994).

A conservação das sementes também está relacionada com a diminuição do teor de água livre. A remoção de água das sementes surgiu, inicialmente, como uma forma de redução da atividade de água para inibir o crescimento microbiano; entretanto, passou a ter também grande importância na redução dos custos de transporte e armazenagem (PARK e NOGUEIRA, 1992).

De acordo com Fantinatti (2004), para a água pura o valor máximo de A_w é 1. Para os alimentos, valores de A_w acima de 0,90 podem proporcionar formação de soluções diluídas, com os alimentos servindo de substrato para reações químicas e desenvolvimento microbiano. Para valores entre 0,40 e 0,80 ocorre aceleração das reações químicas devido ao aumento da concentração de substratos; em valores de A_w ao redor de 0,60 a atividade microbiana cessa e quando inferior a 0,30 atinge-se a zona de sorção primária (LABUZA, 1968).

A atividade de água pode ser estudada com as curvas de isotermas de sorção. A curva descreve a relação de equilíbrio da quantidade de água sorvida por componentes do produto e da pressão de vapor ou umidade relativa, a uma dada temperatura. Esta relação depende da

composição química dos alimentos, tais como gorduras, amidos, açúcares, proteínas, etc. (PARK e NOGUEIRA, 1992).

3.4. Secagem e qualidade das sementes

A manutenção da viabilidade das sementes durante o armazenamento está relacionada ao processo de secagem bem como a temperatura e grau de umidade. A redução do grau de umidade associada ao armazenamento apropriado restringe a velocidade do processo de deterioração, conferindo-lhes maior longevidade (HARRINGTON, 1973; ROBERTS, 1973).

No armazenamento, além do grau de umidade e temperatura, também se deve considerar as limitações físicas e químicas para cada espécie, as condições ambientais e o tipo de embalagem utilizada (HARRINGTON, 1963).

No processo de secagem, a água livre é facilmente removida com o calor de vaporização, mas existem quatro tipos de água ligada à macromolécula, que são classificadas de acordo com a força com que a água está ligada à superfície dessas moléculas: 1) água livre: mantida por forças capilares de pouca intensidade, devido ao mecanismo de tensão superficial do líquido; apresenta grande mobilidade, podendo ser retirada com facilidade durante o processo de secagem; localiza-se nos espaços intergranulares e no interior dos poros do material; 2) água solvente: é em grande parte retirada na secagem e se mantém sob tensão osmótica no interior da semente, servindo como solvente para diversas substâncias dissolvidas nas células; 3) água pseudoligada: múltiplas camadas de moléculas de água retidas no material por ligações eletromagnéticas e fortemente absorvidas (força de Van der Waals); 4) água de constituição: camada monomolecular estritamente associada à semente e pode estar ligada quimicamente à matéria biológica, podendo somente ser removida em condições extremas de aquecimento utilizadas para determinação de umidade em laboratório (LEOPOLD e VERTUCCI, 1989).

A secagem deve ser feita lentamente e de forma gradativa para que a migração da umidade de dentro para fora da semente não cause tensões internas e danos mecânicos, pois a movimentação da água existente na superfície da semente para o ambiente é maior do que a movimentação da água do interior para a superfície (LASSERAN, 1978).

3.5. Longevidade das sementes

As sementes, quando armazenadas em condições não ideais de temperatura e umidade, podem ter sua longevidade reduzida sendo que a longevidade nada mais é do que o período de tempo em que as sementes estão em condições viáveis, ou seja, estão ainda propícias para germinarem em campo.

A longevidade das sementes varia de acordo com a espécie. Algumas se deterioram rapidamente enquanto outras resistem por períodos de tempo bem maiores (CARNEIRO e AGUIAR, 1993).

Segundo Chaves (2001), para se determinar o real período de tempo da longevidade das sementes de uma espécie, seria preciso armazená-las em condições ideais, mas na prática, isto não ocorre.

Outros fatores também estão relacionados diretamente à longevidade. O potencial fisiológico das sementes tem origem no genótipo e as sementes de determinadas espécies podem ser mais ou menos propensas à deterioração. A longevidade, a composição química e as diferenças genéticas, aliadas à qualidade inicial e o teor de água das sementes e condições ambientais, podem acelerar ou retardar a viabilidade (SILVEIRA, 2006). Além das condições ambientais, o tipo de embalagem durante o armazenamento tem influência significativa na qualidade fisiológica das sementes (CARVALHO e NAKAGAWA, 1988).

Segundo Popinigis (1985), nos estudos sobre longevidade é preciso considerar um conjunto de quatro componentes: genético (características intrínsecas do cultivar); fisiológico (potencial de longevidade da semente); físico (pureza física do lote) e sanitário (efeito prejudicial provocado pelos insetos e microrganismos associados às sementes).

Outros fatores que também estão relacionados à longevidade das sementes são: o vigor das plantas progenitoras, as condições climáticas predominantes durante a maturação das sementes e o grau de dano mecânico ocasionado durante a colheita ou armazenamento (CARVALHO e NAKAGAWA, 1988).

3.6. Equação de longevidade

O grau de umidade das sementes é considerado o fator mais importante na longevidade seguido da temperatura. Segundo Harrington (1972), o período de viabilidade da semente pode ser dobrado a cada redução de 1% no grau de umidade e a cada diminuição de 5,6°C na temperatura de armazenamento.

Ellis e Roberts (1980) propuseram uma equação para prever as mudanças nas porcentagens de germinação das sementes durante o armazenamento sob diferentes temperaturas e umidades (Equação 1).

$$V = K_i - \frac{p}{10^{K_E - C_W \cdot \log m - C_H \cdot t - C_Q \cdot t^2}} \quad (1)$$

Onde V é a porcentagem de viabilidade prevista; p = período de tempo em dias; m = grau de umidade das sementes (base úmida); t = temperatura de armazenamento (°C); K_i = constante que quantifica a qualidade inicial de cada lote de sementes antes do armazenamento; K_E = constante específica para cada espécie; C_W = indica a resposta logarítmica da longevidade das sementes para o grau de umidade; C_H e C_Q são constantes lineares e quadráticas do termo temperatura, respectivamente, e descrevem o efeito da temperatura de armazenamento na longevidade das sementes.

Para obter esta equação foram considerados que: a deterioração das sementes (mortes) está uniformemente distribuída com o passar do tempo (ROBERTS, 1961; ELLIS e ROBERTS, 1980); o desvio padrão dessas distribuições não varia dentro das espécies dado um meio de armazenamento constante (ELLIS e ROBERTS, 1981; ELLIS et al., 1982); o fator pelo qual a longevidade é diferente em dois diferentes meios de armazenamento é o mesmo para todos os lotes dentro das espécies (ELLIS et al., 1982).

A Equação 1 é resultado de uma combinação de outras duas equações. A primeira delas descreve uma curva de sobrevivência em termos de viabilidade (Equação 2):

$$v = K_i - p \left(\frac{1}{\sigma} \right) \quad (2)$$

Onde $v = \%$ da viabilidade em probit; p é o período de armazenamento (dias); K_i é o ponto de origem da curva de sobrevivência das sementes no tempo zero; σ é o desvio padrão da distribuição da frequência das sementes mortas em relação ao tempo para que a viabilidade caia para um probit, ou seja, tempo para reduzir, por exemplo, a viabilidade de 84,1 (probit 1) para 50% (probit zero). Esta convenção onde o probit de 50% é igual a zero é utilizada também pelo Royal Statistical Society no pacote GLIM, usado em análises de probit (ELLIS, 1988).

Para a Equação 2, o valor de σ não é afetado pelas diferenças entre os lotes, mas afeta o valor de K_i . De forma contrária, para a Equação 3, as condições ambientais de armazenagem não interferem em K_i , mas afetam σ :

$$\log \sigma = K_i - C_w \cdot \log m - C_H \cdot t - C_Q \cdot t^2 \quad (3)$$

Onde K_i , C_w , C_H e C_Q são constantes, com valores comuns para todos os lotes de sementes de uma espécie.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Matéria-prima

Nesta pesquisa foram utilizadas sementes da população original Paraíso e dos híbridos selecionados para Corte e Pastoreio. Os três lotes de sementes foram produzidos e fornecidos pela empresa Matsuda Sementes e Nutrição Animal e o desenvolvimento da pesquisa foi realizado no Laboratório de Tecnologia Pós-colheita da Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, SP.

As amostras de trabalho eram de: 1.118,3g de sementes sem pureza para Corte; 1.056,9g de sementes sem pureza para Paraíso e 775,7g de sementes puras para Pastoreio.

As amostras de trabalho foram homogeneizadas e armazenadas em embalagens de alumínio hermeticamente fechadas em termossoldadora, operando com uma barra aquecida a 204°C e 2s de contato. O papel laminado utilizado tem estrutura poliéster (PET)/alumínio(Al)/polietileno de baixa densidade (PEBD), com espessura total de 120µm, por componentes 12/15/90µm (PET/Al/PEBD). A taxa de permeabilidade ao oxigênio é de 0,32cm O₂/m³.dia e a taxa de permeabilidade ao vapor d'água é de 0,036g água/m².dia (CAVALCANTE FILHO, 2006). Depois de seladas, as embalagens com as amostras de trabalho foram colocadas em câmara fria a 5°C.

Passado um período de cinco dias para homogeneização do grau de umidade das sementes, iniciaram-se os experimentos para caracterização das amostras de trabalho. De cada um dos lotes das sementes foram retiradas subamostras para realização dos testes. Primeiramente foram feitos testes de umidade, análise de pureza, peso de mil sementes, teste de germinação, de vigor e atividade de água com a umidade inicial encontrada.

De posse desses dados, iniciaram-se os ajustes dos graus de umidade dos híbridos em cinco níveis distintos e em seguida, realizou-se o acondicionamento e armazenamento das sementes em câmaras a 40, 50 e 65°C.

4.2. Análise de pureza

Os testes de análise de pureza foram realizados com 20g de sementes para as amostras de Corte e Paraíso. O objetivo deste teste foi determinar a composição da amostra de trabalho que foi separada em sementes puras, outras sementes e material inerte (BRASIL, 1992).

4.3. Peso de mil sementes

Este teste foi determinado baseado nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), com oito subamostras de 100 sementes puras que foram pesadas em balança analítica AND modelo HR-200, com precisão de 0,0001 gramas.

4.4. Grau de umidade

O grau de umidade das sementes foi determinado em base úmida com três subamostras de 1g de sementes inteiras a 130-133°C por duas horas, de acordo com a International Seed Testing Association (ISTA, 2006), em estufa com circulação de ar forçada marca SOC. FABBE LTDA, modelo 170.

4.5. Atividade de água

A determinação da atividade de água foi realizada através do equipamento DECAGON pawKit (water activity meter) portátil.

Na determinação da A_w , para cada grau de umidade obtido com a secagem e umidificação, foram usadas três subamostras de sementes puras.

4.6. Teste de vigor

O teste de vigor foi realizado em câmara climática marca FANEM, modelo 346, na temperatura constante de 42°C e 100% UR em três períodos de tempo distintos: 48, 72 e 96 horas (CAVALCANTE FILHO, 2006).

Passado o período mencionado, as sementes foram submetidas a testes de germinação de acordo com RAS (BRASIL, 1992) e os resultados passaram por análise estatística do programa computacional STATGRAPHICS Plus 4.1.

4.7. Germinação das sementes

Os testes de germinação foram realizados usando-se 4 subamostras de 50 sementes puras, colocadas em gerbox (11 x 11 cm), sobre folha de papel de filtro umedecida com 2,5 vezes em peso de quantidade de água destilada; a seguir as amostras foram mantidas em germinador de cascata de água com fotoperíodo, marca FANEM, modelo 348EB, com temperaturas alternadas de 20 e 30°C (16 horas a 20°C e 8 horas a 30°C, com luz branca) e as

contagens foram efetuadas aos 3 e 10 dias após o plantio, na qual foram consideradas plântulas normais com emissão de radícula e parte aérea de acordo com a RAS (BRASIL, 1992).

A decisão de realizar as contagens aos 3 e 10 dias após o plantio foi baseada nas épocas de contagem estabelecidas para *Pennisetum glaucum* (3 e 7 dias) e *P. purpureum* (3 e 10 dias) nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). Desta forma, optou-se por escolher os extremos.

Os dados dos testes que apresentaram porcentagens de germinação fora do esperado foram repetidos para melhor verificação dos resultados. Pelo fato de ausência de dormência para essas espécies, não houve necessidade da realização de teste de tetrazólio.

Para verificar as diferenças nas porcentagens de germinação para as diferentes umidades utilizou-se o programa computacional STATGRAPHICS Plus 4.1.

4.8. Acondicionamento e armazenamento

Os graus de umidade das sementes foram ajustados a 25°C em quatro níveis. Todos os ajustes foram feitos a partir do grau de umidade inicial das sementes, usando-se dessecadores com sílica gel para diminuir o grau de umidade e dessecadores com lamina de água para aumentar o nível do grau de umidade.

A quantidade de água removida ou absorvida durante os processos de secagem e reidratação foram controladas por meio de pesagens periódicas. A Equação 4, equação de Valentini (1992), foi utilizada para se obter os valores desejados dos graus de umidade:

$$M_f = \frac{(PB_i - T) * M_i + 100 * (PB_f - PB_i)}{PB_f - T} \quad (4)$$

Onde M_f é o grau de umidade final (% , base úmida); PB_i = peso bruto inicial em gramas; T = tara do recipiente; M_i = grau de umidade inicial (% , base úmida); PB_f = peso bruto final (g).

Depois de atingido os níveis de umidade desejados, as sementes foram retiradas dos dessecadores, homogeneizadas, embaladas hermeticamente e armazenadas durante cinco dias

em geladeira convencional. A seguir, o grau de umidade dessas sementes foi determinado de acordo com ISTA (2006).

A relação dos quatro graus de umidades obtida está na Tabela 1 e, em destaque, estão os graus de umidade iniciais.

Tabela 1: Graus de umidade obtidos.

Híbridos	Graus de umidade obtidos (%)					
Corte	16,0	11,9	10,7	9,1	7,7	2,1
Paraíso	17,0	13,2	10,6	9,3	8,2	1,9
Pastoreio	18,0	14,2	11,2	9,2	7,4	1,8

Conhecidos os valores de graus de umidade, as sementes foram subdivididas e re-embaladas em saquinhos menores de forma que em cada um deles houvesse no mínimo 200 sementes puras para a realização dos testes de germinação. Este processo foi conduzido com base no peso, de acordo com os testes de análise de pureza e peso de 1000 sementes, que forneceu o número de sementes por grama.

Os saquinhos foram selados e armazenados em estufas da marca ELETROLAB, modelos 402 e 402/1, com precisão de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, nas temperaturas de 40, 50 e 65°C de acordo com Chaves (2001), Cavalcante Filho (2006) e Francisco (2006). Para os diferentes graus de umidade foram realizados os seguintes armazenamentos (Tabela 2):

Tabela 2: Armazenamento das sementes a 40, 50 e 65°C de acordo com os diferentes graus de umidade.

Híbridos	Corte			Paraíso			Pastoreio		
Temperaturas ($^{\circ}\text{C}$)	40	50	65	40	50	65	40	50	65
Umidades (%)	16,0	16,0	-	17,0	17,0	-	18,0	18,0	-
	11,9	11,9	-	13,2	13,2	-	14,2	14,2	-
	10,7	10,7	10,7	10,6	10,6	10,6	11,2	11,2	11,2
	-	9,1	9,1	-	9,3	9,3	-	9,2	9,2
	-	7,7	7,7	-	8,2	8,2	-	7,4	7,4

4.9. Procedimento estatístico

Com os valores de porcentagens de germinação obtidos após o período de armazenamento, foram determinadas as curvas de sobrevivência para cada combinação de grau de umidade e temperatura.

Como os ciclos de vida individuais das sementes não são uniformemente distribuídos, fez-se a conversão dos valores de porcentagem de germinação em probit, seguido de análise e ajuste de regressão. Tais procedimentos se fazem necessários para a obtenção da equação da longevidade.

Os valores de K_i (Equação 1) que correspondem aos pontos de origem das retas no eixo Y, para cada híbrido, não convergem para o mesmo ponto. Com a utilização do programa estatístico GLIM (BAKER e NELDER, 1978), fez-se o ajuste em cada curva para que os pontos de origem das retas no eixo Y convergissem para o mesmo ponto com o menor erro possível.

Na definição da equação da longevidade, os coeficientes específicos para cada espécie foram obtidos com o logaritmo decimal de sigma e dos graus de umidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise de pureza

Na análise de pureza das sementes dos híbridos de Corte e Paraíso, foram encontrados apenas materiais inertes como restos de folhas, talos e algumas pedras pequenas (menores que 5mm). A pureza foi realizada manualmente, pressionando com a unha, semente por semente, para verificar a presença do embrião.

As porcentagens encontradas foram de 43,6% de sementes puras para a amostra de Paraíso e 19,8% para as sementes de Corte. Como as sementes do híbrido Pastoreio chegaram ao laboratório com teste de pureza já realizado, considerou-se 100% de sementes puras (Tabela 3).

Tabela 3: Porcentagens de sementes puras obtidas na análise de pureza.

Híbridos	Corte		Paraíso		Pastoreio	
	Gramas	%	Gramas	%	Gramas	%
Peso inicial	20,00		20,03		20,00	
Sementes puras	3,92	19,8	8,67	43,6	20,00	100,0
Outras sementes	0,00		0,00		0,00	
Material inerte	15,91		11,24		0,00	
Total de impurezas	15,91	80,2	11,24	56,5	0,00	0,00
Peso final	19,83		19,91		20,00	
Variação	0,17	0,84	0,12	0,60	0,00	0,00

5.2. Peso de mil sementes

O peso de mil sementes foi determinado com a porção das sementes puras proveniente da análise de pureza, usando-se oito repetições de 100 sementes. Após a contagem, pesaram-se as porções de 100 sementes com o número de casas decimais indicado pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

Baseado nos valores do peso de mil sementes e análise de pureza obteve-se aproximadamente 95.000 sementes puras/kg do híbrido para Corte, 147.000 sementes puras/kg para o Paraíso e 311.000 sementes puras/kg para o híbrido Pastoreio nas amostras de trabalho.

Outra observação relacionou-se ao tamanho das sementes. O híbrido para Corte, de acordo com o número de sementes por grama, apresentou sementes de tamanho menor quando comparado com o híbrido Paraíso e com o híbrido Pastoreio. Para completar um grama de

sementes, foi preciso um número maior de sementes do híbrido Corte em relação a Paraíso e Pastoreio (Tabela 4).

Tabela 4: Peso de mil sementes e número de sementes puras por grama.

Repetições (g) (100 sementes cada)	Híbridos		
	Corte	Paraíso	Pastoreio
1	0,203	0,280	0,311
2	0,200	0,283	0,300
3	0,221	0,301	0,329
4	0,196	0,290	0,313
5	0,217	0,294	0,322
6	0,214	0,305	0,333
7	0,179	0,304	0,334
8	0,209	0,300	0,329
Média (g)	0,205	0,295	0,321
Desvio padrão	0,014	0,009	0,012
Variância	0,0002	0,0001	0,0001
Número sementes/g	488	339	311
Coeficiente variância	6,66	3,19	3,77
Peso 1000 sementes (g)	2,048	2,946	3,212

5.3. Teste de vigor

O teste de envelhecimento acelerado mostrou diferença significativa no tempo de 96 horas para os híbridos Corte e Paraíso (Tabela 5). Fazendo uma comparação entre as sementes dos três híbridos, verificou-se a ocorrência de diferença apenas no tempo de 72 horas na qual as sementes de Corte mostraram valores de porcentagem de vigor abaixo dos demais. Para as demais combinações, não ocorreu diferença significativa.

Tabela 5: Porcentagens de vigor (Teste de envelhecimento acelerado).

Tempo em estufa (horas)	% Vigor a 42°C		
	Corte	Paraíso	Pastoreio
0	63,5 aA	70,5 a A	70,5 aA
48	58,0 abA	60,5 abA	76,0 aA
72	58,0 abA	68,0 abB	61,0 aAB
96	51,5 bA	57,5 bA	62,0 aA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem a $p \leq 0,05$.

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha, não diferem a $p \leq 0,05$.

5.4. Germinação das sementes

Os testes de germinação para os diferentes graus de umidades não apresentaram diferença significativa para os híbridos Corte e Pastoreio. Os maiores valores de germinação foram obtidos com 9,1% de grau de umidade para o híbrido Corte, 8,2 e 17,0% para Paraíso e 9,2 e 7,4% para Pastoreio.

Em todos os casos, os menores valores de germinação foram obtidos com as umidades mais baixas (2,1; 1,9 e 1,8% para Corte, Paraíso e Pastoreio, respectivamente), o que mostra que os graus de umidades muito baixos, mesmo após a reidratação lenta, interferem na porcentagem de germinação (Tabela 6).

Tabela 6: Porcentagens de germinação para os diferentes níveis de umidade.

Umidades (%)	Corte Germinação (%)	Umidades (%)	Paraíso Germinação (%)	Umidades (%)	Pastoreio Germinação (%)
16,0	63,5 a	17,0	79,0 ac	18,0	66,5 a
11,9	61,5 a	13,2	77,0 ac	14,2	70,0 a
10,7	63,5 a	10,6	70,5 ab	11,2	70,5 a
9,1	68,0 a	9,3	73,0 abc	9,2	71,0 a
7,7	62,5 a	8,2	79,5 c	7,4	71,0 a
2,1	58,5 a	1,9	67,0 b	1,8	65,5 a

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem pelo teste F, a 5%.

5.5. Atividade de água

Os valores de atividade de água encontrados para cada grau de umidade mostraram tendências de desorção e sorção semelhantes.

Observou-se que as sementes dos híbridos Corte e Paraíso tiveram comportamentos muito semelhantes. As sementes do híbrido Pastoreio apresentaram valores de A_w superiores aos demais, pois em quase todos os pontos, os valores de umidade foram mais elevados do que os das sementes dos híbridos Corte e Paraíso (Figura 1).

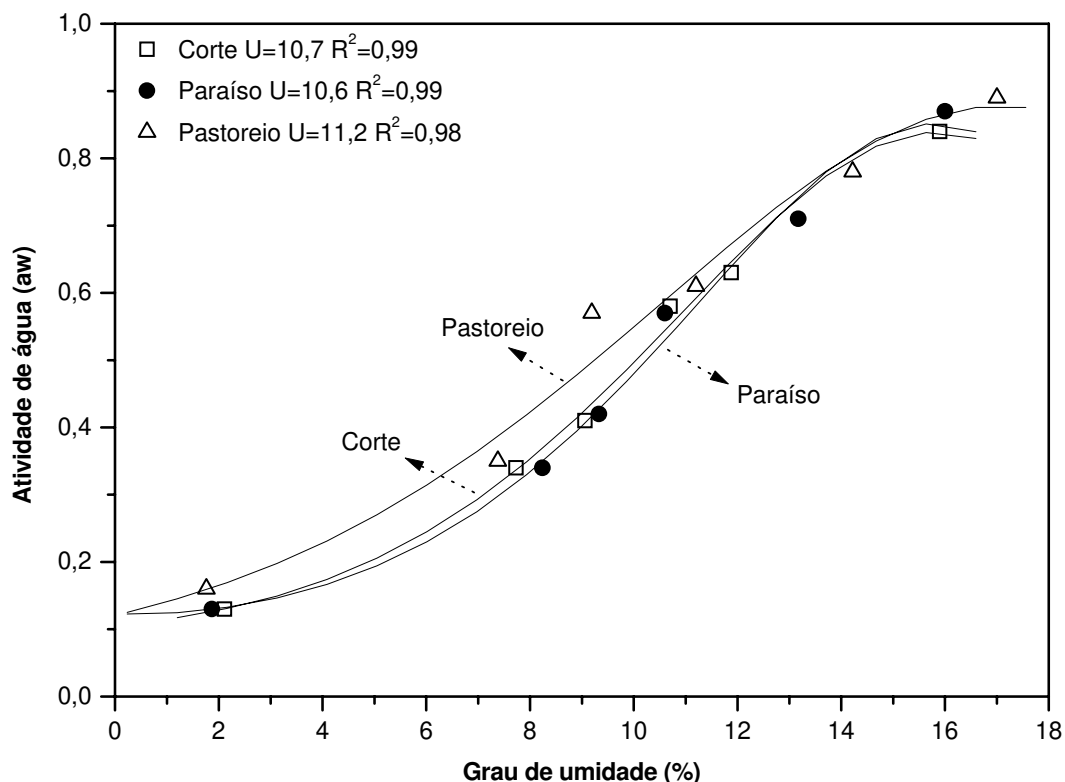


Figura 1: Isotermas de sorção e desorção a 25°C para sementes de Corte, Paraíso e Pastoreio.

5.6. Armazenamento em diferentes graus de umidade e temperaturas

Os efeitos da combinação dos diferentes graus de umidade e as temperaturas mostrando o potencial de armazenamento das sementes estão representados nas Figuras 2, 3 e 4, onde se encontram as curvas de sobrevivência das sementes dos híbridos Corte, Paraíso e Pastoreio para 40, 50 e 65°C respectivamente.

Os gráficos foram obtidos transformando-se as porcentagens de germinação em probit e plotando os dados linearmente em relação ao período de armazenamento.

Em todos os casos, isolando-se a temperatura, observou-se que o aumento da umidade ocasionou redução da longevidade, o que fica mais evidente nas umidades mais elevadas (16, 17 e 18% para Corte, Paraíso e Pastoreio, respectivamente, a 40 e 50°C, Figuras 2 e 3).

Levando em consideração as temperaturas, verificou-se que para os três híbridos ocorreu decréscimo de germinação nas temperaturas mais elevadas e que este efeito foi acentuado para as umidades mais elevadas (10,7, 10,6 e 11,2% para Corte, Paraíso e Pastoreio respectivamente, a 65°C, conforme Figura 4).

A inclinação das curvas aumenta com o aumento do grau de umidade, evidenciando o efeito deste parâmetro na longevidade das sementes.

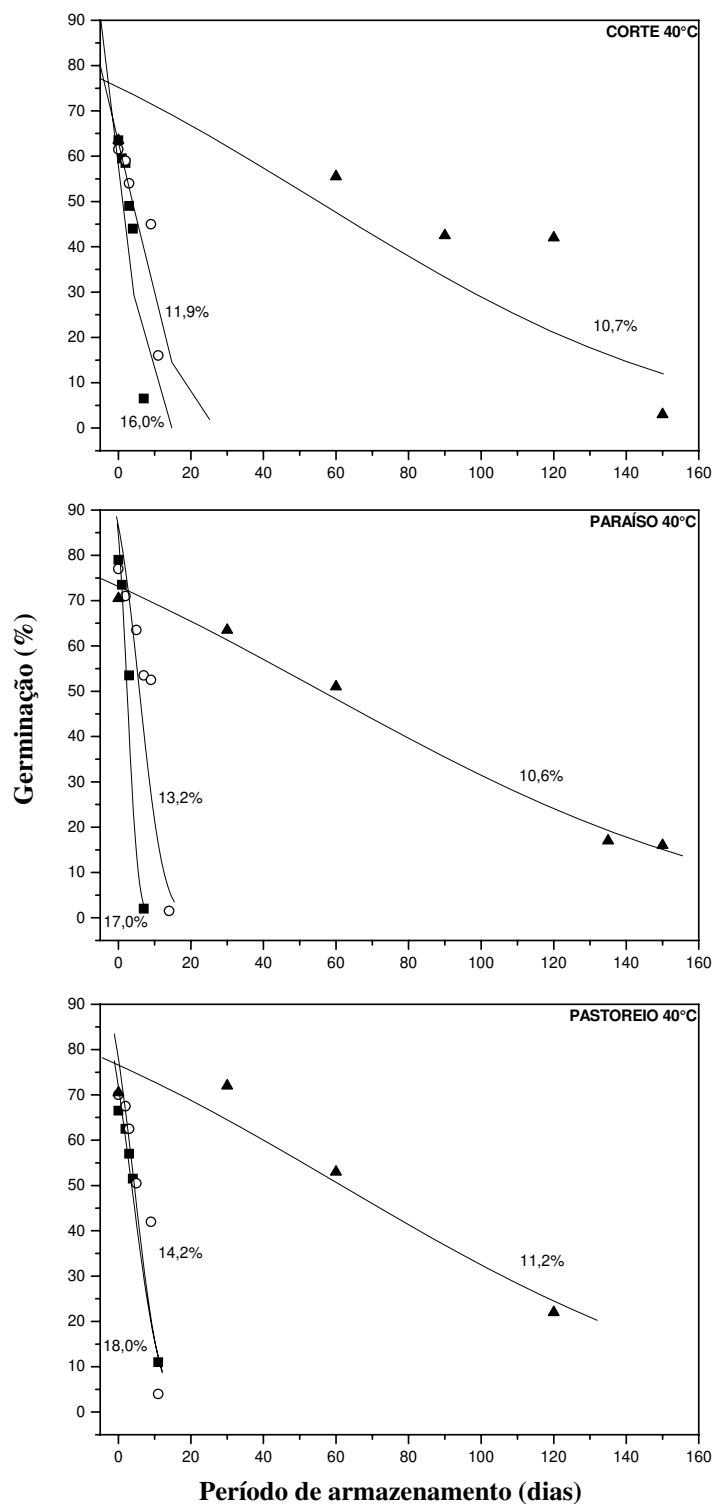


Figura 2: Curvas de sobrevivência para cada híbrido em diversas combinações de graus de umidade a 40°C. As linhas representam as curvas em probit e os símbolos, as porcentagens de germinação.

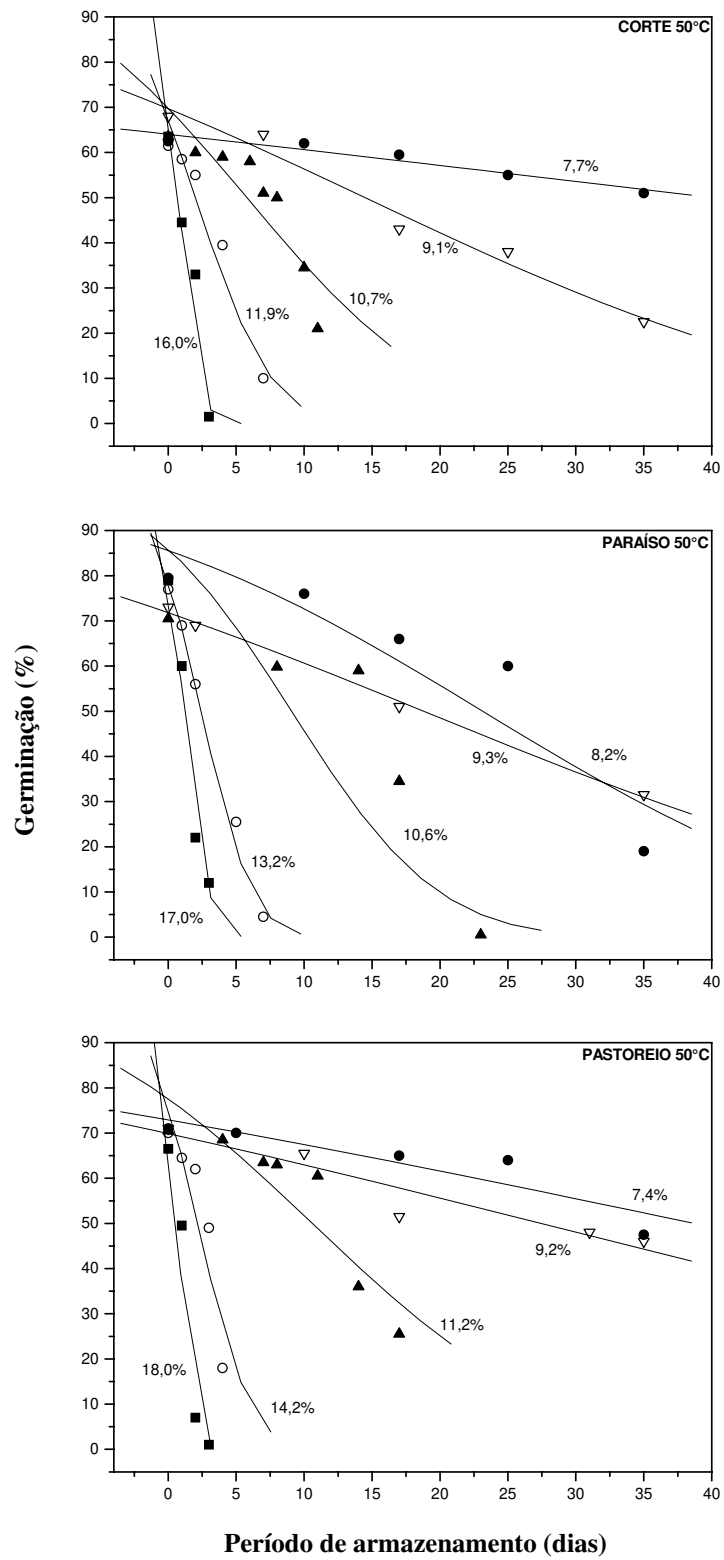


Figura 3: Curvas de sobrevivência para cada híbrido em diversas combinações de graus de umidade a 50°C. As linhas representam as curvas em probit e os símbolos, as porcentagens de germinação.

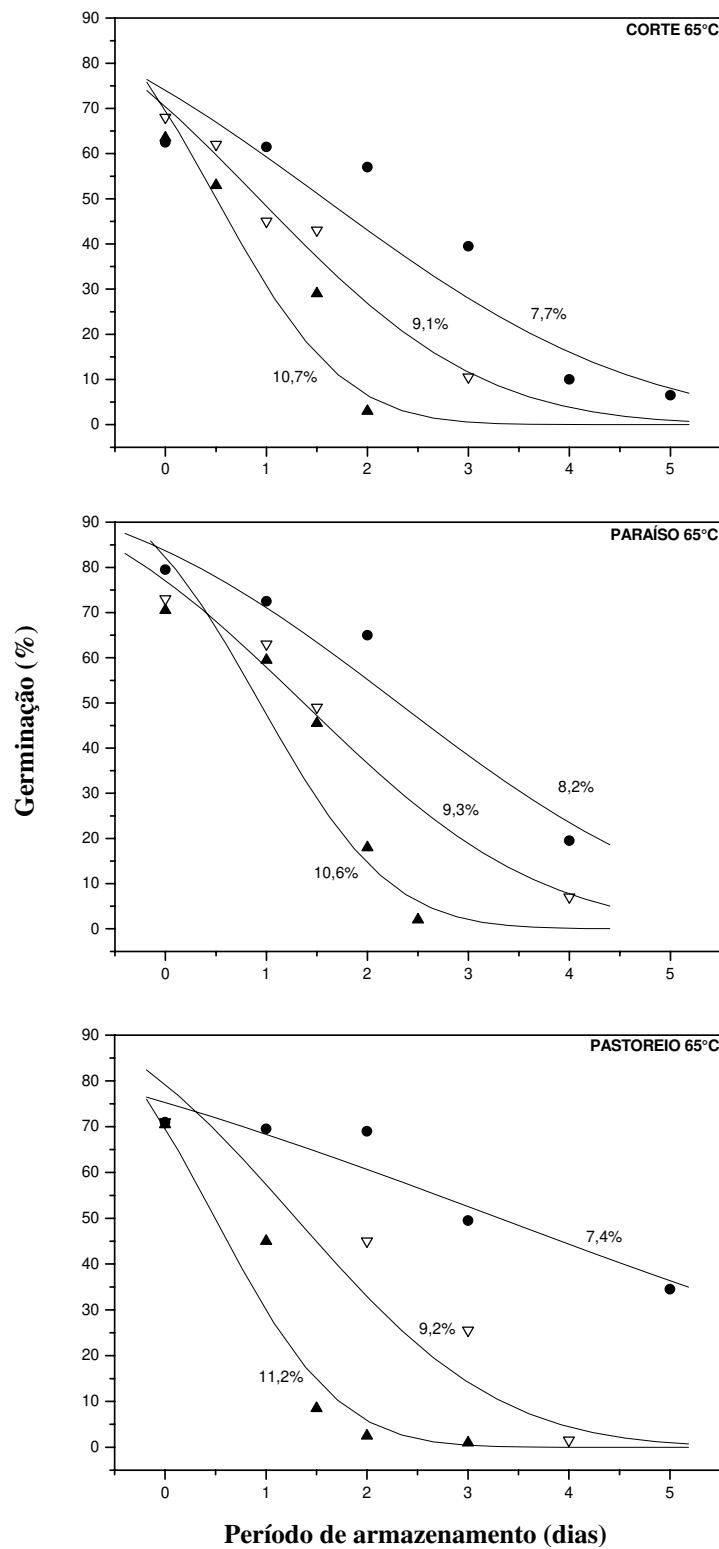


Figura 4: Curvas de sobrevivência para cada híbrido em diversas combinações de graus de umidade a 65°C. As linhas representam as curvas em probit e os símbolos, as porcentagens de germinação.

Tomando-se como exemplo as sementes do híbrido Corte, com grau de umidade a 10,7% armazenadas a 40°C, notou-se que para a germinação decrescer para 50%, foram necessários aproximadamente 57 dias. Entretanto, a 50°C este valor cai para 6 dias e a 65°C para 0,5 dias.

A Tabela 7 representa a frequência da distribuição da mortalidade das sementes, em logaritmo, no decorrer do tempo e para as três temperaturas de armazenamento (40, 50 e 65°C). O sigma é o número de dias necessário para a germinação cair de 1 probit, nas condições de temperatura e grau de umidade especificados.

Observou-se que a 40 e 50°C, as sementes de Corte com umidade de 16%, demoraram 4,4 e 1,6 dias, respectivamente, para que a germinação caísse um probit, ou seja, $\log 4,4 = 0,64$ e $\log 1,6 = 0,20$. As sementes de Paraíso com 17% de umidade, demoraram 2,8 e 1,4 dias a 40 e 50°C, respectivamente ($\log 2,8 = 0,45$ e $\log 1,4 = 0,15$). Para as sementes do híbrido Pastoreio com umidade de 18%, esses valores foram de 4,3 dias a 40°C ($\log 4,3 = 0,63$) e 1,03 dias a 50°C ($\log 1,03 = 0,01$).

Tabela 7: Distribuição da mortalidade das sementes no tempo (log sigma) em armazenamento hermético a 40, 50 e 65°C com seus respectivos graus de umidade.

Grau de umidade (%)	Sigma (log)								
	Corte			Paraíso			Pastoreio		
	40°C	50°C	65°C	40°C	50°C	65°C	40°C	50°C	65°C
7,4								1,53	0,66
7,7		1,67	0,43						
8,2					1,31	0,41			
9,1		1,38	0,26						
9,2								1,45	0,28
9,3					1,28	0,23			
10,6				1,89	1,03	0,08			
10,7	2,13	1,03	0,04						
11,2							1,95	1,12	-0,05
11,9	0,94	0,62							
13,2				0,84	0,46				
14,2							0,81	0,49	
16,0	0,64	0,20							
17,0				0,45	0,15				
18,0							0,63	0,01	

Para cada híbrido foram obtidas 11 combinações de graus de umidade e temperaturas de armazenamento, que foram analisadas pelo programa GLIM da Royal Statistical Society,

obtendo-se os valores de K_i para cada um dos híbridos (Tabela 8). Esses valores indicam os pontos de origem das curvas de sobrevivência no eixo Y (em probit) e mostraram-se diferentes para cada híbrido, bem como as suas respectivas porcentagens de germinação.

Tabela 8: Valores de K_i para cada híbrido (K_i = qualidade inicial das sementes).

Híbridos	K_i (probit)	Desvio padrão	Germinação (%)
Corte	0,4944	$\pm 0,02051$	69,1
Paraíso	0,8360	$\pm 0,02220$	80,2
Pastoreio	0,6759	$\pm 0,02205$	75,9

O efeito da interação entre grau de umidade e a temperatura de armazenamento e o período de armazenamento em dias, foi feito através de análise de variância para as 11 combinações dos tratamentos. Os resultados destas combinações podem ser observados na Tabela 9 para os híbridos Corte, Paraíso e Pastoreio.

Tabela 9: Análise de variância para as combinações dos tratamentos (D = período de armazenamento em dias; UT = grau de umidade e temperatura de armazenamento).

	Combinações dos tratamentos	SQ	GL	QM	F
Corte	D	93,76	1	93,76	10,8 **
	UT*D	1675	10	167,50	19,3 **
	UT	15,864	10	1,59	0,18 ns
	Resíduo	313,23	36	8,70	
	Total	2098,2	57		
	Combinações dos tratamentos	SQ	GL	QM	F
Paraíso	D	331,8	1	331,8	31,3 **
	UT*D	2391	10	239,1	22,6 **
	UT	51,25	10	5,125	0,48 ns
	Resíduo	308,52	29	10,6	
	Total	3082,2	50		
	Combinações dos tratamentos	SQ	GL	QM	F
Pastoreio	D	47,62	1	47,62	6,0 **
	UT*D	2359	10	235,9	30,6 **
	UT	9,233	10	0,9233	0,12 ns
	Resíduo	254,1	33	7,7	
	Total	2669,8	54		

Obs: ns e ** = não significativo e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente.

Para os três híbridos houve efeito significativo na combinação de grau de umidade mais temperatura e o período de armazenamento (UT*D) e para o período de armazenamento

isoladamente (D). Para a interação UT não ocorreu nenhuma significância, com os valores de F iguais a 0,18, 0,48 e 0,12 para os híbridos Corte, Paraíso e Pastoreio.

O ajuste dos desvios mínimos para cada temperatura de armazenamento somente foi realizado para 50°C, visto que nessa temperatura foram obtidas cinco combinações de grau de umidade e temperatura, o que não foi possível nas temperaturas de 40°C e 65°C, quando foram concluídas somente três curvas de sobrevivência nessas temperaturas. Após a análise estatística verificou-se que, para os três híbridos, não foram observadas reduções significativas dos desvios após a eliminação dos valores relativos aos graus de umidade superior e inferior.

Através de nova análise estatística, levando-se em consideração as inclinações (ou recíprocas de sigma) para cada combinação grau de umidade e temperatura de armazenamento, verificou-se novamente o mesmo comportamento dos três híbridos, ou seja, efeitos significativos de logaritmo de grau de umidade e de temperatura de armazenamento e não significância para a interação entre logaritmo de grau de umidade e temperatura, com os valores de F iguais a 0,79, 2,78 e 0,92 para os híbridos Corte, Paraíso e Pastoreio, respectivamente (Tabela 10).

Tabela 10: Análise de variância de todos os sigmas (LGU = logaritmo de grau de umidade; T = temperatura de armazenamento).

	Combinações dos tratamentos	SQ	GL	QM	F
Corte	LGU	0,3814	1	0,3814	4,57 **
	T	3,399	2	1,6995	20,39 **
	LGU*T	0,1314	2	0,0657	0,79 ns
	Resíduo	0,41684	5	0,083368	
	Total	4,3283	10		
Paraíso	LGU	0,4060	1	0,4060	15,46 **
	T	2,676	2	1,338	50,95 **
	LGU*T	0,1460	2	0,073	2,78 ns
	Resíduo	0,13131	5	0,026262	
	Total	3,3590	10		
Pastoreio	LGU	0,6469	1	0,6469	13,33 **
	T	3,177	2	1,5885	32,74 **
	LGU*T	0,08879	2	0,044395	0,92 ns
	Resíduo	0,24257	5	0,048514	
	Total	4,1557	10		

Obs: ns e ** = não significativo e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente.

Com os valores de logaritmo do grau de umidade e de sigma, foram plotados três gráficos, que mostram as relações logarítmicas entre o grau de umidade e o desvio padrão da distribuição das sementes mortas no tempo, para cada híbrido analisado (Figura 5).

Observou-se um comportamento semelhante na inclinação das curvas obtidas a 50 e 65°C para os três híbridos; entretanto, para as curvas obtidas a 40°C, observou-se um não paralelismo das mesmas em relação às obtidas nas demais temperaturas. Isso ocorreu devido ao fato de que as curvas de sobrevivência a 40°C somente foram calculadas para três graus de umidade, o inicial e dois acima desta obtidos com reidratação lenta (Tabela 2). Para a ocorrência desse paralelismo das curvas, seria necessário obter curvas de sobrevivência a 40°C para graus de umidade mais baixos. Essas curvas de sobrevivência a 40°C com umidades inferiores não foram realizadas devido à necessidade de vários meses para que as sementes chegassem à sua completa deterioração, portanto em tempo maior do que o disponível para finalização da pesquisa.

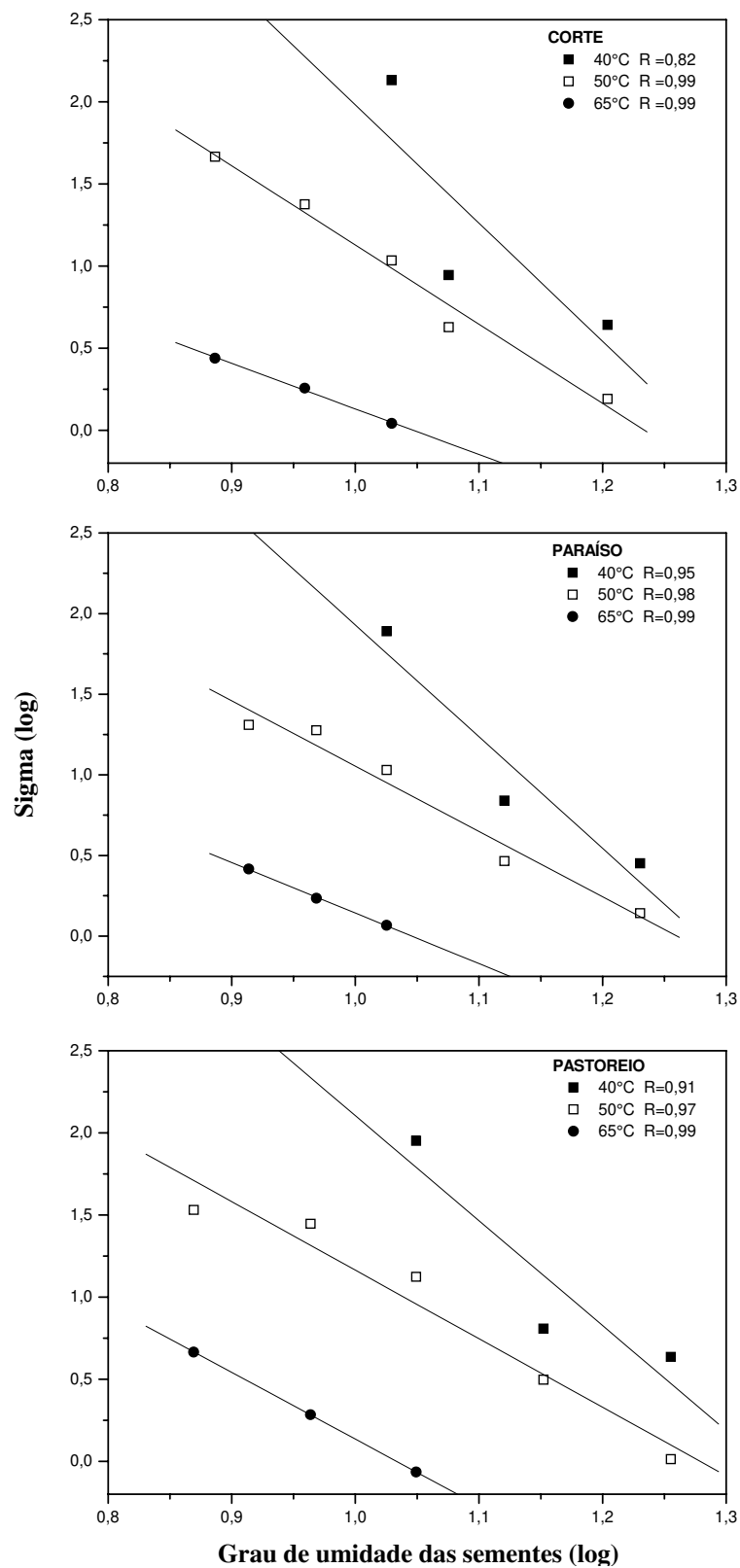


Figura 5: Relações logarítmicas entre grau de umidade das sementes e a frequência da distribuição das sementes mortas no tempo (sigma) para os três híbridos analisados, nas temperaturas de 40, 50 e 65°C.

5.7. Constantes de viabilidade para cada híbrido

A não significância observada entre a interação do logaritmo de grau de umidade e temperatura (LGU*T) (Tabela 10) permitiu calcular as constantes da equação de viabilidade (Equação 1) para cada híbrido, que podem ser observadas na Tabela 11.

Tabela 11: Constantes da equação de viabilidade para cada híbrido.

Híbridos	Corte	Paraíso	Pastoreio
K_E	8,417	7,735	8,285
C_W	5,037	4,658	4,522
C_H	0,02309	0,01969	0,03655
C_Q	0,000436	0,000403	0,000300

Os valores das constantes específicas para cada híbrido e das que indicam a resposta logarítmica da longevidade das sementes para o grau de umidade, estimadas para os três híbridos, foram de 8,417, 7,735 e 8,285 (K_E) e 5,037, 4,658 e 4,522 (C_W). Como se pode observar, esses valores mostraram-se similares para os três híbridos. Os valores obtidos para as constantes $C_H = 0,02309$, 0,01969 e 0,03655 e $C_Q = 0,000436$, 0,000403 e 0,000300 também mostraram similaridade com os obtidos por Dickie et al. (1990) que após a análise estatística de 359 curvas de sobrevivência de oito espécies, encontrou $C_H = 0,0329$ e $C_Q = 0,000478$, comprovando deste modo, a confiabilidade da metodologia usada.

Para verificar o comportamento dos diferentes híbridos nas combinações de grau de umidade e temperaturas de armazenamento, foi realizada uma análise estatística considerando-se agora todos os resultados obtidos para os três híbridos. Esta análise demonstrou que não ocorreram diferenças significativas entre os híbridos (H) e também para as interações entre H*LGU, como pode ser observado na Tabela 12.

Assim, foi possível obter uma única equação de viabilidade (Equação 5) para os três híbridos e, deste modo, os valores obtidos para as constantes da equação de longevidade foram calculados e estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 12: Análise de variância conjunta entre os três híbridos nas temperaturas de armazenamento (LGU = logaritmo de grau de umidade; T = temperatura de armazenamento; H = híbrido).

Combinações dos tratamentos	SQ	GL	QM	F
LGU	0.05281	1	0.05281	52.88 **
T	0.3304	2	0.1652	165.43 **
LGU*T	0.02382	2	0.01191	11.93 **
H	0.003413	2	0.0017065	1.71 ns
H* LGU	0.001359	2	0.0006795	0.68 ns
Resíduo	0.020436	23	0.000888521	
Total	0.43222	32		

Obs: ns e ** = não significativo e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 13: Valores das constantes da equação de viabilidade estimados após a análise conjunta dos resultados obtidos para os três híbridos analisados.

Constantes	Valores
K_E	8,033
C_W	4,662
C_H	0,02544
C_Q	0,000386

Deste modo, a equação única a ser utilizada para quaisquer dos híbridos analisados passa a ser a seguinte:

$$V = K_i - \frac{p}{10^{8,033-4,662.\log m-0,02544.t-0,000386.t^2}} \quad (5)$$

Ellis e Hong (2007) armazenaram hermeticamente 39 lotes de sementes de um total de 12 diferentes culturas em ambientes com 2-25% de grau de umidade e temperatura de 0-50°C, visando estimar as constantes da equação de viabilidade. Verificaram que as constantes K_E , C_W , C_H e C_Q não diferiram entre os lotes, enquanto que neste experimento não foram observadas diferenças entre essas constantes para cada híbrido. Os valores estimados pelos autores de K_E e C_W para milho foram de 9,336 e 5,540, enquanto que neste experimento esses valores foram estimados na equação única em 8,033 e 4,662, respectivamente.

Após concluir que foi possível obter uma só equação para os híbridos Corte, Paraíso e Pastoreio, foi obtida a Figura 6, que representa a relação entre o logaritmo da umidade e o

logaritmo da frequência da distribuição das sementes mortas no tempo (sigma) a 40, 50 e 65°C para os três híbridos juntos.

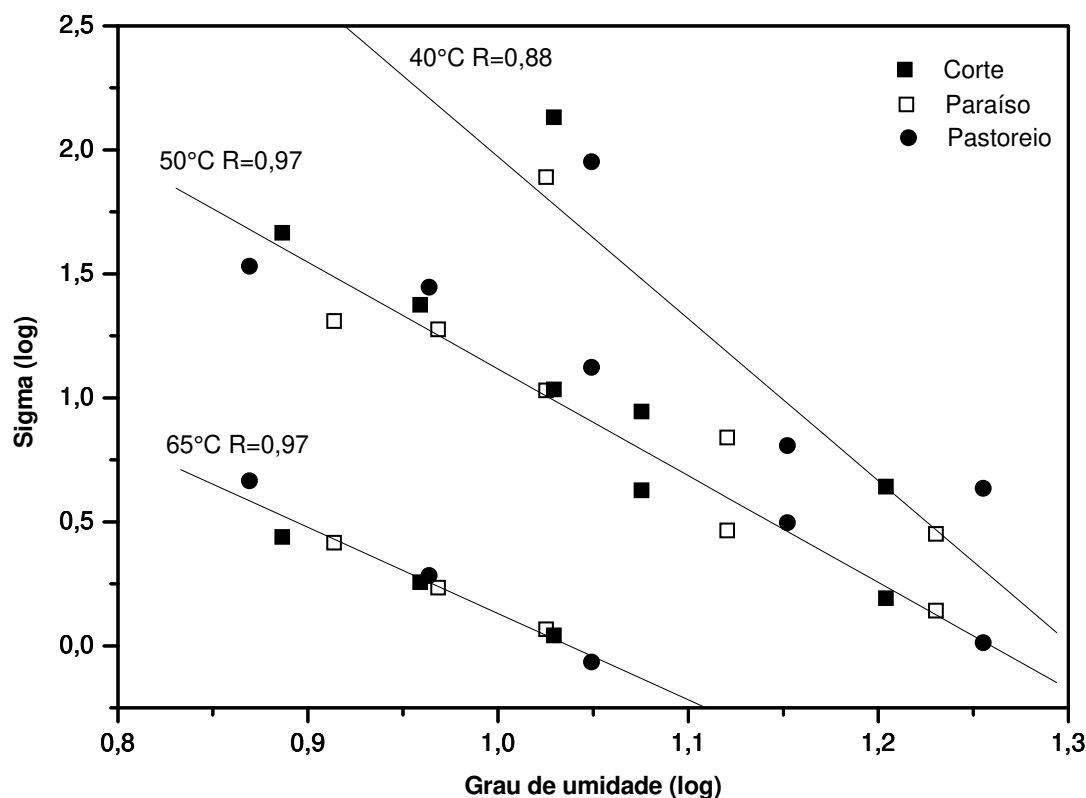


Figura 6: Relação logarítmica entre grau de umidade das sementes e a frequência da distribuição das sementes mortas no tempo (sigma) para as três temperaturas de armazenamento. As linhas representam a regressão linear com valor comum de origem.

Com base na Equação 5 e utilizando-se os valores de 11% de grau de umidade e temperatura média de armazenamento de 25°C, com viabilidade inicial das sementes de 70% (probit = 0,52), verificou-se que para um ano de armazenamento (365 dias), a viabilidade das sementes cai para 9,6% (probit = -1,30) e o valor de sigma é de 200 dias.

Considerando condições constantes de umidade relativa do ar igual a 50%, temperatura de armazenamento de 25°C, viabilidade inicial de 70% e um período de armazenamento de um ano, fez-se uma comparação dos valores de sigma através das equações de viabilidade descritas por Fantinatti e Usberti (2007), trabalhando com *Eucalyptus grandis* W.Hill e com Usberti (2006), trabalhando com *Brachiaria brizantha*.

Para essas condições, verificou-se que as sementes de *E. grandis* W.Hill, de *B. brizantha* e as dos híbridos desta pesquisa necessitariam de 295, 714 e 396 dias,

respectivamente, para que a germinação caísse de um probit e as viabilidades finais estimadas nestas condições foram de 24,2, 51,1 e 34,5%, respectivamente. Essas variações observadas são devidas às diferentes composições químicas das sementes dessas espécies, o que altera significativamente as suas respectivas armazenabilidades.

6. CONCLUSÕES

- O teste de envelhecimento acelerado detectou diferenças de vigor com 72 e 96 horas. O híbrido Pastoreio foi o mais vigoroso;
- A seleção recorrente não alterou a armazenabilidade das sementes, mas alterou o tamanho das sementes;
- Os híbridos apresentaram diferentes valores iniciais de germinação (K_i);
- Foram definidas as constantes da equação de longevidade (K_E , C_W , C_H e C_Q) para a equação única e para cada um dos híbridos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAKER, C. J; NELDER, J. A. **The GLIM system. Release 3.** Oxford: Numerical Algorithms Group. 1978.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para Análise de Sementes.** Brasília, 1992. 365 p.

CARNEIRO, J. G. A; AGUIAR, I. B. Armazenamento de sementes. In: AGUIAR, I. B; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M; FIGLIOLIA, M. B. **Sementes Florestais Tropicais.** Informativo ABRATES: Brasília, 1993. 350 p.

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

CAVALCANTE FILHO, F. N. **Efeitos térmicos e de graus de umidade constantes na liberação da dormência de sementes de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex a. Rich.) Stapf.** 2006. 43 f. Dissertação. (Mestrado em Concentração Tecnologia Pós-colheita) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

CHAVES, M. F. **Previsão da longevidade de sementes de *Dimorphandra mollis* Benth (Faveiro) e *Dalbergia nigra* (Vell. Fr. All. Ex Benth. Jacarandá da Bahia).** 2001. 100 f. Tese (Doutorado em Concentração Tecnologia Pós-colheita) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

DELOUCHE, J. C. **Physiology of Seed Storage.** Mississippi State University, State College. Mississippi, 1968. 8 p.

DERESZ, F. Capim-elefante manejado em sistema rotativo para produção de leite e carne. In: PASSOS, L. P; CARVALHO, L. A; MARTINS, C. E; BRESSAN, M; PEREIRA, A. V. (Ed.). **Biologia e manejo do capim-elefante.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, p. 161-172, 1999.

DIAS, M. C. L. L; BARROS, A. S. R. **Avaliação da qualidade de sementes de milho.** Londrina, IAPAR, Circular 88, 1995. 43 p.

DICKIE, J. B; ELLIS, R. H; KRAAK, H. L; RYDER, K; TOMPSETT, P. B. Temperature and seed storage longevity. **Annals of Botany**, London, v. 65, p. 197-204, 1990.

ELLIS, R. H; HONG, T. D. Quantitative response of the longevity of seed of twelve crops to temperature and moisture in hermetic storage. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 35, n. 2, p. 432-444, 2007.

ELLIS, R. H; OSEI-BONSU, K; ROBERTS, E. H. The influence of genotype, temperature and moisture on seed longevity in chickpea, cowpea and soybean. **Annals of Botany**, London, v. 50, p. 69-82, 1982.

ELLIS, R. H; ROBERTS, E. H. Improved equations for the prediction of seed longevity. **Annals of Botany**, London, v. 45, p. 13-30, 1980.

ELLIS, R. H; ROBERTS, E. H. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 9, p. 373-409, 1981.

ELLIS, R. H. The viability equation, seed viability nomographs, and practical advice on seed storage. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 16, p. 373-409, 1988.

FANTINATTI, J. B. **Equações de viabilidade para sementes de *Eucalyptus grandis* W. HILL ex Maiden e *Pinus taeda* L.** 2004. 80 f. Tese (Doutorado em Concentração Tecnologia Pós-colheita) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

FANTINATTI, J. B; USBERTI, R. Seed viability constants for *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 1, p. 111-117, 2007.

FIGUEIREDO, R. Equação para o teor de umidade de equilíbrio estático para produtos biológicos. **Revista de Tecnologia e Ciência**, João Pessoa, v. 3, n. 1, p. 9-11, 1994.

FRANCISCO, F. G. **Constantes de viabilidade para sementes de feijoeiro dos cultivares *Tibatã* e *Una*.** 2006. 51 f. Tese (Doutorado em Concentração Tecnologia Pós-colheita) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

HARRINGTON, J. F. Packaging seed for storage and shipment. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, n. 3, p. 701-709, 1973.

HARRINGTON, J. F. Practical advice and instruction on seed storage. **Proceedings of the International Seed Testing Association**, Vollebakk, Noruega, v. 28, p. 989-994, 1963.

HARRINGTON, J. F. Seed storage longevity. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.). **Seed Biology**, Academic Press, New York, v. 3, p. 145-245, 1972.

ISTA. International Seed Testing Association. **International Rules for Seed Testing**. Zurich, Switzerland, 2006. Ed 2007. 17 cap.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. OEA. Washington. 1983. 174 p.

LABUZA, T. P. Sorption phenomena in foods. **Food Technology**, Chicago, v. 22, n. 3, p. 15-24, 1968.

LASSERAN, J. P. Princípios gerais de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 3, n. 3, 1978. p. 46.

LEOPOLD, A. C; VERTUCCI, C. W. Moisture as a regulator of physiological reactions in seeds. In: STANWOOD, P. C; McDONALD, M. B. (Ed.). **Seed Moisture**. Crop Science Society of America, Special Publication. p. 1-67, 1989.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C; VIEIRA, R. D; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999a. cap. 3, p. 1-24, 1999.

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

MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plants and animals materials**. 2. ed. Amsterdam: Gordon and Breach Publishers, 1986. 841 p.

PARK, K. J; NOGUEIRA, R. I. Modelos para ajuste de isotermas de sorção de alimentos. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 3, n. 1, p. 81-86, 1992.

PEREIRA, A. V; VALLE, C. B; FERREIRA, R. P; MILES, J. W. Melhoramento de forrageiras tropicais. In: NASS, L. L; VALOIS, A. C. C; MELO, I. S; VALADARES-INGLIS, M. C. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação Mato Grosso, 2001. 1183p.

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

ROBERTS, E. H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, p. 499-514, 1973.

ROBERTS, E. H. Viability of cereal seed for brief and extended periods. **Annals of Botany**, London, v. 25, p. 373-380, 1961.

SILVEIRA, C. M. **Teste de deterioração controlada em sementes de amendoim**. 2006. 48 f. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

SCHANK, S. C; DIZ, D. A; HOGHE, P. J; VANN, C. V. Evaluation of pearl millet x elephantgrass hybrids for use as high quality forage for livestock. **Soil and Crop Society of Florida Proceedings**, v. 55, p. 120-121, 1996.

SOBRINHO, F. A; PEREIRA, A.V; LEDO, F. J. S; BOTREL, M. A; OLIVEIRA, J. S; XAVIER, D. F. Avaliação agronômica de híbridos interespecíficos entre capim-elefante e milheto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 9, p. 873-880, 2005.

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

TORRES, S. B. Envelhecimento acelerado em sementes de pimenta-malagueta (*Capsicum frutescens* L.). **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 36, n. 1, p. 98-104, 2005.

TREYBALL, R. B. **Drying. Mass Transfer Operations**. New York: McGraw-Hill, p. 569-575, 1968.

USBERTI, R. Performance of tropical forage grass (*Brachiaria brizantha*) dormant seeds under controlled storage. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 35, n. 2, p. 402-413, 2006.

USBERTI JR, J. A; USBERTI, R; ALCANTARA, P. B; ALCANTARA, V. G. B; POSSENTI, R. A; LUCENA, M. A. C. Yield and quality parameters of an interspecific hybrid *Pennisetum purpureum* Schum. (elephantgrass) x *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. Stuntz (pearl millet). In: XX INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 20, 2005, Dublin, Ireland. **Proceedings...**, 2005a, p. 96.

USBERTI, R; USBERTI JR, J. A; AGUIAR, R. H; CARNEIRO, L. M. T. A; FANTINATI, J. B; FRANCISCO, F. G. Effects of a recurrent selection scheme, applied to an interspecific hybrid *Pennisetum purpureum* Schum. (elephantgrass) x *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. Stuntz (pearl millet), on several seed quality parameters. In: XX INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 20, 2005, Dublin, Ireland. **Proceedings...**, 2005b, p. 62.

VALENTINI, S. R. T. **Efeito da secagem de sementes de peroba-rosa (*Apidosperma polyneuron* M. Arg.)**. 1992. 70 f. Dissertação. (Mestrado em Concentração Tecnologia Pós-colheita) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.