

JOSELAINÉ FERREIRA LOPES

EQUACIONAMENTO DA LONGEVIDADE DE SEMENTES DE TOMATE

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como parte
das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Fitotecnia, para obtenção do
título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2007

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

L864e
2007
Lopes, Joselaine Ferreira, 1980-
Equacionamento da longevidade de sementes de tomate /
Joselaine Ferreira Lopes. – Viçosa, MG , 2007.
x, 44f. : il. ; 29cm.

Orientador: Derly José Henriques da Silva.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 42-44.

1. Sementes - Qualidade. 2. Sementes - Armazenamento.
3. Germinação - Modelos matemáticos. 4. Recursos do
germoplasma. 5. Sementes - Testes. I. Universidade Federal
de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 631.521

JOSELAINÉ FERREIRA LOPES

EQUACIONAMENTO DA LONGEVIDADE DE SEMENTES DE TOMATE

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como parte
das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Fitotecnia, para obtenção do
título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 27 de fevereiro de 2007

Pesq. Roberto Sinício
(Co-orientador)

Prof. Eduardo Fontes Araújo
(Co-orientador)

Prof. César Gómez Campo

Prof^a. Denise C. F. dos Santos Dias

Prof. Derly José H. da Silva
(Orientador)

A DEUS

“ Por vezes, senti meu corpo fraquejar, e Tu estendeste tua mão e ergueste-me.

Por vezes, senti minha alma se abater, e Tu me deste coragem de prosseguir.

Por vezes, senti meu espírito desvanecer, e Tu enviaste o teu próprio espírito para me consolar.

Hoje, humilde, a vitória é minha.....e a ti , Meu Deus, toda Honra e Glória, Eternamente.

Amém”

**“Porque eu, o Senhor teu Deus, te tomo
pela tua mão direita e te digo: Não
temas, que eu te ajudo”. Is 41,13**

Aos meus pais, por tudo.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus que me deu força, me protegeu durante meus estudos em Viçosa, por sempre ter colocado ao meu lado pessoas boas.

Aos meus, pais Antonio e Cenira, sem o apoio de vocês isso tudo não seria possível, vocês sempre serão minha motivação. Meu maior orgulho é ser filha de vocês.

A minha sobrinha Lara, seu sorriso me encanta.

A minhas irmãs Viviany e Livia pela força, pela compreensão, pelo amor e pelos puxões de orelha quando era necessário.

Aos meus Familiares, avós, tio e primos, o carinho de vocês foi essencial.

Tio Expedito e tia Emília, essa vitória também é de vocês!! Afinal foi na casa de vocês que tudo começou. Obrigada por sempre estarem dispostos a me escutar, auxiliando em minhas decisões.

Vovó muito obrigada por suas orações.

Ao Marcel Lippelt, pelo que convivemos, pelo apoio, companheirismo e amizade. A sua família pelo carinho.

Ao meu orientador Derly José Henriques da Silva pelos ensinamentos, orientação e confiança em mim depositada.

A Eveline Mantovani Alvarenga pela amizade, apoio e orientação tanto nos estudos com na vida pessoal. Palavras não serão suficientes para externar minha gratidão.

Agradeço à Universidade Federal de Viçosa, por ter possibilitado o desenvolvimento deste trabalho.

Ao pesquisador Roberto Sinício pela paciência, amizade e pelo auxílio nas análises estatísticas que foi essencial para a realização deste trabalho.

Aos membros da Comissão Examinadora, Prof. Eduardo Fontes Araújo, Prof^a Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias, Prof. César Campos, muito obrigada pelas valiosas sugestões.

Novamente ao Professor César Campos da Universidade de Madrid pela disposição em participar da comissão examinadora.

Aos funcionários e técnicos do laboratório de pesquisa de soja e de sementes pela ajuda com os germinadores.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia – UFV, em Especial Luisinho, que sempre me ajudou com os computadores, Rita e Sr. Sebastião.

Aos funcionários e alunos da Escola Estadual Santa Rita de Cássia pelo carinho e amizade.

Aos meus amigos de longa data que sempre me incentivaram Daniana, Caiene, Fabiano e Leila.

A todos os meus amigos de caminhada de graduação (Agronomia 2000) e mestrado pela amizade, em especial Marcelo, Rita, Paula, Zoraia, Gisele, Maria Júlia e Márcio, Maurinho, Renato, Bruno, Jardel, Milton e família .

Aos meus amigos Angolas, Pedro e Júlia, e suas filhas Adalgisa, Letícia e Thaís.

A família de D. Nérea e Sr. Vicente, pelo carinho e pelo agradável convívio.

As meninas da pensão, Eliane, Mariana , Mayara, Rosana, Noemi, pela convivência prazerosa.

A Todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para que este trabalho pudesse ser realizado.

O meu muito obrigada!!!!

BIOGRAFIA

JOSELAINÉ FERREIRA LOPES, filha de Antonio Ferreira Lopes e Cenira Ferreira de Oliveira Lopes, nasceu em Conceição de Ipanema, Minas Gerais, em 13 de setembro de 1980.

Concluiu o ensino fundamental na Escola Estadual Coronel Calhau, no município de Ipanema, Minas Gerais, e cursou o segundo grau na Escola Estadual Professor Plínio Ribeiro Salgado na cidade de Montes Claros, Minas Gerais, concluindo – o em 1998.

Em 2000, ingressou no curso de Agronomia, na Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em 2004.

Em 2005, iniciou o curso de mestrado em Fitotecnia na área de Melhoramento de Planta e Biotecnologia, na Universidade Federal de Viçosa - MG, defendendo tese em fevereiro de 2007.

Em 2006, atuou como professora de química na Escola Estadual Santa Rita de Cássia.

Em 2007 iniciou o curso de doutorado na Universidade Federal de Viçosa – MG.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1. Local dos experimentos	9
3.2. Sementes	9
3.3. Determinação da qualidade inicial das sementes	10
3.3.1. Determinação do grau de umidade das sementes	10
3.3.2. Teste de germinação	10
3.3.3. Teste de envelhecimento acelerado	10
3.4. Determinação experimental do Ki	11
3.5. Equacionamento da qualidade inicial em função do desempenho das sementes nos testes de germinação e de envelhecimento acelerado	12
3.6. Equacionamento do desvio padrão da frequência de distribuição das sementes mortas durante o período de armazenamento	13
3.6.1. Acondicionamento e armazenamento das sementes	13
3.6.2. Coeficientes da equação da viabilidade	15
3.7. Procedimento estatístico	16

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1. Determinação da qualidade inicial das sementes	17
4.2. Estimativa de K_i no modelo de probit	19
4.3. Equacionamento de K_i em função do desempenho das sementes nos testes de germinação inicial e de envelhecimento acelerado	25
4.4. Coeficientes da equação de Viabilidade	30
4.5. Estimativa da longevidade para sementes de tomate	38
5. CONCLUSÕES	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

RESUMO

LOPES, Joselaine Ferreira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2007.
Equacionamento da longevidade de sementes de tomate. Orientador: Derly José Henriques da Silva. Co-orientadores: Roberto Sinício e Eduardo Fontes Araújo.

A longevidade é o período de tempo em que as sementes se mantêm viáveis. A previsão da perda de viabilidade das sementes em relação às condições de armazenamento a que são submetidas é de extrema importância para a avaliação de sua armazenabilidade. O presente trabalho teve como objetivos: equacionar a qualidade inicial das sementes (K_i) de tomate em função dos testes iniciais de germinação e de envelhecimento acelerado; e equacionar o desvio padrão da frequência de distribuição das sementes mortas de tomate durante o período de armazenamento (σ). Para a determinação do K_i , foram usadas sementes de 7 acessos de tomateiro do Banco de Germoplasma-UFV e do cultivar 'Santa Clara'. Inicialmente, as sementes foram submetidas a testes de germinação e de envelhecimento acelerado. Em seguida determinou-se experimentalmente o valor de K_i , utilizando-se a metodologia tradicional. Os resultados de K_i foram então equacionados em função dos resultados dos testes de germinação e de envelhecimento acelerado, transformados em probit, utilizando-se análises de regressão linear múltipla. Sementes com grau de umidade de 10, 12 e 14% foram acondicionadas em embalagens de alumínio impermeáveis a água e armazenadas a 31, 41 e 51°C para a determinação do σ . Foram utilizadas sementes de 4 acessos de tomateiro do Banco de Germoplasma de Hortaliças – UFV para estudo do armazenamento controlado de sementes, a fim de determinar os coeficientes da equação de longevidade. As sementes foram armazenadas por um período que variou de acordo com a combinação do grau de umidade e temperatura. Os valores de porcentagem de germinação obtidos durante o armazenamento foram transformados em probit e utilizados em regressão linear múltipla para determinação dos coeficientes da equação de viabilidade. Os resultados desse trabalho permitiram concluir que a equação para determinar o valor de K_i em função dos testes iniciais de germinação (G) foi:

$$K_i = 0,4968 + 0,1542.G^2$$

O coeficiente de regressão ajustado desta equação foi de 74%, o desvio padrão foi de 0,097 e todos os coeficientes da equação foram significativos em nível de 1%. O uso dessa

equação no modelo de probit, entretanto, não é recomendado porque a mesma fornece valores de K_i muito baixos e menores do que a germinação inicial, limitando a sua faixa de aplicação. O valor do resultado do teste de germinação inicial, transformado em probit, deve ser utilizado em substituição ao K_i , enquanto outras pesquisas não apresentarem melhores resultados para o equacionamento da qualidade inicial de tomate. A equação obtida para calcular o valor de sigma foi:

$$\sigma = 10^{5,5319 - 2,6783 \cdot \log m - 0,0066 \cdot t^2}$$

O coeficiente de regressão ajustado da equação foi de 94%, o desvio padrão foi de 0,12 e todos os parâmetros da equação foram significativos em nível de 1%.

ABSTRACT

LOPES, Joselaine Ferreira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February of 2007. **Calculation of the longevity of tomato seeds.** Adviser: Derly José Henriques da Silva.

Co-Advisers: Roberto Sinício and Eduardo Fontes Araújo.

The longevity is the period of time where the seeds are kept viable. It's extremely important for the storage analysis, the forecast of the viability loss of the seeds when comparing with different storage conditions. The present work had as objective: to equate the initial quality of the seeds (K_i) of tomato in function of the initial tests of germination and accelerated aging; and to equate standard deviation of the frequency of distribution of the tomato seed deaths during the period of storage (σ). For the determination of the K_i , was used seeds of 7 accesses of tomato of the Bank of Germoplasma-UFV and the cultivar 'Santa Clara'. Initially, the seeds were submitted to the tests of germination and accelerated aging. After that, the value of K_i was determined experimentally buy using the traditional methodology. The results of K_i then were equated in function of the results of the tests of germination and accelerated aging, transformed into probit, using analyses of multiple linear regression. Seeds with moisture content of 10, 12 and 14% were conditioned in impermeable aluminum packings and stored at 31, 41 and 51°C for the determination of the σ . Seeds of 4 accesses of tomato of the Bank of Germoplasma de Hortaliças – UFV were used for the seed storage research, in order to determine the coefficients of the longevity equation. The seeds were stored by a period that varied accordance with the combination of the degree of moisture and temperature. The values of percentage of germination obtained during the storage were transformed into probit and used into multiple linear regression for determination of the coefficients of the viability equation. The results of this work allowed to conclude that the equation to determine the value of K_i in function of the initial tests of germination (G) was:

$$K_i = 0,4968 + 0,1542.G^2$$

The adjusted coefficient of regression of this equation was of 74%, the standard deviation was of 0,097 and all the coefficients of the equation were significant in 1% level. The use of this equation in the model of probit, however, is not recommended because it supplies low and very lesser values of K_i of that the initial germination, limiting its range of

application. The value of the result of the test of initial germination, transformed into probit, must be used in substitution to the K_i , while other research not to present better result to equate the of the initial quality of tomato. The obtained equation to calculate the value of σ was:

$$\sigma = 10^{5,5319 - 2,6783 \cdot \log m - 0,0066 \cdot t^2}$$

The adjusted coefficient of regression of the equation was of 94%, the standard deviation was of 0,12 and all the parameters of the equation were significant in 1% level.

1. INTRODUÇÃO

O tomateiro é originário do Peru, Equador, Bolívia e Norte do Chile, tendo sido posteriormente cultivado no México, de onde foi levado para a Europa, na primeira metade do século XVI. Durante um longo período foi considerado venenoso, sendo, portanto cultivado apenas como planta ornamental. Em 1554 já haviam sido introduzidas na Itália plantas com frutos amarelados, sendo esta a origem do nome pomodoro. No século XVIII já era largamente consumido em vários países europeus. No Brasil, a cultura foi introduzida praticamente pelos imigrantes italianos, na virada do século XIX, porém somente para fins de consumo *in natura* (Giordano e Ribeiro, 2000). O tomateiro é a segunda hortaliça cultivada no mundo e, em quantidade produzida, é superada apenas pela batata (FAO, 2006). A produção mundial de tomate em 2005 foi de aproximadamente 125 milhões de toneladas, com o Brasil ficando em nono lugar, com produção de 3,3 milhões de toneladas (FAO, 2006), sendo o Estado de São Paulo o segundo maior produtor, com aproximadamente 700 mil toneladas, das quais 60% foi destinada para o consumo *in natura* (Agrianual, 2006).

Apesar da grande importância econômica a cultura é susceptível a diversas pragas e doenças. Para que esta situação possa ser revertida os melhoristas deveriam utilizar outros genitores, de modo a contribuir para a ampliação da base genética do tomateiro cultivado, com genes de resistência ou tolerância a pragas, doenças: qualidade nutricional e resistência ao estresse ambiental (Stevens e Rick, 1986). Estes genitores podem ser selecionados a partir de cultivares antigos da espécie cultivada bem como das espécies silvestres pertencentes ao mesmo gênero que se encontram registrados nos bancos de germoplasma.

A Universidade Federal de Viçosa, com o apoio da Fundação Rockefeller, criou no ano de 1966 o Banco de Germoplasma de Hortaliças (BGH – UFV), com a finalidade de resgatar espécies nativas ou introduzidas, preservar, documentar e manter intercâmbio de germoplasma entre as diversas regiões do Brasil. Para tanto os recursos armazenados, mediante coleta ou doação são caracterizados, avaliados e colocados à disposição da comunidade científica nacional. Atualmente o BGH – UFV possui em seu acervo mais de 7000 acessos de hortaliças que foram coletados em diversas partes do país e também recebidos como doação de mais de 100 países (Silva et al., 2000).

Pesquisas com armazenamento de sementes são importantes para o Banco de Germoplasma, cujos recursos sejam conservados via sementes, pois, estas sementes são armazenadas a longo prazo para serem utilizadas em programas de caracterização, pré-melhoramento e melhoramento vegetal. A conservação desses recursos é de extrema

importância para estes programas e para a preservação de genes que serão utilizados futuramente, sendo assim é imprescindível a preservação dos recursos genéticos visando reduzir a perda da variabilidade genética que é hoje preocupação mundial (Vertucci e Ross, 1990).

Um dos problemas que dificulta essa preservação é a falta de informação mais precisa sobre as condições adequadas de armazenamento que minimizem a redução da variabilidade genética em bancos de germoplasma, a necessidade de monitoramento das sementes armazenadas é diminuída na medida em que são desenvolvidos modelos matemáticos mais precisos para prever a perda de viabilidade das sementes armazenadas.

Nestes bancos as sementes devem ser preservadas durante anos, com a viabilidade acima de 85% para que seja reduzida a necessidade de regeneração e multiplicação dos acessos do banco de germoplasma. Desta forma, a previsão da longevidade de semente é muito importante, não só para a conservação de germoplasma, como também para os produtores e para a indústria sementeira (Mauri, 2004).

Em razão da crescente demanda pela qualidade total nas empresas, pela abertura de mercado e pela importância da preservação dos recursos têm sido desenvolvidas pesquisas sobre a previsão da longevidade de sementes, com intuito de permitir a redução do custo de manutenção de banco de germoplasma, considerando-se que o número de vezes em que são feitas multiplicações e regeneração é minimizado.

O conhecimento do comportamento das sementes em relação às condições de armazenamento a que são submetidas é de extrema importância para a avaliação de sua armazenabilidade, sem perder a sua viabilidade. A perda da germinação de sementes armazenadas pode ser calculada com razoável precisão utilizando-se o modelo de probit desenvolvido por Ellis e Roberts (1980). Neste modelo utilizam-se a temperatura, o grau de umidade e a qualidade inicial da semente (K_i). A estimativa da qualidade das sementes antes do armazenamento é de fundamental importância. Nessa determinação, as sementes são submetidas a uma condição de estresse. As sementes com grau de umidade de aproximadamente 15% são colocadas em embalagens impermeáveis à água e submetidas a temperaturas entre 40 e 45°C. Durante 14 dias são retiradas sucessivas amostras destas sementes e realizados testes de germinação para assim determinar-se o K_i através de análise de probit. A determinação experimental do valor de K_i envolve a condução de experimentos relativamente complexos e demorados e poderiam ser substituídos pela germinação e o vigor inicial desde que a estimativa do parâmetro K_i não seja comprometida.

O presente trabalho teve como objetivos: equacionar a qualidade inicial das sementes (K_i) de tomate em função dos testes iniciais de germinação e de envelhecimento acelerado; e equacionar o desvio padrão da frequência de distribuição das sementes mortas de tomate durante o período de armazenamento (σ).

2. REVISÃO DE LITERATURA

Em estudos de conservação de sementes deve-se levar em consideração o seu comportamento fisiológico em relação ao armazenamento, a fim de manter o nível de qualidade das mesmas, sendo que a capacidade de armazenamento varia entre as espécies, bem como entre e dentro dos lotes de sementes (Groot *et al.*, 2003).

Basicamente as sementes seguem três padrões de comportamento durante o armazenamento: ortodoxo, recalcitrante e intermediário. As sementes ortodoxas podem ser desidratadas até 2 a 5% de grau de umidade, o que permite a manutenção da viabilidade por longos períodos de armazenamento. A tolerância à dessecação, na maior parte das sementes é adquirida durante a maturação. As sementes recalcitrantes não suportam a secagem de nível crítico que varia com a espécie e que geralmente é alto (maior que 30%), sem que percam a viabilidade e são em geral sementes grandes (Medeiros, 1998). A classe de sementes de comportamento intermediário foi proposta por Ellis *et al.* (1990), representada por sementes que, podem ser secas a níveis baixos de umidade (10 a 15%), sem que percam a viabilidade, mas não toleram baixas temperaturas. Podem ser incluídos nessa classe as sementes de mamão, café e dendê.

Uma vez que as sementes ortodoxas podem ser conservadas a longo prazo em bancos de germoplasma, a identificação correta do comportamento durante o armazenamento das sementes de uma espécie é de fundamental importância para a escolha da estratégia e conservação.

Vários são os fatores que influenciam a conservação da viabilidade e do vigor das sementes durante o armazenamento: qualidade fisiológica inicial das sementes, vigor da planta mãe, condições climáticas durante a maturação, danos mecânicos, condições de secagem, adequado grau de umidade, umidade relativa (UR) do ar, temperatura de armazenamento, ação de fungos e insetos, tipos de embalagens e tempo de armazenamento (Carvalho e Nakagawa, 2000).

Segundo Ellis e Roberts (1980), a deterioração de sementes durante o armazenamento ocorre em consequência de uma combinação de três fatores principais: período de

armazenamento, temperatura do ambiente e o grau de umidade das sementes. Hung *et al.* (2001), em estudos com armazenamento de sementes de tomate verificaram que a perda da viabilidade depende unicamente das condições de armazenamento. A qualidade das sementes não é melhorada pelo armazenamento, mas a semente pode ser mantida com mínima deterioração, por meio de armazenamento adequado, obtendo assim máximos vigor e poder germinativo durante maior período de tempo possível (Mauri, 2004).

Em melancia, Torres (2005) verificou que o armazenamento de sementes em câmara fria manteve melhor a qualidade fisiológica das sementes, quando comparado armazenamento em condições ambientais.

Caneppele *et al.* (1995) estudando a influência da embalagem, do ambiente e do período de armazenamento na qualidade de sementes de cebola (*allium cepa*) L., verificaram que a preservação da qualidade das sementes em diferentes tipos de embalagens (Pano, PVC com Papel, Polietileno Rígido, Polietileno Flexível Aluminizado Flexível e Lata) foi atribuídas ao aumento da umidade das sementes existentes nas embalagens permeáveis e ao grau de desequilíbrio higroscópico entre as sementes e o ambiente de armazenamento.

Tompsett (1986), trabalhando com sementes de duas espécies florestais, verificou que aumentando o grau de umidade em sementes armazenadas em temperatura constante, ocorreu diminuição na longevidade prevista pela equação de Ellis e Roberts (1980), nas faixas de grau de umidade de 3% a 19% para *Ulmus carpinifolia* e de 5% a 14% para *Terminalia brassii*, em todas as temperaturas usadas no experimento.

Previero *et al.* (1997), estudando a influência do grau de umidade e do tipo de embalagens na conservação de sementes de braquiária (*Brachiaria brizantha*) verificaram que o grau umidade das sementes armazenadas em embalagens de polietileno mantém-se inalterado, enquanto em papel multifoliado, entra em equilíbrio e com a umidade relativa do ar; sementes com grau de umidade inicial de 10,11% e 6-7% possuem boa armazenabilidade sob condições de naturais.

O armazenamento em condições adequadas constitui etapa importante para a manutenção da qualidade fisiológica inicial de sementes. Marcos e Groth (1990), trabalhando com sementes de duas espécies de forrageiras (*Panicum maximum* e *Brachiaria decumbens*), concluíram que no armazenamento em condições não-controladas, as variações de temperatura e umidade relativa contribuíram para a redução da qualidade fisiológica das sementes.

Botelho e Carneiro (1992), com o objetivo de determinar as melhores condições para armazenamento de sementes de pau-santo (*Kielmeyera coriacea*), efetuaram a secagem das sementes em estufa a 42°C, por períodos de 0, 3, 6, 12 e 18 horas, obtendo diferentes graus de

umidade correspondentes a 21,3%, 14,2%, 11,4%, 9,6% e 8,7% respectivamente. Em seguida as sementes foram embaladas em sacos de algodão (permeáveis) e sacos de plástico (semipermeáveis) e, posteriormente, armazenadas em câmara fria (4°C e 96%UR) e ambiente de laboratório. Após 330 dias, a melhor condição de armazenamento visando a manutenção da viabilidade inicial, foi obtida em saco plástico dentro da câmara fria, para sementes com 8,7% de umidade.

Sementes de braquiraria (*Brachiaria humidicola*) foram analisadas por Oliveira e Mastrocola (1984), durante o armazenamento em sacos de papel e em ambiente com temperatura de 22°C. Os autores observaram que as sementes dessa espécie armazenadas nessas condições por 11-12 meses não apresentaram perdas significativas do poder germinativo; observaram também, que as sementes escarificadas apresentaram germinação significativamente superior àquelas não-escarificadas, durante todo o período estudado (17 meses).

Sementes de cedro-rosa (*Cedrela angustifolia*) foram armazenadas por Piña-Rodrigues e Jesus (1992), em câmara fria (10°C e 65%UR) e ambiente natural de laboratório. Esses autores testaram ainda diferentes embalagens, como saco de pano, saco plástico, saco de papel kraft e caixas de madeira. Verificaram que o conteúdo inicial de água, de 18,5%, foi crítico para a conservação das sementes e concluíram que o armazenamento das sementes em câmara fria possibilitou a conservação da viabilidade das sementes por período de três anos, embora com valores inferiores (23%) à germinação inicial (71 %), independente do tipo de embalagem utilizada. Em condições de laboratório a viabilidade das sementes conservou-se por apenas 75 dias, em embalagem permeável.

Araújo e Barbosa (1992) estudaram o armazenamento de sementes de palmeira (*Phoenix loureiri* Kunth.). Após a colheita, despulpamento e secagem até 15,06% de umidade, as sementes foram colocadas em embalagens permeáveis e impermeáveis, e armazenadas em condições naturais de laboratório e em câmara fria (3°C a 4°C e 80% a 85%UR). A determinação do grau de umidade das sementes, bem como a avaliação de sua qualidade fisiológica, foi realizada no início e após 1, 3, e 7 meses de armazenamento. O armazenamento das sementes em embalagem impermeável no laboratório, e permeável ou impermeável na câmara fria, foi eficiente para manutenção da qualidade inicial das sementes durante 7 meses. O armazenamento em embalagem permeável no laboratório só foi eficiente durante 3 meses, sendo que, aos 7 meses, a capacidade germinativa das sementes foi drasticamente reduzida.

A longevidade da semente é o período de tempo em que esta se mantém viável, sendo máxima quando colhidas na maturidade fisiológica.

Harrington (1972) concluiu que para a correta preservação da viabilidade das sementes, faz-se necessário reduzir a umidade e a temperatura do armazenamento a níveis adequados.

Ellis *et al.* (1982) estudaram o efeito de diversos fatores na longevidade de sementes de grão-de-bico, caupi e soja e verificaram que, nas três espécies, a perda da viabilidade correspondeu o aumento da temperatura na armazenagem. Segundo esses autores, o envelhecimento das sementes é determinado pelo tempo, temperatura e pelo grau de umidade durante o período em que foram armazenadas.

Muitas equações têm sido desenvolvidas para relacionar as condições de armazenamento com o período de viabilidade das sementes, de modo a permitir a previsão da sua sobrevivência, bem como a sua sensibilidade ao grau de umidade e temperatura.

Ellis e Roberts (1980) desenvolveram uma equação que quantificasse a relação entre temperatura e grau de umidade para descrever a viabilidade das sementes durante o armazenamento, da seguinte forma:

$$V = K_i - p/10^{KE - CW \cdot \log m - CH \cdot t - CQ \cdot t^2} \quad (1)$$

em que:

V = porcentagem de viabilidade prevista (probit);

p = período de armazenamento (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 (probit);

KE = constante para cada espécie;

CW = constante para cada espécie que indica a resposta logarítmica da longevidade das sementes para o grau de umidade;

CH, CQ = constantes linear e quadrática do termo temperatura, respectivamente, para cada espécie, que descrevem o efeito da temperatura de armazenamento na longevidade das sementes.

O modelo de Ellis e Roberts (1980) prevê a porcentagem de viabilidade esperada para qualquer lote de sementes durante o armazenamento para diferentes valores de temperatura e grau de umidade das sementes, de maneira simples e relativamente precisa. Inicialmente este modelo foi testado com valores constantes de cevada e abrangendo grande faixa e condições ambientais e, posteriormente, foi comprovada a possibilidade de sua utilização para outras espécies vegetais.

A equação baseia-se em quatro características essenciais da fisiologia de sementes (Ellis *et al.* 1982), a saber: a) embora a sobrevivência de lotes de sementes de uma mesma cultivar possa ser diferente quando armazenados sob condições idênticas, as curvas de sobrevivência são sigmóides simétricas, podendo ser descritas pela distribuição normal negativa cumulativa, em qualquer combinação de temperatura e grau de umidade; b) a diferença relativa entre os lotes de sementes é mantida em todas as condições ambientais de armazenamento, em função do efeito relativo sobre a longevidade, pois qualquer alteração na temperatura ou grau de umidade é a mesma para todos os lotes; c) existe uma relação logarítmica negativa entre a longevidade e o grau de umidade das sementes; d) a longevidade da semente aumenta ligeiramente menos que exponencialmente com o decréscimo na temperatura, de tal modo que o Q_{10} (coeficiente de temperatura para mudança na taxa de perda de viabilidade para cada 10 °C no aumento na temperatura) aumenta com a temperatura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local dos experimentos

O trabalho de retirada das sementes dos frutos e avaliação da qualidade fisiológica foi conduzido no Laboratório de Rotina em Sementes e o armazenamento das sementes foi conduzido no Laboratório de Pesquisa de Soja, ambos do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa.

3.2. Sementes

Foram utilizados sete acessos de tomate do Banco do Germoplasma de Hortaliças da UFV: BGH-2150, BGH-2180, BGH-2182, BGH-2183, BGH-2184, BGH-2185, BGH-2188, os quais foram doados pela Universidade de Purdue, além da variedade comercial 'Santa Clara' como testemunha. Os frutos de cada acesso foram colhidos no período de novembro a dezembro de 2005 na Horta Nova do DFT/UFV. As sementes foram extraídas de frutos maduros, totalmente vermelhos, e foram colocadas para fermentar naturalmente por 48 horas, para a retirada da mucilagem. Após esta etapa as sementes foram lavadas e colocadas para secar a sombra. Em seguida, foram retiradas amostras para a avaliação da sua qualidade fisiológica. O restante das sementes foi dividido em duas porções. A primeira parte constituída pelos sete acessos e a variedade 'Santa Clara', foi utilizada para determinar o Ki. Estas sementes foram armazenadas por 12 dias em embalagens impermeáveis à 41° C em uma BOD, com cerca de 15% de grau de umidade. A segunda porção das sementes, constituída por quatro acessos, foi armazenada em embalagens impermeáveis, em diferentes combinações de temperatura e grau de umidade da semente, para determinação dos coeficientes da equação de longevidade.

3.3. Determinação da qualidade inicial das sementes

3.3.1. Determinação do grau de umidade das sementes

Foi determinado o grau de umidade das sementes de cada acesso, pelo método da estufa 105°C por 24h, com três repetições (Brasil, 1992).

3.3.2. Teste de germinação

Este teste foi conduzido de acordo com os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992), utilizando-se oito sub-amostras de 25 sementes colocadas sobre substrato de papel umedecido com uma solução de KNO_3 a 2%, equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco, mantido sob temperatura de 25°C em um germinador. As avaliações e contagens de plântulas normais foram efetuadas aos quinto e 14 dias após a semeadura.

3.3.3. Teste de envelhecimento acelerado

Neste teste foi adotada a metodologia recomendada pelo Comitê de Vigor da Association of Official Seed Analysts - AOSA (1983) e complementada por Marcos Filho (1999). Uma camada única de sementes foi colocada sobre uma tela metálica acoplada a uma caixa plástica tipo gerbox contendo 40 ml de água destilada ao fundo. As caixas tampadas foram levadas à incubadora BOD, onde permaneceram à temperatura de 41°C, por 72 horas. Ao término deste período, foi determinado o grau de umidade das sementes após envelhecimento acelerado. Em seguida oito sub-amostras de 25 sementes foram submetidas ao teste de germinação, sendo avaliados cinco dias após a semeadura.

3.4. Determinação experimental do Ki

Os valores de Ki para os sete acessos e para o cultivar ‘Santa Clara’ foram determinados seguindo-se a metodologia utilizada por Ellis e Roberts (1980). Após a determinação da qualidade inicial, que foi realizada para se conhecer o comportamento fisiológico das sementes, foram retiradas amostras de sementes por acesso e seu grau de umidade foi ajustado a 15% de umidade. As sementes foram hidratadas, pelo método da atmosfera úmida, até atingirem 15% (base úmida), utilizando a formula:

$$P_1 (100 - U_1) = P_2 (100 - U_2) \quad (2)$$

P_1 = peso inicial das sementes (g)

U_1 = umidade inicial das sementes (%) em base úmida;

P_2 = peso final das sementes (g)

U_2 = umidade final das sementes (%) em base úmida;

Ao ser atingindo o peso desejado, correspondente ao grau de umidade de 15 % as sementes foram acondicionadas em embalagens de alumínio e hermeticamente fechadas em termo seladora. Em seguida as embalagens contendo as sementes foram mantidas por 12h à temperatura aproximada de 8°C, dentro de uma geladeira, para redistribuição interna da umidade das sementes. Decorrido esse período as sementes foram embaladas hermeticamente e armazenadas em uma BOD por 12 dias a temperatura constante de 41 °C. Após este período, eram retiradas amostras de sementes e submetidas a testes de germinação, instalados a cada dois dias, por um período de 12 dias e os resultados da percentagem de germinação de plântulas normais foram transformados em probit, por meio da “análise de probit” (Finney, 1971). Esses valores foram então submetidos à análise estatística, obtendo-se a curva de sobrevivência das sementes e, conseqüentemente, o valor de Ki (ponto de intercepção do eixo y), por meio da utilização da regressão linear.

3.5. Equacionamento da qualidade inicial em função do desempenho das sementes nos testes de germinação e de envelhecimento acelerado

A equação de Ellis e Roberts (1980) utiliza a temperatura, o grau de umidade e o valor de K_i para prever a longevidade de sementes armazenadas durante determinado período de tempo. A determinação experimental do K_i , porém, exige experimentos relativamente complexos e demorados. Logo, para simplificar a determinação da constante K_i , objetiva-se equacioná-la em função dos resultados dos testes iniciais de germinação e envelhecimento acelerado. O valor de K_i é específico para cada lote de sementes, dependente do genótipo e das condições de pré-armazenamento entre eles (Ellis e Roberts, 1980).

Os resultados dos testes de germinação e de envelhecimento acelerado, iniciados antes do armazenamento, transformados em probit, juntamente com os dados provenientes da determinação experimental foram submetidos a análises de regressão linear múltipla para se encontrar um modelo matemático que possibilitasse a estimativa da qualidade inicial das sementes em função dos resultados desses testes.

3.6. Equacionamento do desvio padrão da frequência de distribuição das sementes mortas durante o período de armazenamento

3.6.1. Acondicionamento e armazenamento das sementes

As sementes dos acessos BGH-2180, BGH-2183, BGH-2184 e BGH-2188 foram armazenadas com três níveis de grau de umidade (10, 12 e 14%) e em três temperaturas (31, 41 e 51°C) . Os graus de umidade foram ajustados conforme já descrito. As sementes foram mantidas nesta condição até atingirem o teor de água desejado, utilizando a Equação 2.

A seguir as amostras foram armazenadas em BOD a 31, 41, 51°C, onde ficaram para posterior determinação coeficientes de viabilidade, conforme metodologia de Ellis e Roberts (1980). O período de armazenagem foi de acordo com as combinações grau de umidade e temperatura de armazenamento mostradas na Tabela 1.

Tabela 1. Cronograma dos intervalos dos testes de germinação durante o armazenamento nas diferentes combinações de temperatura de armazenamento e grau de umidade que foram submetidos os lotes de sementes de quatro acessos de tomateiro do Banco de Germoplasma de Hortaliças da UFV e o cultivar ‘Santa Clara’ para a determinação do desvio padrão das sementes mortas durante o armazenamento.

GRAU DE UMIDADE (%)	TEMPERATURA (°C)		
	31	41	51
10	Tempo de armazenamento: 208 dias Intervalo entre testes: 52 dias	Tempo de armazenamento: 96 dias Intervalo entre testes: 24 dias	Tempo de armazenamento: 32 dias Intervalo entre testes: 08 dias
12	Tempo de armazenamento: 128 dias Intervalo entre testes: 32 dias	Tempo de armazenamento: 48 dias Intervalo entre testes: 12 dias	Tempo de armazenamento: 16 dias Intervalo entre teste: 04 dias
14	Tempo de armazenamento: 128 dias Intervalo entre testes: 32 dias	Tempo de armazenamento: 32 dias Intervalo entre testes: 08 dias	Tempo de armazenamento: 12 dias Intervalo entre testes: 03 dias

3.6.2. Coeficientes da equação de viabilidade

Os coeficientes da equação de viabilidade das sementes durante o armazenamento foram determinados em função da temperatura de armazenamento e do grau de umidade das sementes. Na obtenção da equação de viabilidade, torna-se necessária a transformação dos valores de percentagem de germinação em probit, pois deste modo os ciclos de vida individuais das sementes ficam uniformemente distribuídos (Ellis e Roberts, 1980). Os dados de percentagem de germinação depois do período de armazenamento para cada combinação de grau de umidade das sementes e temperatura de armazenamento foram colocados em gráfico x-y e as linhas de regressão linear foram obtidas a partir de valores de probit, através da mudança da escala no eixo y. Valores de sigma (σ), para cada combinação de temperatura de armazenamento e grau de umidade das sementes, foram determinados por meio de regressão linear com base nas curvas de sobrevivência das sementes armazenadas em condições controladas (o valor de sigma é igual ao negativo do inverso do coeficiente angular da reta). Os coeficientes da equação de viabilidade (KE, CW, CH e CQ) foram então determinados utilizando-se regressão linear múltipla dos valores de sigma em função do grau de umidade e da temperatura. Os coeficientes de viabilidade, referidos na literatura como constantes da equação de viabilidade, podem ser empregados para estimar a longevidade das sementes durante o armazenamento e permitem prognóstico seguro para qualquer lote homogêneo de sementes, dentro de uma ampla faixa de condições de armazenamento, como foi observado por Tompsett (1989).

3.7. Procedimento estatístico

O delineamento experimental utilizado para os testes de germinação e envelhecimento acelerado foi o inteiramente casualizado com oito repetições . As médias foram comparadas pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Para o equacionamento da qualidade inicial em função dos testes de germinação e envelhecimento acelerado antes do armazenamento, os resultados foram transformados em probit, e submetidas a análises estatísticas, obtendo-se a curva de sobrevivência das sementes e conseqüentemente o K_i (ponto de intercepção do eixo y) por meio da utilização de regressões lineares.

No estudo do armazenamento controlado de sementes de tomate, para determinação dos coeficientes da equação de longevidade, para cada combinação do grau de umidade e de temperatura, foi determinada a curva de sobrevivência, com os valores de porcentagem de germinação obtidos durante o armazenamento. Durante o procedimento estatístico, vários modelos foram testados, observando-se os coeficientes de regressão, erro padrão do modelo e os níveis de significância estatística dos coeficientes pelo teste t.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Determinação da qualidade inicial das sementes

O potencial fisiológico das sementes é avaliado, pelo teste de germinação em laboratório seguindo as recomendações contidas nas Regras para Análise – RAS (Brasil, 1992). Este resultado, porém, não apresenta sensibilidade suficiente para avaliar o estágio de deterioração das sementes, pois fornecer resultados que superestimam o potencial fisiológico das sementes, devido ao fato de ser conduzido sob condições consideradas ótimas (Barros *et al.*, 2002), não detectando diferenças entre os lotes que possam apresentar comportamento distintos em campo, principalmente quando a germinação é semelhante. Diante disso, têm sido desenvolvidos testes de vigor com a finalidade de fornecer informações complementares as obtida no teste de germinação e que permitam estimar o potencial de emergência em campo, sob amplas faixas de condições de ambiente. Um dos testes mais utilizados para avaliação o vigor em sementes de tomate é o envelhecimento acelerado. Os resultados dos testes de média para o desempenho das sementes nos testes de germinação e envelhecimento acelerado não são apresentados por não apresentarem diferenças estatísticas entre as médias, demonstrando assim que as sementes desses acessos têm qualidade fisiológica semelhante.

As Percentagens de plântulas normais obtidas nos testes de germinação e envelhecimento acelerado, foram transformados para probit, por meio da Análise de probit (Finney, 1971), para determinação do K_i (Tabela 2). Verifica-se que houve uma relação direta entre o desempenho das sementes nos teste de germinação e envelhecimento acelerado, em percentagem e quando transformados em probit.

Tabela 2. Valores iniciais de germinação (G) e de envelhecimento acelerado (EA) obtido em percentagem de plântulas normais e em unidades de probit para as sementes dos 7 acessos de tomateiro – BGH e a cultivar ‘Santa Clara’.

ACESSO	G (%)	G (probit)	EA (%)	EA (probit)
2150	92	1,3722	85	1,0152
2180	98	2,0537	93	1,4757
2182	96	1,6953	80	0,84162
183	99	2,3263	91	1,3407
2184	97	1,8807	82	0,9153
2185	96	1,7506	84	0,9944
2188	98	2,0537	88	1,1749
‘Santa Clara’	98	2,0537	88	1,1749

4.2. Estimativa de Ki no modelo de probit

As curvas de sobrevivência de sementes de tomate - BGH (Figuras 1 a 8) em probit obtidas através de regressão linear, de acordo com a metodologia de Ellis e Roberts (1980), apresentam o mesmo formato e distribuição normal padronizada cumulativa negativa, diferindo entre si apenas em relação ao tempo de deterioração controlada.

O valor de Ki dos acessos de tomate é dados pelo ponto de interceptação da curva de sobrevivência das sementes pelo eixo das ordenadas (y), neste caso pelo eixo da germinação em probit. É possível verificar grande diferença no valor de Ki entre os acessos (Tabela 3) o que comprova os resultados de Roberts (1973) e Hay *et al.* (2003), os quais relataram que a qualidade inicial é dependente do genótipo e das condições de pré-armazenamento, bem como da interação entre eles.

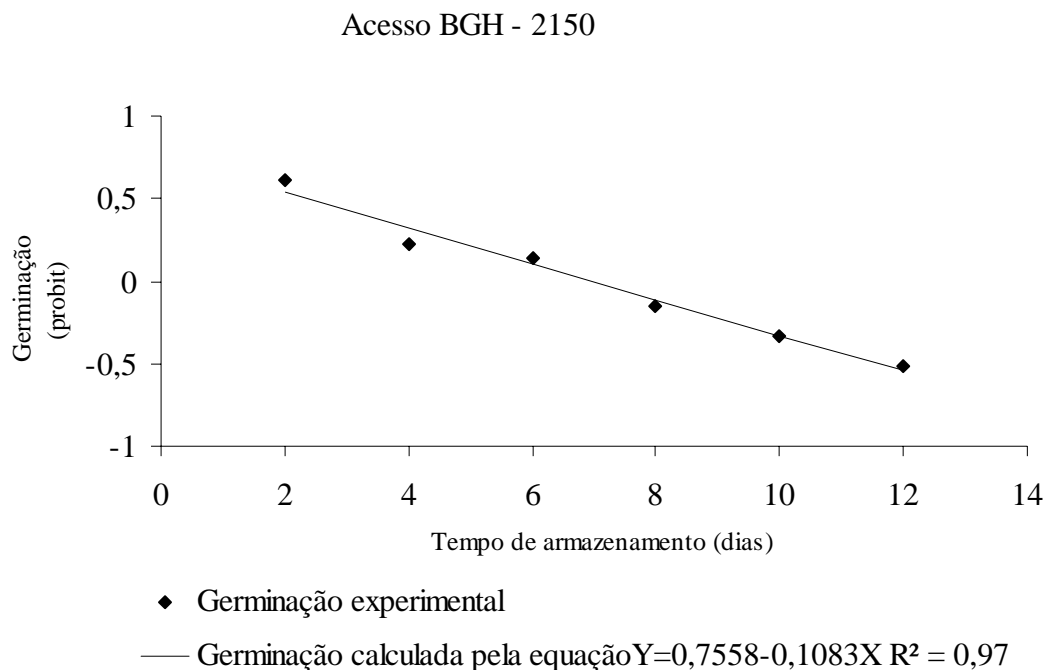


Figura 1. Curva de sobrevivência de sementes de tomate do acesso BGH - 2150, armazenadas a 15% de grau de umidade e 41°C.

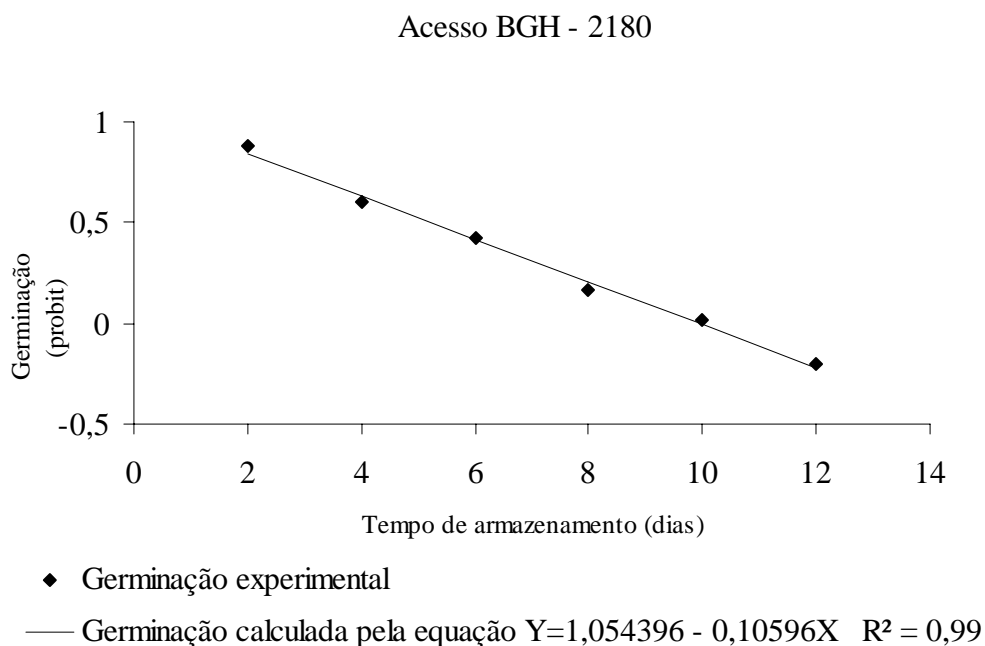
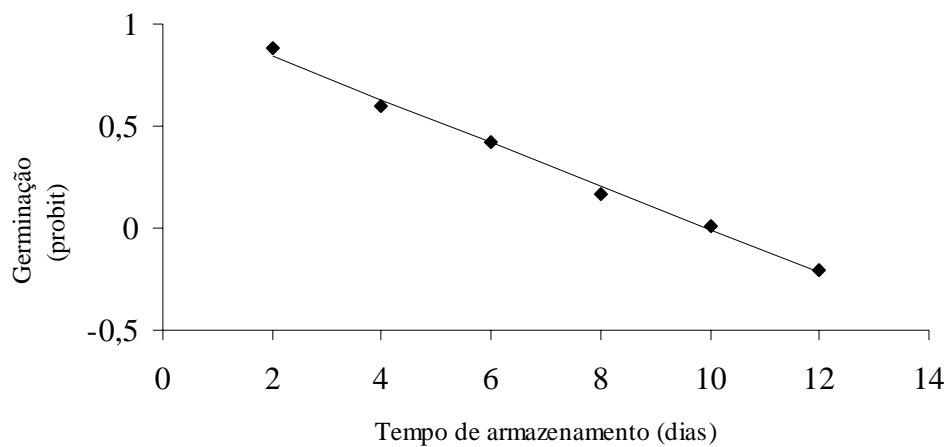


Figura 2. Curva de sobrevivência de sementes de tomate do acesso BGH - 2180, armazenadas a 15% de grau de umidade e 41°C.

Acesso BGH - 2182

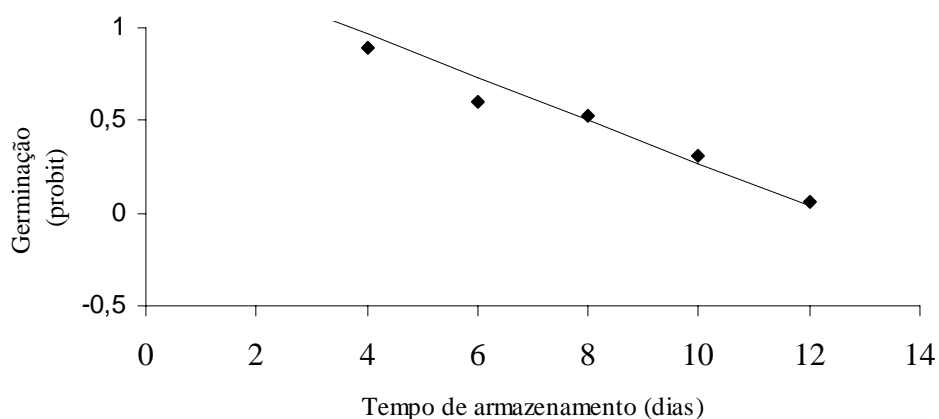


◆ Germinação experimental

— Germinação calculada pela equação $Y=1,054396 - 0,10596X$ $R^2 = 0,99$

Figura 3. Curva de sobrevivência de sementes de tomate do acesso BGH - 2182, armazenadas a 15% de grau de umidade e 41°C.

Acesso BGH - 2183



◆ Germinação experimental

— Germinação calculada pela equação $Y=1,424803 - 0,11551X$ $R^2 = 0,95$

Figura 4. Curva de sobrevivência de sementes de tomate do acesso BGH - 2183, armazenadas a 15% de grau de umidade e 41°C.

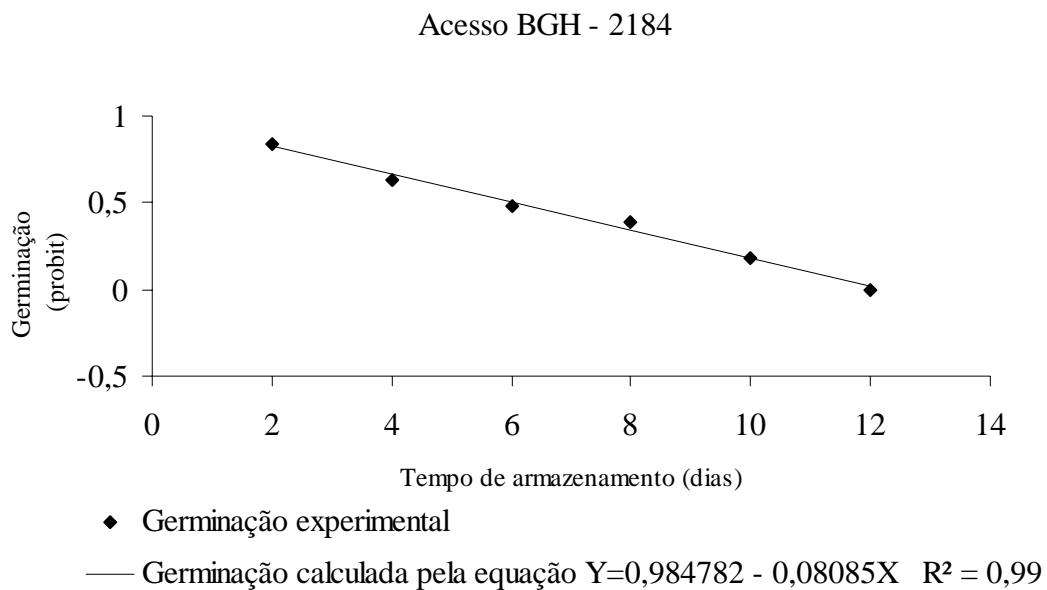


Figura 5. Curva de sobrevivência de sementes de tomate do acesso BGH - 2184, armazenadas a 15% de grau de umidade e 41°C.

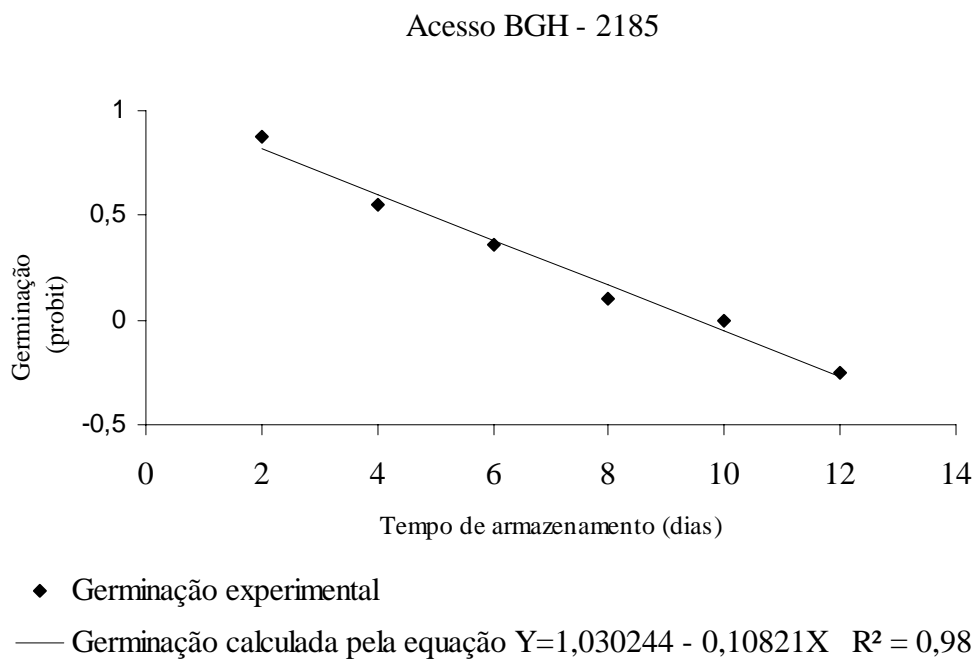


Figura 6. Curva de sobrevivência de sementes de tomate do acesso BGH - 2185, armazenadas à 15% de grau de umidade a 41°C.

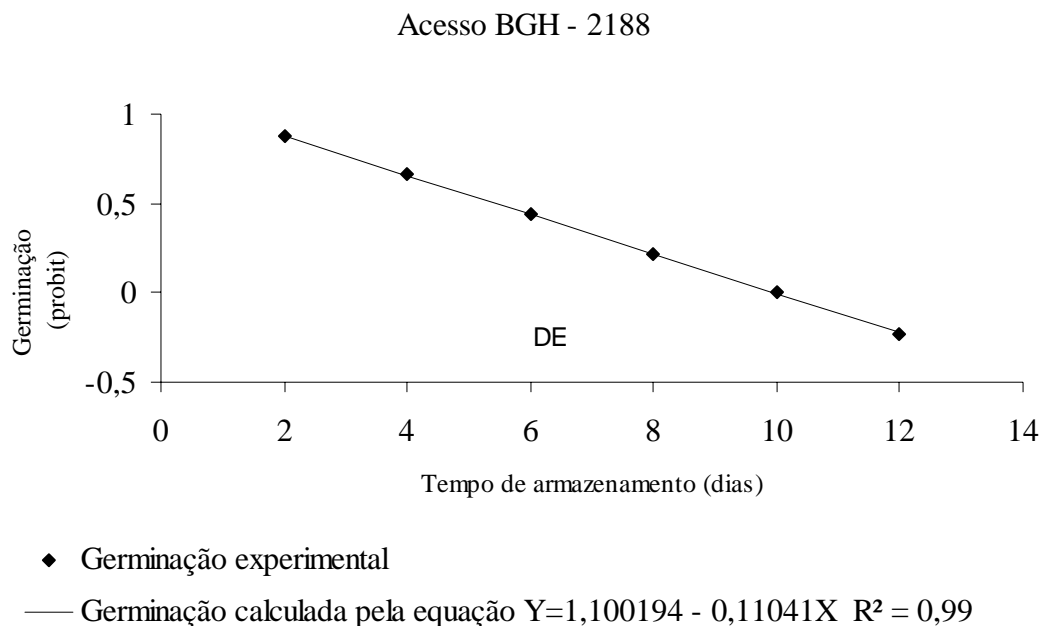


Figura 7. Curva de sobrevivência de sementes de tomate do acesso BGH - 2188, armazenadas à 15% de grau de umidade e 41°C.

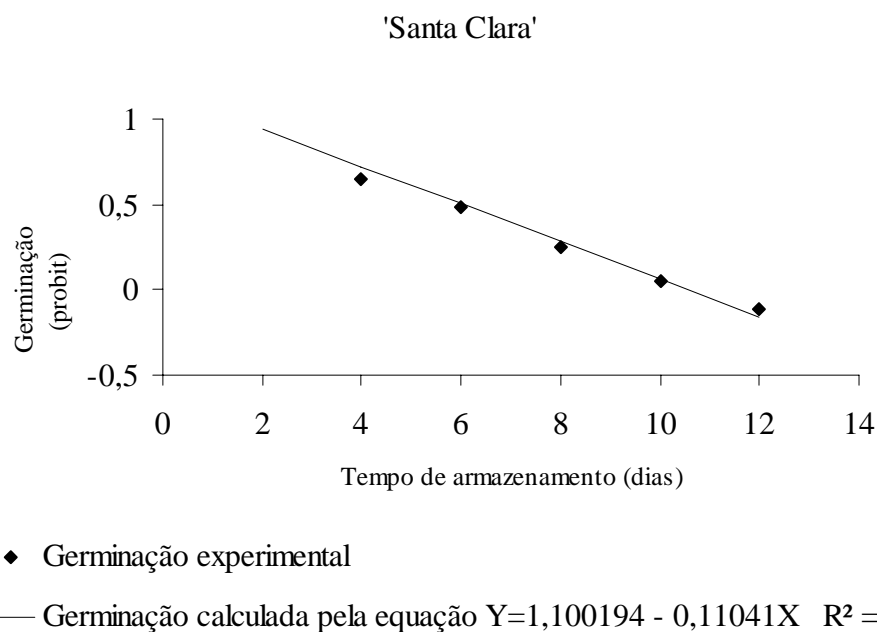


Figura 8. Curva de sobrevivência de sementes do cultivar 'Santa Clara', armazenadas a 15% de grau de umidade a 41°C.

Tabela 3. Qualidade inicial (Ki experimental) da semente de 7 acessos do tomateiro – BGH e um cultivar no modelo probit.

ACESSO	Ki	Desvio padrão	R ² (dec)
2150	0,7558	0,0676	0,97
2180	0,9932	0,0936	0,97
2182	1,0543	0,0345	0,99
2183	1,4248	0,0979	0,95
2184	0,9847	0,0325	0,99
2185	1,0302	0,0582	0,98
2188	1,1001	0,0029	0,99
Santa Clara	1,1675	0,0679	0,97

Quando comparamos os valores do Ki experimental, determinados de acordo com Ellis e Roberts (1980), com os valores obtidos nos testes de germinação, verifica-se que os valores de Ki foram muitos baixos e menores do que a percentagem de germinação. Pela lógica, esses valores deveriam ser maiores ou pelo menos iguais aos valores obtidos nos testes de germinação. O baixo valor de Ki encontrado em nosso experimento foi causado, provavelmente, pelo desenvolvimento de fungos durante o armazenamento, provocado pelas altas temperaturas e graus umidade. Observa-se que as sementes não foram tratadas com produtos antifúngicos, o que pode ter prejudicado os resultados do Ki experimental.

4.3. Equacionamento de Ki em função do desempenho das sementes nos testes de germinação inicial e de envelhecimento acelerado

O valor de Ki (eixo x) plotado versus o resultado dos testes iniciais de germinação e de envelhecimento acelerado (eixo y) mostrado na Figura 9, demonstra uma relação diretamente proporcional entre esses valores, ou seja, o aumento nos valores de Ki corresponde a aumento nos valores de germinação e de envelhecimento acelerado.

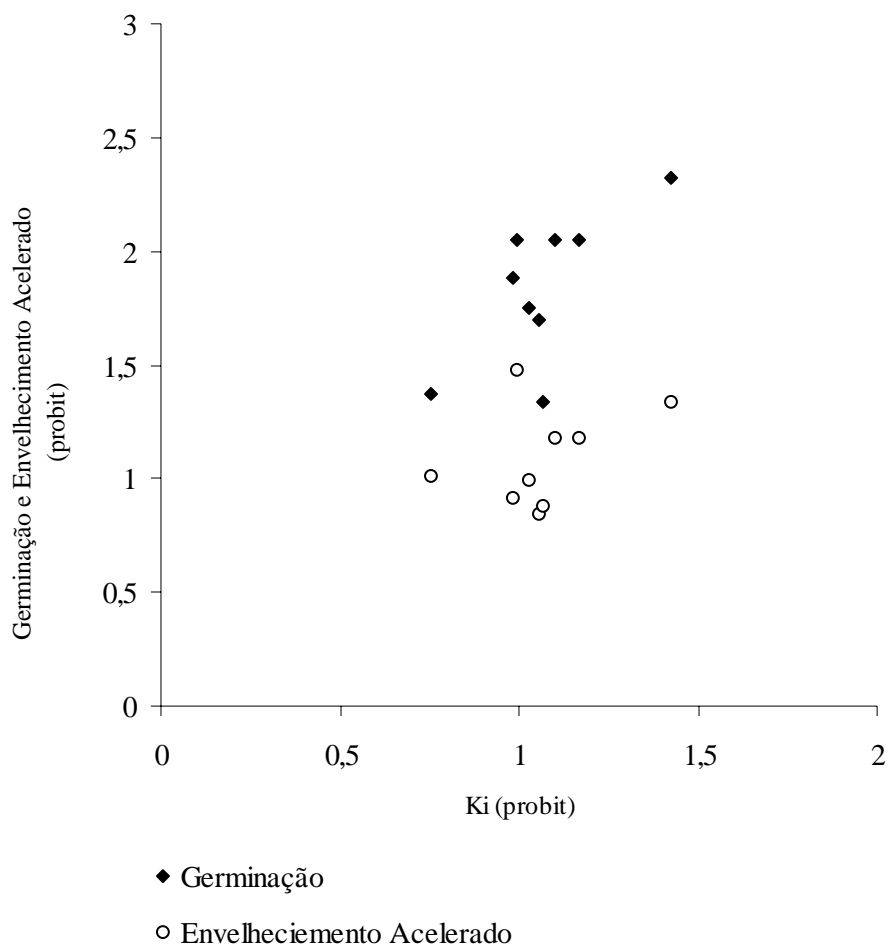


Figura 9. Relação entre Ki para as sementes dos 7 acessos de tomate – BGH e um cultivar e os resultados dos testes de germinação e envelhecimento acelerado conduzidos antes do armazenamento.

Foram testados 3 modelos matemáticos (Tabela 4). O modelo que melhor se ajustou para equacionar o valor de K_i em função da germinação inicial e do envelhecimento acelerado foi o nº 3, sendo o único que teve todos os coeficientes significativos a 1% e seus resultados foram mais condizentes com a realidade do desempenho das sementes. Neste modelo verifica-se que o equacionamento variou somente em função do desempenho das sementes nos testes iniciais de germinação, e não em função dos resultados dos testes de germinação e envelhecimento acelerado como observado por Mauri (2004).

A equação obtida para determinar o K_i em função da germinação inicial, em unidades de probit, foi:

$$K_i = a_0 + a_1.G^2 \quad (3)$$

em que:

$$a_0 = 0,4968$$

$$a_1 = 0,1542$$

O erro padrão obtido na determinação desta equação é de 0,097 probit e o coeficiente de regressão é 74% (Tabela 4). Verificamos que foi possível equacionar, com razoável precisão, os valores de K_i em função do desempenho das sementes nos teste inicial de germinação.

No entanto, não se recomenda a utilização da equação obtida para a determinação do K_i porque os seus resultados subestimam os valores da qualidade inicial das sementes antes do armazenamento, considerando que essa equação foi desenvolvida com base em baixos valores de K_i , limitando a sua faixa de aplicação no modelo de probit.

Ellis e Roberts (1980) observam, entretanto, que o uso dos resultados do teste de germinação inicial no lugar de K_i introduz maiores erros nos resultados do modelo devido aos maiores erros experimentais causados pelo uso dos resultados de apenas um simples teste de germinação. Apesar dessa recomendação, neste trabalho serão usados os valores dos desempenhos das sementes nos testes de germinação inicial no lugar de K_i no modelo probit.

Tabela 4. Modelos matemáticos para a determinação do Ki em função da germinação (G) e do envelhecimento acelerados (EA) iniciais.

N°	Modelos	<i>Coeficientes</i>					Erro padrão	<i>R</i>
		a0	a1	a2	a3	a4		² <i>ajustado</i>
1	$Ki = a0 + a1.G + a2.EA + a3.G^2 + a4.EA^2$	2,3725 *	-1,6184 *	-0,6991 *	0,6559 *	0,1023 *	0,09	0,77
2	$Ki = a0 + a1.G^2 + a2.EA^2$	0,5119 **	0,2049 **	-0,1566 *	-	-	0,08	0,81
3	$Ki = a0 + a2.G^2$	0,4968 **	0,1542 **	-	-	-	0,1	0,74

* significativo em nível de 10%

** significativo em nível de 1%

Na Tabela 5 assim como na Figura 10 são mostrados os valores de Ki para sementes de tomate – BGH obtidos de duas maneiras distintas:

- Utilizando a metodologia de tradicional, sugerida por Ellis e Roberts (1980), denominada Ki-experimental;
- Utilizando o modelo obtido neste trabalho (3), em função do desempenho das sementes no teste inicial de germinação.

Verifica-se assim que os valores de Ki determinados para os acessos e o cultivar apresentaram valores similares ao Ki-experimental

Tabela 5. Qualidade inicial das sementes de sete acessos e um cultivar de tomate obtido conforme modelo de probit (Ki-experimental) e em função dos resultados dos testes de germinação inicial (Ki-calculado).

ACESSO	Ki – experimental	Ki – calculado
2150	0,7558	0,7871
2180	0,9932	1,1470
2182	1,0543	0,9399
2183	1,4248	1,3311
2184	0,9847	1,0421
2185	1,0302	0,9693
2188	1,1001	1,1470
‘Santa Clara’	1,1675	1,1470

Observa-se que houve um bom ajuste dos dados experimentais de Ki, demonstrando que o mesmo pode ser equacionado. Observa-se também, que além de um bom ajuste, são necessários cuidados ao se determinar experimentalmente os valores de Ki de modo que ele não seja diminuído devido a interferências externas tais como o desenvolvimento de fungos.

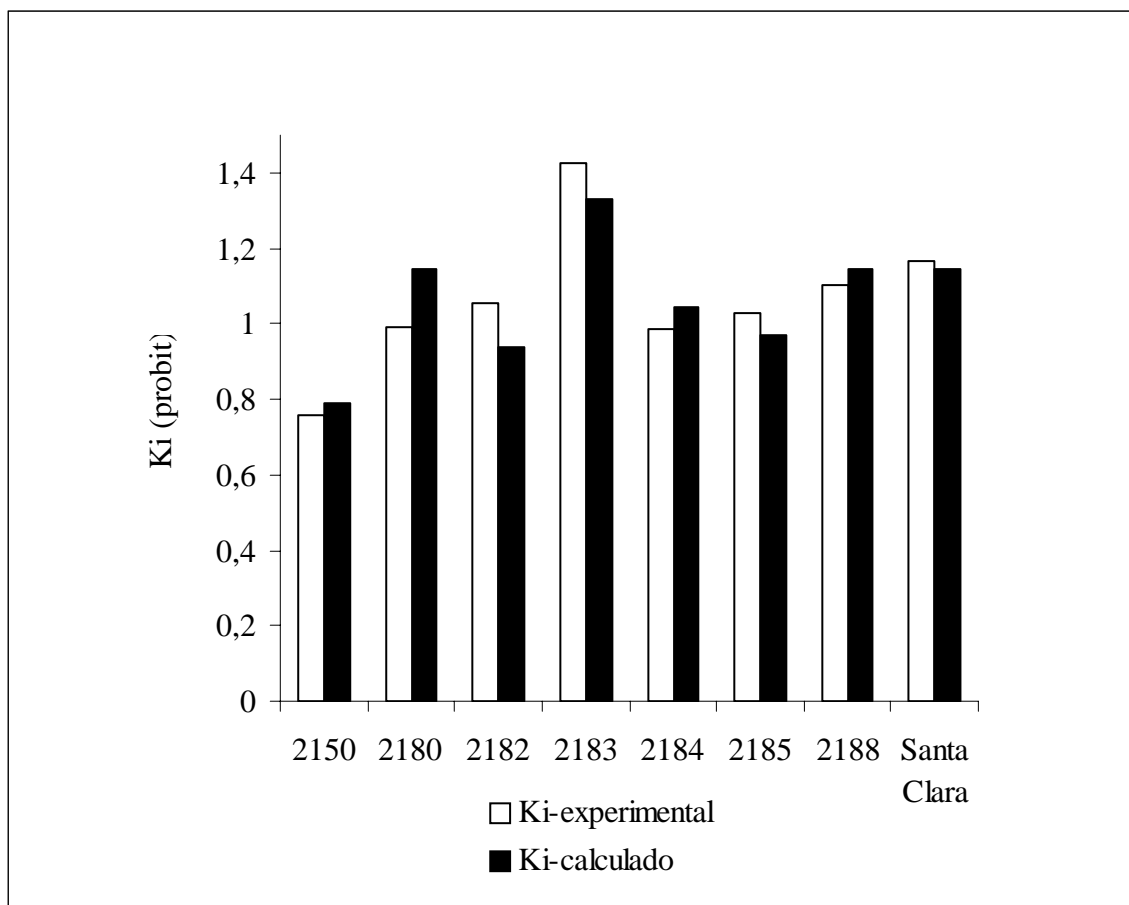


Figura 10. Qualidade de 7 acessos de tomate e um cultivar obtido conforme modelo de probit (Ki -experimental) e em função do resultado do teste de germinação inicial (Ki-calculado)

Mauri (2004) trabalhando com o equacionamento o Ki para sementes de soja, verificou que o Ki variava em função da germinação e do envelhecimento acelerado. A equação obtida para determinar a qualidade inicial das sementes de soja foi: $Ki = 0,1748 + 0,8609.G + 0,1852.EA$, tendo um erro padrão de 0,13 e R^2 ajustado de 0,90. No trabalho de Mauri os valores de Ki experimental não subestimam os valores da qualidade inicial de sementes, sendo assim, aquela equação torna-se viável para a determinação do Ki calculado.

4.4. Coeficientes da equação de viabilidade

Para determinarmos os coeficientes de viabilidade da equação (nº1) de Ellis e Roberts (1980) foram testados 3 modelos matemáticos (Tabela 6), sendo escolhido o de nº 2. Com a retirada do coeficiente CH.t, ou variável t, presente na equação de Ellis e Roberts (1980), obteve-se um melhor ajuste da equação de viabilidade para os acessos de tomate. Os coeficientes determinados para os acessos de tomate do BGH-UFV nas temperaturas de 31, 41 e 51°C e grau de umidade de 10, 12 e 14% foram: KE = 5,531; CW = -2,678 e CQ = -0,00066 (Tabela 6). A equação de viabilidade obtida de acordo com o Modelo 2 (Tabela 6) para determinar a longevidade de sementes do acesso BGH-UFV, foi:

$$V = K_i - p/10^{5,5319 - 2,6783 \cdot \log m - 0,00066 \cdot t^2} \quad (4)$$

Chaves *et al.* (2001) em seus estudos sobre a previsão da longevidade de sementes de faveiro (*Dimorphandra mollis benth.*), determinou os seguintes coeficientes para prever a longevidade: KE= 6,282; CW = 3,838; CH = 0,05405; 0,001316.

Medeiros (1997), em seu estudo sobre previsão da longevidade de sementes de Aroeira (*Astronium urundeuva*) determinou CH= 0,0329, CQ= 0,000478 e CW=3,76 como coeficientes que descrevem os efeitos de temperatura e umidade na longevidade e também o coeficiente KE= 7,5498, para esta espécie. Com a temperatura adotada pelo banco de germoplasma do CENARGEN (-20°) e empregando o grau de umidade em equilíbrio a 15%UR e 15°C a previsão da longevidade das sementes de aroeira foi de 1.167 anos.

Tabela 6 - Modelos matemáticos testados para determinar o desvio-padrão da frequência de sementes mortas durante o período de armazenamento.

Nº	Modelos	<i>Coeficientes</i>				Erro padrão	<i>R</i> ² <i>ajustado</i>
		KE	CW	CH	CQ		
1	$\sigma = 10^{KE + CW \log m + CHt}$	6,5781 **	-2,6741 **	-0,0536 **	--	0,13	0,92
2	$\sigma = 10^{KE + CW \log m + CQ t^2}$	5,5319 **	-2,6783 **	--	-0,00066 **	0,12	0,94
3	$\sigma = 10^{KE + CW \log m + CHt + CQ t^2}$	4,5542 **	-2,6834 **	0,0501 *	-0,00127 **	0,12	0,94

* significativos em nível de 10%

** significativo em nível de 1%

Francisco (2006), estudando a longevidade de sementes de dois cultivares feijão, Tibatã e Uma, com graus de umidade iniciais de 13,61 e 12,35%, (respectivamente) e armazenadas a 40, 50 e 65°C, observaram que houve uma relação inversa entre o teor de água e a longevidade das sementes. Neste estudo foram determinados os seguintes coeficientes para prever a longevidade de sementes: KE = 5,759 e 4,556; CW = 4,598 e 5,209; CH = -0,0451 e 0,121; CQ = 0,001014 e 0,001764 para Tibatã e Uma respectivamente.

Hung *et al.* (2001), determinaram que sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) apresentaram uma relação logarítmica negativa entre os graus de umidade 15,9 e 16,4% em armazenamento hermético em temperaturas constantes e também todas as curvas de sobrevivência mostram o mesmo ponto de origem. As estimativas para os coeficientes CH e CQ da equação da viabilidade, foram 0,0346(+/- 0,0058) e 0,000401(+/- 0,000096) respectivamente.

A longevidade de sementes de *Cicer arietinum* L., *Vigna unguiculata* L. e *Glycine Max* L. foi avaliada por Ellis *et al.* (1982) em armazenamento hermético durante dois anos, a -20 a 70°C e umidade de 5 a 25%. A variação da temperatura e da umidade não influenciou a longevidade dessas sementes e houve uma relação logarítmica inversa entre o grau de umidade e a longevidade. Segundo Ellis e Roberts (1980) e Ellis *et al.* (1988, 1990), para diversas espécies há uma relação logarítmica inversa entre a longevidade das sementes e o grau de umidade.

Fantinatti (2004) determinou os coeficientes de viabilidade para prever a longevidade de sementes *Eucalyptus* e *Pinus taeda*: KE = 9,661 e 8,838; CW = 6,467 e 5,981; CH = 0,03498 e 0,10340; CQ = 0,0002330 e 0,0005476, respectivamente. As equações de viabilidade baseadas em 10 anos de armazenamento para quatro espécies florestais *Pinus taeda* L., *P. elliotti* Engelm., *Liquidambar styraciflua* L., e *Platanus occidentalis* L., foram atualizados com 5 anos adicionais dos dados. Os coeficientes para as espécies foram KE = 1,8486, 5,5557, 5,6611, e 4,7477; CW = -2,2449, 1,3787, 2,1515, e 1,3413; CH = 0,00514, 0,0398, 0,0280 e 0,0392; CQ = -0,00014, 0,0008, 0,0009 e 0,0007, respectivamente.

Nas Figuras de 11 a 14 são mostrados, os valores experimentais e calculados do logaritmo dos desvios padrões da frequência de distribuição das sementes mortas no tempo (σ) em função do logaritmo do grau de umidade das sementes para as temperaturas de 31, 41 e 51°C. Observa-se que a temperatura e o grau de umidade influenciam no valor de σ de modo inversamente proporcional, conforme esperado. Os valores calculados de $\log \sigma$ se ajustaram muito bem aos valores experimentais, indicados pelo coeficiente de regressão ajustado e pelo erro padrão mostrados na Tabela 6.

Chaves *et al.* (2001) em seu trabalho com previsão da longevidade de sementes de *Dimorphandra mollis* benth. (faveiro) e *Dalbergia nigra* (vell.) fr. all.ex benth.) (jacarandá-da-bahia) mostrou que houve relação entre o grau de umidade das sementes e o desvio padrão da frequência de distribuição das sementes mortas no tempo (σ) à 40, 50, 65°C para as duas espécies em estudo mas não houve interação significativa entre o logaritmo do grau de umidade das sementes e a temperatura de armazenamento ($f=1,289$ e $0,33$, não significativos à $p<0,01$) para *D. mollis* e *D. nigra*

Acesso 2180

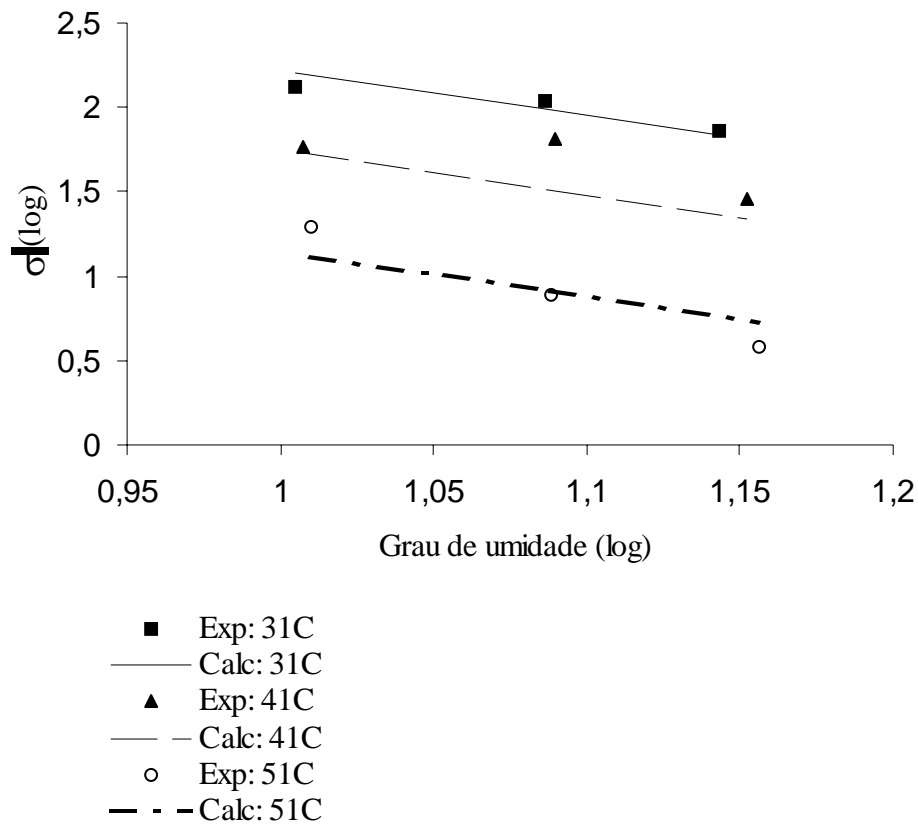
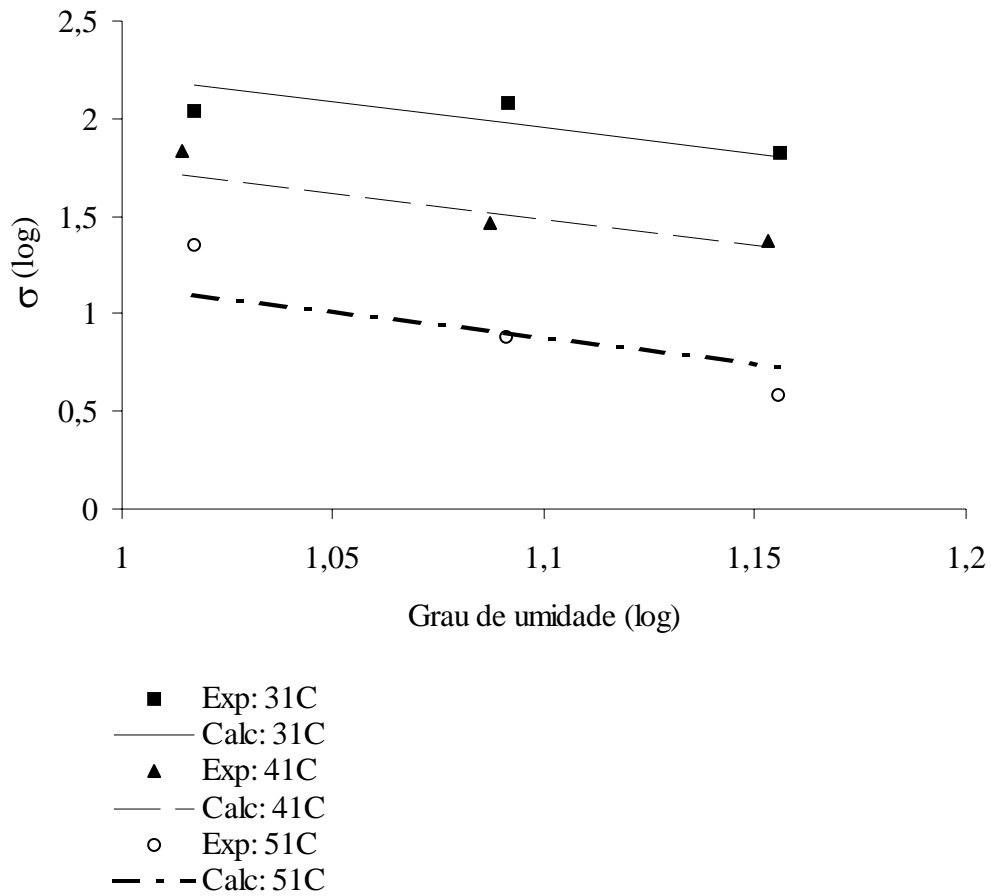


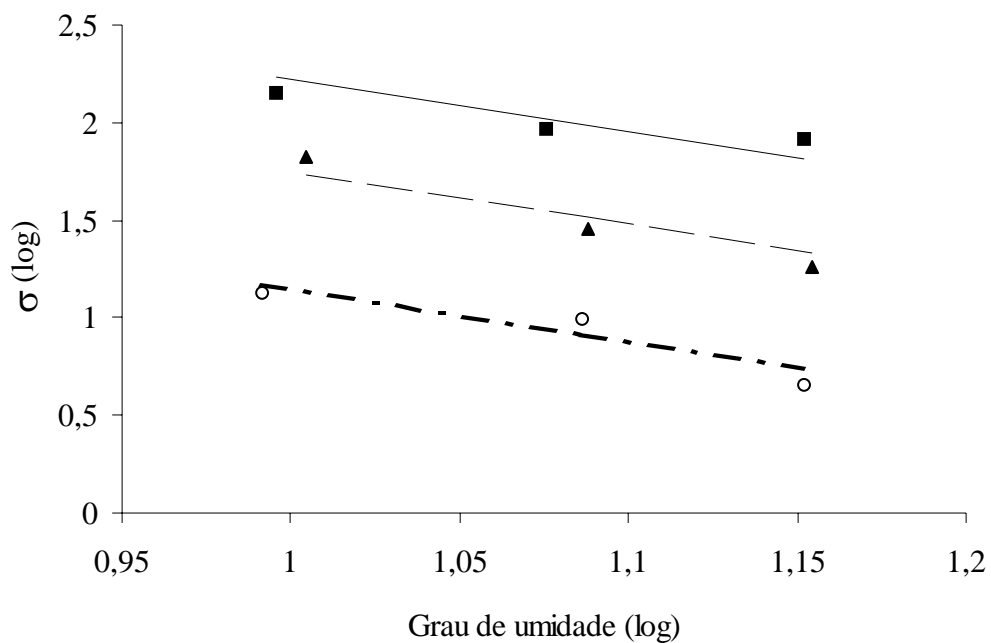
Figura 11. Valores experimentais e calculados do logaritmo do desvio padrão da frequência de distribuição das sementes de tomate mortas no tempo (σ) em função do logaritmo do grau de umidade (%) para o acesso 2180 nas temperaturas de 31, 41 e 51°C.



Fi

gura 12. Valores experimentais e calculados do logaritmo do desvio padrão da freqüência de distribuição das sementes de tomate mortas no tempo (σ) em função do logaritmo do grau de umidade (%) para o acesso 2183 nas temperaturas de 31, 41 e 51°C.

Acesso 2184

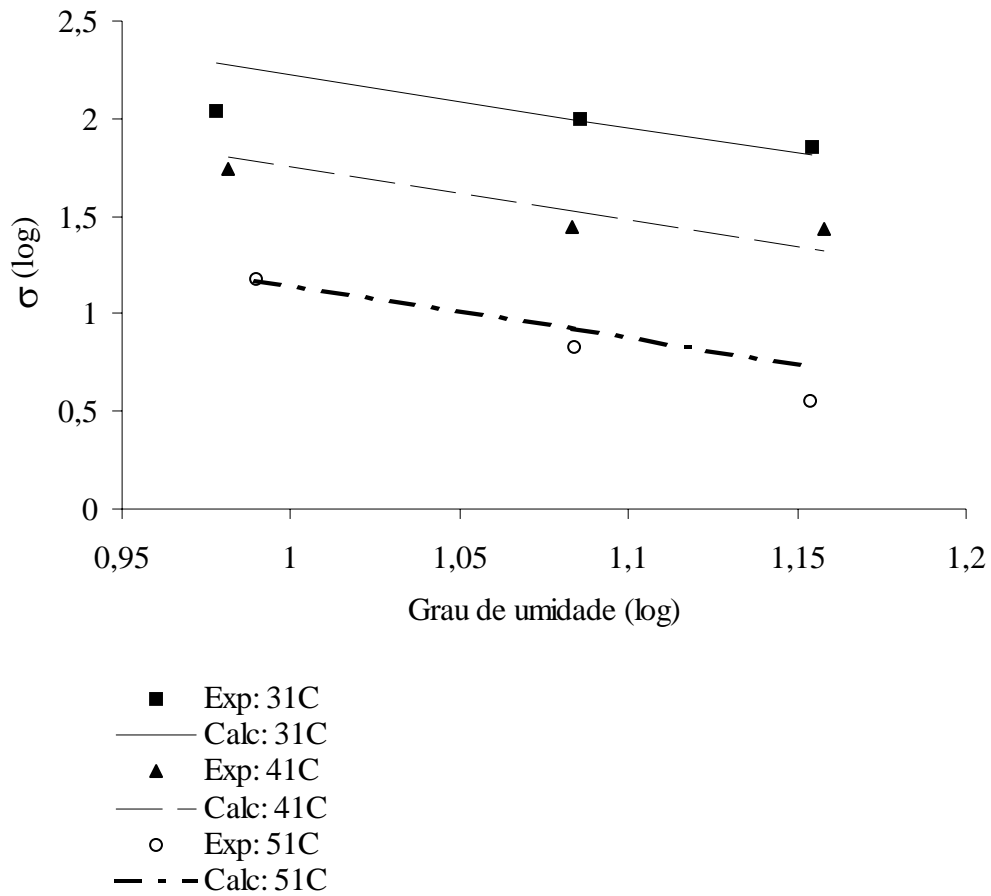


- Exp: 31C
- Calc: 31C
- ▲ Exp: 41C
- - Calc: 41C
- Exp: 51C
- - - Calc: 51C

Fi

gura 13. Valores experimentais e calculados do logaritmo do desvio padrão da freqüência de distribuição das sementes de tomate mortas no tempo (σ) em função do logaritmo do grau de umidade (%) para o acesso 2184 nas temperaturas de 31, 41 e 51°C

Acesso 2188



Fi

gura 14. Valores experimentais e calculados do logaritmo do desvio padrão da freqüência de distribuição das sementes de tomate mortas no tempo (σ) em função do logaritmo do grau de umidade (%) para o acesso 2188 nas temperaturas de 31, 41 e 51°C

4.5. Estimativa da longevidade para sementes de tomate

O valor da germinação inicial, transformado em probit, pode ser utilizado no lugar de Ki no modelo de probit, embora para obtenção de resultados mais precisos seja recomendável determinar experimentalmente o valor de Ki para cada lote a ser armazenado (Ellis e Roberts,1980).

Assim, em nossos cálculos o Ki foi substituído pelo desempenho das sementes no teste de germinação e o valor de sigma (σ) foi calculado de acordo com o modelo proposto em nosso experimento (Tabela 6). Desta forma pode-se determinar um binômio grau de umidade x temperatura ideal para armazenar as sementes em Banco de Germoplasma. Nesse cálculo consideram-se sementes com um poder germinativo inicial de 95% e a viabilidade final destas sementes após um período de armazenamento de 85%. Essa viabilidade final foi escolhida devido ao fato de que o poder germinativo de sementes armazenadas em Banco de Germoplasma não deve ser menor que 85%. Para as sementes quando armazenadas em condições adequadas de grau de umidade e temperatura constantes, tem se a diminuição da necessidade do monitoramento dessas sementes diminuindo, assim, os riscos da ocorrência de deriva genética durante a multiplicação e regeneração dessas sementes.

Para determinar o período máximo de armazenamento, em função das condições de temperatura e grau de umidade das sementes, de modo que as sementes mantenham um valor mínimo de viabilidade final, utilizou-se a seguinte equação:

$$p = \frac{(G - V) \times 10^{5,5319 - 2,6783 \cdot \log m - 0,0066 \cdot t^2}}{365} \quad (5)$$

Para determinar o melhor binômio (umidade x temperatura), foram feitos cálculos combinando 7 valores de umidade (5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11%) com 14 valores de temperatura (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24 e 26°C). Dessa forma, verificou-se qual a melhor combinação que iria propiciar maior período de armazenamento das sementes com menor deterioração possível das sementes. As sementes quando armazenadas com umidade de 5 % e temperatura de armazenamento de 0°C levariam aproximadamente 8 anos para o poder germinativo cair de 95% para 85% (Figura 15.). Esses tipos de cálculos são importantíssimos

para o armazenamento a longo prazo, os quais requerem condições ótimas para o armazenamento, de maneira a ser possível prever a armazenabilidade das sementes em função da combinação de umidade e temperatura.

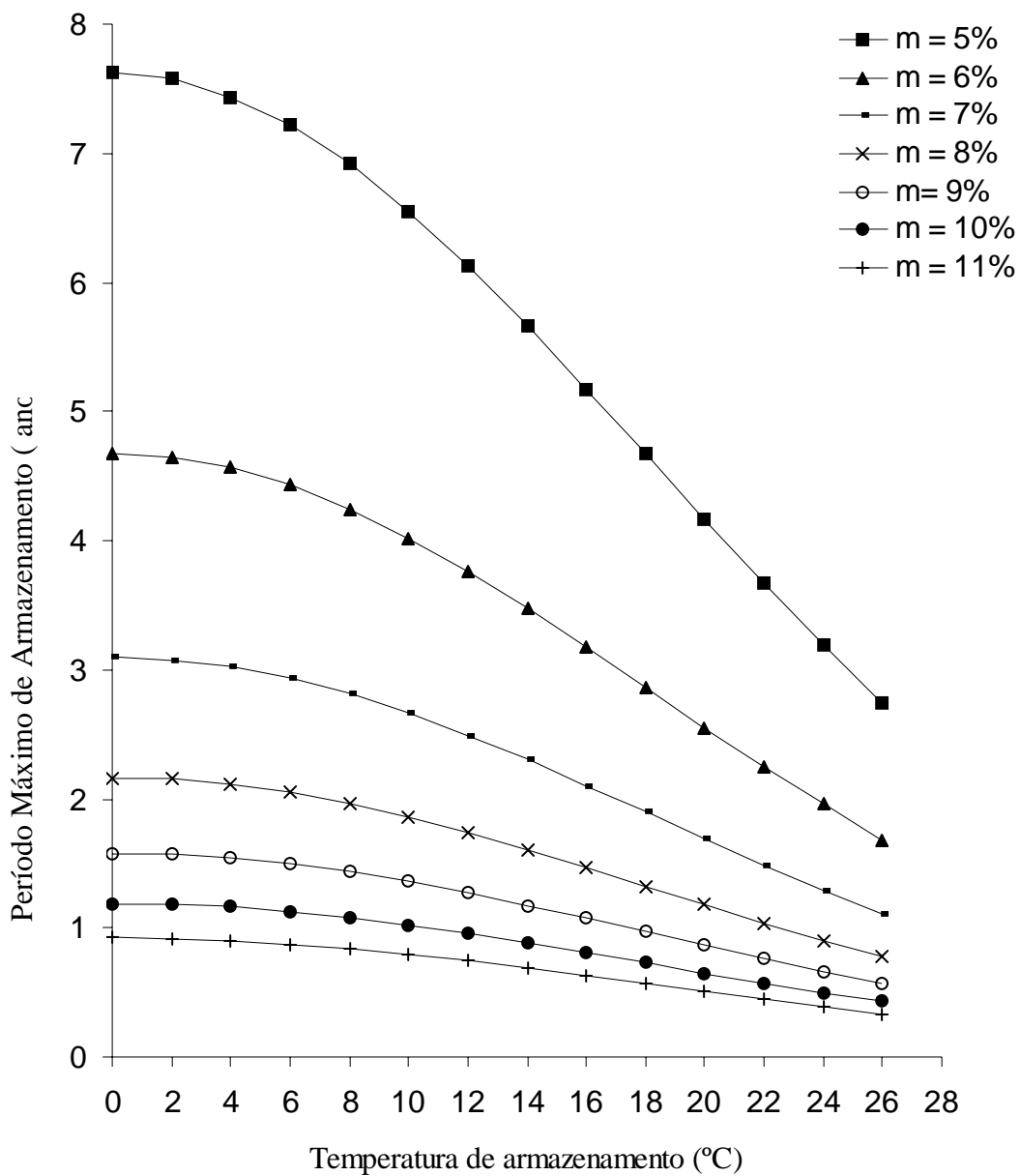


Figura 15. Período máximo de armazenamento de sementes de tomate BGH/UFV considerando uma germinação de 95% e uma viabilidade final de 85% para diferentes valores de temperatura de armazenamento e grau de umidade das sementes.

5. CONCLUSÕES

- A equação que melhor se ajustou para o equacionamento da qualidade inicial das mentes de tomate foi $K_i = 0,4968 + 0,1542 \cdot G^2$. O uso dessa equação no modelo de probit, entretanto, não é recomendado porque a mesma fornece valores de K_i muito baixos e menores do que a germinação inicial, limitando a sua faixa de aplicação.
- A percentagem de germinação antes do armazenamento, transformado em probit, deve ser utilizado em substituição ao K_i , enquanto outras pesquisas não apresentarem melhores resultados para o equacionamento da qualidade inicial de tomate.
- A melhor equação obtida para se obter o desvio padrão da frequência de distribuição das sementes mortas de tomate durante o período de armazenamento foi:

$$\sigma = 10^{5,5319 - 2,6783 \cdot \log m - 0,0066 \cdot t^2}$$

- Portanto a equação de viabilidade completa ficou:

$$V = G - p / 10^{5,5319 - 2,6783 \cdot \log m - 0,0066 \cdot t^2}$$

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2006: **anuário estatístico da agricultura brasileira**. São Paulo: Instituto FNP

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, FAOSTAT. Database. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 27 mar. 2007.

ARAÚJO, E. F.; BARBOSA, J.G. Influência da embalagem e do ambiente de armazenamento na conservação de sementes de palmeira (*Phoenix loureiri* kunth) **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 14, nº 1, p.61-64, 1992

Association of Official Seed Analysts. **Seed vigor testing handbook**. [S.l.], 1983. 93p.

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 Semente**, v. 24, n. 2, 2002.

BOTELHO, S.A.; CARNEIRO, J.G. de A. Influência da umidade, embalagens e ambientes sobre a viabilidade e vigor de sementes de pau-santo (*Kielmeyera coriacea* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília: v.14, n.1 p.41-46, 1992.

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

CANEPPELE M.A.B., SILVA, R.F, MANTOVANI-ALVARENGA, E., CAMPELO, J.H., CARDOSO, A.A.. Influência da embalagem, do Ambiente e do período de armazenamento na qualidade de Sementes De Cebola (*Allium Cepa*) L.1. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 17, no 2, p. 249-257, 1995

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J.; **Sementes - Ciência, Tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 429p.

CHAVES, M.M.F. **Previsão da longevidade de sementes de *Dimorphandra mollis* Benth. (FAVEIRO) E *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth. (JACARANDÁ-DA-BAHIA)**, 2001. Tese de doutorado – UNICAMP, SP

ELLIS, R.H. e ROBERTS, E.H. Improved equations for the prediction of seed longevity. *Annals of Botany* 45:13-30. fontes de rotina. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 38:321-323, 1980.

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** 50:69-82, 1982.

ELLIS, R.H., HONG, T.D., ROBERTS, E.H. & TAO, K.L. Low moisture content limits to relations between seed longevity and moisture. **Annals of Botany** 65:493-504, 1990.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. A low-moisture-content limit to logarithmic relations between seed moisture content and longevity. **Annals of Botany**, London, v.61, p.405-408, 1988.

FANTINATIS, J.B. **Equações de viabilidade para Sementes de *Eucalyptus grandis* W.HILL ex Maiden e *Pinus taeda* L.** Tese de Doutorado - UNICAMP, SP, 2006 2004

FINNEY, D.J. **Probit analysis**. London: Cambridge University Press, 1971. 333p

FRANCISCO, F.G. **Constantes de viabilidade de feijoeiro dos Cultivares Tibatã e Uma**. Tese de Doutorado - UNICAMP, SP, 2006.

GIORDANO, L.B. de; RIBEIRO, C.S.C.. **Origem, Botânica e Composição Química do fruto. In: Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa / Comunicação para Transferência de Tecnologia / (Embrapa Hortaliças), p.12-17, 2000.

GROOT, S.P.C.; SOEDA, Y.; STOOPEN, G.; KONINGS, M.C.J.M.; GEEST, A.H.M. van der. Gene expression during loss and regaining of stress tolerance at seed priming and drying. In: NICOLÁS, G.; BRADFORD, K.J.; CÔME, D.; PRITCHARD, H.D. (Ed.). **The biology of seeds: recent research advances**. Cambridge: CAB International, 2003. p.279-287.

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

HAY, F.R.; MEAD, K.; WILSON, F.J. One - step analyses of seed storage data the longevity of *Arabidopsis thaliana* seeds. **Journal of Experimental Botany**, v.54, n. 384, p. 994 – 1011, 2003.

HUNG, L.Q.; HONG, T.D.; ELLIS, R.H. Constant, fluctuating and effective temperature and seed longevity: a tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) exemplar. **Annals of Botany**, London, v.88, p.465-470, 2001.

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

MARCOS, S.K.; GROTH, D. Efeito do teor da pureza física, da natureza das impurezas presentes e do ambiente sobre a qualidade de sementes de *Brachiaria decumbens* Stapf em armazenamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 19, Piracicaba, 1990. **Anais...** Piracicaba: SBEA, Departamento de Engenharia Rural ESALQ/USP, 1990. v.2, p.1118-1139.

MAURI, A. L. **Equacionamento da qualidade inicial de semente se soja, utilização no modelo de probit e sua aplicação**. 2004. 44p. Tese (Mestrado em Fitotecnia) – UFV, Viçosa, MG.

MEDEIROS, A.C.S. **Comportamento fisiológico, conservação de germoplasma a longo prazo e previsão de longevidade de sementes de aroeira (*Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl.)**. Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 1997.

MEDEIROS, A.C.S. Conservação de sementes se Aroeira – Vermelha (*Schinus terbinthifolius* RADDI). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n 36, p. 11 – 20, jan/jun. 1998

OLIVEIRA, P.R.P.; MASTROCOLA, M.A. Longevidade das sementes de gramíneas forrageiras tropicais. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.41, p.203-211, 1984.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; JESUS, R.M. Comportamento das sementes de Cedro-rosa (*Cedrela angustifolia* S. Et. Moc.) durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília: v.14, n.1, p31-36. 1992

PREVIERO, C.A.; RAZERA, L.F.; GROTH, D. Influência do grau de umidade e tipo de embalagem na conservação de sementes de *Brachiaria brizantha*. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 32, n. 1, 1997.

ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.1, n 4, p.499-514, 1973.

SILVA, D.J.H., CASALI, V.W.D., MOURA, M.C.C.L. **Recursos genéticos do Banco de Germoplasma de Hortaliças da UFV-MG: Histórico e Expedições de coleta**. Departamento de Fitotecnia. Viçosa, MG: UFV, 2000. 16p.

STEVENS, M.A.; RICK, C.M. *Genetics and breeding*. In p. ATHERTON, J.G.; RUDICH, J. **The tomato crop: a scientific basis for improvement**. Chapman & Hall, London, 1986. p.34 – 109.

TOMPSETT, P.B. 1986. The effect of temperature and moisture content on the longevity of seed of *Ulmus carpiniifolia* and *Terminalia brassii*. **Annals of Botany** 57:875-883.

TOMPSETT, P.B. Predicting the storage life of orthodox tropical forest tree seeds. *In* Tropical tree seed research. (J.W. Turnbull, ed.). **Aciair Proceedings** 28:93-98, 1989.

TORRES, S.B. 2005. Qualidade de sementes de melancia armazenadas em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Ciência Agronômica**, VI. 36, nº2, maio – agosto, 2005.

VERTUCCI, C. W.; ROOS, E. E. Theoretical bases of protocols for seed storage. **Pant Physiology**, v 94, p. 1019 – 1023, 1990.