

SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE MAMÃO
(*Carica papaya* L.)

VINICIUS DE OLIVEIRA CARLESSO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO – UENF
CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MAIO - 2009

**SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE MAMÃO
(*Carica papaya* L.)**

VINICIUS DE OLIVEIRA CARLESSO

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Pedro Amorim Berbert

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MAIO - 2009**

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do **CCTA / UENF** 061/2009

Carlesso, Vinicius de Oliveira

Secagem e armazenamento de sementes de mamão (*Carica papaya* L.) / Vinicius de Oliveira Carlesso. – 2009.
132 f. : il.

Orientador: Pedro Amorim Berbert

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2009.

Bibliografia: f. 117 – 127.

1. Qualidade fisiológica 2. Modelos matemáticos de secagem 3. Secagem em altas temperaturas 4. Tolerância à dessecação 5. Pré-processamento de sementes 6. Mamão I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. II. Título.

CDD – 634.65121

**SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE MAMÃO
(*Carica papaya* L.)**

VINICIUS DE OLIVEIRA CARLESSO

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

Aprovada em 29 de maio de 2009

Comissão examinadora:

Dr. Laércio Francisco Cattaneo, D.S., Produção Vegetal – INCAPER

Professor José Tarcísio Lima Thiébaud, D.S., Produção Vegetal – UENF

Professor Roberto Ferreira da Silva, Ph.D., Horticultura – UENF

Professor Pedro Amorim Berbert, Ph.D., Engenharia Agrícola – UENF
Orientador

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Pedro Amorim Berbert pela orientação, confiança, amizade, ensinamentos, incentivo e paciência.

Ao Professor Roberto Ferreira da Silva, que acreditou no trabalho e me ajudou como co-orientador.

Ao Professor José Tarcísio Lima Thiébaud, pela orientação na avaliação estatística dos dados, sugestões, paciência, caronas e amizade.

À UENF pela disponibilidade de utilização do espaço acadêmico e laboratórios.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À FAPERJ pela concessão da bolsa de estudos no início do doutorado.

À CALIMAN AGRÍCOLA S.A., pelo fornecimento dos frutos para a retirada das sementes e, em especial, ao Sr. Geraldo Ferreguetti, pelo apoio prestado durante a realização dos experimentos.

Aos meus pais, Claudio Miguel Carlesso e Maria da Penha de Oliveira, por todo amor, carinho, compreensão e pelas palavras de apoio e incentivo que me deram força e coragem para chegar até aqui.

À minha namorada Lidiane, pelo amor, carinho, companhia e compreensão.

Aos amigos da UENF, Márcia Terezinha Ramos de Oliveira, Rozana Moreira Pereira de Lima, Julio Cezar de Meirelles, Antônio Carlos Braga, Francisco Fonseca Neto, Anderson de Oliveira e Sérgio Antônio Brum.

Aos amigos de república Alexandre Bahiense, André Destefani, Fábio Araújo, Jair Ferreira, Leonardo Pedroti e Olímpio Cansado pelos momentos de alegria, gargalhadas, brincadeiras, churrasco e diversão.

Aos amigos Alcir Pena, Fábio Teixeira de Pádua, Gabriel Sales, Luiz Sales, Pretinho, Rominho, Ronã e Thúlio Sales pelas noites de laço, churrasco e brincadeiras.

À minha tia Maria Maruza Carlesso pelas tardes de domingo, finais de semana, passeios e carinho.

À minha tia Regina pelas conversas, pelo incentivo e força.

Aos meus primos Guilherme, Mauro, Patrícia e Vicente.

Aos meus antigos e velhos amigos Gregori, Luciano, Ricardo e Rafael.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço imensamente a Deus, por todas oportunidades que tive, por minha capacidade, por todas conquistas e vitórias.

Muito obrigado!

BIOGRAFIA

Vinicius de Oliveira Carlesso, filho de Claudio Miguel Carlesso e Maria da Penha de Oliveira, nasceu na cidade de Vitória - ES, no dia 01 de fevereiro de 1978.

Iniciou o curso de Estradas em março de 1994, na Escola Técnica Federal do Espírito Santo – ETFES, recebendo o título de Técnico em Estradas em dezembro de 1997.

No mês de fevereiro de 1998, ingressou no curso de Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, onde foi graduado com o título de Engenheiro Agrônomo em novembro de 2002.

Em agosto de 2003, iniciou o curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, em nível de Mestrado, pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, vindo a receber o título de Mestre em Produção Vegetal no mês de abril de 2005.

Iniciou o curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, em nível de Doutorado, em março de 2005, pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF. O título de Doutor em Produção Vegetal foi alcançado no mês de maio de 2009.

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	06
2.1. Classificação das sementes de mamão quanto à tolerância à desidratação.....	06
2.2. Fundamentos teóricos da secagem de sementes por convecção.....	12
2.2.1. Período de secagem à taxa constante.....	13
2.2.2. Período de secagem à taxa decrescente.....	15
2.2.3. Equações de secagem.....	16
2.2.4. Tolerância de sementes à secagem em altas temperaturas.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1. Obtenção dos frutos.....	22
3.2. Extração e limpeza das sementes.....	23
3.3. Secagem.....	24

3.3.1.	Modelos matemáticos de secagem.....	27
3.3.2.	Armazenamento e avaliação da qualidade fisiológica.....	29
3.3.3.	Classificação das sementes quanto à tolerância ao grau de dessecação.....	30
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1.	Secagem das sementes de mamão.....	34
4.2.	Avaliação do grau de adequação dos modelos matemáticos às curvas de secagem de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01.....	45
4.3.	Avaliação do grau de adequação dos modelos matemáticos às curvas de secagem de sementes de mamão da cultivar Golden.....	52
4.4.	Armazenamento e avaliação da qualidade fisiológica das sementes de mamão.....	57
4.4.1.	Avaliação do efeito imediato da temperatura de secagem e dos níveis de teor de água inicial no vigor das sementes F2 do híbrido UC-01, avaliado por meio da contagem do número de plântulas normais fortes aos 14 dias.....	58
4.4.2.	Avaliação do efeito imediato da temperatura de secagem e dos níveis de teor de água inicial no vigor das sementes F2 do híbrido UC-01, avaliado por meio do teste de condutividade elétrica.....	61
4.4.3.	Avaliação do efeito latente da temperatura de secagem e dos níveis de teor de água inicial no vigor das sementes F2 do híbrido UC-01, avaliado por meio da contagem do número de plântulas normais fortes aos 14 dias.....	63
4.4.4.	Avaliação do efeito latente das temperaturas de secagem e dos níveis de teor de água inicial no vigor das sementes F2 do híbrido UC-01, avaliado por meio do teste de condutividade elétrica.....	69
4.4.5.	Avaliação do efeito imediato da temperatura de secagem e de dois níveis de teor de água inicial na germinação das sementes F2 do híbrido UC-01 aos 28 dias.....	76
4.4.6.	Avaliação do efeito latente da temperatura de secagem e de dois níveis de teor de água inicial na germinação das sementes de mamão F2 do híbrido UC-01.....	78

4.4.7.	Avaliação do efeito imediato da temperatura de secagem e de dois níveis de teor de água inicial no vigor das sementes de mamão Golden, avaliado por meio da contagem do número de plântulas normais fortes aos 14 dias.....	84
4.4.8.	Avaliação do efeito imediato da temperatura de secagem e de dois níveis de teor de água inicial no vigor das sementes de mamão Golden, avaliado por meio do teste de condutividade elétrica.....	86
4.4.9.	Avaliação do efeito latente da temperatura de secagem e de dois níveis do teor de água inicial no vigor das sementes de mamão Golden, avaliado por meio da contagem do número de plântulas normais fortes aos 14 dias.....	88
4.4.10.	Avaliação do efeito latente da temperatura de secagem e de dois níveis de teor de água inicial no vigor das sementes de mamão Golden, avaliado por meio do teste de condutividade elétrica.....	94
4.4.11.	Avaliação do efeito imediato da temperatura de secagem e de dois níveis do teor de água inicial na germinação das sementes de mamão Golden.....	100
4.4.12.	Avaliação do efeito latente da temperatura de secagem e de dois níveis de teor de água inicial na germinação das sementes de mamão Golden.....	103
4.5.	Classificação das sementes quanto à tolerância ao grau de dessecação.....	110
4.5.1.	Classificação das sementes de mamão F2 do híbrido UC-01.....	110
4.5.2.	Classificação das sementes de mamão Golden.....	111
5.	RESUMO E CONCLUSÕES.....	114
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
	APÊNDICE.....	128

RESUMO

CARLESSO, Vinicius de Oliveira Carlesso; D.S.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Maio de 2009; Secagem e armazenamento de sementes de mamão (*Carica papaya* L.); Professor Orientador: Pedro Amorim Berbert. Co-orientador: Professor Roberto Ferreira da Silva.

O presente trabalho foi desenvolvido com os objetivos de avaliar os efeitos imediato e latente da secagem de sementes de mamão da geração F2 do híbrido UENF-CALIMAN 01 (UC-01) e da cultivar Golden, em altas e baixas temperaturas, empregando dois níveis de teor de água inicial, sobre sua qualidade fisiológica; determinar, dentre modelos matemáticos pré-determinados, aquele que melhor descreve as curvas de secagem das sementes e classificar as sementes de mamão de acordo com sua tolerância à desidratação. Para avaliar o efeito do teor de água inicial na qualidade das sementes, o lote foi dividido em dois sub-lotes, o primeiro com cerca de 55% b.u., e o segundo com aproximadamente 12% b.u. Os procedimentos de secagem foram realizados em protótipo de secador de leito fixo, em camada delgada, com fluxo de ar ascendente a $0,8 \text{ m.s}^{-1}$ e seis níveis de temperatura (35, 40, 45, 50, 55 e 60 °C), até teor de água final de aproximadamente 7% b.u. A qualidade fisiológica foi avaliada antes e imediatamente depois da secagem e aos 3, 6, 9 e 12 meses de armazenamento, a 10 °C, empregando-se embalagem hermética. Ao avaliar o vigor das sementes do híbrido (1ª contagem do teste de germinação), observou-se que a temperatura de 55 °C foi a única que proporcionou efeito imediato

positivo, independentemente do teor de água inicial. Porém, esse resultado não se confirmou quando o vigor foi avaliado por meio do teste de condutividade elétrica. Após os três meses de armazenamento, o melhor resultado do vigor avaliado por meio do teste de primeira contagem continuou sendo o das sementes secadas a 55 °C. Este resultado se repetiu após os nove meses de armazenamento, porém, com médias inferiores a 30%. Para a germinação também foram observados valores muito baixos após os nove meses de armazenamento, porém, as sementes voltaram a apresentar melhor porcentagem de germinação após os 12 meses, com média superior a 65%. Ao avaliar o efeito imediato da temperatura de secagem no vigor das sementes de mamão Golden (1ª contagem), observou-se que a redução do teor de água inicial não influenciou no vigor daquelas secadas a 35, 40, 45 e 50 °C. Após os 12 meses, o melhor resultado de germinação das sementes com teor de água inicial alto foi observado para aquelas secadas a 45 °C. Ao comparar este resultado com aquele observado imediatamente após a secagem, notou-se que o período de armazenamento não influenciou na germinação, indicando a possibilidade de se manter sementes de mamão Golden armazenadas por período de até 12 meses. Quanto ao estudo dos modelos matemáticos, o exponencial triplo de seis parâmetros foi o que representou com maior grau de acurácia as curvas experimentais de secagem em camada fina das sementes do híbrido UC-01 e da cultivar Golden com alto teor de água inicial. Para a cultivar Golden com teor de água inicial baixo, apenas o modelo de Page foi considerado satisfatório. Na classificação das sementes quanto à tolerância ao grau de dessecação, o armazenamento por três meses a -20 °C proporcionou redução significativa na porcentagem de germinação tanto da geração F2 do híbrido UC-01 quanto do Golden, indicando comportamento intermediário das sementes de mamão.

ABSTRACT

CARLESSO, Vinicius de Oliveira Carlesso; D.S.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro [Northern Rio de Janeiro state University]; May 2009; Drying and storage of papaya (*Carica papaya* L.) seeds; Supervised by Pedro Amorim Berbert, Ph.D., and co-supervised by Roberto Ferreira da Silva, Ph.D.

The objectives of the present study were to investigate the immediate and latent effects of drying on the physiological quality of papaya seeds of the Golden cultivar and of the F₂ generation of the Calimosa hybrid, employing low and high drying-air temperatures, and two levels of initial moisture content. Additional objectives included the selection of a best-fit mathematical model for the drying of seeds in thin layers, and seed storage behaviour classification according to their degree of desiccation tolerance. Tests were conducted in a thin-layer prototype drier, in which drying-air flowed upward through the trays at 0.8 m s^{-1} , employing two levels of seed initial moisture content, 12% and 55% w.b., six levels of drying-air temperature, 35, 40, 45, 50, 55 and 60 °C; seeds were dried to 7% w.b. final moisture content. Seed quality was assessed both before and immediately after drying and after four storage periods, i.e., 3, 6, 9, and 12 months, at 10 °C, in hermetically sealed glass containers. Increase in seed vigour immediately after drying, as estimated through the first germination count (14 days), for seeds of the second generation of the Calimosa hybrid, was only observed when seeds were

dried at 55 °C, irrespective of seed initial moisture content. However, seed vigour immediately after drying, as measured by the electrical conductivity test, was not affected by drying-air temperature. After a 3-month storage period, seed vigour, as estimated by the first germination count, was also highest for seeds dried at 55 °C. Seed vigour, for this same drying condition, remained highest even after 9 months of storage, although mean values were lower than 30%. Poor seed germination was also observed after a 9-month storage period; however, an increase in germination was observed after 12 months of storage, when the mean germination value was higher than 65%. Results revealed no immediate effect of drying-air temperature on seed vigour of Golden cultivar, as estimated through the first germination count, for seeds dried at 35, 40, 45, and 50 °C. Highest germination was obtained with seeds dried at 45 °C, from 55% to 7% w.b. moisture, and which has been stored for 12 months. However, for seeds submitted to the same drying conditions, germination was not affected by storage period, which reveals that seeds of the Golden cultivar can be stored up to twelve months without impairing their quality. The mathematical model that best fitted the experimental thin-layer drying curves, for high initial moisture content seeds of the Golden cultivar and of the F2 generation of the Calimosa hybrid, was the triple exponential model with six parameters. For seeds of the Golden cultivar dried from 12% to 7% w.b. moisture, the Page model was considered the most adequate in describing the experimental convective drying curves. In the desiccation tolerance experiments, germination was severely reduced after a 3-month storage period at -20 °C, indicating that papaya seeds may be categorized as intermediate seeds.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o principal produtor mundial de mamão, tendo-se observado produção crescente nos últimos anos, saindo de um patamar de aproximadamente 933.000 t em 1996 e chegando a produzir cerca de 1.650.000 t em 2004. Este comportamento não foi observado na área utilizada para produção, que se manteve entre 33.000 e 40.000 ha para este mesmo período (FAO, 2006). O maior exportador de mamão, em 2002, foi o México, com cerca de 68.500 t; em seguida a Malásia, com exportação de cerca de 61.000 t, e depois o Brasil, com aproximadamente 28.500 t. Os maiores importadores de mamão do Brasil são os Países Baixos, que em 2004 importaram 6.700 t, os Estados Unidos, com importação de 3.400 t e o Reino Unido, que importou neste mesmo ano 2.200 t (AGRIANUAL, 2005).

A estimativa da utilização de sementes de mamão no Brasil é de aproximadamente 5.000 kg por ano. Em função do alto valor de mercado, cerca de US\$ 2.200,00/kg no caso das sementes do mamão híbrido UC-01, podendo chegar a US\$ 3.500,00/kg para sementes do mamão híbrido Tainung, vários produtores optam por produzir suas próprias sementes, reproduzindo em suas lavouras materiais de baixo padrão de qualidade genética, permanecendo no campo cultivares sem expressão econômica e com risco de disseminação de doenças de grande severidade para a cultura (Alves et al., 2003).

Ao se terminar uma estação de plantio ou até mesmo por se ter adquirido quantidade de sementes superior ao necessário, acabam sobrando sementes na

propriedade, que poderiam ser utilizadas no futuro. Empresas de produção e comercialização de sementes podem não conseguir vender, em um determinado ano, todo seu material, ficando alguma quantidade excedente em estoque. Como se trata de material de qualidade superior e preço elevado, deve-se tomar cuidado para não se perder o poder germinativo e o vigor destas sementes, sendo necessário processá-las adequadamente. Para isso, é importante se conhecer, dentre os mais variados métodos e técnicas de secagem e armazenamento, quais os mais eficientes e apropriados.

Um dos primeiros relatos a respeito do pré-processamento de sementes de mamão é o trabalho de Lange (1961a), que observou o efeito positivo da remoção da sarcotesta sobre o percentual de germinação. Em experimentos preliminares, Lange (1961a) também já havia percebido a necessidade de utilizar sementes retiradas de frutos maduros para se obter percentual elevado de germinação. Lange (1961b) estudou o efeito da temperatura e do fotoperíodo sobre a germinação e concluiu que o melhor tratamento consistiu na exposição das sementes a temperaturas alternadas de 17 a 30 °C para o período noturno e de 35 °C para o diurno, com fornecimento de luz por 8 h. Além disso, Lange (1961c) observou que o melhor desenvolvimento das plantas no campo, acompanhado de maior produtividade, foi obtido quando as sementes foram semeadas diretamente no solo do campo de cultivo, em contraposição ao transplante de plântulas cultivadas em viveiro.

O trabalho pioneiro a respeito do efeito do tipo de secagem sobre a germinação das sementes foi realizado por Vazquez (1969), em que foram avaliadas as secagens ao sol e à sombra, como também em estufa a 35 °C. Concluiu-se que a secagem à sombra foi o tratamento que resultou tanto em maior percentual de germinação quanto em maior índice de velocidade de germinação. Investigações sobre a secagem das sementes ressurgiram cerca de 18 anos depois, quando Vechio e Shirwa' (1987) tornaram a avaliar o efeito da secagem à sombra e sob pleno sol sobre a qualidade fisiológica, obtendo valores de germinação de 58 e 49%, respectivamente. Schmildt et al. (1993) voltaram a testar esses dois métodos de secagem, observando também melhor desempenho fisiológico, em termos de germinação e vigor, para sementes secadas à sombra.

Prado e Sartori (2000) secaram sementes de mamão, com e sem arilo, em leito fixo e camada delgada, avaliando o efeito imediato da temperatura (32,

41 e 50 °C) e velocidade do ar (0,5, 1,5 e 2,5 m.s⁻¹) sobre sua qualidade fisiológica. Verificaram que a remoção do arilo, quando o teor de água foi reduzido de 82 e 73% b.u. para 10% b.u., promoveu aumento médio da germinação em torno de 19%. Observaram também que não houve efeito imediato da temperatura de secagem sobre o percentual de germinação que, para sementes sem arilo, se manteve sempre acima de 88%. Além disso, verificaram que houve tendência de redução do vigor das sementes para as condições mais drásticas de secagem (50 °C e 2,5 m.s⁻¹). Ao realizarem uma secagem complementar das sementes de mamão com temperatura controlada a 37 °C e vazão específica do ar de secagem de aproximadamente 0,7 m³.min⁻¹.m⁻², Berbert et al. (2008) constataram efeito imediato positivo sobre o vigor das sementes. Observa-se, portanto, que até o momento, foram poucos os trabalhos de investigação sobre a secagem de sementes de mamão em que as variáveis temperatura e velocidade do ar foram controladas e monitoradas durante todo o processo.

Os métodos mais empregados atualmente para secagem de sementes de mamão continuam sendo sua exposição às condições ambientes à sombra ou sob pleno sol. Esses métodos, quando há prevalência de condições ambientais favoráveis, podem ser adequados para pequenas quantidades. No entanto, para um maior volume de sementes e no caso da secagem à sombra, o método apresenta resultados sempre superiores à secagem ao sol. A qualidade das sementes pode ser prejudicada quando predominam condições climáticas desfavoráveis durante o pré-processamento. Além disso, é maior a probabilidade de se obter lotes pouco homogêneos quanto à qualidade, quando a secagem é realizada sem que haja controle efetivo das variáveis envolvidas no processo.

Outro aspecto que deve ser considerado no estudo dos processos de secagem de sementes de mamão é o fato de raramente se conseguir reduzir, na secagem à sombra, o teor de água para níveis considerados adequados para um armazenamento seguro por longos períodos de tempo, ou seja, para valores entre 5 e 6% b.u. O potencial de secagem à sombra, nas regiões produtoras de mamão, permite a redução do teor de água de valores iniciais próximos a 45% b.u. para valores finais da ordem de 10% b.u., indicando a necessidade de complementação da secagem empregando-se métodos artificiais, como a secagem por convecção, utilizando ar ambiente ou aquecido.

Para a redução do teor de água de sementes de mamão Golden até valores próximos de 7,0% b.u., Balbinot (2006) utilizou temperatura do ar de secagem de aproximadamente 37 °C e velocidade de 0,4; 0,8 e 1,2 m.s⁻¹. Constatou que a velocidade do ar não influenciou no vigor e na germinação das sementes.

Em geral, recomenda-se que a secagem de sementes seja realizada de tal forma que sua temperatura não ultrapasse 40 °C, para que não haja redução acentuada de sua qualidade fisiológica. No entanto, a temperatura máxima a que as sementes podem ser expostas durante a secagem depende do seu teor de água e do tempo de exposição a essa condição. Nellist (1978), citado por Brooker et al. (1992), informa que sementes com teor de água de 18% b.u. poderiam ser secadas seguramente em leito fixo a 67 °C e sementes a 26% b.u. só poderiam ser secadas, sob o mesmo procedimento, no máximo a 59 °C. Portanto, é possível que a utilização de secagem em altas temperaturas possa ser utilizada para aumentar a eficiência da secagem de sementes de mamão, reduzindo o manuseio e o tempo de secagem e mantendo a qualidade fisiológica.

Quanto ao efeito das condições de armazenamento, Bass (1975) mostrou que sementes de mamão mantiveram razoável viabilidade depois de estocadas por seis anos em sacos de pano a 10 °C e 50% de umidade relativa ou a 5 °C em embalagem hermética. O lote de sementes com maior teor de água, 8,2% b.u., foi o que mostrou maior redução no percentual de germinação (de 89 para 66%). Pérez et al. (1980) observaram reduções de até 40% no percentual de germinação de sementes de mamão armazenadas por 3 anos a 10±5 °C e 40% de umidade relativa. Ellis et al. (1991) estudaram o efeito das condições de armazenamento sobre a germinação de sementes de mamão e observaram que sementes com teor de água entre 7,9 e 9,4% b.u. e estocadas por 12 meses a 15 °C mantiveram a germinação original. No entanto, houve perda de viabilidade em muitas das sementes armazenadas em ambiente mais frio (0 e -20 °C) ou com teor de água mais reduzido (4,2 a 5,3% b.u.).

Althoff e Carmona (1999), ao avaliarem o efeito das condições de armazenamento na conservação de sementes de mamão com teor de água de 5% b.u., verificaram que embalagens de papel Kraft são apropriadas para sua conservação à temperatura ambiente por período de até dois anos (germinação de 77%). O teor de água inicial das amostras, que era de 5% b.u., variou entre 9 e

10% b.u. durante o período de armazenamento. No entanto, houve perda de viabilidade das sementes, tanto em embalagens permeáveis quanto impermeáveis, quando armazenadas em câmaras frias a 5 e -18 °C. Santos et al. (1999) também avaliaram a influência das condições de estocagem na viabilidade de sementes de mamão e concluíram que depois de oito meses de armazenamento, para teor de água de 7% b.u., a melhor conservação foi obtida para temperaturas de 2 a 5 °C, independentemente do tipo de embalagem. O armazenamento em condições do ambiente (25 °C e 80% de umidade relativa) foi o que resultou em redução mais acentuada da qualidade fisiológica.

Viggiano et al. (2000a) também avaliaram a qualidade fisiológica de sementes de mamão em função das condições de armazenamento e observaram que a embalagem de alumínio flexível se mostrou inadequada para sua conservação a 10 °C, depois de oito meses de armazenamento. Martins et al. (2005a) verificaram que os maiores valores de germinação de sementes de mamão ocorreram depois de três meses de armazenamento a 10 °C e 85% de umidade relativa, em embalagem permeável. O teor de água, inicialmente de 9,8% b.u., aumentou para 17% b.u. ao final desse período.

Tendo em vista os aspectos mencionados sobre o pré-processamento de sementes de mamão e considerando a importância da redução do tempo de manuseio e secagem no processamento dessas sementes, este trabalho foi desenvolvido com os seguintes objetivos: 1. Avaliar os efeitos imediato e latente da secagem de sementes de mamão da geração F2 do híbrido UENF-CALIMAN 01 e da cultivar "Golden", com dois níveis de teor de água inicial, em altas e baixas temperaturas, sobre sua qualidade fisiológica; 2. Determinar, dentre modelos matemáticos pré-determinados, aquele que melhor descreve a cinética da secagem das sementes e 3. Classificar as sementes de mamão de acordo com sua tolerância à desidratação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Classificação das sementes de mamão quanto à tolerância à desidratação

Roberts (1973) afirmou que a maioria das espécies possui sementes cujo período de viabilidade pode ser estendido por meio da diminuição acentuada do teor de água, acompanhada da redução da temperatura durante o armazenamento. Para essas sementes, o teor de água poderia ser reduzido até valores entre 2 e 5% b.u., ou menos; reduções além desse limite passariam a reverter essa tendência, diminuindo o período de viabilidade. Esse tipo de comportamento quanto à viabilidade das sementes foi classificado como ortodoxo. Haveria, no entanto, outro grupo de espécies, muito menos numeroso, ao qual essa regra não se aplicaria. Para essas sementes, denominadas recalcitrantes, uma redução no teor de água abaixo de valores relativamente elevados, algo entre 12 e 31% b.u., dependendo da espécie, tenderia a diminuir o período de viabilidade. Exemplos de sementes recalcitrantes incluiriam as sementes de espécies arbóreas tropicais, cítrus, café e cacau.

No entanto, Ellis et al. (1990), ao avaliarem o comportamento fisiológico de sementes de quatro cultivares de café, depois de 12 meses de armazenamento hermético, em diferentes combinações de temperatura, de -20 a 15 °C, e teor de água de 5 a 10% b.u., observaram que as sementes não apresentavam o desempenho característico das ortodoxas nem o das recalcitrantes. De acordo com esses autores, o critério seguro para o diagnóstico

de sementes recalcitrantes seria o fato de não poderem ser secadas sem sofrer danos fisiológicos, ao passo que a longevidade de sementes ortodoxas aumenta com a desidratação até teores de 5% b.u. Nesse sentido, o comportamento das sementes de café durante o armazenamento não foi similar àquele típico das recalcitrantes, ou seja, sobreviveram a níveis de dessecação mais severos que aqueles normalmente observados nessas sementes; a redução do teor de água, em alguns casos, aumentou a longevidade das sementes, como seria de se esperar em sementes ortodoxas; algumas sementes sobreviveram a temperaturas abaixo de 0 °C; sementes de todas as cultivares exibiram níveis de sobrevivência consideráveis depois de 12 meses de armazenamento a cerca de 10% b.u. (-90 MPa) e 15 °C, diferenciando-se das recalcitrantes, que apresentam períodos relativamente curtos de sobrevivência sob as mesmas condições.

As sementes de café, ainda de acordo com Ellis et al. (1990), também não satisfariam os critérios para serem classificadas como ortodoxas durante o armazenamento, pois, ao contrário destas, observou-se que a redução no teor de água acompanhada por diminuição da temperatura provocou aumento na taxa de deterioração das sementes. Embora em sementes ortodoxas exista um limite inferior de teor de água para o qual essa relação com a temperatura de armazenamento se mantenha, e isso ocorre para potencial hídrico de cerca de -350 MPa, para sementes de café esse valor mínimo encontra-se no intervalo entre -90 e -250 MPa, valores consideravelmente mais elevados. Esse comportamento das sementes de café foi considerado como de difícil explicação, pois em sementes tipicamente ortodoxas a remoção dessa água fracamente ligada reduz a taxa de deterioração.

No experimento de Ellis et al. (1990) a combinação que mais provocou danos às sementes de café foi o armazenamento a -20 °C, com teor de água de 5 a 6% b.u., indicando que não seria viável armazená-las nas condições prescritas para a conservação de germoplasmas de sementes ortodoxas, ou seja, teor de água de $5 \pm 1\%$ b.u. e temperaturas ≤ -18 °C. No entanto, os resultados obtidos indicaram, ao contrário do verificado em sementes verdadeiramente recalcitrantes, que o armazenamento de sementes de café seria viável no médio prazo e que as condições ideais para manutenção de sua qualidade fisiológica seriam temperatura de cerca de 15 °C e teores de água ligeiramente superiores a 10% b.u.

Os resultados relatados anteriormente foram considerados relevantes por Ellis et al. (1990) para que se distinguísse esse novo tipo de comportamento intermediário apresentado por sementes de café daqueles amplamente estabelecidos até então, ou seja, os das sementes classificadas como ortodoxas e intermediárias. No entanto, os autores consideraram prematuro nomear ou definir este tipo de resposta até que os mecanismos fisiológicos envolvidos fossem investigados com mais profundidade.

A classificação das sementes de mamão de acordo com sua sensibilidade à dessecação ainda suscita dúvidas, pois a literatura apresenta resultados conflitantes sobre a manutenção do seu potencial fisiológico quando armazenadas por longos períodos com baixo teor de água e em ambientes a baixas temperaturas. De acordo com Ellis et al. (1991), há relatos indicando a conservação do seu potencial fisiológico sob ampla variação do teor de água, além de suportar dessecação mais severa que inúmeras recalcitrantes típicas. Bass (1975) armazenou seis lotes de sementes de mamão com teor de água máximo de 8,2% b.u. por seis anos em dois ambientes, 10 °C e 50% de umidade relativa e em embalagem hermética a 5 °C, e não observou perdas significativas de viabilidade. Pérez et al. (1980) armazenaram sementes de duas variedades de mamão por três anos a 10±5 °C e 40% de umidade relativa e observaram reduções de 13 e 41%, dependendo da variedade, no percentual de germinação em relação às sementes recém-colhidas. Becwar et al. (1983) relataram que as sementes de mamão sobreviveram tanto à redução do teor de água até 10% b.u. quanto à estocagem subsequente a -196 °C por 24 h. Dados compilados por Teng e Hor (1976), citados por Ellis et al. (1991), confirmaram que a redução do teor de água até 10% não causava danos fisiológicos às sementes, no entanto, houve perda total da viabilidade das sementes quando armazenadas por quatro meses a 0 °C e apenas pequenas reduções na viabilidade quando armazenadas em temperaturas no intervalo de 12 a 31 °C.

Apesar de apresentar um comportamento muito oscilante em relação ao período de armazenamento, as sementes de mamão foram inicialmente classificadas como ortodoxas por Ellis et al. (1985) e por Hofmann e Steiner (1989). No entanto, essa classificação foi reavaliada por Ellis et al. (1991) ao estudarem o efeito da temperatura de secagem e do teor de água sobre a germinação das sementes de mamão, empregando sementes provenientes de

apenas seis frutos; em alguns dos testes experimentais houve apenas uma repetição por tratamento. Nesse experimento foram utilizados dois lotes, A e B, de sementes provenientes do Brasil, recebidas com teores de água de 17 e 56% b.u., e com percentuais de germinação inicial de 89 e 92%, respectivamente. As sementes do lote A foram extraídas de quatro frutos maduros e depois secadas por sete dias em condição ambiente, com circulação forçada de ar. As sementes do lote B foram extraídas de dois frutos maduros da mesma árvore três semanas depois, no entanto, foram secadas por apenas dois dias, como acima, e em condições de elevada umidade relativa. Foram avaliados cinco níveis de teor de água, 10, 8, 7, 6 e 5% b.u., três níveis de temperatura de armazenamento, 15, 0 e -20 °C, dois períodos de armazenamento, três e 12 meses, empregando apenas um tipo de embalagem, pacotes de alumínio laminado. Cada tratamento foi realizado utilizando-se 120 (Lote A) e 35 (Lote B) sementes. Como danos por embebição podem, às vezes, ser confundidos com danos ocorridos na secagem ou no armazenamento, as sementes secas foram umidificadas sobre água a 20 °C por 24 h logo depois de retiradas do armazenamento e antes dos testes de germinação. Este procedimento aumentou o teor de água das sementes para 14–15% b.u. O teste de germinação durou 75 dias, mas aos 35 dias removeu-se a esclerotesta das sementes que não germinaram, para interromper a atuação de mecanismos inibidores de germinação.

Os resultados do experimento realizado por Ellis et al. (1991) mostraram que não houve efeito imediato da secagem na germinação quando o teor de água foi reduzido para 6,5% b.u., porém, sementes que tiveram o teor de água reduzido para valores entre 4,2 e 5,3% b.u. tiveram reduções de 6 a 10% no percentual de germinação. Sementes armazenadas com teor de água entre 7,9 e 9,4% b.u., por 12 meses, a 15 °C, mantiveram o mesmo percentual de germinação observado originalmente. No entanto, observou-se que o armazenamento em ambientes mais frios ou de sementes mais secas resultou em redução considerável na germinação. No caso de sementes com teor de água entre 7,6 e 9,4% b.u., quanto menor a temperatura, mais rápida foi a perda de viabilidade durante o armazenamento. O padrão de perda de viabilidade durante o armazenamento a -20 °C foi similar para os dois lotes e para todos os valores de teor de água, ou seja, apenas 8 a 20% de sementes permaneceram viáveis depois de 12 meses. De forma similar, a perda de viabilidade a 0 °C foi praticamente independente do

teor de água, havendo-se observado percentuais de germinação entre 38 e 74% depois de 12 meses. A perda de viabilidade das sementes mais secas (4,2 a 6,7% b.u.) e armazenadas a 15 °C foi semelhante a que ocorreu a 0 °C.

Embora os resultados relatados no parágrafo anterior possam dar algum suporte às primeiras conclusões de que sementes de mamão seriam tolerantes à dessecação (Bass, 1975; Becwar et al., 1983), observa-se que sua secagem até níveis inferiores a 8 – 10% b.u. (ou –100 a –150 MPa) reduz a longevidade a 15 °C, ao passo que as relações entre longevidade e temperatura no intervalo entre 15 e –20 °C, para esses valores de teor de água, são positivas. Esses resultados, de acordo com Ellis et al. (1991), evidenciarão, portanto, que sementes de mamão não são ortodoxas. Sendo assim, o comportamento das sementes de mamão no armazenamento foi redefinido como *intermediário* entre aqueles observados em sementes ortodoxas e recalcitrantes.

Althoff e Carmona (1999) obtiveram resultados que diferem das observações de Ellis et al. (1991) ao verificarem que sementes de mamão podem ser secadas até teor de água de 5% b.u. e armazenadas em temperatura ambiente sem perder o poder germinativo; no entanto, mesmo sendo tolerantes à dessecação, as sementes de mamão não mostraram resistência ao armazenamento em baixas temperaturas (5 e –18 °C), apresentando perda drástica de viabilidade depois de um ano de armazenamento. Portanto, de acordo com Althoff e Carmona (1999), a classificação das sementes de mamão como intermediárias, como proposto por Ellis et al. (1991), não parece ser satisfatória.

Berbert et al. (2006) secaram sementes de mamão do cultivar UENF-CALIMAN 01 à sombra até 12,6% b.u. e submeteram-nas à secagem complementar a 37 °C até teor de água de 7,7% b.u. A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada depois dos dois processos de secagem e aos quatro e oito meses de armazenamento em embalagem hermética a 15 °C. Os resultados obtidos indicaram que o comportamento das sementes de mamão aproxima-se mais daquele observado em sementes ortodoxas típicas. Além disso, os autores também avaliaram a qualidade fisiológica das sementes que foram acondicionadas em latas herméticas com capacidade para 100 g e armazenadas a 10 °C por 12 meses. Essa avaliação adicional mostrou que o vigor e a germinação das sementes com teor de água de $8,9 \pm 0,2\%$ b.u. foram de 49,5 e 85,7%, respectivamente, ou seja, não houve redução da viabilidade de sementes

secas de mamão durante o armazenamento em câmara fria por período prolongado. Naturalmente, a manutenção da viabilidade e a classificação das sementes de mamão como ortodoxas preconiza que sejam observados diversos aspectos relacionados ao seu pré-processamento, tais como: estágio de maturação e período de repouso dos frutos, remoção da sarcotesta e método e taxa de secagem. Esses resultados diferem daqueles obtidos por Ellis et al. (1991), que classificaram as sementes de mamão como intermediárias por demonstrarem queda da viabilidade quando armazenadas a temperaturas abaixo de 15 °C para teores de água entre 8,0 e 9,5% b.u.

Wood et al. (2000) observaram redução sistemática do poder germinativo de sementes de mamão de 80% para 0%, em ambiente a 26 °C. Depois que essas tiveram seu teor de água reduzido de 50 para 5% b.u., respectivamente; esse fato, segundo os autores, poderia sugerir que as sementes seriam realmente sensíveis à dessecação. No entanto, observou-se que a redução do poder germinativo das sementes não foi tão drástica, de 75% para 50%, quando semeadas sob regime alternado de temperatura (33/19 °C). Esses resultados indicariam que teria sido a rápida redução do teor de água (de valores iniciais entre 53 a 62% b.u. para cerca de 8% b.u. em apenas um dia de secagem, atingindo o valor final de 5% b.u. depois de 13 dias em câmara seca), que teria induzido o estado de dormência nas sementes, ao invés de ter promovido a redução de sua viabilidade por baixa tolerância à dessecação.

Sun e Liang (2001), ao avaliarem o grau de sensibilidade à desidratação de sementes de diversas espécies classificadas como recalcitrantes e intermediárias, verificaram ser possível sua classificação em níveis discretos de potencial hídrico crítico (PHC). Empregou-se o método da determinação do teor de água de equilíbrio das sementes na dessorção, a 16 e 25 °C, para definir os valores de PHC abaixo dos quais teriam início os danos à qualidade fisiológica causados pela dessecação. Obtiveram-se cinco níveis discretos de PHC: -4 MPa (eixo embrionário e cotilédones de *Litchi chinensis*), -8 MPa (eixo embrionário imaturo de *Theobroma cacao*), -12 MPa (eixo embrionário maduro de *Theobroma cacao*), -23 MPa (embrião de *Hevea brasiliensis*) e -73 MPa (sementes de *Carica papaya* e *Coffea arabica*). Os valores do PHC das sementes íntegras (ou das partes que compõem seu embrião) de outras espécies avaliadas poderiam ser agrupados, com pequena variação, em um dos quatro primeiros níveis discretos

mencionados. No entanto, para as espécies cujas sementes foram classificadas com PHC de -73 MPa, caso das sementes de mamão, os valores, na realidade, variaram em um amplo espectro, de -65 a -90 MPa. Os valores correspondentes de umidade relativa para esse intervalo de potencial hídrico variaram entre 54% e 62%. De acordo com Sun e Liang (2001), em função desse resultado, sementes de mamão não deveriam ser classificadas como recalcitrantes nem como intermediárias, de acordo com as categorias clássicas propostas por Roberts (1973) e posteriormente por Ellis et al. (1990).

No entanto, estudos mais recentes sobre um número cada vez maior de espécies têm demonstrado a existência não de apenas três categorias de classificação, mas de um amplo espectro de respostas das sementes à desidratação e ao armazenamento. De acordo com Bonner (1996), essas respostas variam em função do estágio de maturação, da composição química prevalente no tecido de reserva, do tamanho da semente e da taxa de secagem.

2.2 Fundamentos teóricos da secagem de sementes por convecção

De acordo com Dalpasquale (1984), o processo de secagem pode ser definido de diversas maneiras, dependendo do enfoque que se lhe deseja dar. Nos estudos teóricos de secagem, dá-se ênfase aos mecanismos de transferência de calor e massa. Sendo assim, a secagem pode ser definida como o processo no qual ocorrem transferências simultâneas de energia e massa entre o produto e o meio utilizado para secá-lo, que geralmente é o ar. Outras vezes, entretanto, a secagem é definida como a operação unitária que leva à redução do teor de água do produto até que seja atingido um nível seguro para o seu armazenamento. Entende-se como seguro o teor de água abaixo do qual a atividade de microrganismos é inibida, não sendo necessariamente eliminada.

A secagem de sementes pode ser realizada utilizando-se meios artificiais de secagem com ventilação forçada, em contraposição à secagem artificial com ventilação natural (secagem com energia solar). Na secagem artificial com ventilação forçada o ar é movimentado mecanicamente por meio de ventiladores e utilizam-se diversos tipos de secadores por convecção, que podem operar tanto em altas quanto em baixas temperaturas (Silva et al., 2000). Na secagem por convecção, a condição de contorno está associada à taxa de transferência de

vapor d'água através da superfície do produto. Desta forma, se uma massa de ar seco passa pela superfície de um sólido que contém água, a perda de umidade ocorre devido à evaporação na superfície (Crank, 1975).

As características de secagem das sementes dependem das propriedades físicas da espécie considerada. No entanto, há outros fatores que influenciam a taxa de remoção de água durante a secagem. Alguns produtos biológicos, quando secos com ar sob condições constantes exibem, no início do processo, uma taxa constante de perda de água e, em seguida, uma fase em que essa taxa passa a ser decrescente.

2.2.1 Período de secagem à taxa constante

A taxa de secagem de alguns produtos biológicos, principalmente aqueles com teores iniciais de água maiores que 70% b.u. pode, no início do processo, ser controlada somente pelas seguintes características da mistura ar seco e vapor d'água: velocidade, temperatura e razão de mistura (kg de vapor / kg de ar seco). O produto se comporta como se sua superfície estivesse coberta por uma fina camada de água. Nesse caso, a pressão de vapor d'água na superfície é igual à pressão de vapor da água livre, à temperatura de bulbo molhado. Se as condições psicrométricas do ar são constantes, a taxa de secagem também será constante. Este fenômeno pode ser observado em produtos para os quais a resistência interna ao transporte de umidade é muito menor que a resistência externa à remoção de vapor d'água da superfície do produto (Brooker et al., 1992).

Brooker et al. (1992) descreveram a analogia entre o processo evaporativo que ocorre no tecido que recobre o bulbo molhado de um psicrômetro e a evaporação da água livre na superfície do sólido que se deseja secar que é utilizada para derivar a equação que descreve o período de secagem à taxa constante:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{h_D A}{R_v T_{abs}} (P_{vbm} - P_{vbs}) = \frac{h' A}{h_{lv}} (T_{bs} - T_{bm}) \quad (1)$$

em que:

- U = teor médio de água, decimal, b.s.
 t = tempo de secagem, s
 h_D = coeficiente de transferência de massa, $\text{kg s}^{-1} \text{m}^{-2}$
 A = área superficial da partícula sólida que se deseja secar, m^2
 R_v = constante universal dos gases para o vapor d'água, $\text{J kg-mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
 T_{abs} = temperatura do ar, K
 P_{vbm} = pressão de vapor de saturação à temperatura de bulbo molhado, Pa
 P_{vbs} = pressão de vapor à temperatura de bulbo seco, Pa
 h' = coeficiente de transferência de calor por convecção, $\text{J m}^{-2} \text{h}^{-1} \text{K}^{-1}$
 h_{lv} = entalpia de vaporização, J kg^{-1}
 T_{bs} = temperatura de bulbo seco do ar, K
 T_{bu} = temperatura de bulbo úmido do ar, K

Conhecendo-se o valor de A , ou de algum dos coeficientes de transferência, h' ou h_D , é possível determinar com precisão o valor da taxa constante de secagem. Entretanto, de acordo com Brooker et al. (1992), na maioria das situações é difícil obter-se valores acurados de A , h' e h_D , devido à forma irregular dos materiais biológicos.

Pabis (1999) integrou a Equação (1) para estudar os estágios iniciais de secagem de produtos hortícolas com elevado teor de água inicial, obtendo a seguinte equação, em que k é a constante de secagem, ζ é a constante de integração e U é o teor médio de água no tempo t .

$$U = -kt + \zeta \quad (2)$$

Considerando $U = U_0$ quando $t = 0$, então $\zeta = U_0$ e obtém-se o seguinte modelo matemático para a secagem no primeiro estágio, quando k é constante.

$$U = -kt + U_0 \quad (3)$$

A maioria dos pesquisadores afirma que devido ao valor relativamente reduzido do teor de água inicial das sementes, o processo de transferência de

massa é governado exclusivamente por processos de difusão interna de água ou vapor, e ocorre totalmente na fase conhecida como secagem à taxa decrescente. A ocorrência de taxa constante de secagem em sementes só é observada quando há a formação de uma camada superficial de água, ou seja, quando há necessidade de lavá-las depois de sua retirada dos frutos (Brooker et al., 1992). Nesses casos, o procedimento usual é permitir a evaporação natural dessa água antes de submetê-las à secagem artificial.

2.2.2 Período de secagem à taxa decrescente

O teor de água no qual a taxa de secagem passa de constante para decrescente é chamado de teor crítico de água, cujo valor depende das características do sólido, tais como tamanho e forma e também das condições de secagem. Durante o período de secagem a taxa decrescente, não se pode mais considerar que exista um filme de água cobrindo o sólido, porque a resistência interna ao transporte de umidade torna-se maior do que a resistência externa.

A estimativa da taxa de secagem de sementes é mais complexa durante o período de taxa decrescente do que durante o período de taxa constante. Além dos mecanismos de transferência externa (transferência por convecção de energia e massa), há que se considerar os mecanismos de transferência interna (difusão de massa e energia dentro da semente). Embora diversas teorias tenham sido propostas e várias equações tenham sido desenvolvidas para prever a cinética da secagem de sementes no período à taxa decrescente, é possível afirmar que apenas relações empíricas ou semiteóricas têm sido utilizadas nos projetos de secadores.

De acordo com Queiroz et al. (1985), são dois os métodos comumente utilizados para analisar a secagem de produtos biológicos no período de taxa decrescente: o empírico e o teórico. O método empírico consiste em formar grupos físicos adimensionais que podem ser facilmente investigados por experimentos de laboratório e baseia-se nas condições externas, como temperatura, razão da mistura e velocidade do ar de secagem. Entretanto, não fornece indicação sobre o transporte de energia e de água no interior dos produtos. Expressões teóricas, semiteóricas e empíricas para a secagem de sementes são encontradas com facilidade na literatura. As empíricas

negligenciam os fundamentos do processo de secagem e, embora possam descrever a curva de secagem para as condições do experimento, não podem dar uma visão clara e exata dos importantes processos que ocorrem durante a secagem. Os métodos teóricos usados para descrever o processo de secagem são baseados em leis físicas que tentam explicar o mecanismo de transferência de água.

2.2.3 Equações de secagem

De acordo com Queiroz et al. (1985), modelos semiteóricos de secagem em camada delgada seriam aqueles que concorreriam para que houvesse harmonia entre a teoria e a facilidade de uso. A secagem em camada delgada refere-se ao processo no qual o material a ser seco está inteiramente exposto ao ar que se move através dele. A equação que representa o movimento de líquido ou vapor em uma camada delgada do produto durante o período de secagem à taxa decrescente é obtida utilizando-se a Lei de Newton para o aquecimento e o resfriamento, Equação (4), ou seja, a taxa de variação da temperatura de um corpo circundado por um fluido à temperatura constante, é proporcional à diferença de temperatura entre eles, desde que essa diferença seja pequena (Hall, 1980).

$$\frac{d\theta}{dt} = -\xi(\theta - \theta_e) \quad (4)$$

em que:

- ξ = constante de resfriamento ou aquecimento;
- θ = temperatura do produto em qualquer tempo t ;
- θ_e = temperatura do meio que envolve o produto.

A Equação (4) é uma equação diferencial linear de primeira ordem, cuja solução pode ser obtida por separação de variáveis e posterior integração, resultando na equação exponencial mostrada a seguir.

$$\int_{\theta_0}^{\theta} \frac{d\theta}{(\theta - \theta_e)} = \int_{t_0}^t -\xi dt \quad (5)$$

$$\frac{\theta - \theta_e}{\theta_0 - \theta_e} = e^{-\xi t} \quad (6)$$

Lewis (1921), citado por Hall e Rodriguez-Arias (1958), obteve a seguinte equação diferencial ao verificar que a taxa de perda de água de um sólido granular envolto em uma massa de ar é proporcional à diferença entre o teor de água do sólido e o seu teor de água de equilíbrio.

$$\frac{d\bar{U}}{dt} = k(\bar{U} - U_e) \quad (7)$$

Por separação de variáveis e posterior integração, considerando-se as condições iniciais e de contorno apropriadas para uma equação de difusão, obteve-se a seguinte equação geral de secagem em camada delgada:

$$\ln\left(\frac{\bar{U}_t - U_e}{U_0 - U_e}\right) = -k t \quad (8)$$

ou

$$\frac{\bar{U}_t - U_e}{U_0 - U_e} = \exp(-k t) \quad (9)$$

em que:

- k = constante de proporcionalidade ou constante de secagem, s^{-1}
- U_t = teor médio de água em qualquer instante t , decimal b.s.
- U_e = teor de água na condição de equilíbrio, decimal b.s.
- U_0 = teor de água inicial, decimal b.s.

O valor de $[(U_t - U_e)/(U_0 - U_e)]$ é geralmente conhecido como razão de umidade (RU) ou adimensional de umidade. O numerador representa a quantidade de água que ainda pode ser removida ou a quantidade de água livre em qualquer tempo t , enquanto o denominador representa a quantidade total de água disponível para ser retirada pela secagem.

Observando-se as Equações (6) e (9), é possível verificar a analogia entre as equações que representam a Lei de Newton para o resfriamento e a Equação de Lewis para a difusão, respectivamente. Devido à razoável aproximação entre os valores medidos e calculados pela Equação (9), também conhecida como Lei Exponencial ou Modelo Logaritmo de secagem, passou-se a considerá-la como uma equação que descrevia de forma aceitável os fenômenos de transferência de calor e massa durante a secagem de uma camada delgada de determinado produto capilar poroso, como é o caso das sementes.

Page (1949), ao avaliar os fatores com influência significativa sobre a taxa máxima de secagem por convecção de grãos de milho em camada delgada e ao comparar os resultados obtidos experimentalmente com aqueles obtidos com o modelo exponencial, propôs a seguinte equação de secagem:

$$\frac{\bar{U}_t - U_e}{U_0 - U_e} = \exp(-k' t^\zeta) \quad (10)$$

em que:

k' = constante modificada de secagem, s^{-1}

ζ = constante que depende da razão da mistura do ar de secagem

U_t = teor médio de água em qualquer instante t , decimal b.s.

U_e = teor de água na condição de equilíbrio, decimal b.s.

U_0 = teor de água inicial, decimal b.s.

Apesar de a taxa de secagem obtida com a Equação (10) apresentar valores muito elevados no início do processo, normalmente considera-se que, para sementes, a curva obtida com a equação de Page representa melhor a curva de secagem experimental que o modelo exponencial. Os termos k , k' e ζ dependem do tipo de produto, de sua temperatura e, em alguns casos, do cultivar e da umidade relativa do ar.

Apresenta-se, a seguir, o modelo matemático de predição da taxa de secagem de uma camada delgada de sementes de trigo proposto por Simmonds et al. (1953), conhecido também como “modelo exponencial simples de dois parâmetros”, que foi desenvolvido levando-se em consideração os efeitos da velocidade, temperatura e razão da mistura do ar de secagem, do tamanho médio das sementes e de sua taxa de redução de volume no decorrer do processo de secagem.

$$RU = a [\exp(-k_2 t)] \quad (11)$$

É interessante notar que a maioria dos autores que tentaram ajustar resultados obtidos em procedimentos experimentais de secagem de produtos agrícolas em camada delgada ao modelo matemático descrito pela Equação (11), o tenha feito considerando que essa equação havia sido desenvolvida por Henderson e Pabis (1961). Na realidade, esses autores apenas avalizaram sua utilização ao afirmar que a maioria dos pesquisadores empregava com sucesso o modelo proposto por Simmonds et al. (1953) para descrever a secagem de sementes em camada delgada. A contribuição de Henderson e Pabis (1961), no entanto, foi mostrar que os coeficientes genéricos de secagem, k , não eram constantes, e sim dependentes da temperatura do ar e dos mecanismos de difusão de água ou vapor d'água no interior das sementes.

Em função dos resultados acurados que têm proporcionado na predição da variação de RU em função do tempo, para os mais variados tipos de produtos (sementes de arroz e melão, milho em espiga, cereja, fatias de alho, cenoura e berinjela e folhas de plantas medicinais), diversos pesquisadores (Henderson, 1974; Sharaf-Eldeen et al., 1980; Noomhorm e Verma, 1986; Ezeiki e Otten, 1991; Rahman e Perera, 1996; Ertekin e Yaldiz, 2004) têm utilizado os modelos representados pelas Equações (12) e (13) para avaliação da secagem de produtos agrícolas. Na realidade, ambas as equações podem ser consideradas modificações do Modelo Exponencial ou Logarítmico original, com a inclusão de um segundo coeficiente no caso da Equação (12) e de um segundo termo exponencial no caso da Equação (13). Madamba et al. (1996) afirmam que a Equação (13) é parte de uma série infinita de expoentes negativos, havendo sido derivada da solução geral da equação de difusão. Os modelos matemáticos de

secagem representados pelas Equações (12) e (13) são conhecidas normalmente como Modelos Exponenciais Simples de três parâmetros e Duplo de quatro parâmetros, respectivamente.

$$RU = a_1 \exp(-k_3 t) + b \quad (12)$$

$$RU = a_2 \exp(-k_4 t) + c \exp(-k_5 t) \quad (13)$$

Nos métodos modernos de desenvolvimento de novos tipos de secadores para sementes é imprescindível a utilização de modelos matemáticos que possam descrever a taxa de transferência de massa que ocorre entre o ar de secagem e o produto. É interessante reafirmar que a possibilidade de simular o processo de secagem sem que seja necessário construir e testar diversos protótipos de secadores traz diversos benefícios, além da redução no tempo necessário para o seu desenvolvimento. Os modelos de simulação permitem avaliar o efeito de qualquer combinação das variáveis envolvidas no grau de uniformidade, no teor de água final das sementes, na eficiência do processo em termos energéticos (kJ por kg de água evaporada) e na relação custo/benefício dos diversos métodos de secagem.

2.2.4 Tolerância de sementes à secagem em altas temperaturas

A viabilidade de sementes é definida como sua capacidade de se desenvolver e se transformar em uma plântula, ou seja, de germinar, sob condições favoráveis e na ausência de mecanismos de dormência. De acordo com Brooker et al. (1992), a secagem de sementes em temperaturas elevadas diminui sua viabilidade devido à degradação enzimática de proteínas do gérmen e à hidrólise de amidos presentes no embrião. No entanto, a temperatura máxima a que se devem expor as sementes depende do seu teor de água e do tempo de exposição das sementes a essa condição. Apresenta-se, na Tabela 1, os valores máximos de temperatura considerados seguros por Nellist (1978), citado por Brooker et al. (1992), para a secagem de sementes em função do seu teor de água. Na elaboração dessa tabela, considerou-se o tempo de exposição das sementes às condições de secagem superior a 1 h. Sendo assim, sementes com

teor de água de 18% b.u. poderiam ser seguramente secadas em leito fixo a 67 °C e sementes a 26% b.u. só poderiam ser secadas sob o mesmo procedimento, no máximo a 59 °C.

Tabela 1. Temperatura máxima de secagem de sementes em função do teor de água, para tempo de exposição superior a 1 h.

Teor de água % b.u.	Temperatura °C	Teor de água % b.u.	Temperatura °C
18	67	26	59
20	65	28	57
22	63	30	55
24	61		

Fonte: Nellist (1978), citado por Brooker et al. (1992).

Cavariani (1996), citado por Garcia et al. (2004), conjecturou que a causa primária do dano produzido por altas temperaturas em tecidos vegetais seria a desintegração das membranas celulares, possivelmente, por alterações nos lipídios que as constituem. Os danos fisiológicos provocados pela secagem poderiam se refletir, também, em alterações estruturais nas organelas, na redução do número de grãos de amido no eixo embrionário, da permeabilidade de membranas, e em aumento na lixiviação de eletrólitos e açúcares. A manifestação do dano térmico pode ser verificada por meio da análise de germinação, pela presença de plântulas anormais, redução na porcentagem e velocidade de germinação, pela análise de fissuras internas ou superficiais. Os danos térmicos poderiam não manifestar efeitos imediatos na germinação, contudo, ao longo do armazenamento, o vigor das sementes pode sofrer reduções consideráveis (Nellist e Hughes, 1973; Popinigis, 1985).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção dos frutos

Os frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) do grupo Solo, cv. Golden, e da geração F₂ do híbrido UENF-CALIMAN 01 (F₂ do híbrido UC-01) foram colhidos no estágio de maturação dois, em lavoura comercial da Empresa Caliman Agrícola S/A localizada em Linhares, ES. Este estágio de maturação é caracterizado pelo fato de o fruto apresentar a casca com cerca de 15 a 25% da superfície amarelada. Em seguida, foram transportados para o Laboratório de Engenharia Agrícola (LEAG), do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA), da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Campos dos Goytacazes, RJ.

Ao chegarem ao laboratório, os frutos foram dispostos sobre bancada, permanecendo em condição ambiente durante aproximadamente 10 dias, até atingir o estágio de maturação cinco, ou seja, estágio em que os frutos se apresentam totalmente maduros, com mais de 75% da superfície da casca amarelada.

Para a realização dos testes com sementes do híbrido UENF-CALIMAN 01, foram utilizados três lotes de frutos, totalizando 207 unidades, enquanto que para os testes com sementes de frutos de mamão Golden, utilizou-se dois lotes, com total de 373 frutos.

3.2 Extração e limpeza das sementes

Os frutos foram cortados longitudinalmente (Figura 1a), tomando-se os devidos cuidados para que a faca de aço inoxidável não atravessasse a região central, evitando assim a ocorrência de danos mecânicos às sementes. Para remover as sementes do interior dos frutos, juntamente com os restos placentários, utilizou-se uma colher de aço inoxidável. As sementes foram transferidas para uma peneira de malha de aço, do tipo peneira de arroz, onde a limpeza foi realizada por fricção das mesmas contra as malhas da peneira, em água corrente de torneira, até remoção total dos restos placentários e da sarcotesta (Figura 1b).

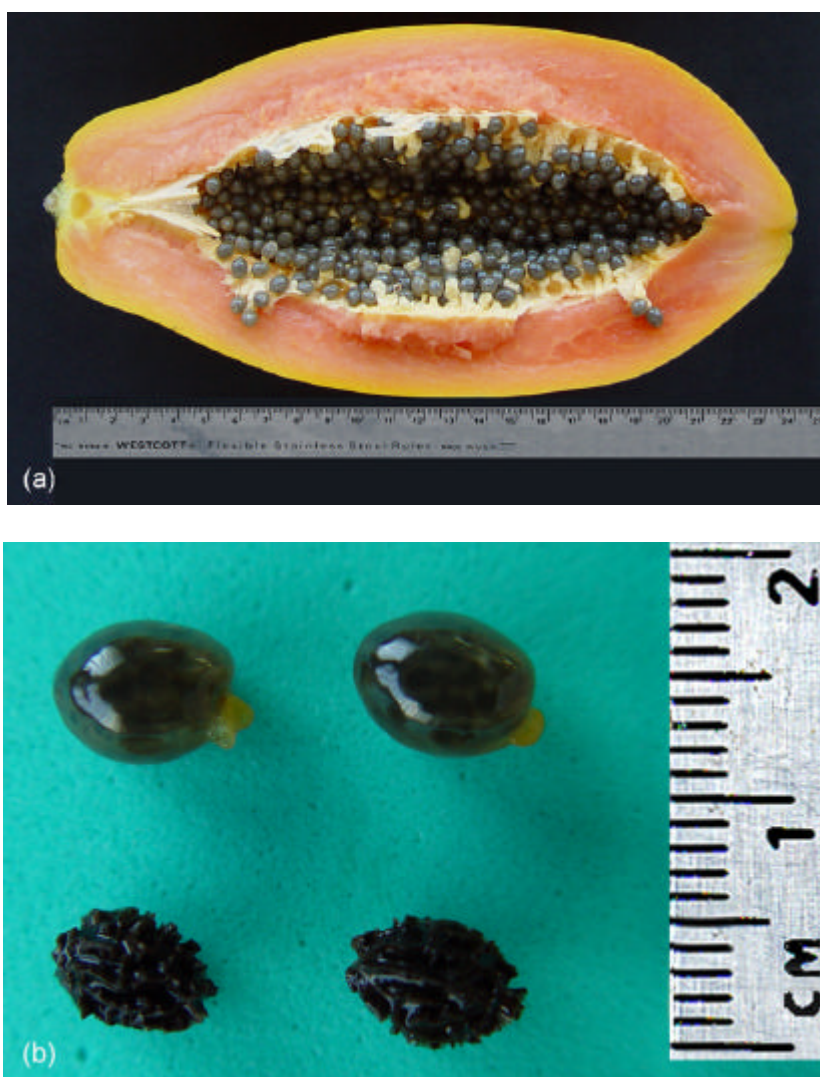


Figura 1. Demonstração do corte nos frutos de mamoeiro para retirada e lavagem das sementes (a) e aparência das sementes após a lavagem e extração da sarcotesta (b).

As sementes foram expostas às condições do ambiente de laboratório por aproximadamente 3 h, sobre peneira de arame, até que a água superficial evaporasse. Para avaliar o efeito do teor de água inicial na qualidade das sementes, o lote foi dividido em dois sub-lotes. As sementes do primeiro sub-lote foram submetidas à secagem quando o teor de água inicial ainda se encontrava elevado, ou seja, aproximadamente 55% b.u. A secagem das sementes do segundo sub-lote constituiu em mantê-las expostas às condições do ambiente, sobre a bancada do laboratório, por período mais prolongado, cerca de 24 h, até atingir teor de água com valor considerado baixo, aproximadamente 12% b.u.

3.3 Secagem

O procedimento descrito anteriormente permitiu a obtenção de dois sub-lotes de sementes, um com teor de água inicial alto, com cerca de 55% b.u., e outro com teor de água inicial baixo, com cerca de 12% b.u. As sementes com teor de água inicial alto foram submetidas à secagem antes das que possuíam o teor de água inicial baixo, pois, assim, enquanto ia sendo realizada a secagem daquelas sementes em secador, as destinadas à secagem com teor de água inicial baixo passavam por processo de pré-secagem, ou seja, permaneciam expostas às condições do ambiente até atingirem o teor de água pretendido (12% b.u.) e só então eram submetidas à secagem propriamente dita, realizada em secador com temperatura e velocidade do ar de secagem controladas.

Para que o teor de água inicial do sub-lote de sementes fosse mantido constante, enquanto realizava-se a secagem, o restante das sementes era acondicionado em frascos de vidro com capacidade de 3275 mL, com tampa de plástico rosqueável e vedado com Parafilm. Quando não foi possível realizar todas as secagens no mesmo dia, estes frascos de vidro eram armazenados em câmara do tipo B.O.D. a $4,0 \pm 1,0$ °C até o dia seguinte, quando eram retirados para que as sementes fossem submetidas aos demais tratamentos de secagem. Neste caso, antes de dar início ao trabalho de secagem, o teor de água era novamente determinado para conferir se ainda se encontrava em condição semelhante ao dia anterior. Este procedimento tornou-se necessário em função de o secador não ter capacidade para secar as sementes de um mesmo sub-lote em um único dia.

O teor de água das sementes foi determinado antes e ao final de cada teste de secagem, obedecendo as recomendações propostas nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992), a 130 ± 1 °C por 1 h, com quatro repetições, utilizando-se, no entanto, estufa com circulação forçada de ar (MARCONI, modelo MA 035).

Os testes de secagem foram realizados empregando-se protótipo de secador de leito fixo, em camada delgada, com fluxo de ar ascendente, capaz de fornecer o ar de secagem em condições controladas de vazão e temperatura. O secador possui um ventilador centrífugo de 1,0 cv, um conjunto de resistências elétricas para aquecimento do ar, um inversor de frequência para alterar e controlar a rotação do motor do ventilador, um controlador de temperatura com microprocessador N 480, uma câmara plenum, um conjunto de esferas de vidro para diminuir a turbulência e uniformizar a velocidade do ar antes de sua entrada na câmara de secagem, que é composta por um conjunto de três bandejas circulares, com fundo perfurado em malha de aço inoxidável. Para cada teste de secagem, as sementes contidas em cada bandeja representavam uma repetição; portanto, cada teste de secagem foi feito com três repetições (Figura 2).

O controle da vazão do ar, além daquele exercido pelo inversor de frequência, foi realizado por meio do acionamento de uma válvula do tipo diafragma, posicionada no ducto de entrada de ar do ventilador. Antes de dar início ao processo de secagem, o ventilador foi acionado para que fossem realizados os procedimentos de regulagem da temperatura e da vazão do ar de secagem. Os testes tiveram início somente depois de o secador ter entrado em regime permanente. O secador foi fabricado em paredes duplas de chapa de aço galvanizado, preenchidas com lã-de-vidro em toda sua extensão a partir da seção de aquecimento do ar.

Os testes foram realizados empregando-se um único nível de velocidade do ar de secagem ($0,8 \text{ m.s}^{-1}$) e seis níveis de temperatura (35, 40, 45, 50, 55 e 60 °C). A redução do teor de água durante a secagem foi monitorada por gravimetria, determinando-se a perda de massa das sementes colocadas nas três bandejas do secador. Essas bandejas foram pesadas em intervalos regulares de cinco minutos na primeira $\frac{1}{2}$ hora, de 10 min até os 120 min, de 15 min de 120 até 180 min e de 30 min a partir de 180 min, utilizando-se balança digital com grau de acurácia de 0,01 g, até que as sementes atingissem teor de água final de

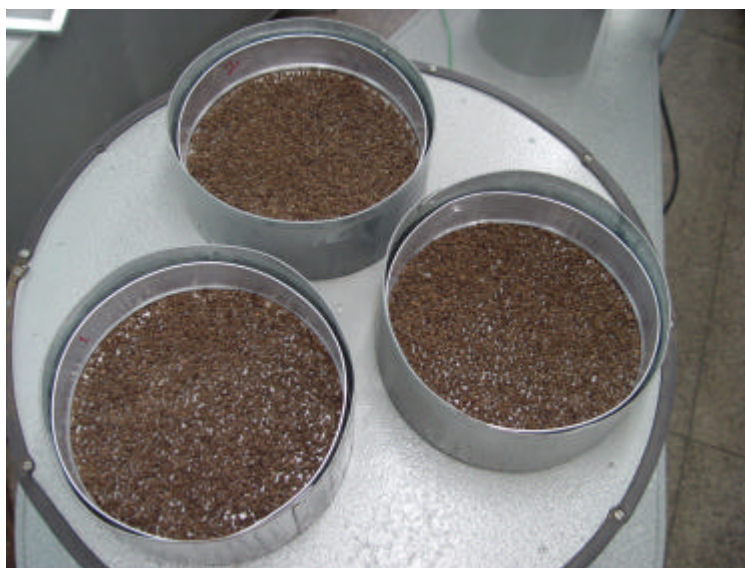


Figura 2. Bandejas do secador contendo sementes de mamão.

aproximadamente 7% b.u. Como o tempo de pesagem das bandejas era de apenas alguns segundos, considerou-se que não houve imposição de distúrbios significativos ao processo de secagem das amostras.

Para minimizar possíveis efeitos da posição da bandeja na câmara de secagem sobre a dessecação das sementes e procurar uniformizar ao máximo cada procedimento de secagem, ao retornar do processo de pesagem, as bandejas eram transferidas para a câmara adjacente em relação à que se encontrava anteriormente, sempre no sentido horário.

O monitoramento da velocidade do ar de secagem foi realizado com o auxílio de um anemômetro de pás rotativas (AIRFLOW modelo AV6). A temperatura do ar de secagem foi medida utilizando-se um termômetro de mercúrio com divisão da escala igual a 1°C, localizado logo abaixo da câmara de secagem. As leituras de velocidade e temperatura do ar de secagem foram registradas antes de se retirar as bandejas em cada procedimento de pesagem.

Para avaliar as demais propriedades psicrométricas do ar de secagem, como entalpia, razão da mistura e volume específico, foram monitoradas a temperatura e a umidade relativa do ar ambiente utilizando-se um termohigrômetro digital Hygrometer – Series 485, fabricado pela DWYER INSTRUMENTS, Inc. Além disso, estes dados também foram registrados continuamente por um termohigrógrafo SATO do tipo SIGMA II, modelo NS II-Q.

A análise foi realizada utilizando-se o programa computacional GRAPSI desenvolvido por Melo et al. (2004) para o cálculo das propriedades psicrométricas do ar.

3.3.1 Modelos matemáticos de secagem

Os modelos matemáticos de secagem em camada delgada que foram avaliados quanto ao grau de adequação às curvas de secagem obtidas experimentalmente encontram-se na Tabela 2.

As variáveis foram estudadas segundo o esquema fatorial, com parcela perdida, no delineamento inteiramente casualizado. As análises foram feitas com o programa SAS (UFV – Viçosa – MG) e os fatores teor de água, temperatura e tempo de secagem, bem como a interação entre eles, tiveram seus efeitos determinados.

Posteriormente, levando-se em consideração o resultado da ANOVA, os modelos de regressão não linear (Tabela 2), foram analisados no programa SAEG – Versão 9.0 (Sistemas de Análises Estatísticas) – Método de Gauss Newton (Souza, 1998).

A avaliação do grau de adequação dos modelos empregados para descrição do fenômeno estudado foi feita por intermédio do cálculo dos seguintes parâmetros estatísticos e de acordo com os seguintes critérios:

1. coeficiente de determinação $r^2 \geq 90\%$;
2. os menores valores da raiz do erro quadrático médio (REQM);
3. erro percentual absoluto médio (η) $\leq 20\%$;
4. os valores mais próximos de zero para o viés médio (ξ);
5. índice de ajuste (δ) no intervalo entre 0,99 e 1,00.

A determinação dos modelos matemáticos de secagem com melhor grau de ajuste aos dados experimentais possibilitou, para as condições estudadas, estimar o teor de água de camadas delgadas de sementes de mamão em qualquer momento durante a secagem. Isso permitiu simular o processo de secagem de camadas espessas de sementes, desde que se conheça a equação do teor de água de equilíbrio, seja em secadores de leito fixo ou naqueles de fluxo

Tabela 2. Modelos matemáticos de secagem em camada delgada que foram ajustados aos dados experimentais de secagem de sementes de mamão.

Nº do modelo	Nome do modelo	Equação
1	Lewis	$RU = \exp(-kt)$
2	Page	$RU = \exp(-kt^n)$
3	Exponencial simples, dois parâmetros	$RU = a \exp(-kt)$
4	Exponencial simples, três parâmetros	$RU = a \exp(-kt) + c$
5	Exponencial simples, três parâmetros, modificado	$RU = a \exp(-kt + c)$
6	Exponencial duplo, dois parâmetros	$RU = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kat)$
7	Exponencial duplo, três parâmetros	$RU = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kbt)$
8	Exponencial duplo, quatro parâmetros	$RU = a \exp(-k_0t) + b \exp(-k_1t)$
9	Verma e colaboradores	$RU = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-gt)$
10	Exponencial triplo, seis parâmetros	$RU = a \exp(-kt) + b \exp(-gt) + c \exp(-ht)$

Fontes: Lewis (1921); Page (1949); Ertekin e Yaldiz (2004); Simmonds et al. (1953); Henderson (1974)

contínuo, em que o movimento do ar em relação ao movimento das sementes seja caracterizado como concorrente, contracorrente, cruzado ou misto.

As Equações 14, 15, 16 e 17, apresentadas a seguir, foram utilizadas para o cálculo de REQM (Gunhanet al., 2005), η (Madamba et al., 1996), ξ (Gunhan et al., 2005) e δ (Willmott, 1982), em que RU_{est} representa a razão de umidade estimada pelo modelo, RU_{exp} representa a razão de umidade experimental e N representa o número de observações durante o experimento. Na Equação (17), $|RU'_{est,i}| = RU_{est,i} - \overline{RU}_{exp}$ e $|RU'_{exp,i}| = RU_{exp,i} - \overline{RU}_{exp}$.

$$REQM = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (RU_{exp,i} - RU_{est,i})^2 \right]^{1/2} \quad (14)$$

$$\eta = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{|RU_{exp,i} - RU_{est,i}|}{RU_{exp,i}} \right) \quad (15)$$

$$\xi = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (RU_{est,i} - RU_{exp,i}) \quad (16)$$

$$\delta = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (RU_{est,i} - RU_{exp,i})^2}{\sum_{i=1}^N (|RU'_{est,i}| + |RU'_{exp,i}|)^2} \right], 0 \leq \delta \leq 1 \quad (17)$$

3.3.2 Armazenamento e avaliação da qualidade fisiológica

Depois do término de cada teste de secagem, foram retiradas amostras para determinação do teor de água final das sementes. Uma parte do material seco foi retirada para determinar o efeito imediato da temperatura de secagem sobre a qualidade fisiológica das sementes, por meio dos testes de vigor e germinação. O restante das sementes foi dividido em quatro partes, que foram devidamente armazenadas e identificadas, sendo utilizadas para avaliação do efeito latente da temperatura de secagem sobre a qualidade fisiológica. Os testes de vigor e germinação foram iniciados depois de 3, 6, 9 e 12 meses de armazenamento. Para o armazenamento foram utilizadas embalagens de vidro. As sementes acondicionadas foram armazenadas a 10 ± 1 °C, em câmara do tipo B.O.D. da marca MARCONI, modelo MA 415. Para se determinar a ocorrência de variação na umidade das sementes ao longo do período de armazenamento, o teor de água das sementes foi novamente determinado ao final de cada período de armazenamento, imediatamente antes de se iniciar os testes de avaliação da qualidade fisiológica.

Os testes de germinação foram feitos em rolo de papel Germitest com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a sua massa e colocadas em germinador com temperatura controlada entre 20 e 30 °C, com fornecimento diário de 8 h de luz. Como estimativa do vigor, realizou-se uma contagem no 14º dia (primeira contagem), em que foi contabilizado o número de plântulas normais fracas, caracterizadas pelo tamanho do hipocótilo igual ou inferior a 2,5 cm e plântulas normais fortes, caracterizadas pelo tamanho do hipocótilo superior a 2,5 cm. Para avaliar o total de germinação, a contagem foi realizada no 28º dia (contagem final), identificando-se o número de plântulas normais – PN, plântulas anormais – PA, sementes deterioradas – Sdet e sementes duras – SD (Brasil, 1992). Cada teste de germinação foi desenvolvido utilizando-se 400 sementes. Desta forma, como cada semente constituiu uma unidade experimental, pode-se afirmar que para cada condição foram utilizadas 400 repetições. Para avaliar

todas as condições estudadas, foram necessárias aproximadamente 60.000 sementes. Além disso, como estimativa de vigor, também foram realizados testes de condutividade elétrica para todas as situações estudadas. Os testes foram feitos utilizando-se quatro repetições de 50 sementes, pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g, embebidas em 75 ml de água destilada durante 24 h a 25 °C (Vieira e Krzyzanowski, 1999). A condutividade foi medida em condutímetro da marca Instrutherm, modelo CD - 820. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de sementes.

A interpretação dos resultados para os testes de vigor (primeira contagem) e teste de germinação foi realizada mediante Análise de Amostragem Simples ao Acaso, utilizando-se o método de porcentagem e proporção de sementes germinadas, com obtenção de Intervalos de Confiança (IC) em nível de 95% de probabilidade. As amostras foram consideradas representativas para uma população infinita de indivíduos em cada uma das condições, considerando $a = 5\%$ e $d = 10\%$ em torno da média. Desta forma, os intervalos disjuntos caracterizam diferentes proporções das características vigor e germinação. Para a análise do vigor mediante teste de condutividade elétrica, foi realizada uma ANOVA com o intuito de averiguar possível influência dos fatores estudados, ou seja, umidade inicial, temperatura e tempo de armazenamento. Esta análise foi realizada em Delineamento Inteiramente Casualizado, com 5% de probabilidade. Posteriormente, os fatores também foram analisados por meio de Amostragem Simples ao Acaso.

3.3.3 Classificação das sementes quanto à tolerância ao grau de dessecação

Como mostrado anteriormente, ainda persistem dúvidas sobre a classificação das sementes de mamão quanto à tolerância à desidratação durante o armazenamento sob baixas temperaturas. Os trabalhos encontrados na literatura apresentam resultados que não permitem uma conclusão clara e objetiva quanto à classificação das sementes de mamão quanto à tolerância ao grau de dessecação. Desta forma, utilizou-se os procedimentos do protocolo descrito no fluxograma mostrado na Figura 3 (Hong e Ellis, 1996) para verificar se o seu comportamento se aproximou mais daquele de sementes classificadas como ortodoxas, recalcitrantes ou intermediárias.

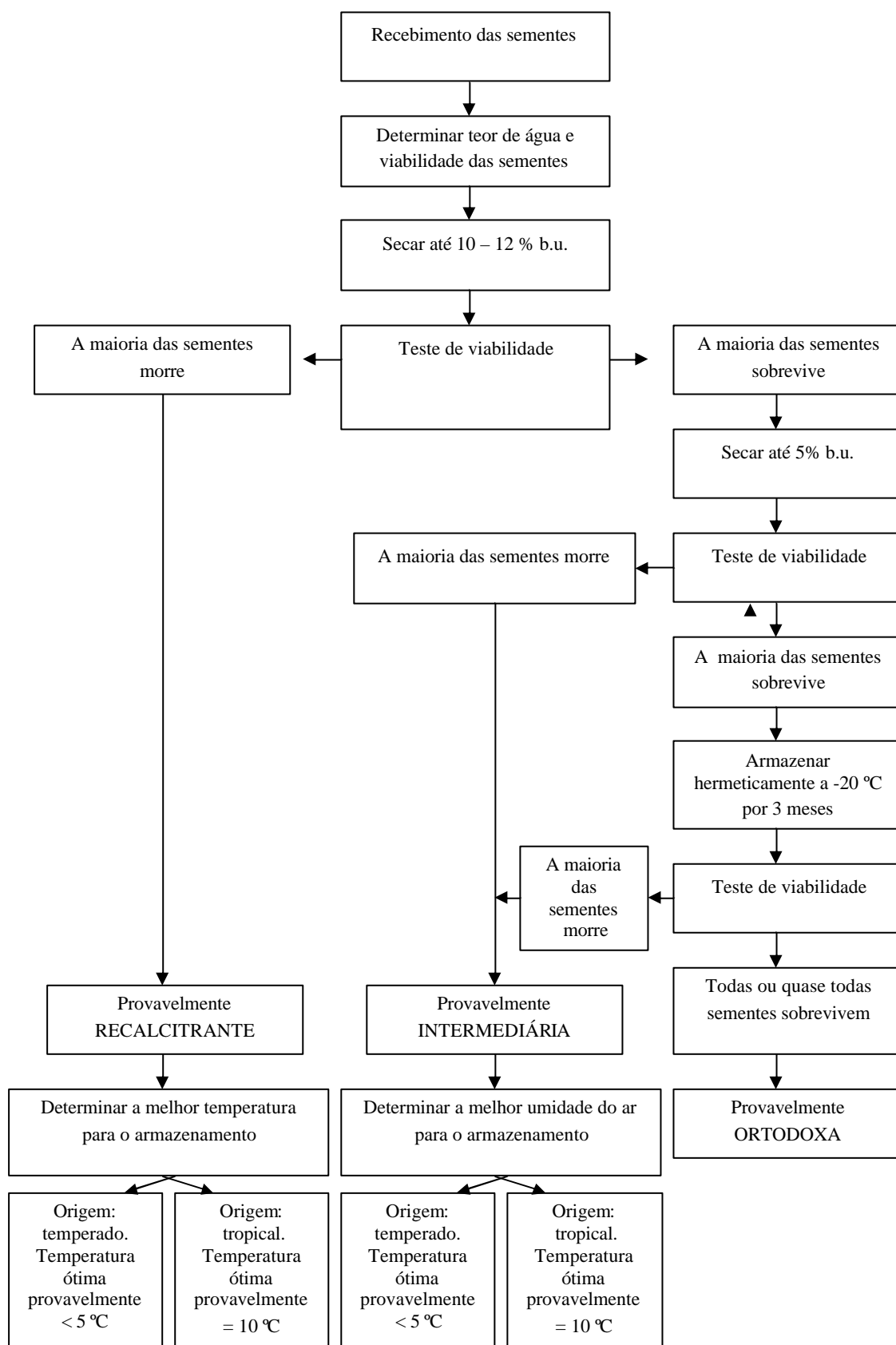


Figura 3. Fluxograma de um protocolo simplificado para classificação de sementes quanto à tolerância à dessecação. Fonte: Hong e Ellis (1996).

Para a realização desta etapa do trabalho, utilizou-se 23 frutos da geração F2 do Híbrido UENF-CALIMAN 01 (F2 do híbrido UC-01) e 23 frutos de mamão do grupo Solo (Golden). A origem dos frutos e procedimentos utilizados para obtenção das sementes foram os mesmos citados nos itens 3.1 e 3.2. Os frutos F2 do híbrido UC-01 permaneceram sobre bancada, expostos às condições do ambiente, durante oito dias, enquanto os frutos do grupo solo permaneceram nas mesmas condições por onze dias, procedimento necessário para atingirem o estágio de maturação cinco.

Para a redução do teor de água inicial até valores entre 10 – 12% b.u., as sementes foram dispostas sobre uma peneira de malha de aço e colocadas sobre a bandeja de um secador de fluxo tangencial com a temperatura do ar controlada a 36 °C e velocidade de aproximadamente 0,8 m.s⁻¹, durante 4 h. Em seguida, as sementes foram distribuídas em três bandejas e transferidas para o outro secador, com fluxo de ar ascendente, por mais dez minutos, a 37 °C e velocidade de aproximadamente 0,8 m.s⁻¹. A redução do teor de água das sementes durante a secagem foi monitorada por gravimetria, determinando-se a redução da massa de cada conjunto (bandeja + sementes) colocados no secador.

Ao atingir o teor de água pretendido (10 – 12% b.u.), as sementes das bandejas foram misturadas e o lote foi dividido em duas partes. A primeira parte foi utilizada para realização dos testes de determinação do teor de água e avaliação da qualidade fisiológica das sementes, mediante teste padrão de germinação realizado imediatamente após a secagem. A segunda parte foi devidamente acondicionada em frasco de vidro com tampa de plástico rosqueável e vedados com Parafilm. Estas sementes foram utilizadas para determinação do teor de água final e avaliação da qualidade fisiológica após os três meses de armazenamento, em freezer a -20 °C.

A segunda parte do lote permaneceu no secador até atingir teor de água de aproximadamente 5% b.u. Como não foi possível chegar a este nível no mesmo dia, as sementes foram transferidas para um frasco de vidro com tampa de plástico rosqueável, com capacidade de 3275 ml e vedado com Parafilm, acondicionado em câmara do tipo B.O.D. a 10 °C até o dia seguinte, quando deu-se continuidade ao trabalho de secagem. Ao se atingir o teor de água final desejado, realizou-se a determinação do teor de água final das sementes e montou-se o teste de avaliação da qualidade fisiológica, que serviu para identificar

as condições das sementes imediatamente após a secagem. O restante das sementes foi devidamente acondicionado em frasco de vidro e submetido às mesmas condições citadas no parágrafo anterior.

Os procedimentos utilizados para determinação do teor de água e avaliação da qualidade fisiológica das sementes foram desenvolvidos seguindo os mesmos métodos citados anteriormente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Secagem das sementes de mamão

Os valores médios de temperatura e razão da mistura do ar ambiente, as condições iniciais e finais das sementes de mamão F2 do híbrido UC-01 com teor de água inicial alto, os parâmetros de secagem utilizados nos testes experimentais e seus resultados para temperaturas do ar de secagem de 35, 40, 45, 50, 55 e 60 °C podem ser observados na Tabela 3. Os testes quatro e seis foram realizados como testes adicionais aos testes três e cinco, respectivamente. Esta medida foi adotada com o intuito de se obter maior quantidade de material para realização dos testes de vigor e germinação, proporcionando assim maior confiabilidade dos resultados. Os valores correspondentes para as sementes de mamão F2 do híbrido UC-01 com teor de água inicial baixo encontram-se dispostos na Tabela 4.

Os valores correspondentes para as sementes de mamão Golden, com teor de água inicial alto e baixo, respectivamente, podem ser observados nas Tabelas 5 e 6. Para estas sementes não constatou-se a necessidade do desenvolvimento de testes adicionais.

Tabela 3. Condições médias do ar ambiente e de secagem, condições iniciais e finais do produto e tempo de secagem para as sementes de mamão da geração F2 do híbrido UC-01 com teor de água inicial alto.

Teste:	1	2	3	4	5	6	7	8
Temperatura pretendida, °C:	35	40	45	45	50	50	55	60
Condição do ar ambiente:								
Temperatura, °C	29,1±0,7	28,6±0,5	29,2±0,3	26,6±0,5	27,7±0,5	28,3±0,6	32,2±0,4	31,0±0,6
Razão da mistura, kg.kg ⁻¹	0,016±0,001	0,017±0,001	0,017±0,000	0,012±0,000	0,017±0,000	0,012±0,000	0,017±0,000	0,017±0,000
Condição do ar de secagem:								
Temperatura, °C	34,9±0,5	40,2±0,5	44,5±1,0	44,9±1,4	49,7±0,8	49,6±1,5	54,2±1,7	58,1±0,5
Velocidade do ar, m.s ⁻¹	0,66±0,01	0,69±0,04	0,68±0,01	0,68±0,01	0,70±0,02	0,69±0,01	0,66±0,03	0,63±0,3
Vazão específica do ar, m ³ .s ⁻¹ .m ⁻²	39,7±0,7	41,3±2,3	40,7±0,7	41,0±0,8	41,9±1,2	41,4±0,9	39,5±1,5	38,0±1,5
Condições iniciais do produto:								
Temperatura, °C	29,1±0,7	28,6±0,5	29,2±0,3	26,6±0,5	27,7±0,5	28,3±0,6	32,2±0,4	31,0±0,6
Teor de água, %b.u.	57,24±0,3	56,39±0,4	57,28±0,3	58,66±0,3	57,28±0,3	57,71±0,9	47,35±1,0	47,35±1,0
Condições finais do produto:								
Teor de água, %b.u.								
Imediatamente após a secagem	7,29±0,3	8,66±0,6	7,25±0,2	6,40±0,3	6,56±0,4	6,34±0,6	8,43±0,5	7,63±0,5
Após 3 meses de armazenamento	7,61±0,2	7,89±0,2	6,66±0,3	6,88±0,1	8,05±0,1	8,94±0,2	7,98±0,1	7,72±0,2
Após 6 meses de armazenamento	6,51±0,6	7,68±0,5	6,28±0,1	7,39±0,2	6,07±0,3	6,36±0,2	8,85±0,1	7,67±0,1
Após 9 meses de armazenamento	7,02±0,5	7,77±0,3	6,93±0,4	5,85±0,2	6,69±0,4	6,68±0,2	7,49±0,4	8,18±0,5
Após 12 meses de armazenamento	15,25±0,2	8,14±0,2	11,76±0,2	19,64±1,2	10,13±0,0	7,23±0,5	8,16±0,2	8,76±0,1
Tempo de secagem:								
Tempo, h	8,00	3,17	3,25	3,17	2,25	1,83	1,17	0,92

Tabela 4. Condições médias do ar ambiente e de secagem, condições iniciais e finais do produto e tempo de secagem para as sementes de mamão da geração F2 do híbrido UC-01 (F2) com teor de água inicial baixo.

Teste:	1	2	3	4	5	6
Temperatura pretendida, °C:	35	40	45	50	55	60
Condição do ar ambiente:						
Temperatura, °C	28,9±0,5	31,4±0,8	28,6±0,1	29,8±0,1	33,6±0,0	29,8±0,6
Razão da mistura, kg.kg ⁻¹	0,016±0,000	0,018±0,000	0,013±0,000	0,014±0,000	0,016±0,000	0,015±0,000
Condição do ar de secagem:						
Temperatura, °C	35,5±0,7	40,5±0,8	45,3±0,5	51,5±0,5	55,0±0,0	61,5±1,5
Velocidade do ar, m.s ⁻¹	0,64±0,04	0,67±0,03	0,70±0,00	0,70±0,0	0,72±0,00	0,65±0,00
Vazão específica do ar, m ³ .s ⁻¹ .m ⁻²	38,4±2,5	39,9±1,8	42,2±0,3	42,0±0,1	43,3±0,0	39,3±0,2
Condições iniciais do produto:						
Temperatura, °C	28,9±0,5	31,4±0,8	28,6±0,1	29,8±0,1	33,6±0,0	29,8±0,6
Teor de água, %b.u.	11,35±0,1	11,35±0,1	10,46±0,2	10,46±0,2	11,09±0,2	11,37±0,1
Condições finais do produto:						
Teor de água, %b.u.						
Imediatamente após a secagem	7,51±0,1	6,34±0,5	5,99±0,3	5,96±0,2	5,16±0,2	5,50±0,0
Após 3 meses de armazenamento	7,73±0,3	6,25±0,2	7,02±0,2	5,95±0,1	6,62±0,3	5,12±0,6
Após 6 meses de armazenamento	7,15±0,3	6,27±0,1	7,57±0,4	5,87±0,3	6,57±0,1	6,45±0,6
Após 9 meses de armazenamento	7,16±0,2	7,16±0,3	6,66±0,0	5,02±0,1	6,47±0,1	6,76±0,3
Após 12 meses de armazenamento	11,79±0,2	10,70±0,1	9,33±0,2	12,62±0,3	8,27±0,3	6,48±0,3
Tempo de secagem:						
Tempo, h	1,50	1,67	0,17	0,08	0,08	0,08

Tabela 5. Condições médias do ar ambiente e de secagem, condições iniciais e finais do produto e tempo de secagem para as sementes de mamão Golden com teor de água inicial alto.

Teste:	1	2	3	4	5	6
Temperatura pretendida, °C:	35	40	45	50	55	60
Condição do ar ambiente:						
Temperatura, °C	31,9±0,7	31,5±0,2	32,3±0,2	30,0±0,6	33,7±0,3	34,2±0,3
Razão da mistura, kg.kg ⁻¹	0,018±0,001	0,016±0,0001	0,017±0,001	0,020±0,001	0,018±0,001	0,019±0,000
Condição do ar de secagem:						
Temperatura, °C	35,5±1,0	40,0±0,9	44,8±0,6	49,8±1,5	54,7±2,2	59,6±1,2
Velocidade do ar, m.s ⁻¹	0,70±0,01	0,69±0,03	0,67±0,01	0,67±0,02	0,69±0,01	0,63±0,02
Vazão específica do ar, m ³ .s ⁻¹ .m ⁻²	42,0±0,7	41,2±1,8	40,2±0,8	40,4±1,0	41,1±0,7	37,9±1,0
Condições iniciais do produto:						
Temperatura, °C	31,9±0,7	31,5±0,2	32,3±0,2	30,0±0,6	33,7±0,3	34,2±0,3
Teor de água, %b.u.	51,88±1,11	56,07±0,6	56,07±0,6	51,88±1,10	56,07±0,6	51,88±1,9
Condições finais do produto:						
Teor de água, %b.u.						
Imediatamente após a secagem	6,26±0,2	7,2±0,3	8,93±0,0	6,05±0,2	8,96±0,6	5,58±0,2
Após 3 meses de armazenamento	6,52±0,4	7,66±0,6	8,78±0,2	6,04±0,5	8,26±0,2	6,71±0,5
Após 6 meses de armazenamento	6,76±0,2	7,63±0,3	8,89±0,3	5,93±0,2	8,69±0,2	6,64±0,4
Após 9 meses de armazenamento	6,41±0,3	7,9±0,3	10,08±0,4	7,69±0,3	9,59±0,1	6,77±0,3
Após 12 meses de armazenamento	6,03±0,1	8,69±0,1	9,25±0,0	15,26±0,4	12,33±0,3	8,53±0,2
Tempo de secagem:						
Tempo, h	9,50	3,42	1,50	2,33	0,83	1,00

Tabela 6. Condições médias do ar ambiente e de secagem, condições iniciais e finais do produto e tempo de secagem para as sementes de mamão Golden com teor de água inicial baixo.

Teste:	1	2	3	4	5	6
Temperatura pretendida, °C:	35	40	45	50	55	60
Condição do ar ambiente:						
Temperatura, °C	31,5±1,3	31,9±0,1	34±0,1	32,3±0,1	32,3±0,0	34,0±0,1
Razão da mistura, kg.kg ⁻¹	0,019±0,000	0,014±0,000	0,020±0,000	0,014±0,000	0,015±0,000	0,019±0,000
Condição do ar de secagem:						
Temperatura, °C	35,2±0,4	40,2±0,4	44,8±0,7	49,5±0,5	54,5±0,5	59,5±0,5
Velocidade do ar, m.s ⁻¹	0,67±0,02	0,66±0,01	0,67±0,0	0,77±0,03	0,66±0,01	0,62±0,0
Vazão específica do ar, m ³ .s ⁻¹ .m ⁻²	40,1±1,5	39,5±0,5	40,2±0,3	45,9±1,9	39,7±0,4	37,2±0,1
Condições iniciais do produto:						
Temperatura, °C	31,5±1,3	31,9±0,1	34±0,1	32,3±0,1	32,3±0,0	34,0±0,1
Teor de água, %b.u.	11,87±0,0	10,12±0,6	11,87±0,1	10,12±0,7	10,12±0,5	11,04±1,2
Condições finais do produto:						
Teor de água, %b.u.						
Imediatamente após a secagem	6,44±0,2	6,24±0,6	6,87±0,2	4,3±0,1	5,45±0,7	4,8±0,3
Após 3 meses de armazenamento	6,62±0,7	6,88±0,4	7,31±0,6	5,18±0,2	6,67±0,4	5,69±0,3
Após 6 meses de armazenamento	7,51±0,1	6,28±0,5	6,68±0,3	5,52±0,3	6,86±0,1	6,47±0,1
Após 9 meses de armazenamento	7,85±0,2	7,53±0,4	6,69±0,3	8,00±0,3	7,77±0,1	5,35±0,1
Após 12 meses de armazenamento	7,95±0,3	9,10±0,5	10,40±0,3	5,27±0,2	8,08±0,2	4,85±0,1
Tempo de secagem:						
Tempo, h	3,00	0,33	0,33	0,25	0,08	0,08

Os dados experimentais do teor de água em função do tempo de secagem para as sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, submetido à secagem por convecção nas temperaturas de 35, 40, 45, 50, 55 e 60 °C e vazão específica do ar de secagem de aproximadamente $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$, com teor de água inicial alto e baixo, respectivamente, podem ser observados nas Figuras 4 e 5. Os valores correspondentes para a secagem de sementes de mamão Golden, com teor de água inicial alto e baixo, respectivamente, encontram-se nas Figuras 6 e 7.

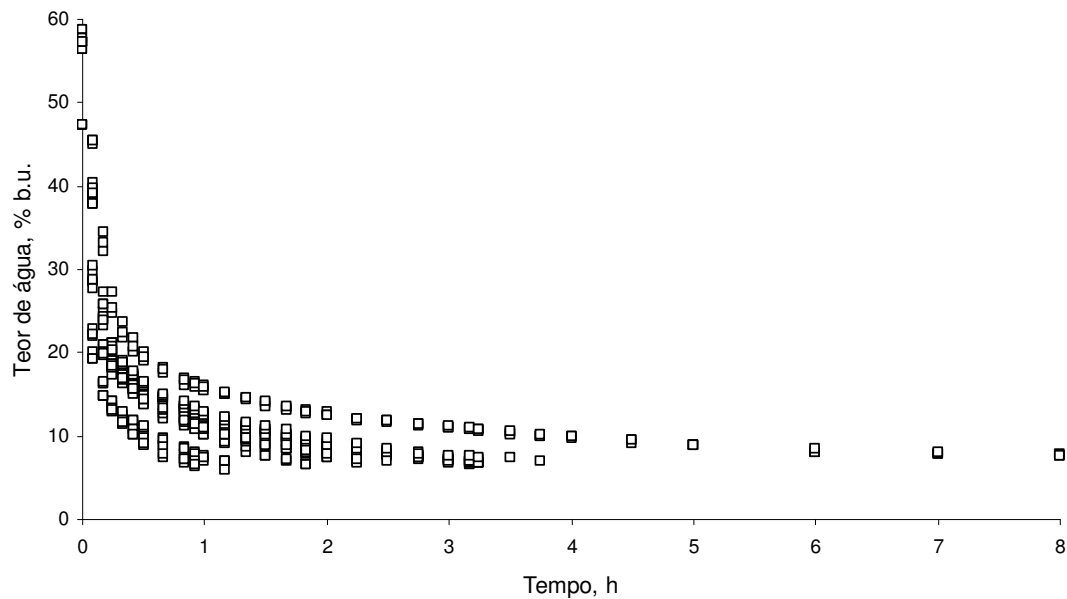


Figura 4. Dados experimentais da secagem por convecção de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, em temperaturas de 35, 40, 45, 50, 55 e 60 °C e vazão específica do ar de aproximadamente $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$, com teor de água inicial alto.

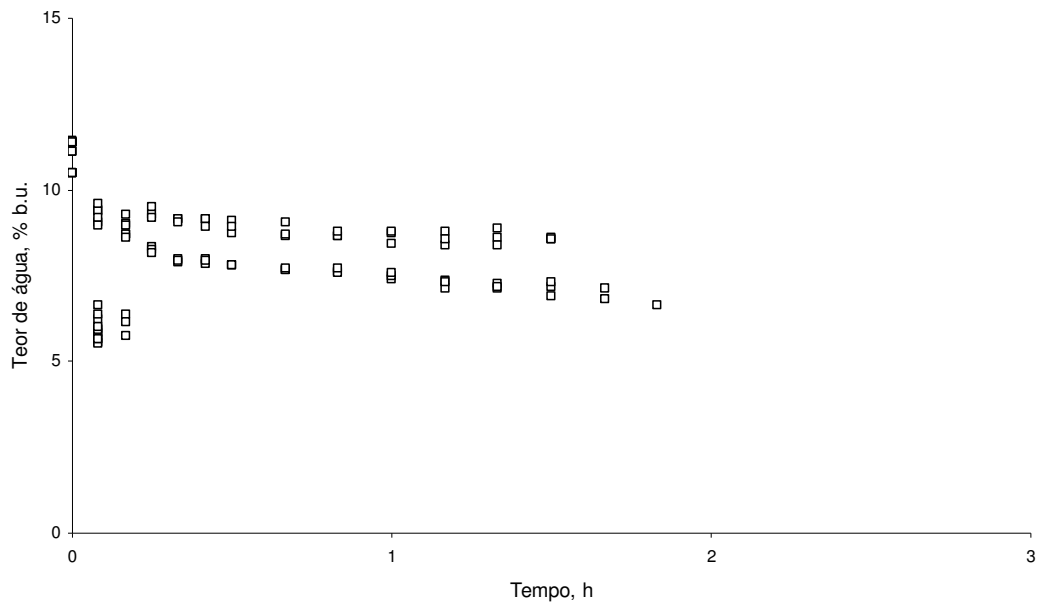


Figura 5. Dados experimentais da secagem por convecção de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, em temperaturas de 35, 40, 45, 50, 55 e 60 °C e vazão específica do ar de aproximadamente $40 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-2}$, com teor de água inicial baixo.

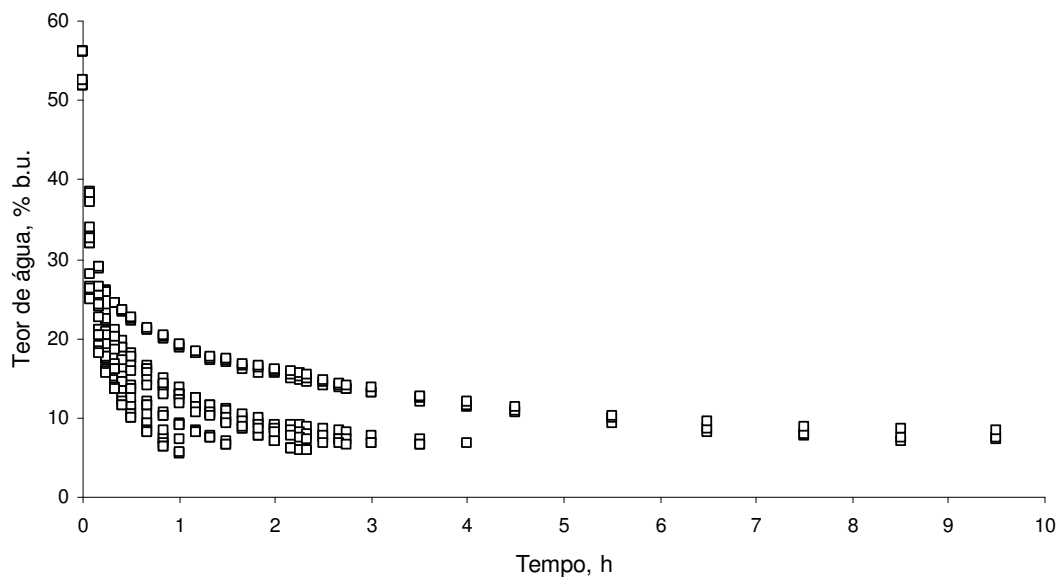


Figura 6. Dados experimentais da secagem por convecção de sementes de mamão Golden, em temperaturas de 35, 40, 45, 50, 55 e 60 °C e vazão específica do ar de aproximadamente $40 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-2}$, com teor de água inicial alto.

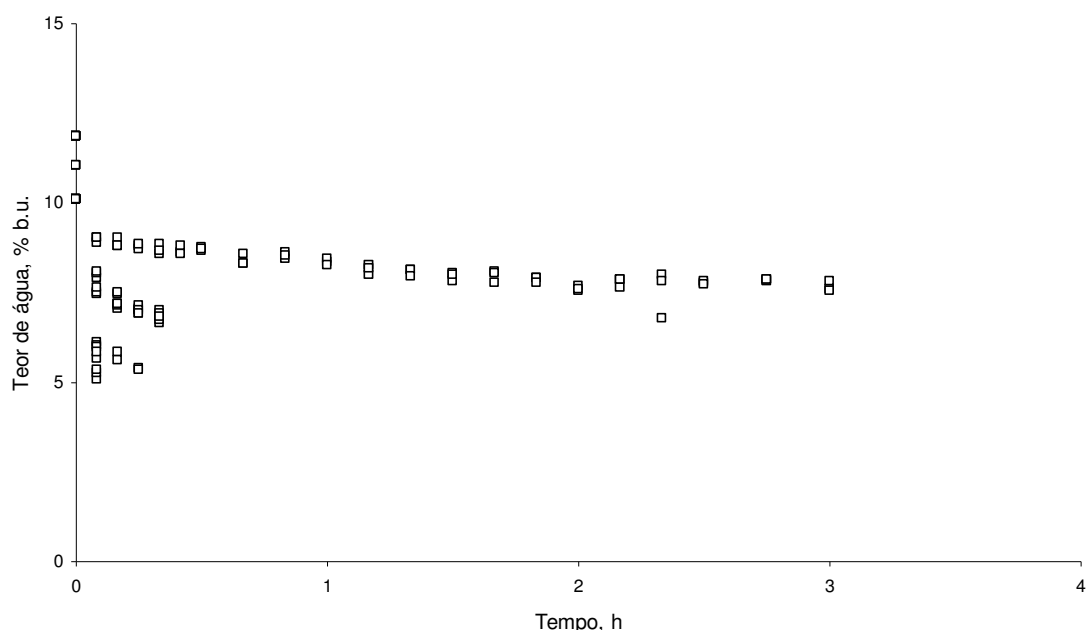


Figura 7. Dados experimentais da secagem por convecção de sementes de mamão Golden, em temperaturas de 35, 40, 45, 50, 55 e 60 °C e vazão específica do ar de aproximadamente $40 \text{ m}^3\text{s}^{-1}\text{m}^{-2}$, com teor de água inicial baixo.

Nas Figuras 8 e 9 é possível observar a representação gráfica das curvas de secagem de sementes de mamão híbrido UC-01, para as temperaturas de 35, 40, 45, 50, 55 e 60 °C, com teor de água inicial alto e baixo, respectivamente. Cada curva apresentada nos gráficos foi originada da média de valores de três curvas de secagem.

Na Figura 8, confirmando o que já era esperado, observou-se uma relação inversamente proporcional entre a temperatura utilizada para a secagem das sementes e o tempo gasto para que as mesmas atingissem o teor de água final desejado. As sementes secadas a 60 °C demoraram 0,1 h a mais que as sementes secadas a 55 °C para atingirem o mesmo teor de água final. Porém, deve-se ressaltar que o teor de água inicial das sementes secadas a 60 °C era aproximadamente três pontos percentuais mais elevado que o das sementes secadas a 55 °C. Para realizar a secagem a 35 °C, o tempo necessário para reduzir o teor de água inicial de cerca de 63,0 para 8,2% foi de aproximadamente 4,2 h. Ao se elevar a temperatura para 40 °C, observou-se uma redução no tempo

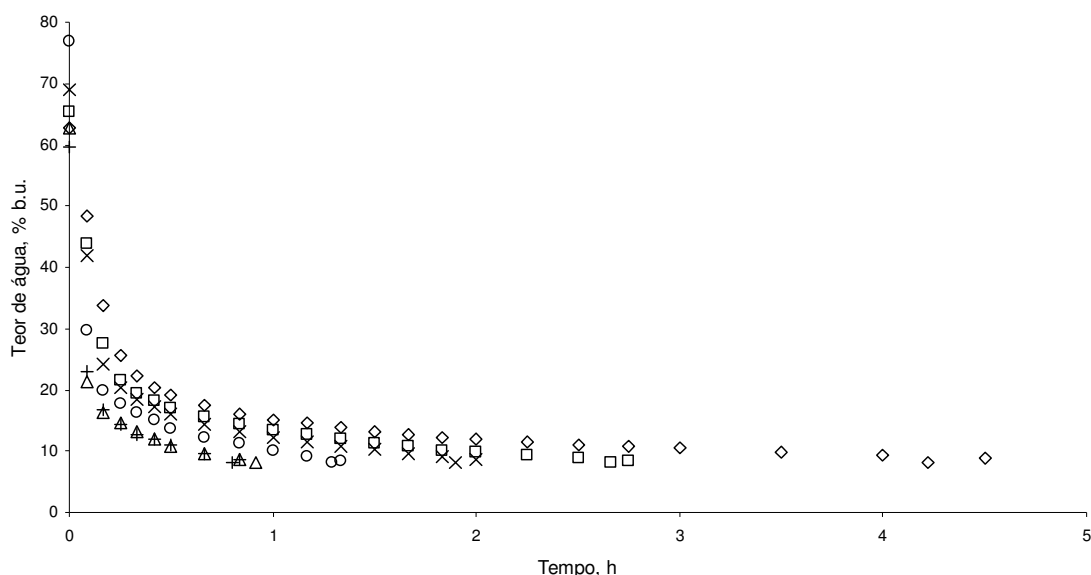


Figura 8. Efeito da temperatura do ar no tempo de secagem das sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, com teor de água inicial alto. ◇, 35; □, 40; X, 45; O, 50; +, 55 e Δ, 60 °C.

de secagem de cerca de 35%. Quando a temperatura do ar foi elevada para 45 °C, a redução no tempo de secagem foi ainda maior, cerca de 55%. Aumentando-se para 50 e em seguida para 55 °C, as reduções foram de aproximadamente 70 e 80%, respectivamente.

Para as sementes de mamão híbrido UC-01, com teor de água inicial baixo, também foi observada relação inversamente proporcional entre a temperatura e o tempo de secagem. Porém, entre as sementes secadas a 45, 50, 55 e 60 °C, praticamente não se identificou diferença significativa no tempo de secagem das mesmas (Figura 9). Ao se elevar a temperatura do ar de secagem de 35 para 40 °C, a redução no tempo de secagem foi de aproximadamente 67%. Quando acrescentou-se mais 5 °C na temperatura do ar de secagem, a redução no tempo foi ainda mais considerável, cerca de 93%. A partir daí, à medida em que a temperatura era elevada de 5 em 5 °C, até os 60 °C, praticamente não se observou diferença significativa no tempo de secagem.

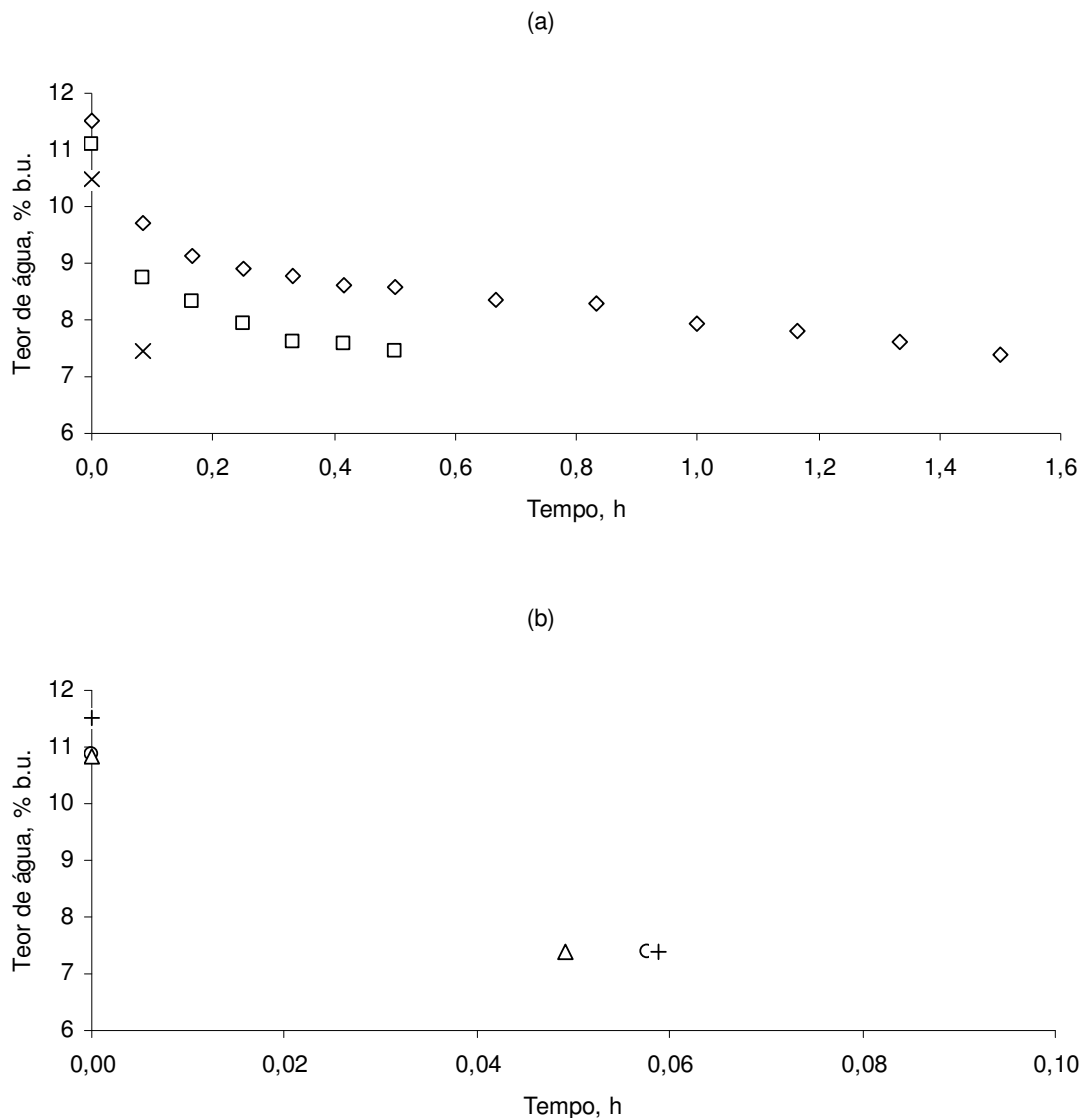


Figura 9. Efeito da temperatura do ar no tempo de secagem das sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, com teor de água inicial baixo. (a) \diamond , 35; \square , 40; X, 45; e (b) \circ , 50; +, 55 e Δ , 60 °C.

Quanto à secagem das sementes de mamão Golden, com teor de água inicial alto, também foi observada relação inversamente proporcional entre a temperatura do ar de secagem e o tempo gasto para realizar a secagem das sementes até teor de água final de 8,7% b.u. (Figura 10). A diferença mais expressiva entre duas temperaturas consecutivas, em relação ao tempo de secagem, foi observada quando se alterou a temperatura do ar de 35 para 40 °C, proporcionando uma redução da ordem de aproximadamente 55%. Com a

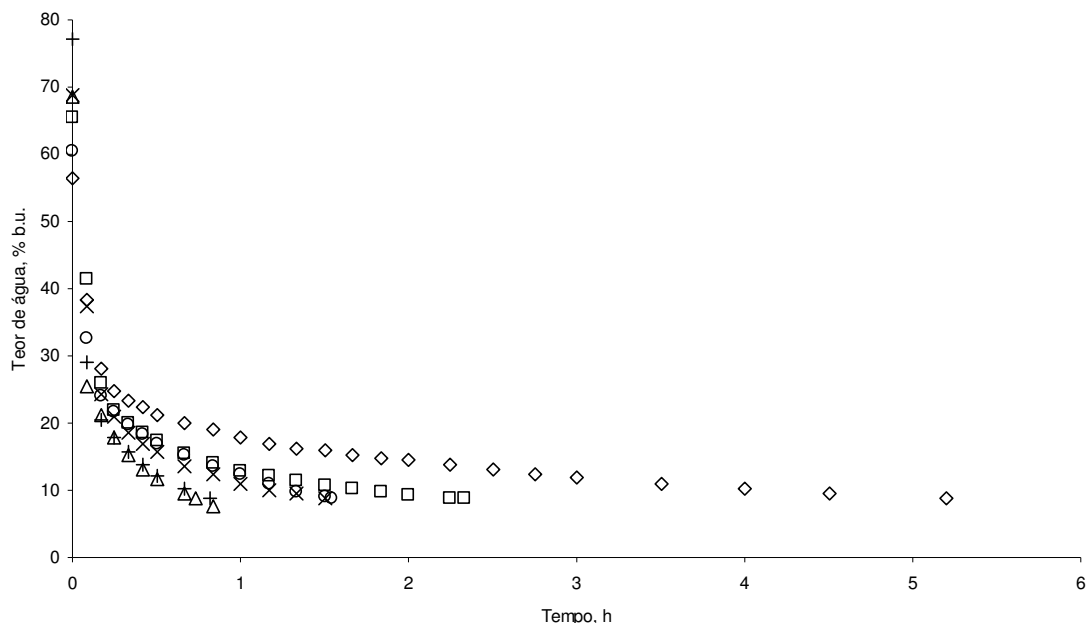


Figura 10. Efeito da temperatura do ar no tempo de secagem das sementes de mamão Golden, com teor de água inicial alto. ◇, 35; □, 40; X, 45; O, 50; +, 55 e Δ, 60 °C.

elevação da temperatura para 45 °C, a redução no tempo de secagem foi de 71% em relação a 35 °C. Porém, não foi observada diferença no tempo de secagem quando se trabalhou com temperaturas de 45 e 50 °C. Também não se observou diferença entre as temperaturas de 55 e 60 °C. A redução no tempo de secagem entre as temperaturas de 35 °C e 55 ou 60 °C foi de cerca de 85%. O tempo médio gasto para realizar a secagem a 35 °C foi de aproximadamente 5,2 h. Para as secagens realizadas com este lote de sementes, considerou-se o teor de água final de 8,7% b.u.

Com relação à secagem das sementes de mamão Golden, com teor de água inicial baixo, observa-se que o tempo médio requerido para atingir o teor de água final de 6,3% b.u. foi de 3,0 h. A elevação da temperatura do ar de secagem em 5 °C proporcionou uma redução no tempo de secagem de aproximadamente 90%. Quando a secagem foi realizada com temperatura de 45 °C, a redução no tempo de secagem, em relação à de 35 °C, foi de aproximadamente 93%. Para a secagem realizada a 50 °C, a redução no tempo de secagem foi da ordem de 97%, não havendo diferença entre essa e as realizadas a 55 e 60 °C (Figura 11).

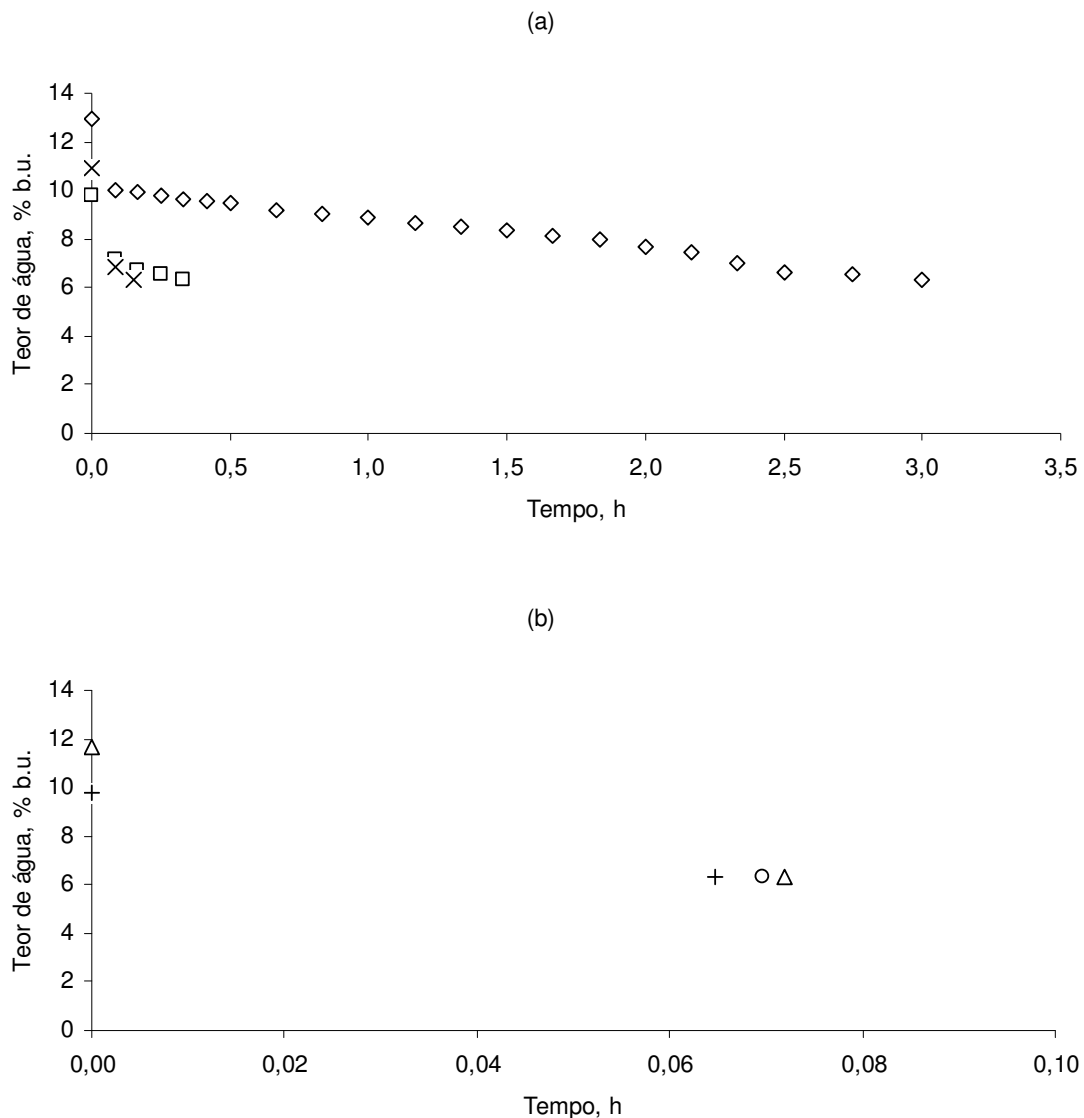


Figura 11. Efeito da temperatura do ar no tempo de secagem das sementes de mamão Golden, com teor de água inicial baixo. (a) ◇, 35; □, 40; X, 45; e (b) O, 50; +, 55 e Δ, 60 °C.

4.2 Avaliação do grau de adequação dos modelos matemáticos às curvas de secagem de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01

Os valores dos parâmetros dos 10 modelos apresentados na Tabela 2, na descrição da secagem por convecção, a 35, 40, 45, 50, 55 e 60 °C, de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, com alto teor de água inicial encontram-se na Tabela A do Apêndice. Os valores correspondentes dos parâmetros estatísticos

(r^2 , REQM, η , ξ e δ) utilizados para avaliar a adequação dos modelos matemáticos aos dados experimentais de secagem encontram-se na Tabela 7.

Considerando-se inicialmente os valores dos coeficientes de determinação dos modelos, observa-se que apenas dois modelos (7 e 9) apresentaram valores de $r^2 < 90\%$, não podendo, portanto, ser considerados satisfatórios para a descrição das curvas de secagem em todo o intervalo de temperatura de secagem avaliado. Quanto ao desempenho dos modelos em função dos valores obtidos para a raiz do erro quadrático médio (REQM), os menores valores foram aqueles obtidos com os modelos 2, 4 e 10, com sensível superioridade desse último em relação aos outros dois. Para o modelo exponencial triplo de seis parâmetros (modelo 10), a raiz do erro quadrático médio variou no intervalo $0,00 \leq \text{REQM} \leq 0,01$. No entanto, quando se avalia erro percentual absoluto médio, verifica-se que apenas o modelo 10 apresenta valores de $\eta \leq 20\%$. O modelo 8, que havia sido escolhido para representar as curvas de secagem das sementes de mamão Golden com alto teor de água inicial, só não o foi para as sementes de mamão F2 do híbrido UC-01 devido ao elevado valor de η (69,20%) para a secagem a 40 °C.

Quando se avalia o desempenho dos demais parâmetros estatísticos, observa-se que o modelo exponencial triplo de seis parâmetros foi o que mais se aproximou do desempenho ideal, com viés médio igual a zero ($\xi = 0$) e índice de ajuste igual a 1 ($\delta = 1$). Portanto, o modelo exponencial triplo de seis parâmetros pode ser considerado, dentre os 10 modelos avaliados, como aquele que melhor representa a curva experimental de secagem em camada fina de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01 com elevado teor de água inicial. Encontram-se, na Figura 12, os dados experimentais e a curvas de secagem obtida a 35° C por meio do modelo exponencial triplo de seis parâmetros. Desempenhos semelhantes foram observados para todas as demais temperaturas de secagem.

A avaliação dos modelos matemáticos de secagem para sementes de mamão F2 do híbrido UC-01 com baixo teor de água inicial foi comparativamente prejudicada, assim como havia ocorrido para as sementes de mamão da cultivar Golden, pois o tempo de secagem para valores de temperatura ≥ 45 °C foi muito reduzido, variando de 5 a 10 min, para redução do teor de água inicial de valores entre 10,5 e 11,4% b.u. para valores entre 5,0 e 6,0% b.u. Isso significa que, para

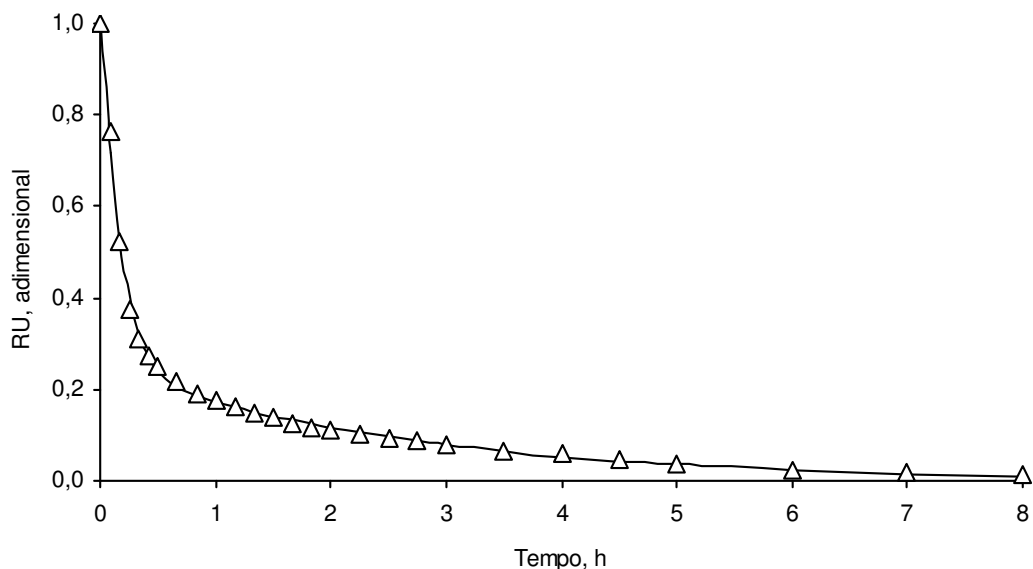


Figura 12. Variação da razão de umidade em função do tempo (Δ , valores experimentais; —, curva estimada pelo modelo exponencial triplo de seis parâmetros), para secagem por convecção, a 35 °C, de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01 com alto teor de água inicial.

essas temperaturas, não havia dados suficientes (dois a três pontos na curva experimental de secagem) para se proceder às regressões não-lineares. Desta forma, para esse teor de água inicial, os modelos apresentados na Tabela 2 foram avaliados apenas para as temperaturas de 35 e 40 °C. Isso pode ser verificado na Tabela B do Apêndice, onde encontram-se os valores dos parâmetros dos 10 modelos matemáticos apresentados na Tabela 2, na descrição da secagem por convecção, a 35 e 40 °C, de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01 com baixo teor de água inicial. Os valores correspondentes dos parâmetros estatísticos (r^2 , REQM, η , ξ e δ) utilizados para avaliar a adequação dos modelos matemáticos aos dados experimentais de secagem encontram-se na Tabela 8.

Considerando-se o coeficiente de determinação como primeiro parâmetro na seleção dos modelos matemáticos, verifica-se que os modelos 2, 4, 7, 8, 9 e 10, poderiam ser considerados satisfatórios na descrição das curvas de secagem. No entanto, ao se observar os valores de REQM, verifica-se que aqueles com melhor desempenho foram os modelos 7, 8, 9 e 10 com valores da raiz do erro quadrático médio REQM = 0,02. Esses mesmos modelos também atendem ao

Tabela 8. Valores dos índices de desempenho (r^2 , REQM, η , ξ e δ) dos 10 modelos matemáticos apresentados na Tabela 1, na descrição da secagem por convecção, a 35, 40, 45, 50, 55 e 60 °C, de sementes de mamão do híbrido UC-01 (F2) com baixo teor de água inicial.

Nº do modelo	Índice de desempenho dos modelos	Valor do índice de desempenho					
		Temperatura de secagem (°C)					
		35	40	45	50	55	60
1	r^2	0,63	0,83	—	—	—	—
	REQM	0,18	0,15	—	—	—	—
	η	32,88	45,32	—	—	—	—
	ξ	0,03	-0,02	—	—	—	—
	δ	0,81	0,91	—	—	—	—
2	r^2	0,99	0,99	—	—	—	—
	REQM	0,02	0,15	—	—	—	—
	η	3,11	45,32	—	—	—	—
	ξ	0,00	-0,02	—	—	—	—
	δ	1,00	0,91	—	—	—	—
3	r^2	0,55	0,75	—	—	—	—
	REQM	0,11	0,10	—	—	—	—
	η	14,20	21,87	—	—	—	—
	ξ	0,00	-0,01	—	—	—	—
	δ	0,84	0,93	—	—	—	—
4	r^2	0,91	0,92	—	—	—	—
	REQM	0,05	0,06	—	—	—	—
	η	8,85	17,25	—	—	—	—
	ξ	0,00	0,00	—	—	—	—
	δ	0,98	0,98	—	—	—	—
5	r^2	0,55	0,75	—	—	—	—
	REQM	0,11	0,23	—	—	—	—
	η	14,20	73,74	—	—	—	—
	ξ	0,00	-0,21	—	—	—	—
	δ	0,84	0,80	—	—	—	—
6	r^2	0,68	0,87	—	—	—	—
	REQM	0,15	0,12	—	—	—	—
	η	27,08	36,32	—	—	—	—
	ξ	0,03	0,00	—	—	—	—
	δ	0,86	0,94	—	—	—	—
7	r^2	0,98	0,99	—	—	—	—
	REQM	0,02	0,02	—	—	—	—
	η	3,79	5,61	—	—	—	—
	ξ	0,00	0,00	—	—	—	—
	δ	1,00	1,00	—	—	—	—
8	r^2	0,98	0,99	—	—	—	—
	REQM	0,02	0,02	—	—	—	—
	η	3,79	5,63	—	—	—	—
	ξ	0,00	0,00	—	—	—	—
	δ	1,00	1,00	—	—	—	—
9	r^2	0,98	0,99	—	—	—	—
	REQM	0,02	0,02	—	—	—	—
	η	3,79	5,61	—	—	—	—
	ξ	0,00	0,00	—	—	—	—
	δ	1,00	1,00	—	—	—	—
10	r^2	0,99	0,99	—	—	—	—
	REQM	0,02	0,02	—	—	—	—
	η	2,15	5,22	—	—	—	—
	ξ	0,00	0,00	—	—	—	—
	δ	1,00	1,00	—	—	—	—

critério de apresentarem erro percentual absoluto médio consideravelmente inferior a 20%. De fato o valor desse parâmetro variou entre $2,15 \leq \eta \leq 5,63$, evidenciando que, quanto a esse parâmetro, qualquer deles poderia ser considerado adequado na representação das curvas de secagem. Além disso, o desempenho dos modelos 7, 8, 9 e 10, também se aproxima do ideal, pois apresentam viés médio igual a zero ($\xi = 0$) e índice de ajuste igual a 1 ($\delta = 1$). Portanto, estes quatro modelos podem ser considerados como aqueles que melhor representam as curvas experimentais de secagem em camada fina, a 35 e 40 °C, de sementes de mamão F₂ do híbrido UC-01 com baixo teor de água inicial. Encontram-se, nas Figuras 13 e 14, os dados experimentais e as curvas de secagem obtidas a 35° C por meio do modelo exponencial duplo de três parâmetros, $RU = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kbt)$, e exponencial duplo de quatro parâmetros, $RU = a \exp(-k_0t) + b \exp(-k_1t)$. Desempenhos semelhantes foram observados para secagem a 45 °C. A representação gráfica do desempenho dos modelos de Verma e colaboradores, $RU = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-gt)$, e exponencial triplo de seis parâmetros, $RU = a \exp(-kt) + b \exp(-gt) + c \exp(-ht)$, foram semelhantes àsquelas apresentadas nas Figuras 13 e 14 para ambas temperaturas.

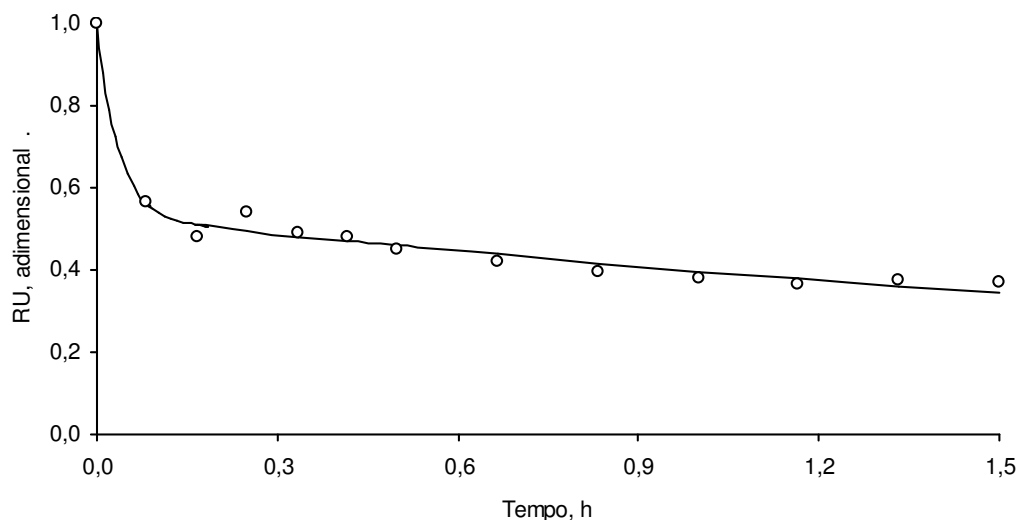


Figura 13. Variação da razão de umidade em função do tempo (O, valores experimentais; —, curva estimada pelo modelo exponencial duplo de três parâmetros), para secagem por convecção, a 35 °C, de sementes de mamão F₂ do híbrido UC-01 com baixo teor de água inicial.

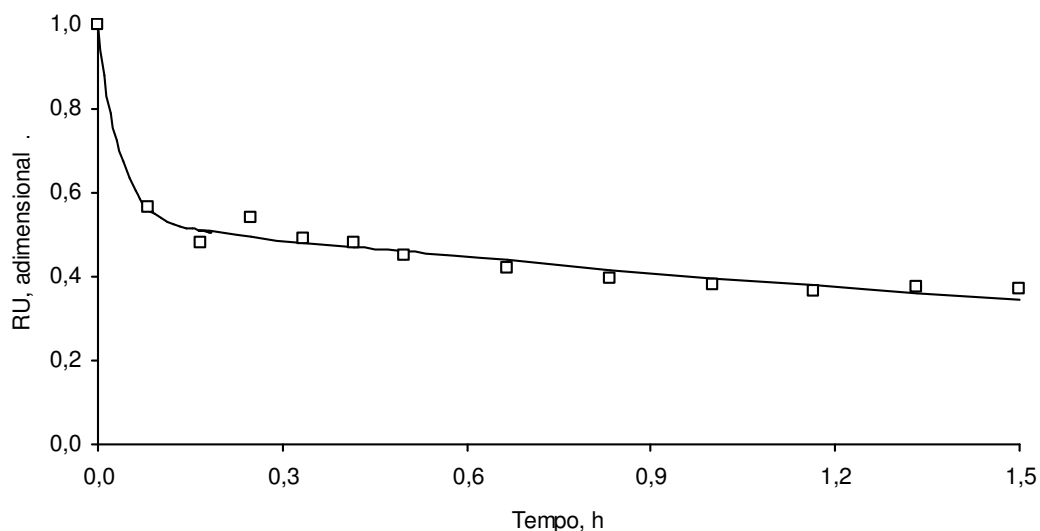


Figura 14. Variação da razão de umidade em função do tempo (\square , valores experimentais; —, curva estimada pelo modelo exponencial duplo de quatro parâmetros), para secagem por convecção, a 35 °C, de sementes de mamão do híbrido UC-01 (F2) com baixo teor de água inicial.

Valores de η inferiores a 10% na escolha dos modelos mais satisfatórios na descrição das curvas de secagem de diversos produtos agrícolas foram relatados por Abalone et al. (2006) e Corrêa et al. (2007). No presente estudo, nos procedimentos de escolha dos melhores modelos, apenas na secagem de sementes de mamão Golden com baixo teor de água inicial, obteve-se valor de η superior a 10%. Para secagem a 35°C, o modelo que apresentou o melhor desempenho, modelo de Page, produziu erro percentual absoluto médio $\eta = 15,45$.

De acordo com Gunhan et al. (2005), o modelo mais acurado é aquele que possui viés médio ξ mais próximo do valor zero. Novamente, de todas as condições avaliadas no presente trabalho, à exceção daquela mencionada no parágrafo anterior, em que $\xi = 0,04$, todos os demais modelos escolhidos apresentaram viés médio igual a 0,00 ou 0,01. Portanto, todos os modelos considerados adequados até o momento na representação das curvas de secagem podem ser considerados aqueles que descrevem com maior grau de acurácia a secagem de sementes de mamão da cultivar Golden e sementes F2 do

híbrido UC-01. Esse resultado é corroborado pelos valores do índice de ajuste, que variaram no intervalo $0,99 \leq \delta \leq 1,00$, evidenciando que os modelos escolhidos possuem desempenho semelhante na descrição da curva de secagem das sementes.

No presente trabalho, foram obtidos valores elevados do coeficiente de determinação para diversos dos modelos testados. Entretanto, o fato de a maioria dos modelos ter sido considerada inadequada para a descrição acurada do processo de secagem de amostras de abacaxi, depois de seu desempenho ter sido também avaliado pelos demais parâmetros estatísticos, sugere-se que a utilização exclusiva do r^2 para a comparação desses modelos pode não ser um procedimento correto. Proposição similar foi feita por Chen e Wu (2001) e por Abalone et al. (2006).

4.3 Avaliação do grau de adequação dos modelos matemáticos às curvas de secagem de sementes de mamão da cultivar Golden

Os valores dos parâmetros dos 10 modelos matemáticos apresentados na Tabela 2, na descrição da secagem por convecção, a 35, 40, 45, 50, 55 e 60 °C, de sementes de mamão da cultivar Golden, com alto teor de água inicial, encontram-se na Tabela C do Apêndice. Os valores correspondentes dos parâmetros estatísticos (r^2 , REQM, η , ξ e δ) utilizados para avaliar a adequação dos modelos matemáticos aos dados experimentais de secagem encontram-se na Tabela 9.

Considerando-se apenas o primeiro critério seletivo, que recomenda a seleção de modelos com coeficiente de determinação $r^2 \geq 0,90$, para todas as temperaturas estudadas, observa-se que dos 10 modelos avaliados, apenas os modelos 2 (Exponencial simples, dois parâmetros), 6 (Exponencial duplo, dois parâmetros), 8 (Exponencial duplo, quatro parâmetros) e 10 (Exponencial triplo, seis parâmetros) poderiam ser considerados satisfatórios na descrição das curvas de secagem. Dentre esses, apenas os modelos 8 e 10 atenderiam ao segundo critério, que determina a seleção de modelos com o menor intervalo de variação da raiz do erro quadrático médio (REQM). Para esses modelos, o valor de REQM variou entre $0,00 \leq \text{REQM} \leq 0,01$. Esses modelos também apresentaram grau de desempenho semelhante quando se comparam os valores do erro percentual absoluto médio (η), que foi inferior a 20% para todas as temperaturas avaliadas.

Além disso, para esses modelos, o viés médio (ξ) foi igual a zero e o índice de ajuste (δ) foi igual a 1,00, ou seja, os melhores resultados para esses parâmetros. Sendo assim, tanto o modelo exponencial duplo de quatro parâmetros, $RU = a \exp(-k_0t) + b \exp(-k_1t)$, quanto o modelo exponencial triplo de seis parâmetros, $RU = a \exp(-kt) + b \exp(-gt) + c \exp(-ht)$, podem ser considerados adequados para descrever a curva de secagem em camada delgada de sementes de mamão da cultivar Golden, com teor de água inicial entre 52 e 56% b.u. e teor de água final entre 6 e 9% b.u., para temperaturas de 35, 40, 45, 50, 55 e 60 °C. Encontram-se, nas Figuras 15 e 16, os dados experimentais e as curvas de secagem obtidas a 35° C por meio dos modelos exponencial duplo de quatro parâmetros e exponencial triplo de seis parâmetros, respectivamente. Desempenhos semelhantes dos dois modelos foram observados para todas as demais temperaturas de secagem.

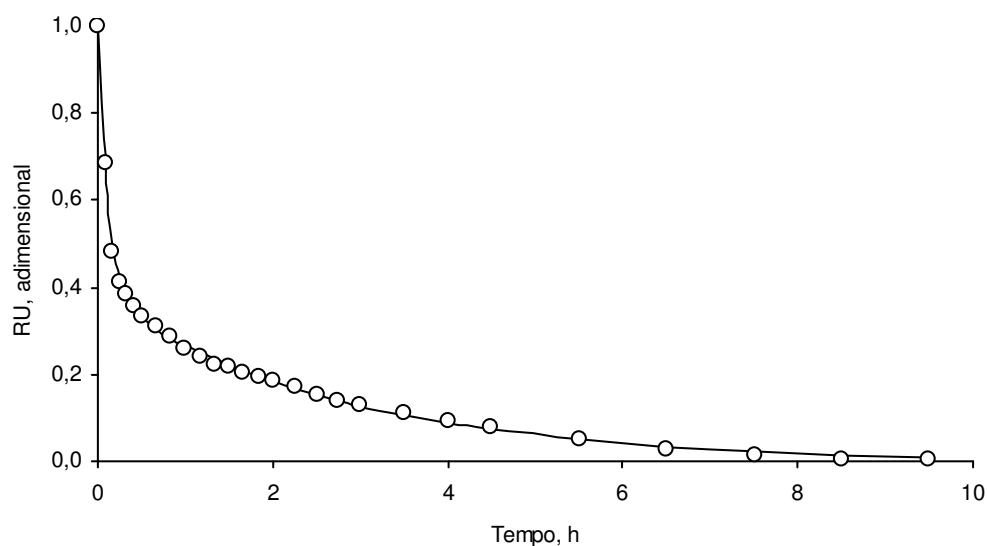


Figura 15. Variação da razão de umidade em função do tempo (O, valores experimentais; —, curva estimada pelo modelo exponencial duplo de quatro parâmetros), para secagem por convecção, a 35 °C, de sementes de mamão da cultivar Golden com alto teor de água inicial.

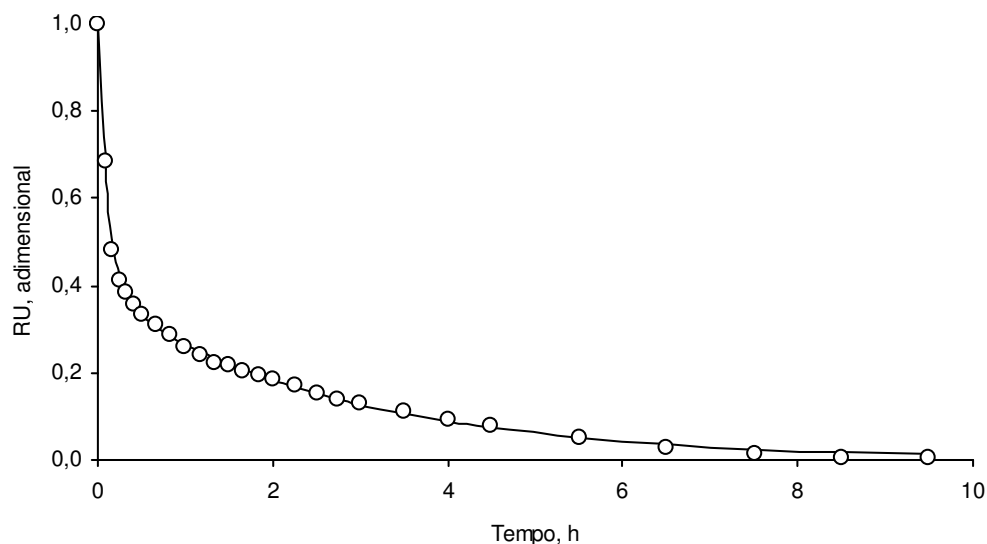


Figura 16. Variação da razão de umidade em função do tempo (O, valores experimentais; —, curva estimada pelo modelo exponencial triplo de seis parâmetros), para secagem por convecção, a 35 °C, de sementes de mamão da cultivar Golden com alto teor de água inicial.

No caso da secagem das sementes de mamão da cultivar Golden com baixo teor de água inicial, observa-se, na Tabela 6, que o tempo de secagem foi comparativamente curto, considerando-se que o teor de água foi reduzido de valores entre 10 e 12% b.u. para valores finais entre 4 e 6% b.u. A secagem, para temperaturas entre 40 e 50 °C, durou entre 15 e 20 min, ao passo que para as temperaturas mais elevadas (55 e 60 °C), o tempo necessário para redução do teor de água foi de apenas 5 min. Isso, naturalmente, impossibilitou a realização dos procedimentos de regressão para várias das situações avaliadas, uma vez que, nesses casos, as curvas experimentais de secagem possuíam de 2 a 4 pontos. Essas lacunas podem ser observadas na Tabela D do Apêndice, onde encontram-se os valores dos parâmetros dos 10 modelos matemáticos apresentados na Tabela 2, na descrição da secagem por convecção, a 35, 40, 45, 50, 55 e 60 °C, de sementes de mamão da cultivar Golden com baixo teor de água inicial. Os valores dos parâmetros estatísticos (r^2 , REQM, η , ξ e δ) utilizados para avaliar a adequação dos modelos matemáticos aos dados experimentais de secagem dessas sementes encontram-se na Tabela 10.

Nesse caso, foram avaliados apenas os modelos de 1 a 6, para temperaturas entre 35 e 50 °C, visto que para os demais modelos, foi possível

Tabela 10. Valores dos índices de desempenho (r^2 , REQM, η , ξ e δ) dos 10 modelos matemáticos apresentados na Tabela 1, na descrição da secagem por convecção, a 35, 40, 45, 50, 55 e 60 °C, de sementes de mamão da cultivar Golden com baixo teor de água inicial.

Nº do modelo	Índice de desempenho dos modelos	Valor do índice de desempenho					
		Temperatura de secagem (°C)					
		35	40	45	50	55	60
1	r^2	0,79	0,91	0,94	0,95	—	—
	REQM	0,14	0,10	0,09	0,09	—	—
	η	76,92	24,86	29,20	32,28	—	—
	ξ	-0,06	0,00	-0,02	-0,02	—	—
	δ	0,91	0,97	0,98	0,98	—	—
2	r^2	0,97	0,99	0,99	0,99	—	—
	REQM	0,04	0,00	0,00	0,01	—	—
	η	15,45	0,85	1,38	3,10	—	—
	ξ	0,00	0,00	0,00	0,00	—	—
	δ	0,99	1,00	1,00	1,00	—	—
3	r^2	0,69	0,89	0,93	0,94	—	—
	REQM	0,11	0,10	0,09	0,09	—	—
	η	38,23	23,80	27,71	31,27	—	—
	ξ	-0,02	-0,01	-0,02	-0,02	—	—
	δ	0,90	0,97	0,98	0,98	—	—
4	r^2	0,82	0,99	0,99	0,99	—	—
	REQM	0,08	0,02	0,01	0,02	—	—
	η	76,85	5,15	4041	6,64	—	—
	ξ	0,00	0,00	0,00	0,00	—	—
	δ	0,95	1,00	1,00	1,00	—	—
5	r^2	0,69	0,89	0,93	0,94	—	—
	REQM	0,11	0,10	0,09	0,09	—	—
	η	38,28	23,80	27,69	31,97	—	—
	ξ	-0,02	-0,01	-0,02	-0,02	—	—
	δ	0,90	0,97	0,98	0,98	—	—
6	r^2	0,82	0,94	0,95	0,96	—	—
	REQM	0,13	0,08	0,08	0,07	—	—
	η	70,38	19,00	20,39	24,83	—	—
	ξ	-0,05	0,00	0,02	-0,01	—	—
	δ	0,92	0,98	0,98	0,99	—	—
7	r^2	0,99	—	—	—	—	—
	REQM	0,02	—	—	—	—	—
	η	23,38	—	—	—	—	—
	ξ	0,00	—	—	—	—	—
	δ	1,00	—	—	—	—	—
8	r^2	0,99	—	—	—	—	—
	REQM	0,02	—	—	—	—	—
	η	23,38	—	—	—	—	—
	ξ	0,00	—	—	—	—	—
	δ	1,00	—	—	—	—	—
9	r^2	0,70	—	—	—	—	—
	REQM	0,20	—	—	—	—	—
	η	58,10	—	—	—	—	—
	ξ	0,09	—	—	—	—	—
	δ	0,84	—	—	—	—	—
10	r^2	0,82	—	—	—	—	—
	REQM	0,16	—	—	—	—	—
	η	86,20	—	—	—	—	—
	ξ	-0,12	—	—	—	—	—
	δ	0,88	—	—	—	—	—

ajustar as curvas apenas a 35 °C. Dentre os seis modelos avaliados, apenas o modelo de Page (modelo 2) foi capaz de representar as curvas de secagem atendendo a todos os critérios de desempenho estabelecidos. Desta forma, apresenta-se, na Figura 17, os dados experimentais e a curva de secagem obtidos a 35° C por meio do modelo de Page para sementes de mamão da cultivar Golden com baixo teor de água inicial. Desempenhos ainda mais satisfatórios, principalmente em relação ao erro percentual absoluto médio (η), foram observados para as demais temperaturas de secagem (40, 45 e 50 °C). Optou-se por mostrar a curva de secagem estimada a 35 °C, pois nesse caso a duração da secagem foi de 3 h, enquanto nas demais temperaturas foi de 15 a 20 min.

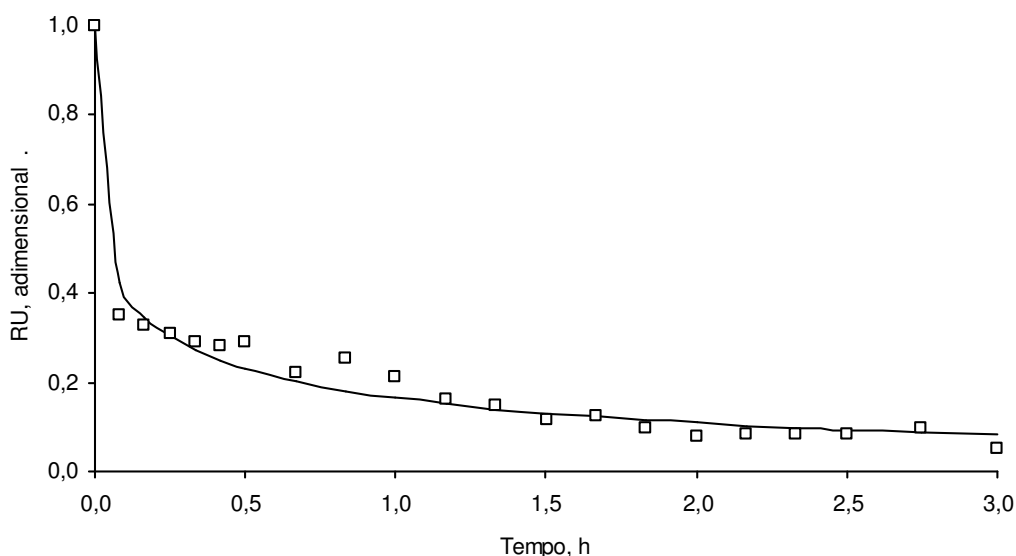


Figura 17. Variação da razão de umidade em função do tempo (\square , valores experimentais; —, curva estimada pelo modelo de Page), para secagem por convecção, a 35 °C, de sementes de mamão da cultivar Golden com baixo teor de água inicial.

4.4 Armazenamento e avaliação da qualidade fisiológica das sementes de mamão

Apresenta-se, na Figura 18, ilustrações características de plântulas normais fortes e plântulas normais fracas, utilizadas como parâmetros de avaliação no teste de vigor das sementes de mamão, 1ª contagem, realizada aos



Figura 18. Plântulas normais fortes (a) e plântulas normais fracas (b) de mamoeiro.

14 dias do teste de germinação. Considerou-se como secagem em temperatura ambiente (Amb) o processo de remoção da água superficial das sementes, ou seja, uma pré-secagem realizada de forma a manter as sementes expostas sobre bancada, em ambiente de laboratório, até atingir o teor de água inicial esperado, que para o caso das sementes com teor de água inicial baixo foi de aproximadamente 12% b.u. Para as sementes com teor de água inicial alto, esse valor foi de aproximadamente 50% b.u.

4.4.1 Avaliação do efeito imediato da temperatura de secagem e dos níveis de teor de água inicial no vigor das sementes F2 do híbrido UC-01, avaliado por meio da contagem do número de plântulas normais fortes aos 14 dias

A representação gráfica para o efeito imediato da secagem no vigor das sementes de mamão F2 do híbrido UC-01 pode ser observada na Figura 19. Com relação ao efeito do teor de água inicial no vigor das sementes, pode-se constatar que a sua redução influenciou significativamente no vigor das sementes secadas à temperatura ambiente e a 35, 45, 50, 55 e 60 °C. Porém, apenas para as sementes secadas a 60 °C essa influência foi negativa. O vigor das sementes secadas a 40 °C não sofreu influência significativa do teor de água inicial.

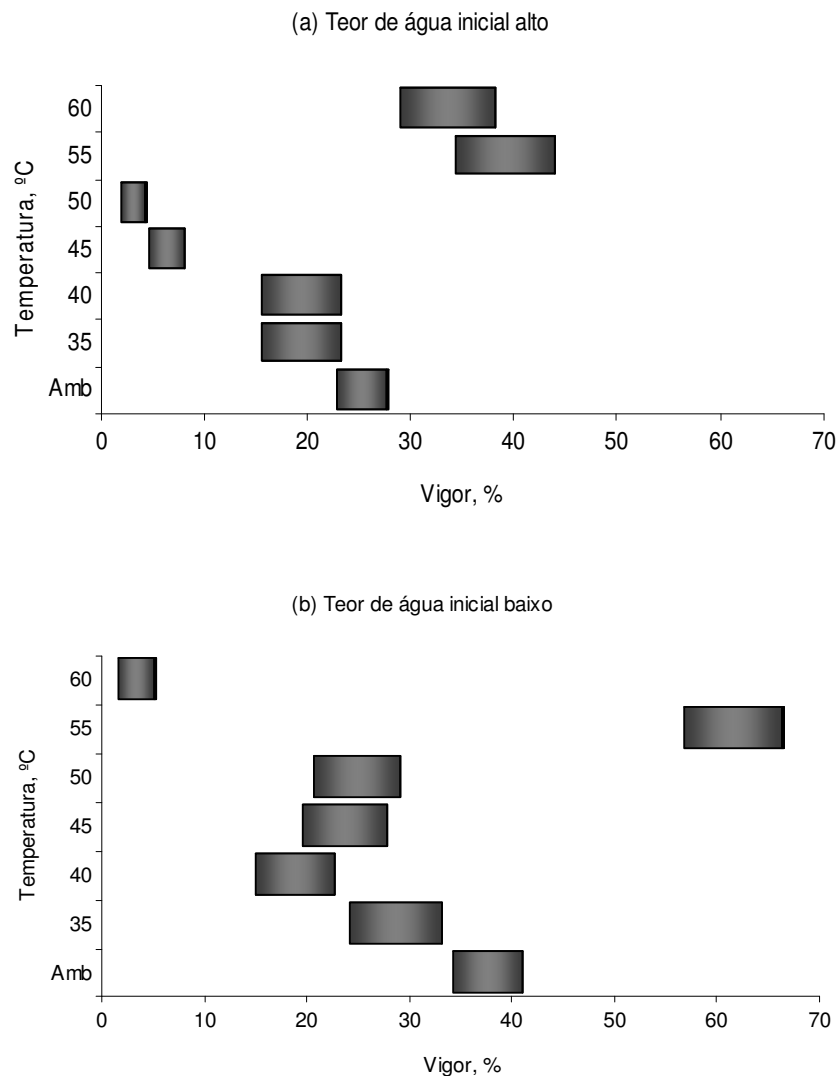


Figura 19. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para o vigor (1ª contagem) de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), realizado imediatamente após o processo de secagem.

Para as sementes com teor de água inicial alto, os melhores resultados foram observados quando a secagem foi realizada utilizando-se as temperaturas de 55 e 60 °C, não havendo diferença significativa entre essas duas condições. Levando-se em consideração que o teor de água inicial dessas sementes era superior a 50% b.u., esse resultado vem contrariar o que havia sido afirmado por Nellist (1978), citado por Brooker et al. (1992), que relata que temperaturas acima de 55 °C só poderiam ser utilizadas para realizar a secagem de sementes com teor de água de no máximo 30% b.u. Silva et al (1982) também observaram efeito

negativo na utilização de altas temperaturas sobre o vigor de sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum* "Chico III"). Quando o teor de água foi reduzido de 60-70% para níveis próximos a 8%, utilizando-se temperaturas de secagem de 57 °C por 3 h e posteriormente de 26 °C por mais 3 h, o vigor foi de 68,2%. Resultado semelhante (68,0%) foi obtido quando a secagem foi realizada a 57 °C por 2 h, seguida de secagem a 26 °C por 4 h. Plântulas mais vigorosas foram observadas para temperaturas mais amenas de secagem: no tratamento a 42 °C por 1 h e 26 °C por 5 h, o vigor foi de 80,%; o valor correspondente foi de 83% para temperatura de secagem de 42 °C por 2 h, seguida de secagem complementar a 42 °C por 4 h. Para Marcos Filho (2005), a utilização de temperaturas elevadas pode iniciar processos que restaurem a longevidade das sementes sem bloquear os eventos iniciais relacionados à germinação. Para ele, o choque térmico mostra eficiência quando as sementes apresentam teores de água elevados. Ainda em relação às sementes com teor de água inicial alto, observa-se que as temperaturas de 35 e 40 °C não influenciaram significativamente no vigor. Porém, ao utilizar as temperaturas de 45 e 50 °C para a secagem das sementes, a alteração observada no vigor foi significativamente negativa.

Para as sementes secadas com teor de água inicial baixo, com exceção daquelas que foram submetidas à temperatura de 55 °C, todas as outras tiveram o vigor afetado negativamente pela secagem. Além disso, independentemente do teor de água inicial avaliado, o melhor resultado foi observado para as sementes secadas a 55 °C. Para Carvalho e Nakagawa (1983), a temperatura de secagem de sementes com teor de água inicial acima de 18% b.u. deve ser de aproximadamente 32 °C. Shimildt et al. (1993) utilizaram três estimativas de vigor (velocidade de emergência e peso de matéria verde e seca de plântulas) para avaliarem a qualidade fisiológica de sementes de mamão secadas à sombra e pleno sol. Observaram que a secagem realizada ao sol proporcionou valores inferiores para todas as características avaliadas quando comparada com a secagem à sombra.

Provavelmente, para sementes de mamão F2 do híbrido UC-01 com teor de água inicial baixo, apenas o processo da secagem com temperaturas de até 50 °C não seja suficiente para superar a possível dormência sofrida pelas sementes. Porém, ao avaliar a qualidade fisiológica de sementes de mamão F1 do híbrido UC-01, Berbert et al. (2008) observaram que a secagem proporcionou influência

imediate positiva no vigor das sementes. O experimento foi realizado utilizando-se pré-secagem até teor de água de aproximadamente 12,6% b.u. e posteriormente a secagem complementar até teor de água final de cerca de 7,7% b.u. a 37 °C. Tokuhisa et al. (2007a) afirmam que a maior concentração de compostos fenólicos das sementes de mamão encontra-se na esclerotesta, sendo também considerável a quantidade encontrada na sarcotesta. No embrião e no endosperma esta quantidade é considerada praticamente nula. A ocorrência de dormência em sementes de mamão pode estar relacionada à presença desses fenóis.

4.4.2 Avaliação do efeito imediato da temperatura de secagem e dos níveis de teor de água inicial no vigor das sementes F2 do híbrido UC-01, avaliado por meio do teste de condutividade elétrica

Na Figura 20a encontra-se a representação gráfica do efeito imediato da secagem no vigor das sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, com teor de água inicial alto, avaliado por meio do teste de condutividade elétrica. Observa-se que apenas as sementes secadas a 55 °C não sofreram influência da secagem, enquanto que para todas as outras temperaturas avaliadas os valores dos intervalos de confiança foram maiores, o que corresponde a uma significativa redução do potencial fisiológico das sementes. Porém, vale ressaltar que apesar de serem estatisticamente iguais às sementes sem secagem, as secadas a 55 °C apresentam uma tendência de redução do potencial fisiológico, já que os valores mínimo, médio e máximo de condutividade elétrica observados para estas sementes foram 52,56; 81,15 e 109,74 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, respectivamente. Isso demonstra um intervalo de confiança muito amplo, caracterizando uma variância muito grande para esta condição experimental. O intervalo de confiança das sementes secadas em condição ambiente, ou seja, aquelas com teor de água inicial alto e que sofreram secagem apenas para remoção da água superficial, foi entre 40,42 e 57,23 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, com média de 48,83 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$.

Para as sementes que apresentavam teor de água inicial baixo, a única temperatura que proporcionou aumento da quantidade de lixiviados na solução de embebição das sementes, ou seja, contribuiu para a redução do potencial fisiológico das mesmas, foi a de 35 °C. Todas as outras temperaturas avaliadas apresentaram efeito estatisticamente igual ao daquelas que foram submetidas à

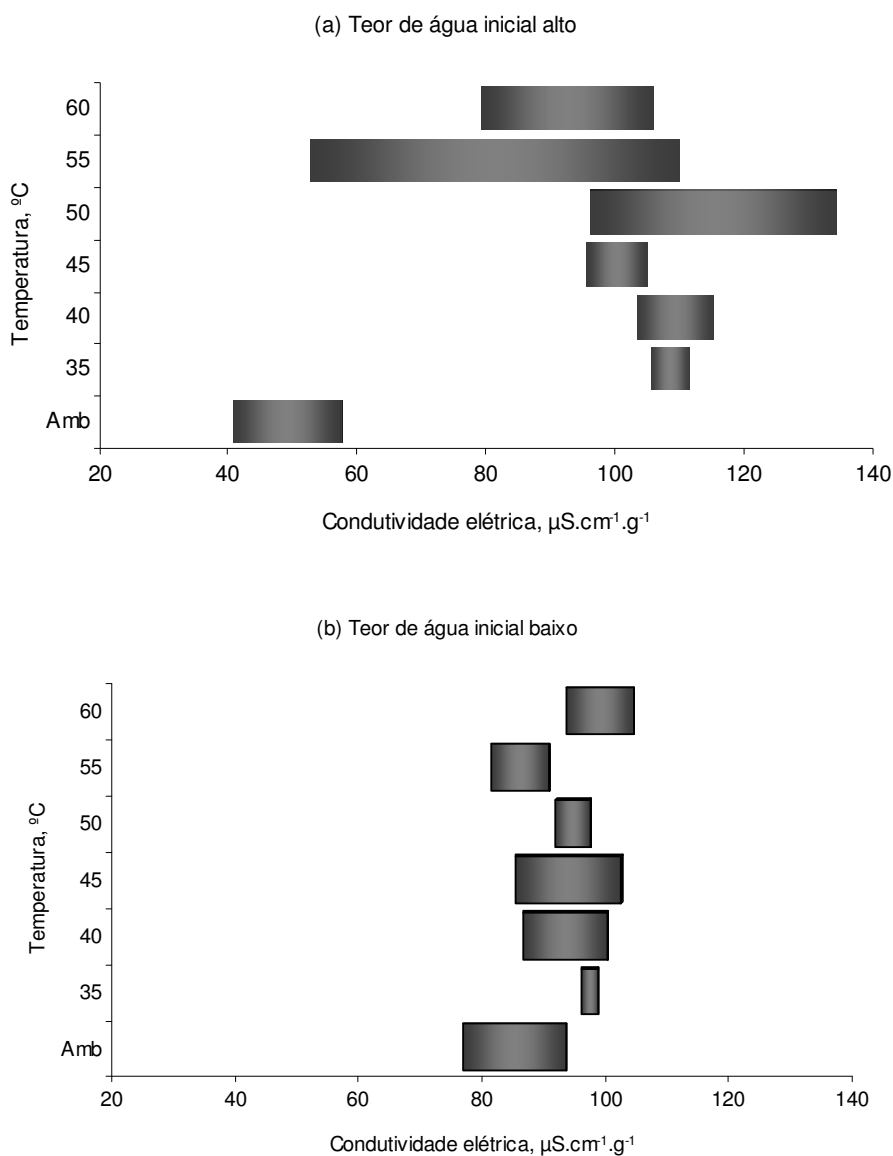


Figura 20. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para o vigor de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, estimado por meio do teste de condutividade elétrica, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), realizado imediatamente após o processo de secagem.

secagem em condição ambiente, apenas para redução do teor de água inicial. Provavelmente, o que levou a maioria das sementes a apresentarem esse comportamento foi o fato de a redução do potencial fisiológico ter ocorrido antes mesmo de se realizar a secagem propriamente dita, ou seja, apenas com a redução do teor de água inicial em condição ambiente. Apenas a redução do teor

de água inicial das sementes foi suficiente para elevar a média de condutividade elétrica de 48,83 para 85,03 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$.

Dias et al. (2006) já haviam observado resultados semelhantes em experimentos realizados com sementes de cebola da cultivar Baia Periforme, imersas em 50 ml de água durante 24 h. Para esses autores, a redução do teor de água das sementes de 20 para 10% proporcionou um aumento médio na condutividade elétrica das sementes de aproximadamente 12%.

4.4.3 Avaliação do efeito latente da temperatura de secagem e dos níveis de teor de água inicial no vigor das sementes F₂ do híbrido UC-01, avaliado por meio da contagem do número de plântulas normais fortes aos 14 dias

Quanto ao efeito latente da secagem, avaliado aos três meses de armazenamento, observou-se que as sementes submetidas à temperatura de 55 °C mantiveram o seu vigor, permanecendo com valores superiores às demais condições avaliadas, independentemente do teor de água inicial estudado (Figura 21). Porém, para as sementes submetidas às temperaturas de 35, 40 e 60 °C, com teor de água inicial alto, observou-se significativa redução na estimativa do vigor.

Com relação às sementes secadas a 35 e 40 °C, com teor de água inicial baixo e sementes secadas a 45 °C, independentemente do teor de água inicial, o vigor foi mantido após os três meses de armazenamento. Ao avaliarem o vigor de sementes de mamão Formosa mediante teste de envelhecimento acelerado e primeira contagem, após período de três meses de armazenamento em embalagem permeável e câmara com temperatura controlada a 10 °C e umidade relativa do ar de aproximadamente 85%, Martins et al. (2005a) observaram melhorias na qualidade fisiológica das sementes. Para as sementes secadas a 60 °C, com teor de água inicial baixo, apesar de ter havido um aumento no valor do vigor, observa-se que a estimativa para ambas as situações foi muito baixa.

Com relação às sementes secadas a 50 °C, o valor de vigor que já não era satisfatório imediatamente após a secagem, passou a ser menor ainda, com média inferior a 10%. Segundo Tokuhisa (2007b), ao avaliar o vigor de sementes de mamão Formosa mediante teste de velocidade de germinação aos 15 dias da montagem do teste, os melhores resultados foram observados quando as

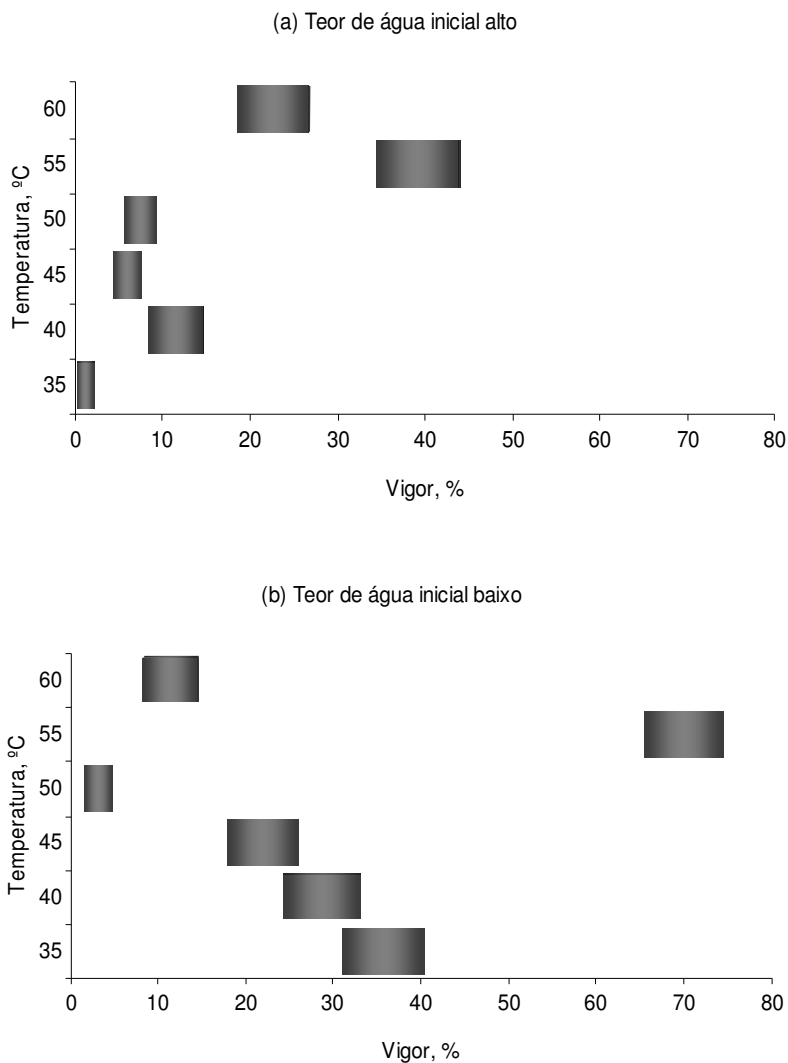


Figura 21. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para o vigor (1ª contagem) de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de três meses de armazenamento.

sementes foram armazenadas por três meses e imersas em GA₃ na proporção de 600 ppm por 24 h.

Para as sementes que foram submetidas ao período de seis meses de armazenamento (Figura 22), com teor de água inicial alto, observa-se que os melhores resultados foram obtidos entre as sementes secadas com temperaturas mais baixas (35 e 40 °C), com ligeira superioridade para aquelas secadas a 40 °C.

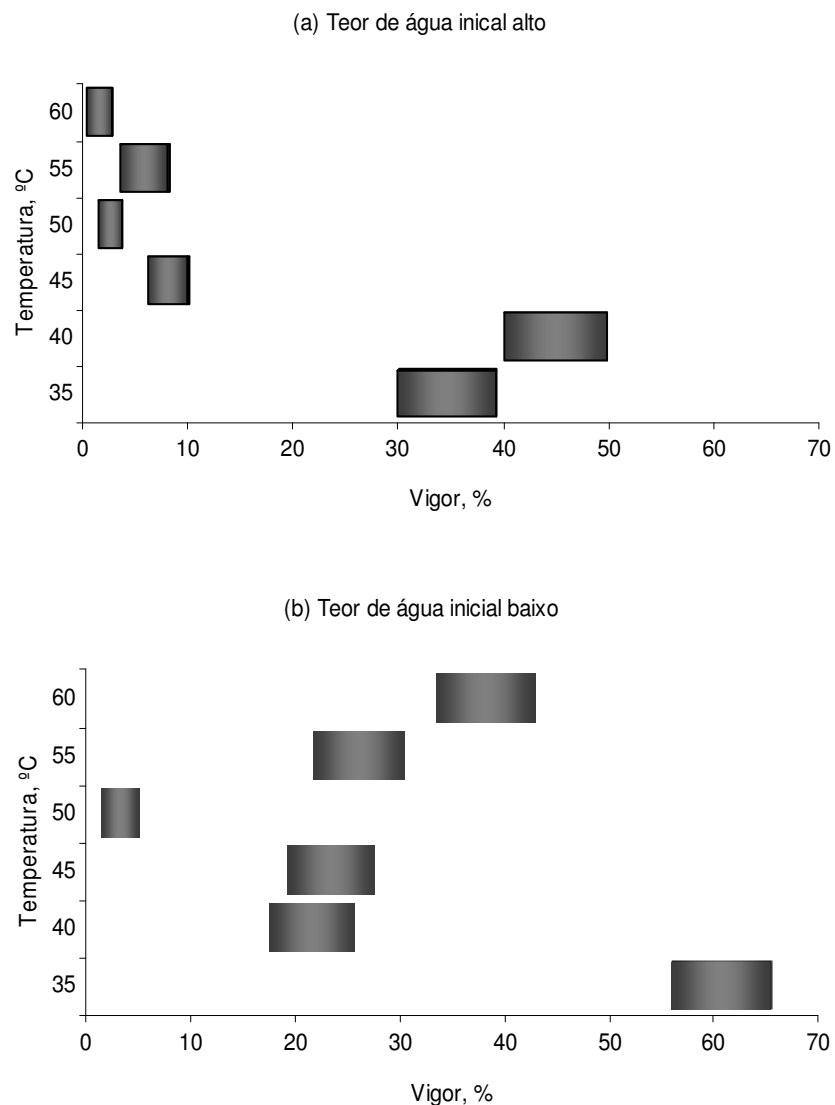


Figura 22. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para o vigor (1ª contagem) de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de seis meses de armazenamento.

Em comparação com o vigor avaliado imediatamente após a secagem (Figura 19), o período de armazenamento proporcionou significativas melhorias para as sementes submetidas a esses dois níveis de temperatura. Ao realizar a secagem de sementes de mamão da cultivar Sunrise Solo à sombra e ao sol durante os períodos mais frescos do dia, até teores de água final de 7,2; 9,3 e 11,3% b.u., Viggiano et al. (2000a) também observaram melhorias no vigor das

sementes após os seis meses de armazenamento em embalagem de alumínio flexível e papel multifoliado, independentemente do ambiente utilizado.

Com relação às sementes com teor de água inicial baixo, o melhor resultado foi obtido quando realizou-se a secagem com temperatura de 35 °C, sendo observado significativo incremento na estimativa de vigor dessas sementes após os seis meses de armazenamento. Outra condição que também apresentou evolução na estimativa do vigor foi a secagem de 60 °C. Porém, após os seis meses de armazenamento, a média de vigor dessas sementes apresentou-se inferior àquelas secadas a 35 °C. As sementes secadas a 55 °C apresentaram diferença significativamente menor após os seis meses de armazenamento, enquanto que as secadas a 40, 45 e 55 °C não apresentaram diferença em relação à estimativa do vigor observada no início do experimento. Além disso, pode-se observar que a redução do teor de água inicial em condição ambiente, ou seja, reduzir o teor de água inicial das sementes de cerca de 55 para aproximadamente 12% b.u., proporcionou incremento no vigor das sementes secadas a 35, 40 e 60 °C, enquanto que para as secadas a 45 e 55 °C a resposta foi significativamente negativa. Para as sementes secadas a 50 °C não se observou influência do teor de água inicial no vigor das sementes.

Aos nove meses de armazenamento, independentemente do teor de água inicial utilizado, apenas as sementes secadas a 55 °C apresentaram média de vigor superior a 1% (Figura 23). Porém, quando comparada com a estimativa do vigor das sementes imediatamente após a secagem, o armazenamento de nove meses provocou reduções significativas para estas sementes. Este resultado contradiz o que foi observado por Viggiano et al. (2000a), que relatam que o armazenamento por período de oito meses melhorou significativamente o vigor das sementes de mamão avaliado por meio do teste de envelhecimento acelerado e primeira contagem, independentemente do teor de água inicial e tipo de embalagem utilizados. Apesar de as sementes secadas a 55 °C com teor de água inicial baixo apresentarem média de vigor superior ao das sementes com teor de água inicial elevado, deve-se ressaltar que os índices observados foram muito baixos, com média inferior a 30%.

Provavelmente, o período de nove meses de armazenamento seja suficiente para as sementes consumirem uma quantidade considerável de suas reservas, provocando assim prejuízos ao vigor das mesmas. Diante desse fato,

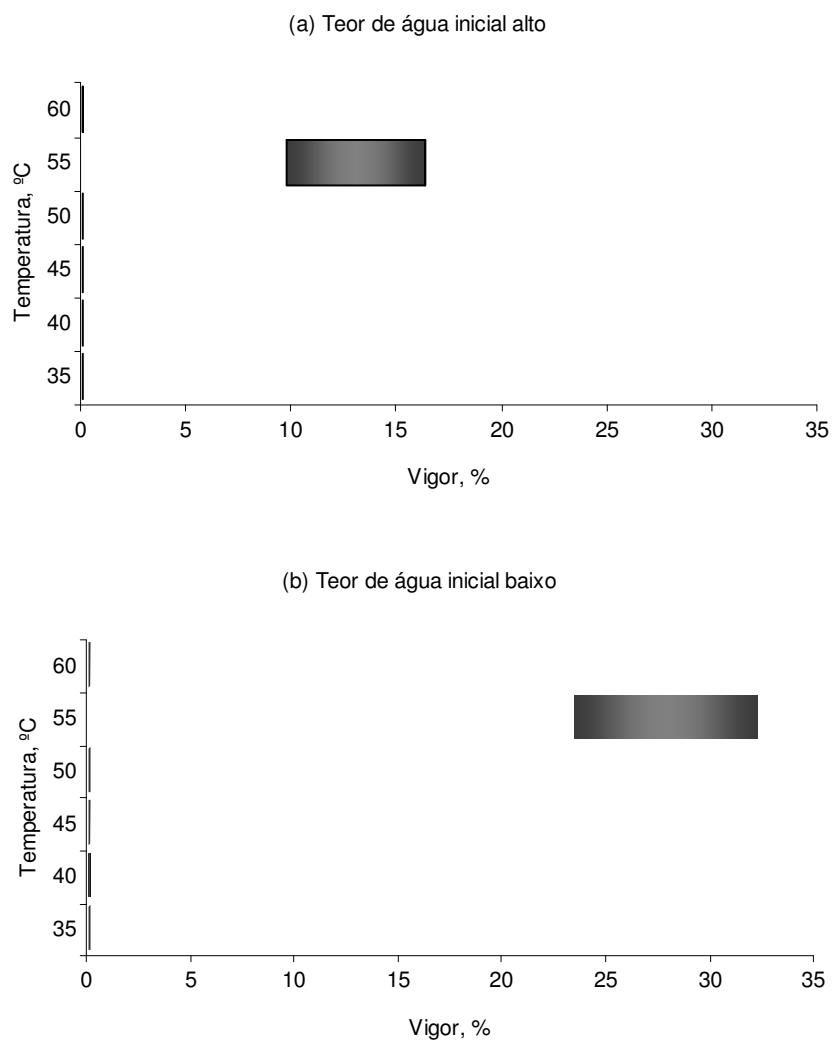


Figura 23. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para vigor (1ª contagem) de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de nove meses de armazenamento.

deixa de ser aconselhável o armazenamento de sementes de mamão por período superior aos nove meses, principalmente em se tratando de sementes que se encontrem com teor de água inicial mais elevado.

Quanto à análise das sementes submetidas ao período de 12 meses de armazenamento, com teor de água inicial alto, o melhor índice de vigor foi observado entre aquelas que sofreram secagem a 40 °C. A representação gráfica desse resultado pode ser observada na Figura 24. Além disso, essa condição foi

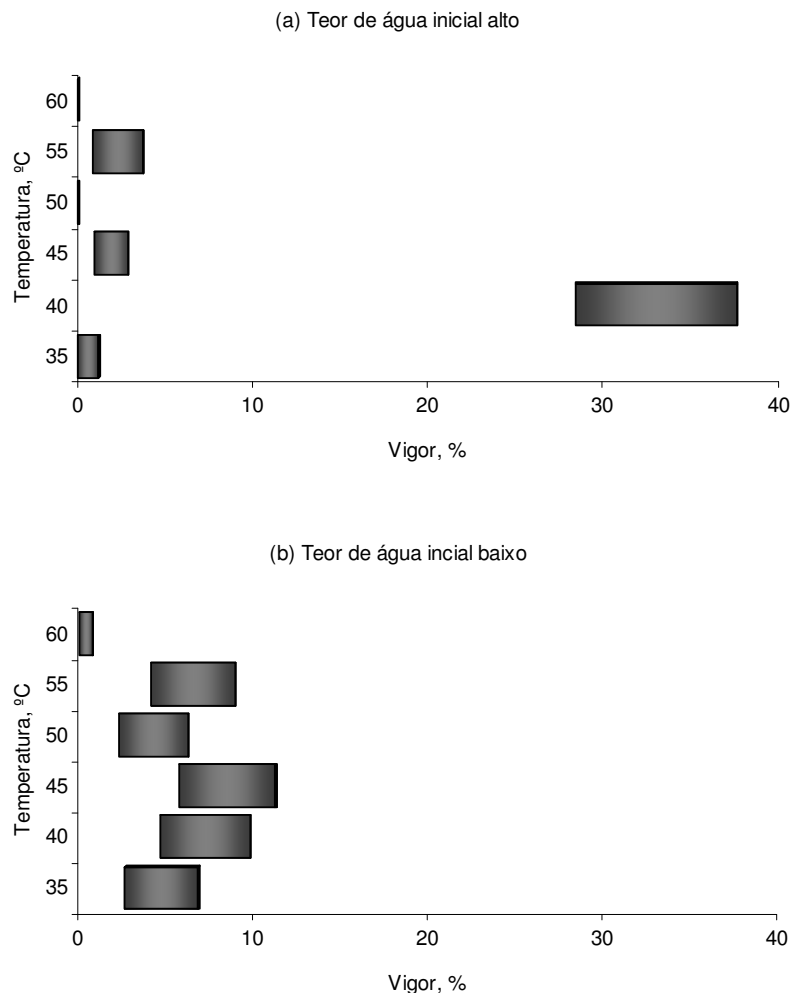


Figura 24. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para o vigor (1ª contagem) de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de 12 meses de armazenamento.

a única que proporcionou melhorias no índice de vigor após esse período de armazenamento.

Quanto às sementes com teor de água inicial baixo, todas apresentaram redução significativa no índice de vigor, independentemente da temperatura de secagem à que foram submetidas. Para sementes de maracujá amarelo secadas a 32 °C em estufa de circulação forçada de ar, Martins et al. (2005b) observaram que aos 35 dias de armazenamento a 10 °C, com teor de água de aproximadamente 8% b.u., o vigor estimado mediante teste de primeira contagem foi de cerca de 0,5%, enquanto que aos 315 dias foi de 60,5%. Sementes armazenadas com teor de água de 26% b.u., para as mesmas condições citadas,

apresentaram vigor de 2,5%, sendo estatisticamente inferior às sementes armazenadas a 8% b.u. para o mesmo período de armazenamento (315 dias). Para sementes armazenadas a 20 °C, estes autores não observaram diferença significativa entre aquelas com teor de água de 8 e 26% b.u. após os 315 dias de armazenamento.

4.4.4 Avaliação do efeito latente das temperaturas de secagem e dos níveis de teor de água inicial no vigor das sementes F2 do híbrido UC-01, avaliado por meio do teste de condutividade elétrica

Na avaliação do efeito latente da secagem no vigor das sementes, realizada aos três meses de armazenamento, praticamente não se observa diferença significativa entre os resultados das condições estudadas (Figura 25). Para as sementes com teor de água inicial alto, a única diferença existente encontra-se entre as sementes secadas a 35 e 55 °C, mostrando que a temperatura inferior foi mais prejudicial que a superior. Porém, este resultado apresenta-se estatisticamente igual ao das sementes secadas a 60 °C.

Ao avaliar a condição das sementes com teor de água inicial baixo, o menor valor de condutividade elétrica, ou seja, o tratamento que provocou menos danos às sementes foi o de 55 °C, com média de condutividade de $82,04 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. Este valor é estatisticamente igual ao das sementes submetidas às mesmas condições, sem, no entanto, serem conduzidas ao armazenamento. Além disso, pode-se afirmar, também, que com exceção das sementes submetidas ao processo de secagem de 45 °C, a redução do teor de água inicial influenciou negativamente no potencial fisiológico das sementes submetidas a todos outros níveis de temperatura avaliados, chegando a aumentar a média de condutividade elétrica em até cerca de 30%, como foi o caso das sementes secadas a 60 °C.

De acordo com o que pode ser observado na Figura 26a, após o armazenamento das sementes com teor de água inicial alto, durante período de seis meses, pode-se observar que não houve diferença significativa entre os valores de condutividade elétrica para as temperaturas de secagem estudadas. Porém, se compararmos esses resultados com aqueles correspondentes observados imediatamente após a secagem das sementes, percebemos que as sementes secadas a 35, 40, 45 e 50 °C apresentaram menores valores de

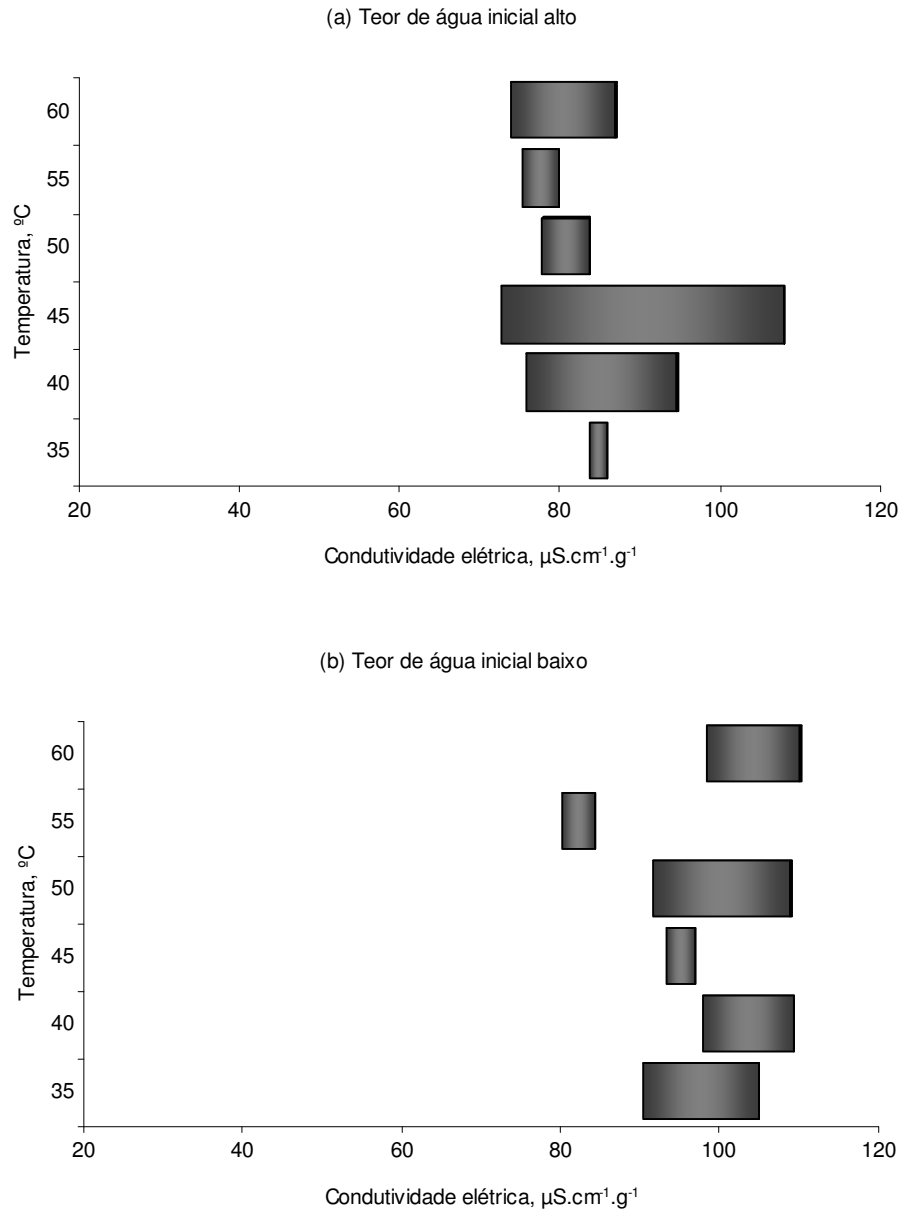


Figura 25. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para o vigor (teste de condutividade elétrica) de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de três meses de armazenamento.

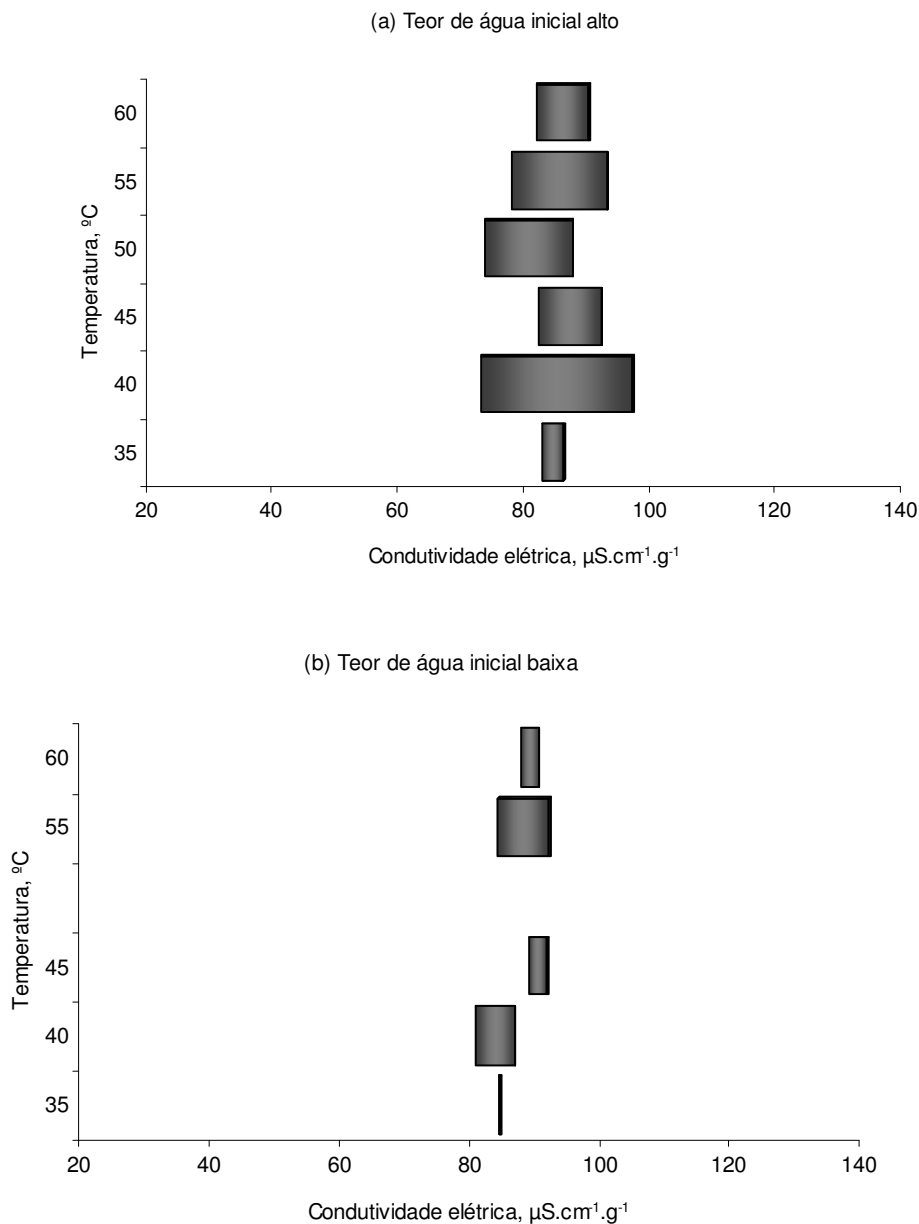


Figura 26. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para o vigor (teste de condutividade elétrica) de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de seis meses de armazenamento.

condutividade elétrica após o armazenamento de seis meses. Provavelmente, o armazenamento tenha contribuído para a estruturação do sistema de membranas dessas sementes, proporcionando assim melhorias na qualidade fisiológica das mesmas. Fato semelhante já havia sido relatado por Vidigal et al. (2006), que observaram que a condutividade elétrica de sementes de tomate após oito e doze

dias de armazenamento foi inferior às que não sofreram armazenamento e às armazenadas durante quatro dias.

O resultado da análise das sementes com teor de água inicial baixo pode ser observado na Figura 26b. Para estas sementes, as secagens realizadas a 45 e 60 °C proporcionaram maior quantidade de lixiviados na solução de embebição das sementes que as realizadas a 35 °C. Porém, para as sementes secadas a 45 °C não se observou influência do período de armazenamento no vigor das sementes, confirmando o que já havia sido observado quando a estimativa do vigor foi realizada por meio da contagem do número de plântulas normais fortes aos 14 dias. Para as sementes secadas a 60 °C o resultado após o armazenamento foi mais satisfatório. O resultado de condutividade da solução contendo o lixiviado das submetidas à secagem a 50 °C não foi representado na Figura 26b devido a problemas ocorridos no dimensionamento da amostra de sementes, ou seja, a avaliação referente a este nível de temperatura foi suficientemente dimensionada, ficando com um número muito baixo de repetições.

Quanto ao teor de água inicial das sementes, observa-se que após os seis meses de armazenamento sua redução não influenciou significativamente no vigor das sementes avaliado por meio do teste de condutividade elétrica, independentemente da temperatura do ar de secagem utilizada.

A representação gráfica da estimativa de vigor por meio do teste de condutividade elétrica, após os nove meses de armazenamento, pode ser observada na Figura 27. Nota-se que para as sementes com teor de água inicial alto não foi observada diferença significativa no vigor das sementes para as temperaturas do ar de secagem utilizadas. Quando esses resultados são comparados àqueles obtidos no início do experimento, imediatamente após a secagem, observa-se que, para as sementes secadas a 35, 40, 45 e 50 °C, os resultados depois do armazenamento são melhores que os iniciais. Porém, para as sementes secadas a 55 e 60 °C não se observou influência significativa do período de armazenamento.

Com relação às sementes com teor de água inicial baixo, também não foi observada influência significativa das temperaturas do ar de secagem sobre o vigor. Além disso, ao se comparar esses resultados com os iniciais, também não se observa influência do período de armazenamento no vigor das sementes.

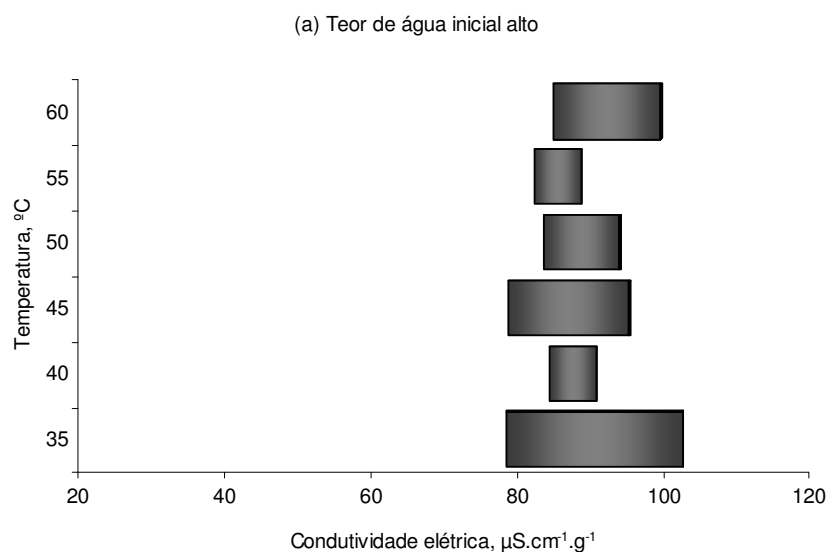
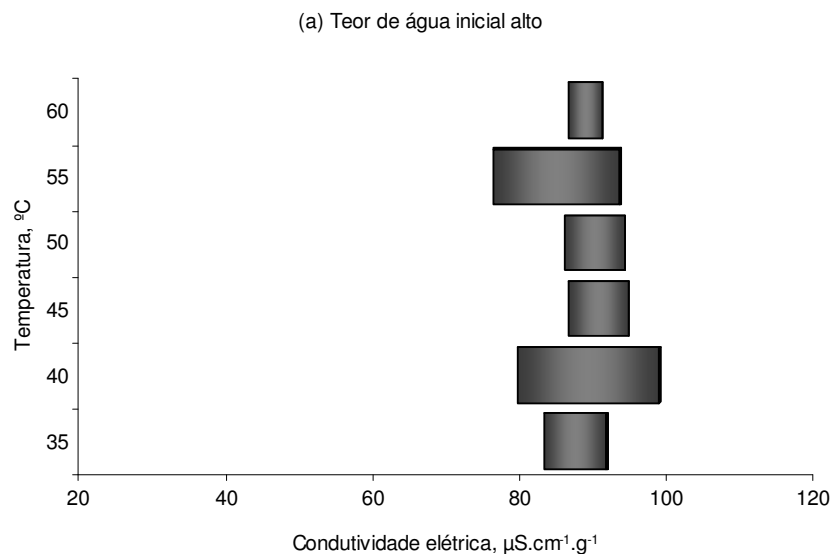


Figura 27. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para o vigor (teste de condutividade elétrica) de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de nove meses de armazenamento.

De forma geral, existe uma constância entre os valores médios de condutividade das sementes armazenadas durante o período de nove meses. Provavelmente, esse período de armazenamento é suficiente para que ocorra uma reorganização das membranas celulares, a ponto de reparar determinado

nível de danos causados às sementes. Além disso, observa-se também, que quando comparados aos valores de condutividade elétrica das sementes estudadas nesse mesmo trabalho, os valores não são muito elevados, sendo que o maior valor médio observado não chegou a ultrapassar a faixa dos $92 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. De acordo com Vieira e Krzyzanowski et al. (1999), dentre os fatores que podem influenciar nos resultados de condutividade, pode-se citar o tamanho das sementes, o genótipo, o teor de água, tempo de embebição, entre outros.

Baseado nesses resultados e avaliando as condições correspondentes estudadas anteriormente, observa-se que as estimativas de vigor obtidas por meio do teste de condutividade elétrica são conflitantes quando comparadas àquelas obtidas por meio da contagem do número de plântulas normais fortes aos 14 dias. Provavelmente, o fato de o vigor ter sido tão baixo quando avaliado por meio da contagem do número de plântulas normais fortes aos 14 dias (Figura 23), não deve-se ao possível consumo das substâncias de reservas, e sim a algum tipo de dormência presente nestas sementes.

Para o armazenamento das sementes por período de 12 meses, com teor de água inicial alto, observa-se que os melhores resultados foram obtidos quando a secagem foi realizada a 35, 55 e 60 °C, sendo esses iguais entre si. A representação gráfica desse resultado pode ser observada na Figura 28. O resultado da secagem realizada a 60 °C também foi estatisticamente igual ao das secagens realizadas a 40, 45 e 50 °C. Quando esses resultados são comparados aos obtidos imediatamente após a secagem, observa-se que a única situação onde o armazenamento favoreceu a estimativa do vigor foi entre as sementes secadas a 35 °C. Para as outras situações estudadas não foi observada influência do período de armazenamento no valor da condutividade elétrica.

Quanto às sementes com teor de água inicial baixo, não houve diferença significativa no vigor em função da temperatura de secagem. Porém, o período de armazenamento influenciou positivamente na estimativa do vigor das sementes secadas a 50 °C. Cardoso et al. (2008) observaram que o teste de envelhecimento acelerado, que tem por princípio a função de deteriorar mais rapidamente as sementes, promoveu maior lixiviação das sementes. Porém, este acontecimento teria proporcionado maior porcentagem de germinação, o que contraria o princípio do teste de condutividade elétrica, já que maiores valores de condutividade indicam baixo potencial fisiológico.

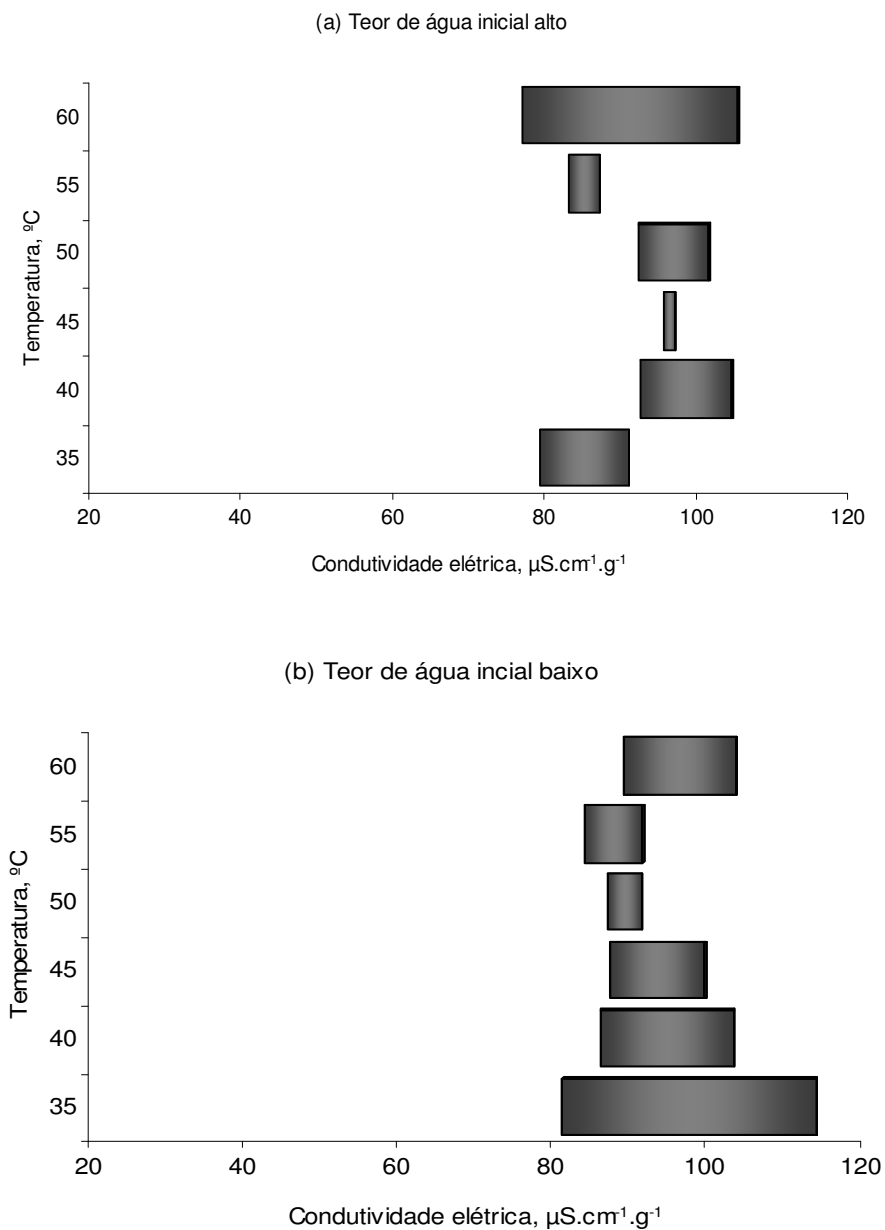


Figura 28. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para o vigor (condutividade elétrica) de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de 12 meses de armazenamento.

Quanto à redução do teor de água inicial das sementes, observa-se que após os doze meses de armazenamento, apenas as sementes secadas a 50 °C

sofreram influência positiva. Para as sementes secadas a 35, 40, 45, 55 e 60 °C não foi observada influência significativa da redução do teor de água inicial.

4.4.5 Avaliação do efeito imediato da temperatura de secagem e de dois níveis de teor de água inicial na germinação das sementes F2 do híbrido UC-01 aos 28 dias

Na análise de germinação das sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, imediatamente após a secagem, com teor de água inicial alto, observa-se que a única temperatura que provocou prejuízos às sementes foi a de 50 °C. Em relação à temperatura de 45 °C não foi observada diferença significativa e o restante das temperaturas avaliadas promoveu melhorias na germinação das sementes (Figura 29). Os melhores resultados foram observados para as sementes secadas a 55 e 60 °C, não havendo diferença significativa entre as duas condições. Este resultado confirma o que já havia sido observado anteriormente na análise de vigor dessas sementes (Figura 19). Provavelmente a desidratação rápida tenha ajudado a superar possíveis processos de dormência, não chegando a provocar danos às estruturas celulares das sementes. De acordo com São José e Nakagawa, (1987), a secagem de sementes de maracujá amarelo sem arilo, realizada ao sol durante período de até três dias, não influenciou na qualidade das mesmas. Para as sementes secadas com arilo e por períodos de três a cinco dias ao sol também não foi observada influência.

Em relação às sementes que apresentavam teor de água inicial baixo, observa-se que a única temperatura que proporcionou melhoria significativa na porcentagem de germinação das sementes foi a de 55 °C. Além disso, a temperatura de 35 °C foi a única que proporcionou resultado estatisticamente igual ao das sementes que não sofreram secagem adicional no secador (Amb). Acredita-se que a temperatura de 55 °C seja eficiente tanto na superação de dormência quanto na preservação das estruturas celulares das sementes, independentemente do teor de água inicial utilizado. Na realização da secagem a 50 °C, observa-se que o efeito sobre a germinação foi significativamente negativo para ambos os teores de água iniciais utilizados.

De forma análoga aos baixos índices de vigor e germinação que vêm sendo apresentados nesses experimentos, principalmente para aquelas sementes submetidas apenas ao processo de pré-secagem (Amb), independentemente do

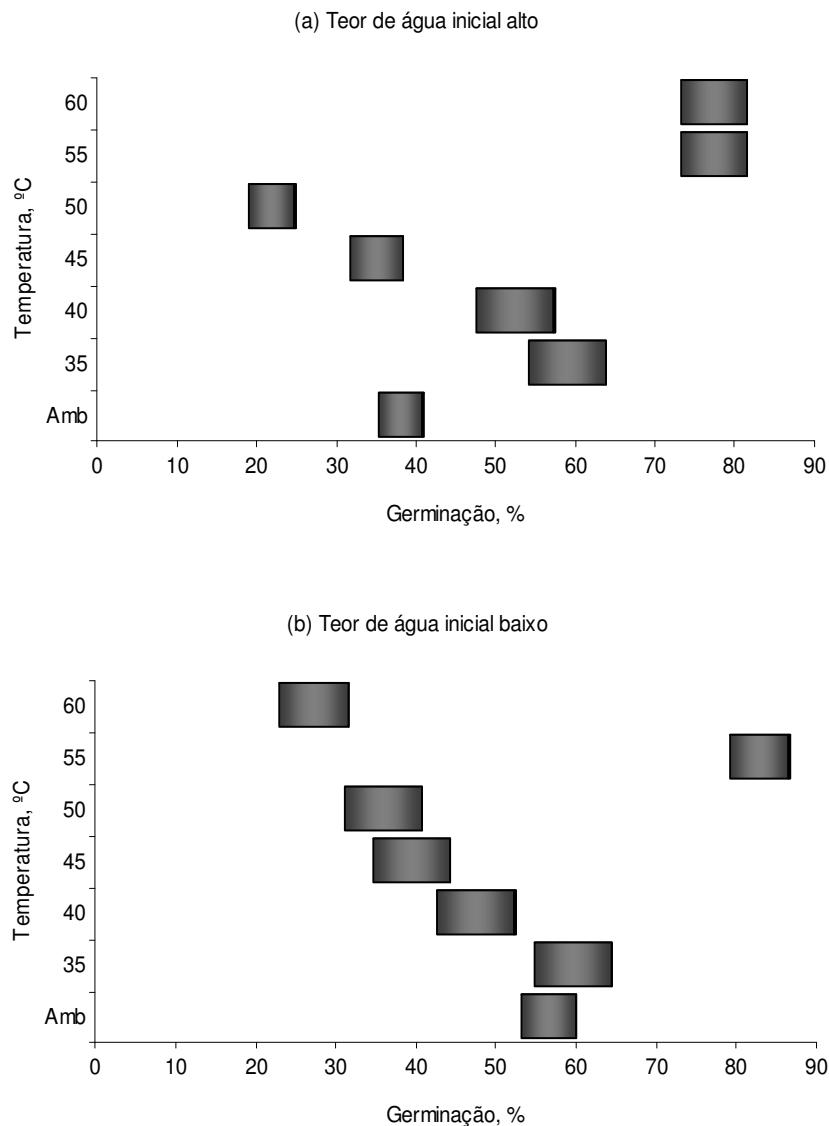


Figura 29. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para a germinação de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado imediatamente após o processo de secagem.

teor de água inicial, Yahiro e Ôriôji (1980) também já haviam observado comportamento pós-colheita lento e irregular das sementes de mamão. Para Viggiano et al. (2000b), este comportamento indica a ocorrência de dormência pós-colheita, fato este que foi observado por estes autores em sementes de mamão do tipo Solo, em que o índice de plântulas normais no final do teste de germinação não ultrapassou 9%. Martins et al. (2004) observaram, no entanto,

para sementes de mamão Golden, índices de germinação próximos de 85% no período inicial do experimento.

4.4.6 Avaliação do efeito latente da temperatura de secagem e de dois níveis de teor de água inicial na germinação das sementes de mamão F2 do híbrido UC-01

O resultado do teste de germinação realizado aos três meses de armazenamento, para as sementes F2 do híbrido UC-01 encontra-se representado na Figura 30.

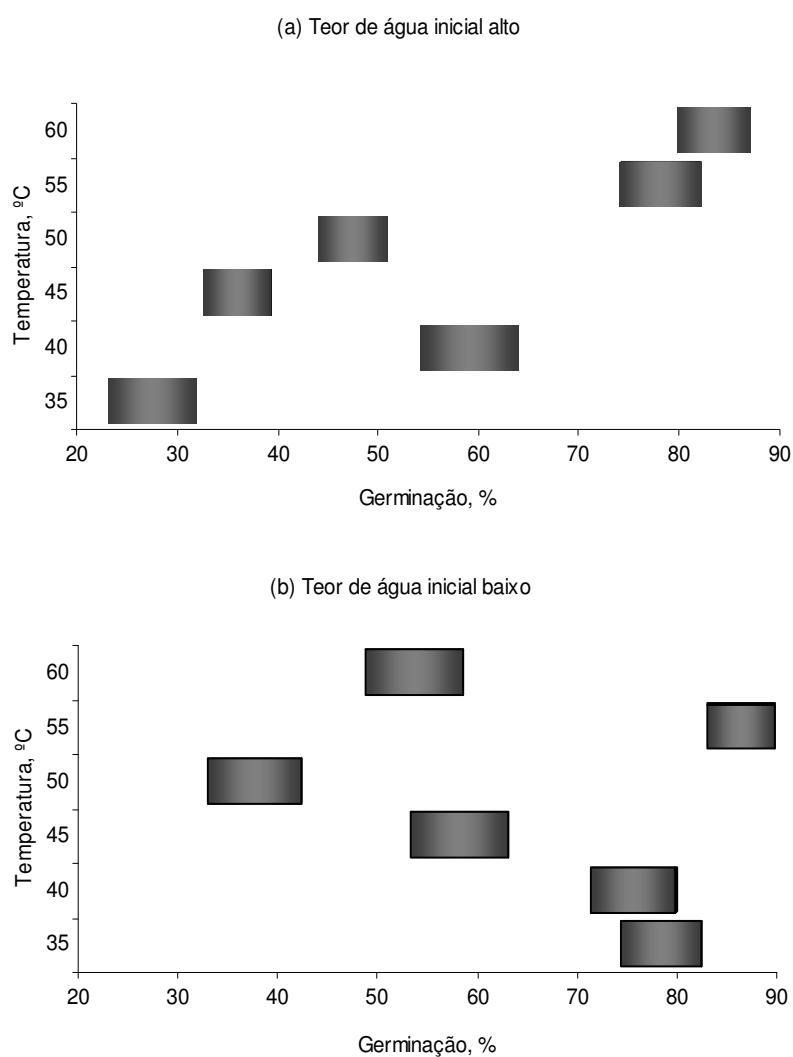


Figura 30. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para a germinação de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de três meses de armazenamento.

Novamente, para as sementes com teor de água inicial alto os melhores resultados foram obtidos quando a secagem foi realizada a 55 e 60 °C, não havendo diferença significativa entre esses dois resultados. O período de três meses de armazenamento proporcionou melhorias para as sementes secadas a 50 °C e prejuízos para as secadas a 35 °C. Porém, para as sementes secadas a 40, 45, 55 e 60 °C não foi observada diferença significativa. Depois de armazenarem sementes de mamão por dois meses em embalagem de papel em câmara com temperatura controlada de 20 °C, secadas durante 3, 6, 9, 12 e 15 dias ao sol e à sombra, Bertocci et al. (1997) observaram que as sementes secadas à sombra apresentaram resultados sempre superiores que aquelas secadas ao sol. O melhor resultado foi obtido quando a secagem foi realizada à sombra durante 12 dias.

Para as sementes secadas com o teor de água inicial baixo, o melhor resultado também foi observado entre as sementes secadas a 55 °C e o pior resultado para as sementes secadas a 50 °C, confirmando o que já havia sido observado na avaliação do vigor. Em seguida, os melhores resultados foram obtidos com as sementes que sofreram secagem a 35 e 40 °C, não havendo diferença significativa entre esses dois. Observa-se, no entanto, que o processo de armazenamento proporcionou melhorias às sementes que foram secadas a 35, 40, 45 e 60 °C. Porém, as secagens realizadas a 50 e 55 °C não sofreram influência. Além disso, o processo de secagem acompanhado do armazenamento proporcionou melhorias às sementes que foram submetidas às secagens de 35, 40 e 55 °C. Na avaliação das sementes de mamão Formosa, híbrido Tainung 01, Tokuhisa et al. (2007b) observaram que após três meses de armazenamento as sementes apresentaram maior porcentagem de germinação que aquelas que não foram submetidas ao mesmo processo. Concluíram que esse período já é suficiente para superar a dormência sofrida pelas sementes de mamão.

Aos seis meses de armazenamento (Figura 31), os melhores resultados para a germinação das sementes com teor de água inicial alto foram obtidos com as temperaturas de secagem de 35 e 40 °C, não havendo diferença significativa entre as duas. Este fato já havia sido observado na análise do vigor aos seis meses, porém, com pequena superioridade para as sementes secadas a 40 °C. Foram essas também as únicas temperaturas que apresentaram melhoria na porcentagem de germinação após o armazenamento. Para as sementes secadas

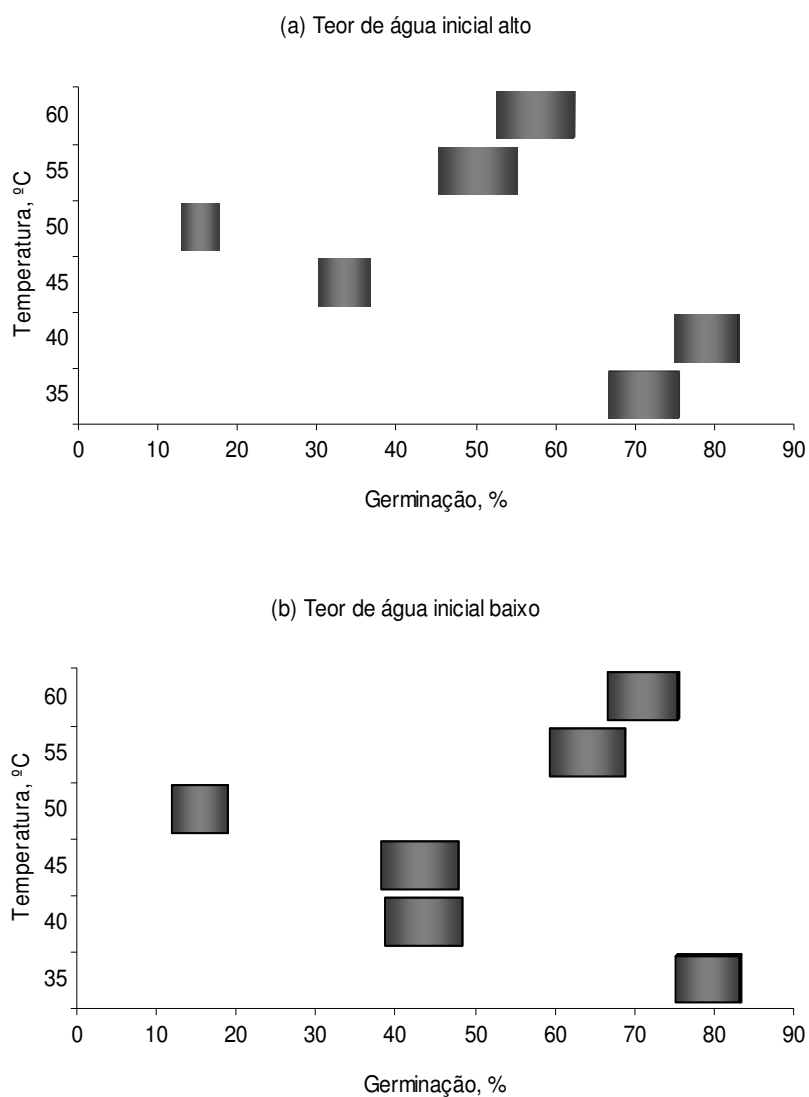


Figura 31. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para a germinação de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de seis meses de armazenamento.

a 45 °C não foi observado efeito do armazenamento na porcentagem de germinação. Porém, para aquelas que foram submetidas ao processo de secagem com temperaturas de 50, 55 e 60 °C, observou-se que o armazenamento influenciou negativamente na qualidade das sementes. Para o armazenamento das sementes com teor de água inicial alto durante período de seis meses, é

aconselhável a utilização da secagem com temperaturas mais baixas, até o máximo de 40 °C.

Analisando a secagem das sementes com teor de água inicial baixo, observa-se que os melhores resultados de germinação foram obtidos para as sementes secadas a 35 e 60 °C, não havendo diferença entre essas duas condições. O processo de secagem realizado a 55 °C proporcionou resultado estatisticamente igual ao de 60 °C. Porém, o período de armazenamento de seis meses provocou aumento significativo na porcentagem de germinação apenas das sementes secadas a 35 e 60 °C. Para as sementes secadas a 40 e 45 °C não foi observada influência. Esse período de armazenamento provocou efeito negativo na porcentagem de germinação das sementes secadas a 50 e 55 °C. Se compararmos esses resultados com o das sementes sem secagem e sem armazenamento (Figura 29b), é possível observar que apenas as sementes submetidas ao processo de secagem de 55 °C não sofreram influência dos processos de secagem e armazenamento. As sementes submetidas às temperaturas de 35 e 60 °C foram beneficiadas com esses processos e as sementes submetidas às temperaturas de 40, 45 e 50 °C foram prejudicadas. Independentemente do teor de água inicial utilizado, o pior resultado foi obtido quando as sementes foram submetidas ao processo de secagem de 50 °C.

Depois de nove meses de armazenamento, pode-se afirmar que o teor de água inicial não influenciou significativamente nas secagens realizadas a 45, 50 e 55 °C, sendo que a temperatura de 50 °C proporcionou o pior resultado e a de 55 °C o melhor. A representação gráfica deste resultado pode ser observada na Figura 32. Além disso, com exceção das sementes secadas a 45 °C com teor de água inicial alto, que mantiveram a porcentagem inicial de germinação, todas outras apresentaram resultado significativamente inferior após os nove meses de armazenamento, independentemente do teor de água inicial ou temperatura do ar de secagem utilizada. Esses dados contradizem os resultados da testemunha e das sementes condicionadas em água destilada (0,0 MPa), observados por Bhering et al. (2007) com sementes de mamão Formosa do híbrido Tainung 01. Os resultados foram de 65 e 70% no tempo zero de armazenamento e de 80 e 83% após dez meses, respectivamente. Porém, para as sementes que foram condicionadas em PEG – 1,0 MPa, durante 7 e 14 dias, a porcentagem de

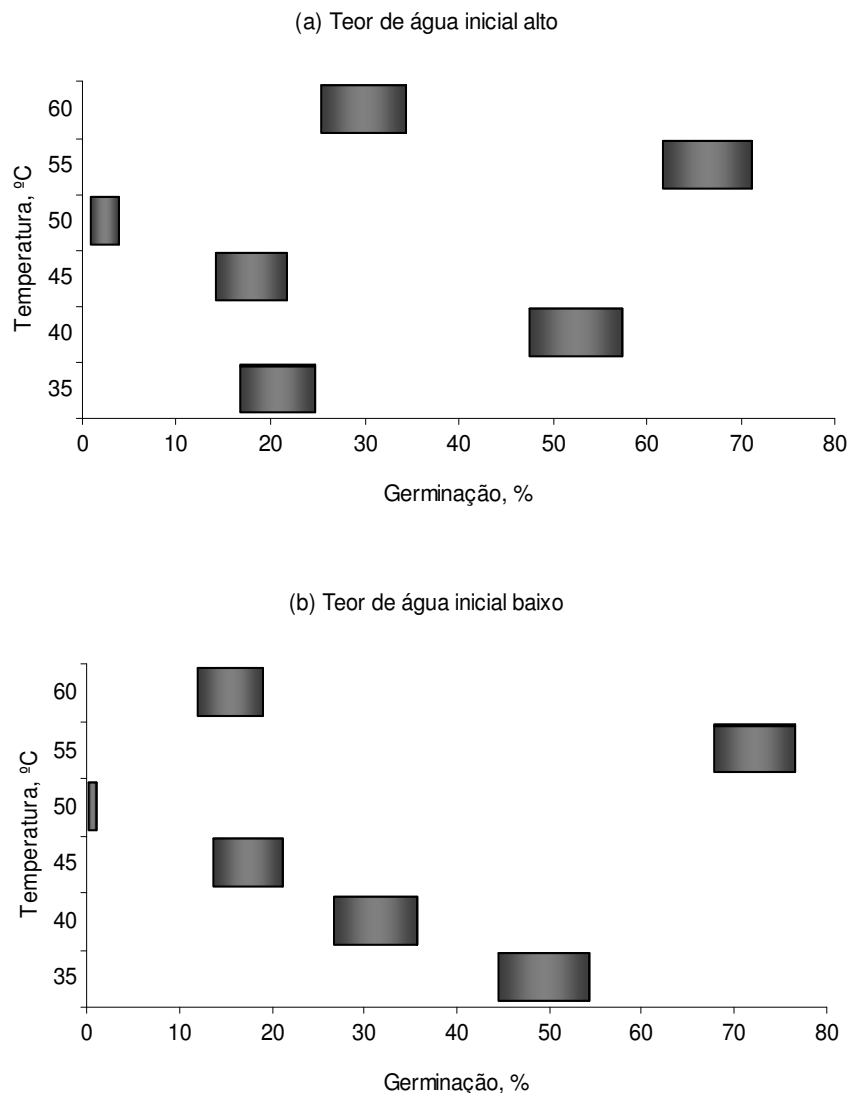


Figura 32. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para a germinação de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de nove meses de armazenamento.

germinação no tempo zero foi de 78 e 82%, enquanto que depois de dez meses de armazenamento o resultado foi de 5 e 60%, respectivamente.

Em relação aos 12 meses de armazenamento, a redução do teor de água inicial até cerca de 12% b.u. proporcionou benefícios para as sementes secadas a 35 e 50 °C (Figura 33). Porém, para as sementes secadas a 40 e 60 °C o resultado foi o contrário, enquanto que para as secadas a 45 e 55 °C o teor de água inicial não influenciou significativamente na porcentagem de germinação.

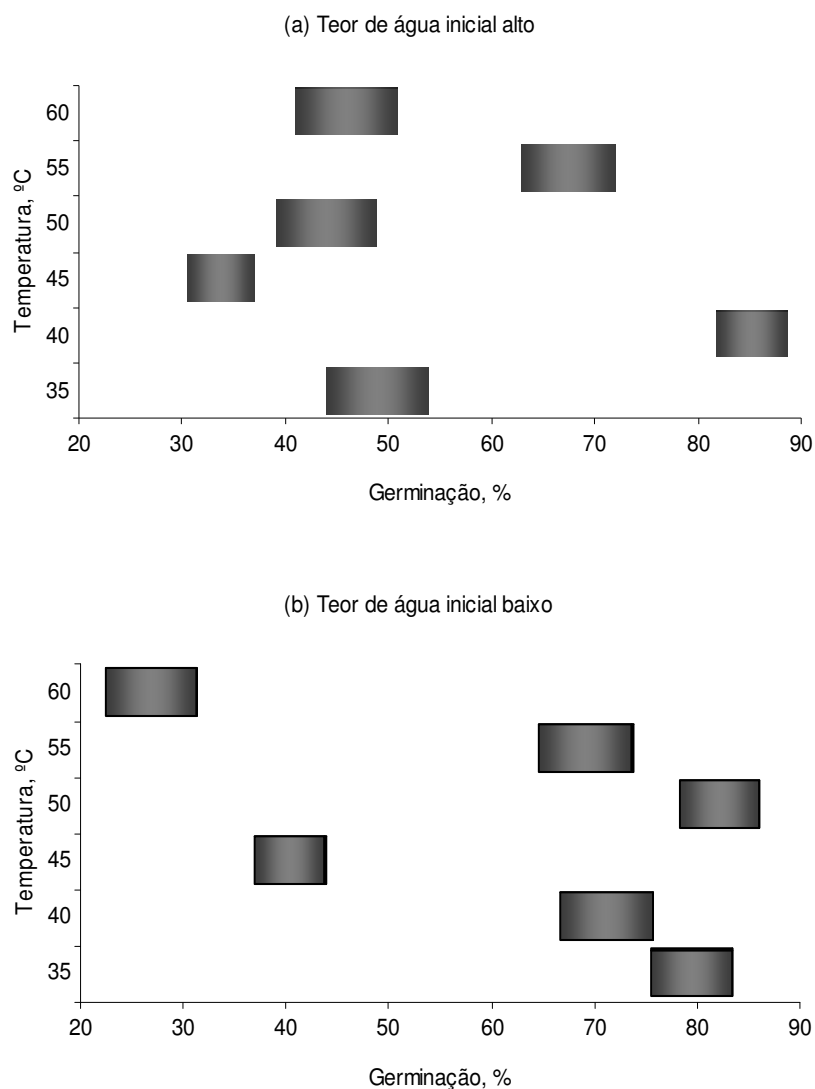


Figura 33. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para a germinação de sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de doze meses de armazenamento.

Para as sementes com teor de água inicial alto o melhor resultado observado foi com a secagem realizada a 40 °C. Este resultado é estatisticamente superior àquele observado imediatamente após a secagem, provando que o armazenamento por período de doze meses contribuiu significativamente para a porcentagem de germinação dessas sementes. Esse resultado vem confirmar o que já havia sido observado em relação ao vigor das mesmas sementes. Porém, ao avaliar o efeito da secagem e do armazenamento na porcentagem de

germinação de sementes de maracujá amarelo, Carlesso et al. (2008) observaram que após 360 dias em embalagem de vidro a 15 °C, as sementes que foram secadas a 40 °C apresentaram uma significativa redução no percentual total de germinação.

Analisando as sementes que possuíam o teor de água inicial baixo, observa-se que os melhores resultados foram obtidos para aquelas secadas a 35 e 50 °C, não havendo diferença significativa entre essas duas. A secagem realizada a 40 °C proporcionou resultado estatisticamente igual ao das secadas a 35 e 55 °C. No entanto, o armazenamento de doze meses só provocou melhorias nas sementes que foram submetidas às temperaturas de 35, 40 e 50 °C. O pior resultado foi observado para as sementes secadas a 60 °C, confirmando o que já havia sido observado na análise do vigor dessas sementes. Porém, para as sementes secadas a 55 °C, observou-se redução significativa no percentual de germinação. Para as sementes secadas a 45 e 60 °C não foi observado diferença significativa em relação à germinação imediatamente após a secagem (Figura 29). Esses dados comprovam a possibilidade de se realizar o armazenamento de sementes de mamão por períodos de até doze meses sem prejudicar a sua qualidade fisiológica. Esse fato já havia sido ressaltado por Berbert et al. (2008), que afirmam que o vigor e a germinação das sementes de mamão F1 do híbrido UC-01 mantiveram-se inalterados após secagem a 37 °C e armazenamento por período de doze meses.

4.4.7 Avaliação do efeito imediato da temperatura de secagem e de dois níveis de teor de água inicial no vigor das sementes de mamão Golden, avaliado por meio da contagem do número de plântulas normais fortes aos 14 dias

A representação gráfica para a análise do efeito imediato da temperatura de secagem no vigor das sementes de mamão Golden, ou seja, aquela realizada imediatamente após a secagem das sementes, pode ser observada na Figura 34. Nota-se que as sementes que não foram submetidas ao processo de secagem artificial (Amb) não apresentaram diferença entre si. Para as sementes secadas a 35, 40, 45 e 50 °C não foi observada influência significativa do teor de água inicial na estimativa do vigor. Em relação às sementes que foram submetidas à secagem com temperaturas mais elevadas, 55 e 60 °C, nota-se que a redução no teor de água inicial contribuiu significativamente para o vigor dessas sementes. É

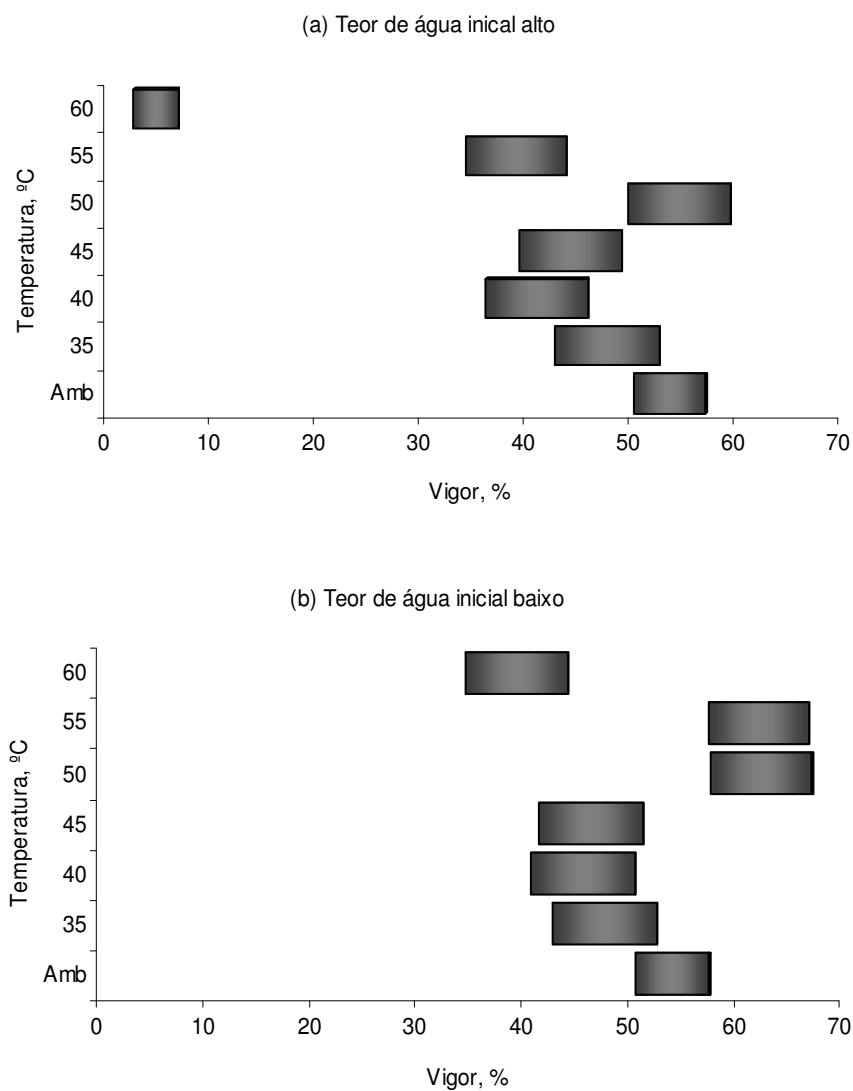


Figura 34. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para o vigor (1ª contagem) de sementes de mamão Golden, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado imediatamente após o processo de secagem.

provável que temperaturas mais elevadas, como 55 e 60 °C sejam mais eficientes na superação de possível dormência sofrida por estas sementes. Apesar disso, deve-se ressaltar que para sementes de sorgo e de arroz, quando a secagem é realizada com temperatura superior a 42 °C até atingir teor de água final inferior a 11%, passa a ocorrer uma interferência do pericarpo sobre as trocas gasosas com o ambiente ou à entrada de água, respectivamente, causando dormência secundária a estas sementes (Marcos Filho, 2005). Em trabalho realizado com

sementes de mamoeiro da cultivar Sunrise Solo, Viggiano et al. (2000a) concluíram que os diferentes teores de água iniciais (7,2; 9,3 e 11,3% b.u.) influenciaram significativamente no vigor das mesmas.

Analisando o vigor das sementes com teor de água inicial alto, observa-se que as temperaturas de 35 e 50 °C não influenciaram significativamente no vigor dessas sementes. Porém, as secagens realizadas a 40, 45, 55 e 60 °C proporcionaram resultados inferiores aos observados para as sementes que não foram submetidas à secagem, que possuíam média de vigor de aproximadamente 54%. Lopes et al. (2001) também observaram variações significativamente menores no vigor das sementes de romã após o processo de secagem, realizado à sombra com temperatura média de 32 °C e UR de 74%. A estimativa do vigor foi realizada mediante a contagem da porcentagem de emergência e do índice de velocidade de emergência das plântulas de romã.

Quanto às sementes com teor de água inicial baixo, o único procedimento que proporcionou resultados mais elevados de vigor foi a secagem com temperatura de 50 °C. As secagens realizadas a 40 e 60 °C prejudicaram-no, enquanto que as realizadas a 35, 45 e 55 °C não o influenciaram significativamente. Apesar disso, os melhores resultados foram observados para as sementes secadas a 50 e 55 °C, sendo o resultado dessas duas condições estatisticamente iguais. Ao estudarem o efeito de diferentes métodos de secagem no vigor de sementes de mamão Golden, Meireles et al. (2007) não observaram diferença significativa entre as secagens realizadas em secador de leito fixo, secagem à sombra ou a pleno sol, concluindo que os três tipos de secagem são eficientes para redução do teor de água das sementes de mamão.

4.4.8 Avaliação do efeito imediato da temperatura de secagem e de dois níveis de teor de água inicial no vigor das sementes de mamão Golden, avaliado por meio do teste de condutividade elétrica

Na Figura 35 pode ser observado o efeito imediato das temperaturas de secagem sobre o vigor das sementes de mamão Golden, estimado por meio do teste de condutividade elétrica. Nota-se que apenas a redução mais acentuada do teor de água inicial, em condição ambiente, foi suficiente para quase dobrar o valor da condutividade elétrica das sementes. A média que era de aproximadamente $43 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ quando as sementes possuíam teor de água

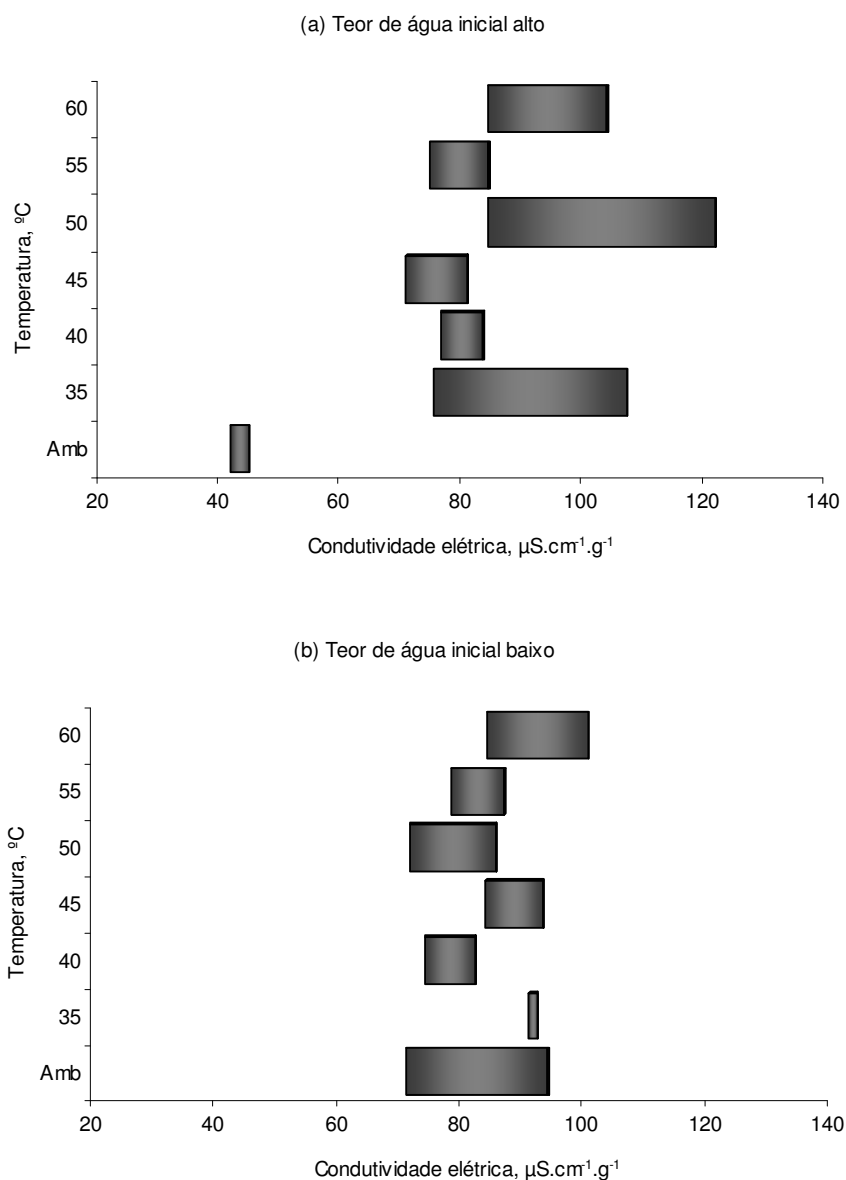


Figura 35. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para o vigor (teste de condutividade elétrica) de sementes de mamão Golden, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado imediatamente após o processo de secagem.

inicial alto, passou para cerca de $82 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ após a redução do teor de água. Porém, é relevante ressaltar que em caso de necessidade de armazenamento, as sementes estariam condicionadas ao processo de secagem. Para as sementes que foram submetidas ao processo de secagem com temperatura controlada, a única situação onde a redução do teor de água inicial causou prejuízo ao vigor

das sementes foi com a secagem a 45 °C. A redução do teor de água inicial não influenciou no vigor das sementes que foram submetidas aos processos de secagem realizados a 35, 40, 50, 55 e 60 °C. De acordo com Meireles et al. (2007), o teor de água inicial influencia tanto no vigor quanto na germinação das sementes de mamão Golden, sendo necessária a sua redução, uma vez que teores de água elevados tendem a prejudicar tanto o vigor quanto à germinação.

Para as sementes com teor de água inicial alto, todos os níveis de temperatura testados influenciaram negativamente no vigor. De certa forma, este resultado vem confirmar o que já havia sido observado anteriormente, quando o vigor das sementes foi avaliado por meio da contagem do número de plântulas normais fortes aos 14 dias. Neste estudo, apenas as sementes secadas a 35 e 50 °C não apresentaram diferença em relação às que não foram submetidas à secagem forçada (Amb), enquanto que todas outras tiveram o vigor afetado negativamente.

Dentre as sementes que possuíam o teor de água inicial baixo, a secagem não influenciou significativamente o vigor em nenhuma das condições estudadas. Provavelmente isto se deve ao fato de o valor da condutividade elétrica já ter se elevado apenas com a redução do teor de água inicial, o que já teria aproximado bem as médias das condições estudadas. Observa-se que as temperaturas de 35 e 45 °C foram mais prejudiciais que a de 40 °C, porém, todas elas estatisticamente iguais à secagem realizada em condição ambiente.

4.4.9 Avaliação do efeito latente da temperatura de secagem e de dois níveis do teor de água inicial no vigor das sementes de mamão Golden, avaliado por meio da contagem do número de plântulas normais fortes aos 14 dias

Aos três meses de armazenamento (Figura 36), observa-se que para as sementes secadas a 40 e 55 °C o teor de água inicial não influenciou significativamente na estimativa do vigor. Porém, para as sementes secadas a 35 e 45 °C a influência foi negativa e para as secadas a 50 e 60 °C a influência foi positiva. Deve-se ressaltar que, apesar de a secagem a 60 °C ter proporcionado melhoria para a qualidade das sementes, a estimativa ainda permaneceu muito baixa, passando de uma média de 4,5% para 20% de vigor após a redução do teor de água inicial.

Para as secagens realizadas a partir do teor de água inicial alto, os melhores resultados foram obtidos para as sementes secadas a 40 e 45 °C, não

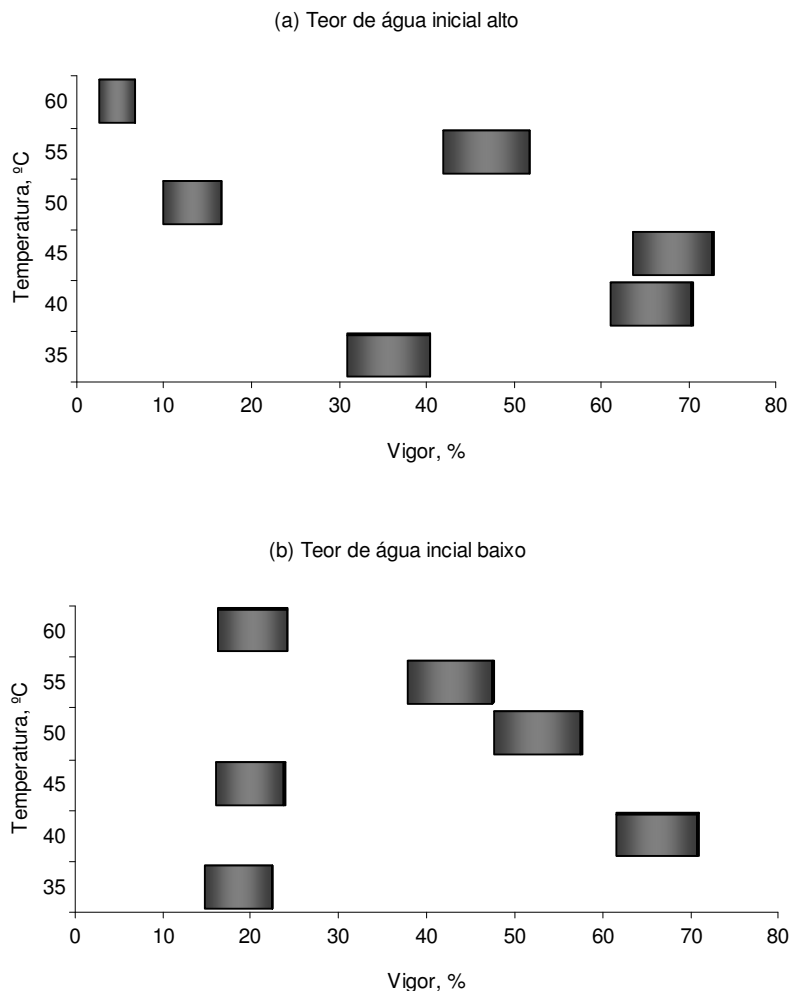


Figura 36. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para o vigor (1ª contagem) de sementes de mamão Golden, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de três meses de armazenamento.

havendo diferença significativa entre os resultados dessas duas condições. Esses resultados estão de acordo com o que foi observado por Carlesso et al. (2008), em que os maiores índices de vigor de sementes de maracujá-amarelo, avaliado por meio da contagem do número de plântulas normais fortes aos 14 dias do teste de germinação, foram obtidos entre as sementes secadas a 40 °C, independentemente do tipo de embalagem utilizada para o armazenamento, que foi realizado durante três meses a 15 °C. O teor de água inicial das sementes de maracujá era de aproximadamente 35% b.u.

Na análise de vigor das sementes com teor de água inicial baixo o melhor resultado continuou sendo o das sementes secadas a 40 °C. Possivelmente, para sementes de mamão Golden armazenadas por período de três meses em câmara a 10 °C, esse nível de temperatura do ar de secagem proporcione um valor ótimo entre tempo de secagem x nível de dano às sementes, impossibilitando a instalação de possível dormência e não causando danos mecânicos às sementes. Deve-se ressaltar que, para as condições citadas, a utilização da temperatura de 40 °C foi a única que proporcionou média de vigor superior a 60%.

De acordo com a Figura 37, pode-se observar que depois de seis meses de armazenamento, a redução no teor de água inicial das sementes só não causou efeito significativo no vigor para aquelas sementes que foram submetidas à secagem de 35 °C. Para as sementes secadas a 45 °C a redução no teor de água inicial proporcionou valores mais baixos de vigor, enquanto que para as sementes secadas a 40, 50, 55 e 60 °C a redução do teor de água inicial contribuiu para o incremento do vigor. Porém, mesmo tendo apresentado efeito significativamente melhor após a redução do teor de água inicial, o vigor das sementes secadas a 60 °C continuou com valor muito baixo, apresentando intervalo entre 8,4 e 14,6%. Independentemente do teor de água inicial utilizado, o pior índice de vigor foi observado entre as sementes secadas a 60 °C. É possível que essa temperatura tenha causado algum tipo de dano térmico às sementes, visto que desde o início do experimento estas sementes não apresentaram bons índices de vigor.

Analisando-se apenas as sementes que possuíam teor de água inicial alto, observa-se que a temperatura de 45 °C foi a que proporcionou o melhor resultado de vigor. Além disso, também foram estas as únicas sementes a apresentarem efeito significativamente positivo em relação às sementes no início do experimento, ou seja, imediatamente após a secagem. Provavelmente, o fator que mais tenha contribuído para a melhoria do vigor dessas sementes, no sentido de ajuda na superação de possível dormência, tenha sido o armazenamento, visto que imediatamente após a secagem sob temperatura de 45 °C o vigor foi inferior ao das sementes sem secagem (Figura 34). As sementes secadas a 40 e 55 °C não apresentaram diferença significativa após os seis meses de armazenamento. Para as sementes secadas a 35, 50 e 60 °C, a resposta observada foi negativa.

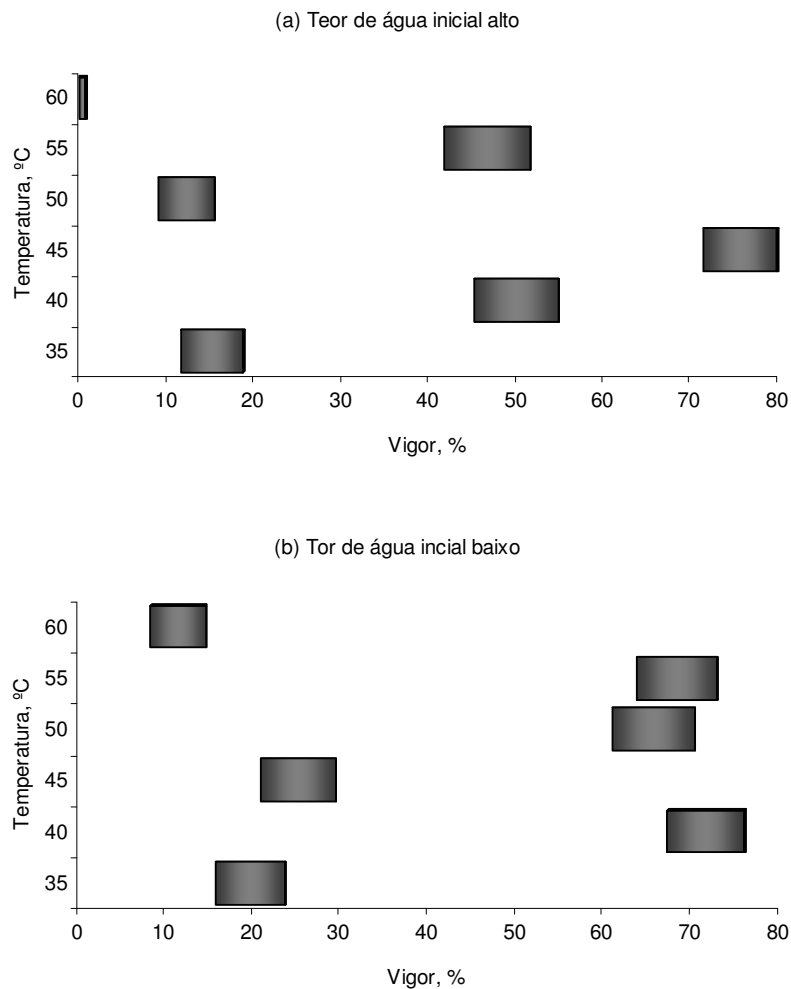


Figura 37. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para o vigor (1ª contagem) de sementes de mamão Golden, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de seis meses de armazenamento.

Em relação às sementes que foram submetidas à pré-secagem mais acentuada, ou seja, aquelas com teor de água inicial baixo, observa-se que os melhores resultados foram obtidos para as sementes secadas a 40, 50 e 55 °C, não havendo diferença significativa entre essas três condições. Apesar disso, a única condição que apresentou vigor mais elevado, quando comparado com aquele das sementes imediatamente após a secagem, foi a de 40 °C. As sementes secadas a 35, 45 e 60 °C sofreram redução na estimativa de vigor após os seis meses de armazenamento, enquanto que as secadas a 50 e 55 °C não sofreram influência significativa.

Os dados referentes ao vigor de sementes de mamão Golden, com teor de água inicial alto e baixo, aos nove meses de armazenamento, podem ser observados da Figura 38. Apenas para as sementes secadas a 55 °C não houve influência do teor de água inicial sobre o vigor, de forma que a pré-secagem proporcionou melhoria para as sementes submetidas a todas outras condições avaliadas. Apesar disso, deve-se ressaltar que para todas as temperaturas estudadas, a estimativa do vigor foi muito baixa, sendo observada a melhor resposta para as sementes secadas a 50 °C, com média de vigor de 6,3%. O resultado das sementes secadas a 35 °C foi estatisticamente igual.

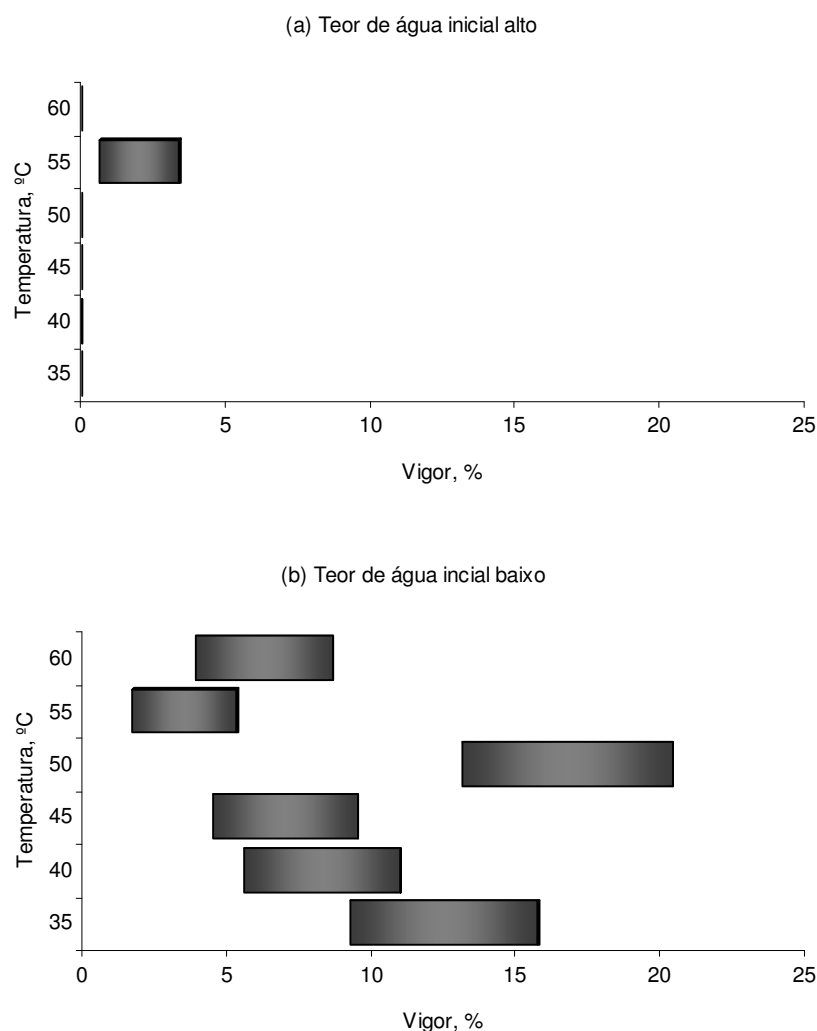


Figura 38. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para o vigor (1ª contagem) de sementes de mamão Golden, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de nove meses de armazenamento.

Em comparação com o vigor das sementes na fase inicial do experimento, ou seja, imediatamente após a secagem, observa-se que o armazenamento durante período de nove meses foi prejudicial para o vigor de todas as condições estudadas, independentemente do teor de água inicial estudado.

Provavelmente, após os nove meses, boa parte das substâncias de reserva já tenha sido consumida para manutenção das sementes durante o armazenamento, fato este que causou o comprometimento do vigor das sementes, fazendo com que as mesmas tenham apresentado níveis tão baixos. Resultados semelhantes já haviam sido observados para as sementes de mamão F2 do híbrido UC-01, apresentado anteriormente (Figura 23).

Aos 12 meses de armazenamento, apesar de as sementes com teor de água inicial baixo terem apresentado níveis de vigor mais elevados em comparação aos nove meses, aquelas que não foram submetidas à pré-secagem acentuada continuaram apresentando valores similares ao período anterior (Figura 39). A exceção foi observada para as sementes secadas a 45 °C, em que a estimativa de vigor passou de zero para aproximadamente 45%. Porém, essa temperatura foi a única que não proporcionou melhorias no vigor após as sementes terem sido submetidas à redução do teor de água inicial. Para todas outras temperaturas avaliadas a diferença foi significativamente superior.

Em comparação com o vigor das sementes imediatamente após a secagem, as temperaturas de 40 e 55 °C não apresentaram diferença significativa após os doze meses de armazenamento. Foi para essas temperaturas que se observou os melhores índices de vigor, não havendo diferença significativa entre essas duas. Os valores médios de vigor para essas sementes foi de 54,5 e 56,8%, respectivamente. Entre as sementes secadas a 35, 45, 50 e 60 °C, todas apresentaram decréscimo no percentual de vigor. Esses resultados contradizem o que foi observado por Araújo et al. (2005), que concluíram que o armazenamento de sementes de mamão Golden por período de um ano não influenciou significativamente sua qualidade fisiológica. A secagem dessas sementes foi realizada em condição ambiente de sombra, com temperatura média de 25 °C até atingir teor de água de 11% b.u. O armazenamento foi realizado em geladeira com temperatura controlada entre 8 e 10 °C, utilizando-se embalagem de polietileno. O teor de água final das sementes, após o período de armazenamento foi de 9,2%.

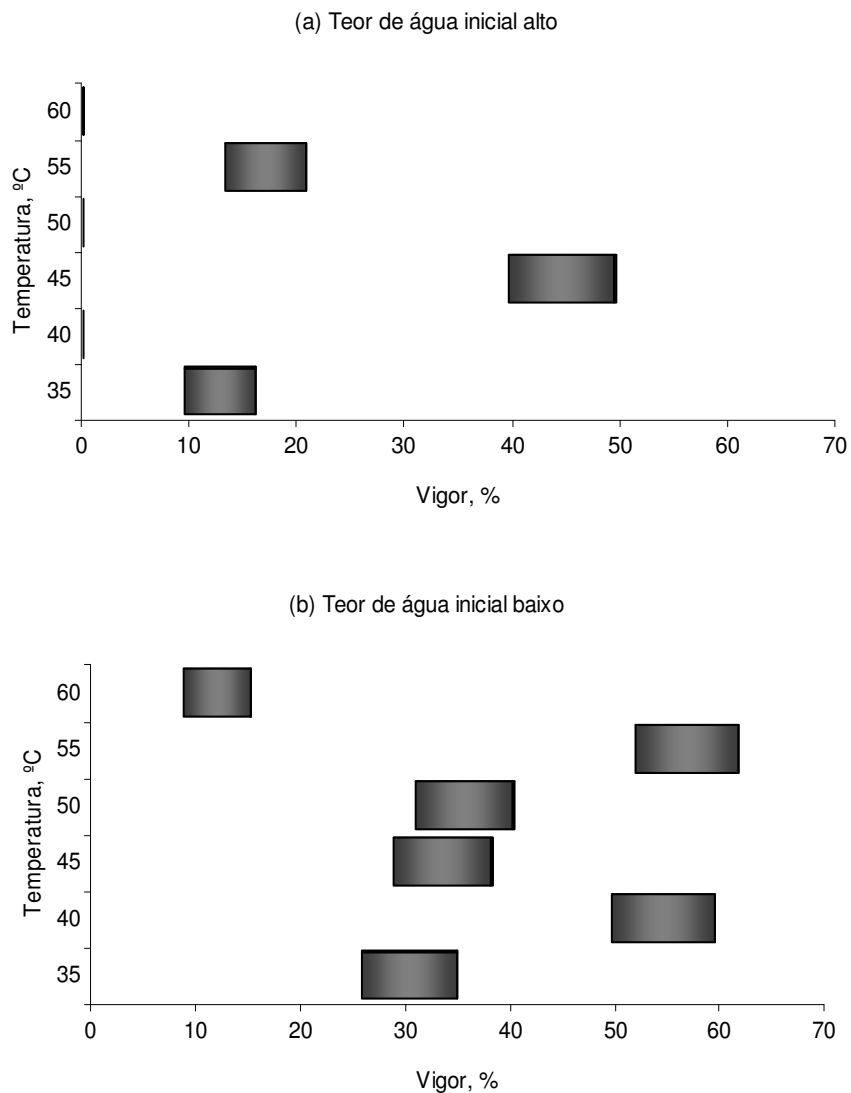


Figura 39. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para o vigor (1ª contagem) de sementes de mamão Golden, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de 12 meses de armazenamento.

4.4.10 Avaliação do efeito latente da temperatura de secagem e de dois níveis de teor de água inicial no vigor das sementes de mamão Golden, avaliado por meio do teste de condutividade elétrica

A redução do teor de água inicial das sementes não influenciou significativamente no vigor das que foram submetidas à secagem de 35, 55 e 60 °C. Porém, para aquelas que foram submetidas ao processo de secagem a 40 e 50 °C o efeito foi significativamente melhor, enquanto que para as secadas a

45 °C a redução do teor de água inicial prejudicou significativamente o seu vigor. A representação gráfica dos resultados referentes a esta análise pode ser observada na Figura 40.

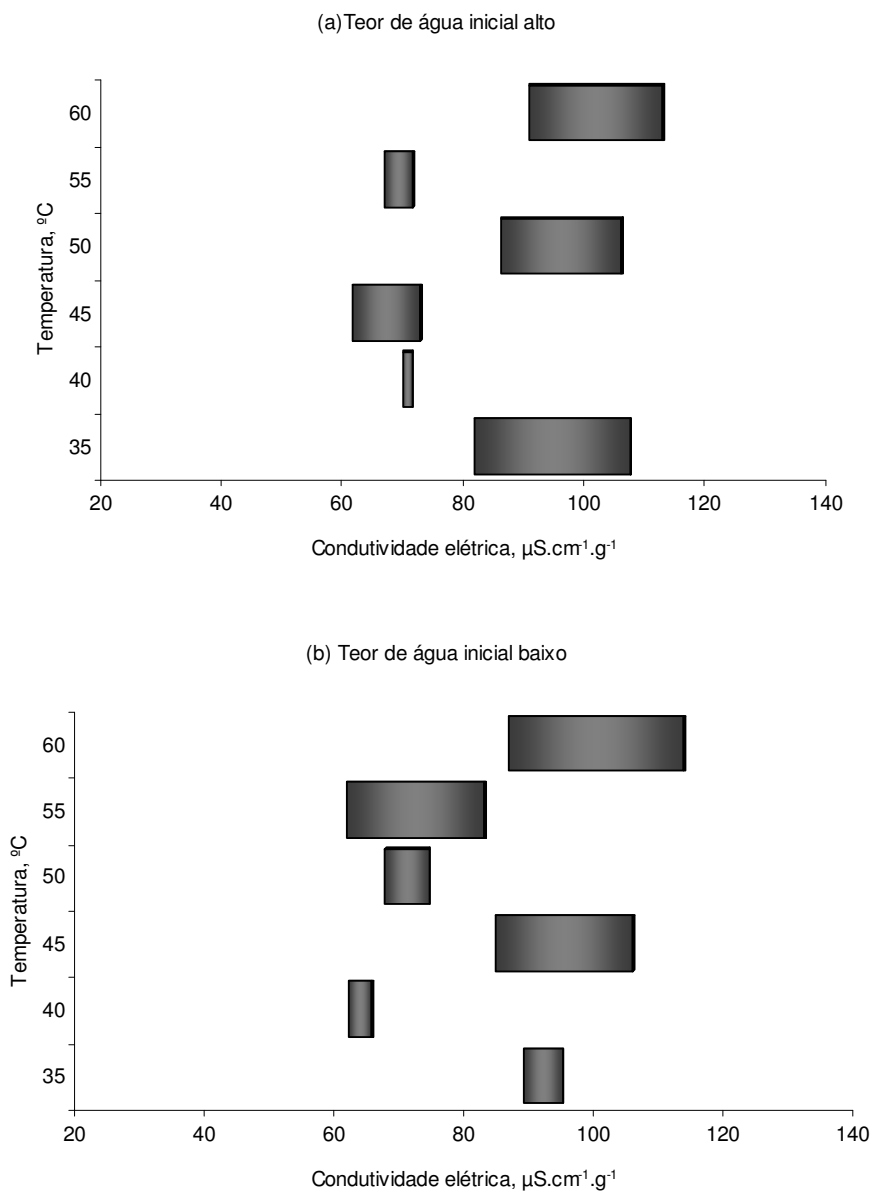


Figura 40. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para o vigor (teste de condutividade elétrica) de sementes de mamão Golden, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de três meses de armazenamento.

Com relação às sementes que possuíam o teor de água inicial alto, observa-se que os melhores valores foram obtidos para as sementes secadas a 40, 45 e 55 °C, não havendo diferença significativa entre esses resultados. Porém, para as sementes secadas a 40 e 55 °C o período de três meses de armazenamento contribuiu na redução do valor da condutividade elétrica, enquanto que para as secadas a 45 °C não se observou efeito significativo. Estes resultados contradizem o que foi observado por Balbinot et al. (2006) ao secarem sementes de mamão Golden, a 37 °C, e armazenando-as por três meses. Esses autores ainda afirmaram que a redução do teor de água final das sementes até 7, 9 e 11% não influenciou significativamente no vigor das sementes avaliado por meio do teste de condutividade elétrica.

Dentre as sementes que possuíam o teor de água inicial baixo, os melhores resultados foram obtidos com as secagens realizadas a 40, 50 e 55 °C, sendo o resultado desta última estatisticamente igual ao das secadas a 45 °C. Quanto ao período de armazenamento, a única condição de secagem que favoreceu o vigor das sementes foi a aquela realizada a 40 °C, enquanto todas as outras condições avaliadas não proporcionaram efeito significativo, após os três meses de armazenamento.

Analisando as sementes que ficaram armazenadas por período de seis meses (Figura 41), observa-se que para a secagem a 50 °C a redução do teor de água inicial proporcionou melhorias no vigor estimado por meio do teste de condutividade elétrica, enquanto que para as sementes secadas a 45 °C a resposta observada foi inversa. Este resultado vem confirmar o que já havia sido observado anteriormente, quando o vigor dessas sementes foi analisado por meio da contagem do número de plântulas normais fortes aos 14 dias do teste de germinação (Figura 37). Para as sementes secadas a 35, 40, 55 e 60 °C não houve efeito significativo da redução do teor de água inicial no vigor das sementes.

Ao analisar o efeito do período de armazenamento no vigor das sementes que possuíam o teor de água inicial alto, observa-se que o mesmo só influenciou positivamente no resultado das sementes secadas a 55 °C. Para as sementes secadas a 35, 40, 45, 50 e 60 °C o período de armazenamento não influenciou significativamente no vigor das sementes. O mesmo resultado foi observado para as sementes que possuíam o teor de água inicial baixo.

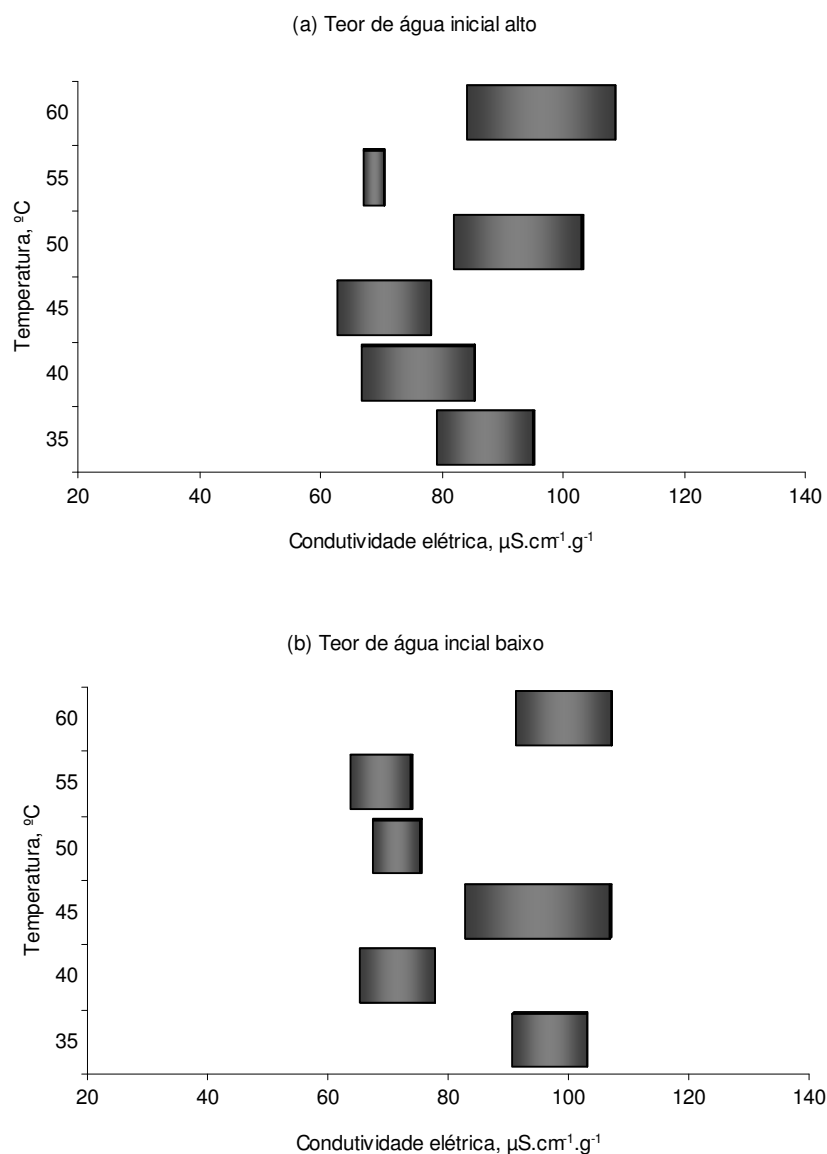


Figura 41. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para o vigor (teste de condutividade elétrica) de sementes de mamão Golden, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de seis meses de armazenamento.

Provavelmente este período de armazenamento seja suficiente para que haja uma reestruturação das membranas celulares, fazendo com que os índices de condutividade elétrica das sementes não atinjam valores tão altos, com médias sempre inferiores a $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, independentemente da temperatura do ar de secagem e do teor de água inicial utilizado.

Aos nove meses de armazenamento a redução do teor de água inicial influenciou positivamente no vigor das sementes secadas a 50 °C e negativamente no das sementes secadas a 45 °C (Figura 42). Para as sementes secadas a 35, 40, 55 e 60 °C não houve influência significativa. Para as sementes que possuíam o teor de água inicial alto, não foi observada influência significativa do armazenamento para nenhuma das condições de secagem estudadas.

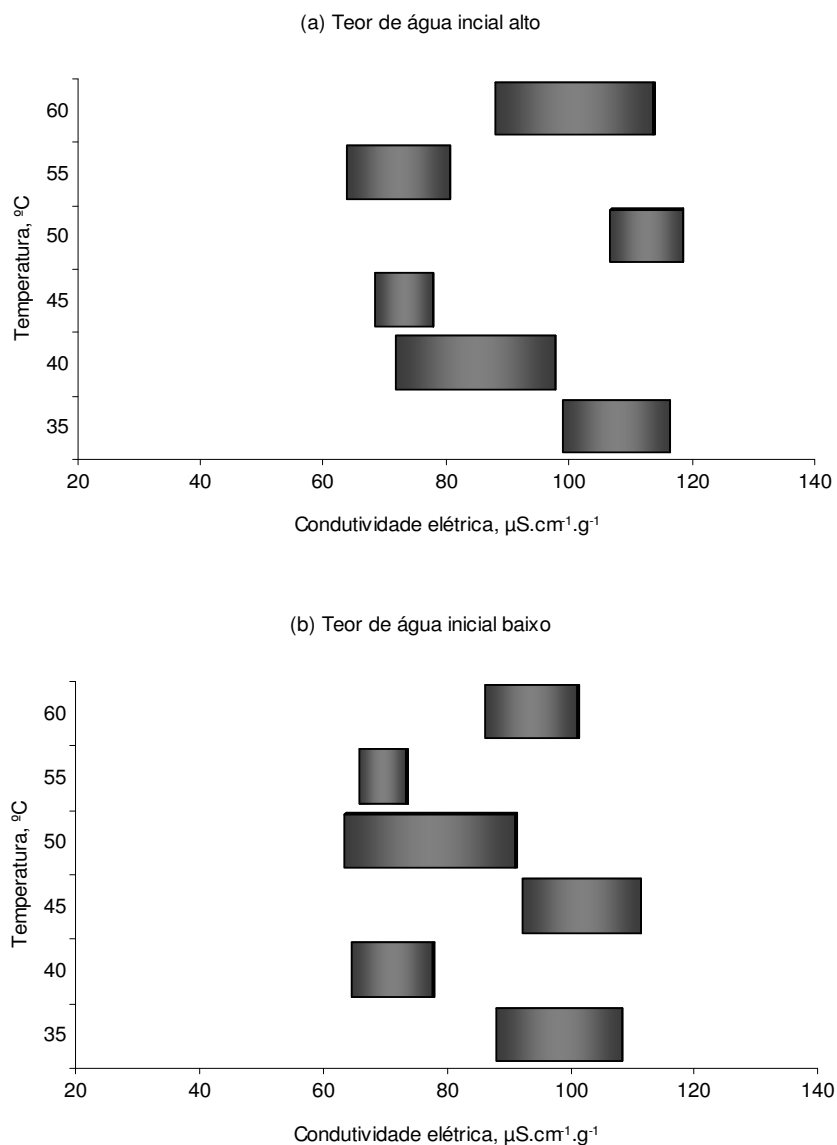


Figura 42. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para o vigor (teste de condutividade elétrica) de sementes de mamão Golden, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de nove meses de armazenamento.

Ao analisar o efeito do período de nove meses de armazenamento no vigor das sementes com teor de água inicial baixo constatou-se que apenas aquelas secadas a 55 °C foram influenciadas positivamente, enquanto que as secadas a 35, 40, 45, 50 e 60 °C não apresentaram alteração no índice de vigor.

Comparando esses dados com os observados na análise do vigor por meio da contagem do número de plântulas normais fortes aos 14 dias (Figura 38), nota-se uma divergência muito grande entre os resultados. Balbinot (2004) já havia relatado que sementes de mamão Golden que apresentaram maiores valores de condutividade elétrica também apresentaram os melhores resultados de vigor e germinação. Isso não se traduz em incapacidade do teste em demonstrar a condição das sementes, mas sim as diferentes formas de avaliá-las e a necessidade de se buscar o maior número de informações antes de se tomar uma decisão quanto ao destino desse material. Além disso, também indica a necessidade de se adaptar ou padronizar para cada espécie, ou mesmo variedade, o teste ou testes que melhor definem a qualidade fisiológica das sementes.

Para as sementes que permaneceram armazenadas por 12 meses, observou-se que a redução do teor de água inicial influenciou negativamente no vigor daquelas que foram secadas a 45 °C (Figura 43). Porém, para as secadas nas demais temperaturas, não houve influência significativa da redução do teor de água inicial nos valores de condutividade elétrica.

Quanto ao efeito do armazenamento na qualidade fisiológica das sementes, observou-se que, independentemente do teor de água inicial utilizado, este período não influenciou significativamente na qualidade das sementes secadas a 35, 40, 45, 50 e 60 °C. Quanto às que foram secadas a 55 °C, os resultados obtidos ao final do armazenamento foram melhores que aqueles observados no início do experimento. Este resultado indica a possibilidade de se poder armazenar sementes de mamão Golden por períodos de até 12 meses sem maiores prejuízos à sua qualidade fisiológica.

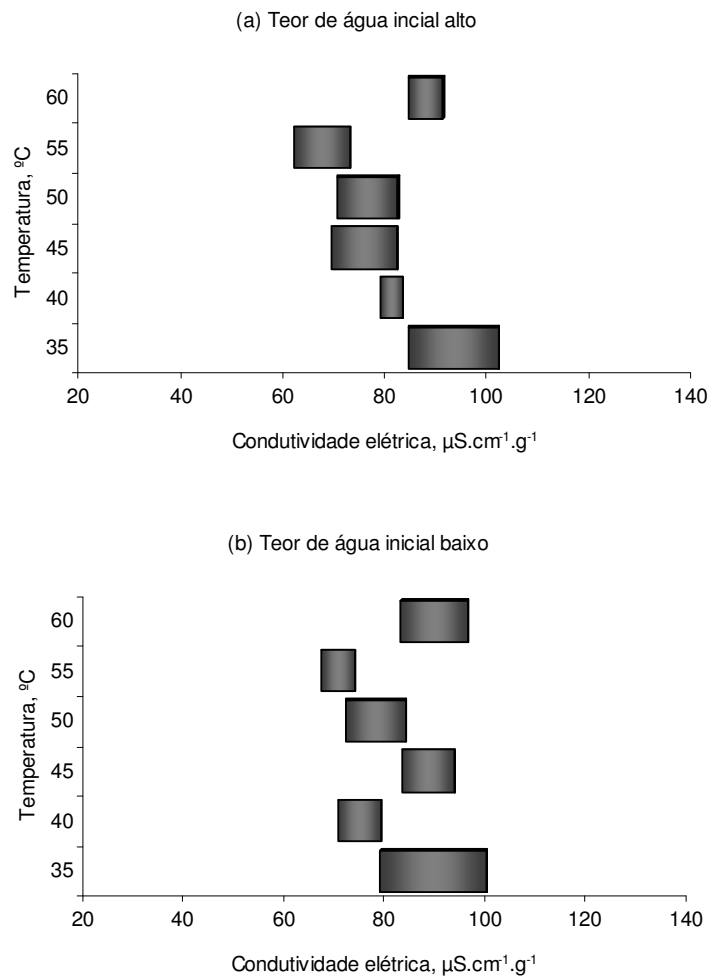


Figura 43. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para o vigor (teste de condutividade elétrica) de sementes de mamão Golden, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de 12 meses de armazenamento.

4.4.11 Avaliação do efeito imediato da temperatura de secagem e de dois níveis do teor de água inicial na germinação das sementes de mamão Golden

Apresenta-se na Figura 44 a representação gráfica do efeito imediato da secagem no percentual de germinação das sementes de mamão Golden. Observa-se que, além das sementes secadas em condição ambiente, o teor de água inicial não influenciou significativamente no percentual de germinação das sementes secadas a 35, 40, 50 e 55 °C. Para as sementes submetidas à secagem a 45 °C, observou-se que a redução no teor de água inicial causou prejuízos à

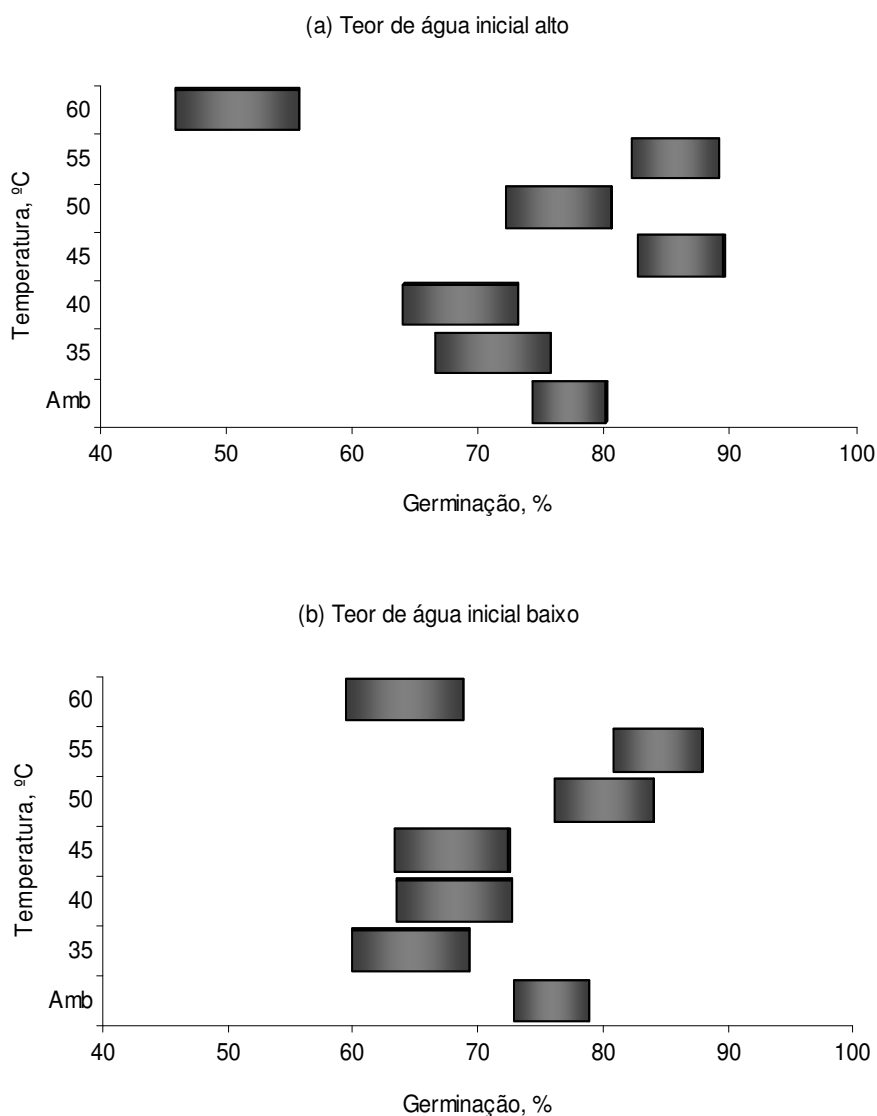


Figura 44. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para a germinação de sementes de mamão Golden, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado imediatamente após o processo de secagem.

porcentagem de germinação, passando de uma média de 86% para aproximadamente 67%, enquanto que para as sementes secadas a 60 °C, a resposta foi positiva, passando de uma média de aproximadamente 51% para 64%. Meireles et al. (2007) observaram que sementes de mamão Golden com teor de água reduzido mediante secagem realizada em condição de sombra, sol ou secador proporcionaram plântulas mais vigorosas que aquelas provenientes de sementes com elevado teor de água.

Quanto ao efeito imediato da secagem no percentual de germinação das sementes com teor de água inicial alto, as únicas condições que proporcionaram melhorias às sementes foram as secagens realizadas a 45 e 55 °C. Foram também essas duas temperaturas que proporcionaram os maiores valores de germinação para as sementes com teor de água inicial alto. Para as sementes submetidas às temperaturas de 35 e 50 °C não foi observada influência significativa da secagem no percentual de germinação, enquanto que as temperaturas de 40 e 60 °C influenciaram negativamente na qualidade das sementes. Esses resultados contradizem aqueles observados por Carlesso et al. (2009), onde relatam que a germinação de sementes de mamão Golden, com teor de água inicial de 53% b.u., secadas com temperatura de 50 °C foi influenciada negativamente pela secagem, enquanto que as sementes secadas a 58 °C não apresentaram diferença significativa.

Para as sementes com teor de água inicial baixo, a única condição que proporcionou melhorias no percentual de germinação das sementes foi a secagem realizada a 55 °C. A resposta das sementes secadas a 50 °C foi estatisticamente igual, porém, não diferiu das sementes que não foram submetidas à secagem em secador. No estudo da secagem de sementes de café, Araújo et al. (1989) observaram que a temperatura de 50 °C proporcionou efeito imediato negativo à germinação das sementes, enquanto que as temperaturas de 30 e 40 °C não proporcionaram efeito significativo. Para Ellis et al. (1991), a secagem das sementes de mamão até teor de água de aproximadamente 6,5% não teve efeito significativo na germinação das sementes. No entanto, ao realizar secagem adicional até teor de água entre 4,2 e 5,3% a porcentagem de germinação foi reduzida significativamente. Após realizar a pré-secagem de sementes de mamão em condição ambiente até teor de água de 18,3%, Lopes e Souza (2008) realizaram a secagem adicional mantendo-as em recipiente contendo sílica gel, com umidade relativa do ar de 40% e temperatura de 30 °C, até atingirem teor de água final de 11,5%. Concluíram que a secagem das sementes após o condicionamento osmótico realizado em água destilada e solução de polietileno glicol com dois níveis de potencial osmótico, -0,1 e -1,0 MPa, ocasionou redução na qualidade fisiológica de sementes de mamão do tipo Solo independentemente da presença ou ausência de giberelina na solução.

4.4.12 Avaliação do efeito latente da temperatura de secagem e de dois níveis de teor de água inicial na germinação das sementes de mamão Golden

A representação gráfica da influência das temperaturas de secagem e dos diferentes níveis de teor de água inicial na porcentagem de germinação das sementes de mamão Golden, após os três meses de armazenamento, encontra-se demonstrada na Figura 45.

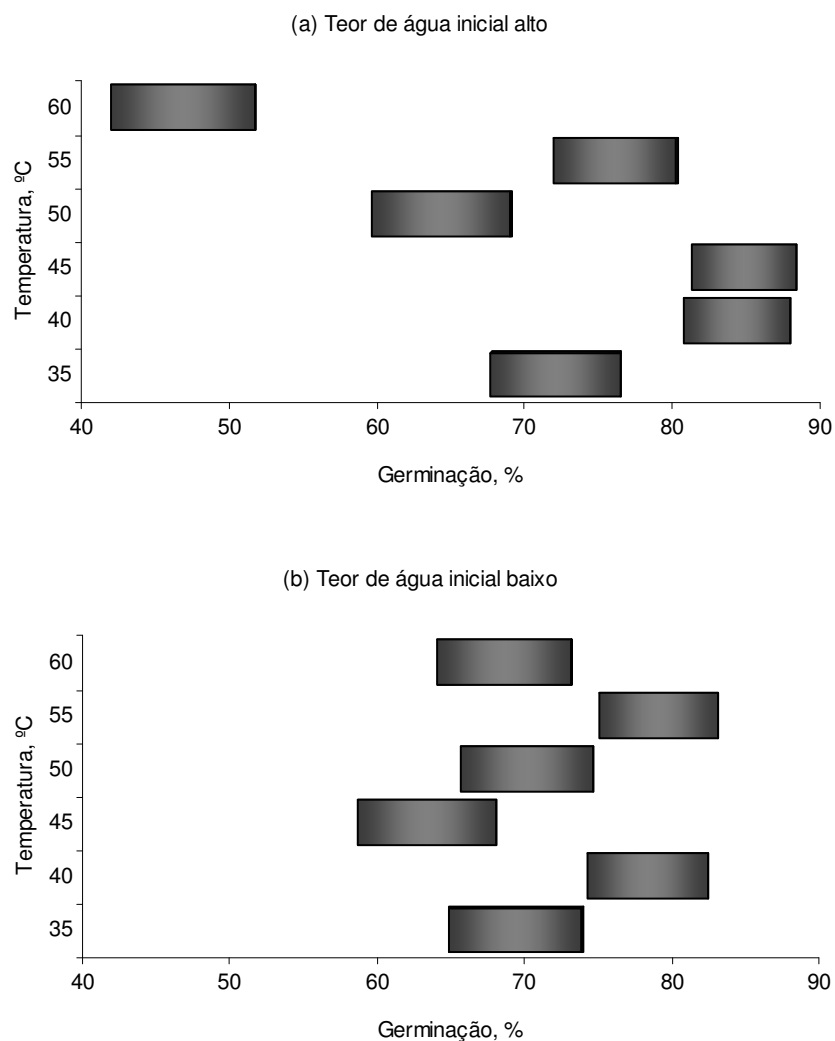


Figura 45. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para a germinação de sementes de mamão Golden, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de três meses de armazenamento.

Observa-se que a redução do teor de água inicial influenciou significativamente apenas as sementes secadas a 45 e 60 °C, sendo de forma negativa para a primeira e de forma positiva para a segunda. Para as sementes secadas a 40 °C, houve incremento na estimativa da germinação, independentemente do teor de água inicial avaliado, enquanto que para as secadas a 50 °C observou-se redução no percentual de germinação.

Dentre as sementes com teor de água inicial alto, as secadas a 40 e 45 °C foram as que apresentaram o melhor resultado, com médias de germinação de aproximadamente 84 e 85%, respectivamente, não havendo diferença significativa entre as duas. Porém, a única temperatura que proporcionou melhoria na porcentagem de germinação após os três meses de armazenamento foi a de 40 °C. A germinação das sementes secadas a 35, 45 e 60 °C não apresentaram diferença significativa. Estes resultados contradizem aqueles observados por Balbinot et al. (2006), que afirmaram que o armazenamento de sementes de mamão Golden secadas a 37 °C proporcionou redução na sua porcentagem de germinação. Para Aroucha et al. (2005) a secagem realizada a 30 °C e o armazenamento durante período de 30 dias proporcionou incremento médio de 10 a 15% na porcentagem de germinação das sementes de mamão Golden.

O melhor resultado para a germinação de sementes com teor de água inicial baixo foi observado entre as secadas a 55 °C, não havendo diferença entre estas e as secadas a 40 °C. As sementes secadas nas demais temperaturas não apresentaram diferença significativa em relação à porcentagem de germinação no início do experimento, corroborando os resultados obtidos por Roberts (1973), que afirma que o período de viabilidade de determinadas sementes pode ser estendido mediante redução do teor de água e baixa temperatura de armazenamento.

Quando as sementes foram armazenadas durante seis meses, o teor de água inicial não teve influência sobre sua germinação quando secadas a 35, 40 e 60 °C (Figura 46). Para as sementes secadas a 50 °C a redução do teor de água inicial foi positiva, enquanto que para as sementes secadas a 45 e 55 °C a redução proporcionou efeito negativo. Apesar disso, a estimativa da porcentagem de germinação para estas sementes permaneceu em níveis considerados aceitáveis, atingindo médias de aproximadamente 68 e 74%, respectivamente.

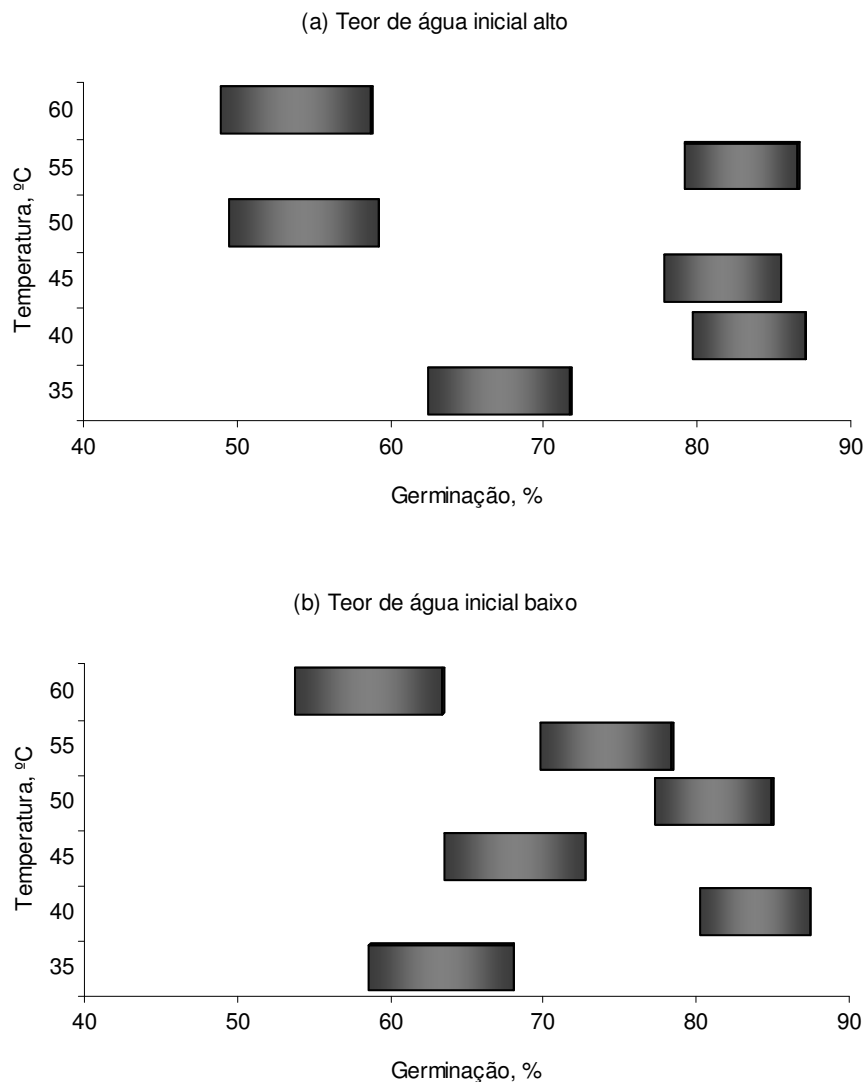


Figura 46. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para a germinação de sementes de mamão Golden, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de seis meses de armazenamento.

Em relação às sementes com teor de água inicial alto, os melhores resultados de germinação foram observados para aquelas secadas a 40, 45 e 55 °C, não havendo diferença significativa entre estas condições. A única condição que proporcionou melhoria na germinação das sementes foi a secagem realizada a 40 °C, com média de germinação de cerca de 83%. As secagens realizadas a 35, 40, 55 e 60 °C não apresentaram diferença significativa após este período de armazenamento. Martins et al. (2004) observaram que o armazenamento por seis

meses causou redução significativa na porcentagem de germinação das sementes de mamão Golden.

Para as sementes secadas com teor de água inicial baixo, após o período de seis meses de armazenamento, não foi observada influência negativa para nenhuma das condições avaliadas. As temperaturas de 40 e 55 °C influenciaram positivamente e as temperaturas de 35, 45, 50 e 60 °C não influenciaram significativamente. A maior média de germinação foi observada para as sementes secadas a 40 °C, porém, analisando-se o intervalo de confiança, houve diferença entre estas e as secadas a 50 °C.

Desta forma, entende-se que o armazenamento de sementes de mamão Golden, por período de seis meses, pode ser realizado sem prejuízos à sua porcentagem de germinação, desde que seja realizada uma pré-secagem em condição ambiente até cerca de 12% b.u. e em seguida uma secagem adicional em secador, podendo a temperatura do ar variar entre 35 e 60 °C, até teor de água final de aproximadamente 7% b.u. Caso não seja realizada a pré-secagem, recomenda-se evitar a secagem com temperatura de 50 °C.

Aos nove meses de armazenamento a redução do teor de água inicial contribuiu positivamente para as sementes secadas a 35, 40 e 50 °C. O mesmo não foi observado para as sementes secadas a 45 °C, em que constatou-se efeito negativo da pré-secagem em condição ambiente. Para as sementes secadas a 55 e 60 °C a redução do teor de água inicial não proporcionou efeito significativo. Apesar disso, o melhor resultado foi observado para as sementes secadas a 55 °C, chegando a atingir médias de germinação de aproximadamente 82%, independentemente do teor de água inicial avaliado (Figura 47).

Entre as sementes que apresentavam teor de água inicial alto, os melhores resultados foram obtidos para aquelas secadas com temperaturas de 55 e 45 °C, não havendo diferença significativa entre os percentuais de germinação obtidos sob essas condições. Além dessas sementes, as submetidas a 60 °C também não sofreram influência do período de armazenamento. Porém, a porcentagem de germinação dessas últimas foi inferior à das outras duas, com média inferior a 45%. Para as sementes secadas a 35, 40 e 50 °C, o período de armazenamento influenciou negativamente na porcentagem de germinação, principalmente para as que foram secadas a 50 °C, em que a média de germinação passou de 64,8% para 11,5% após nove meses de armazenamento.

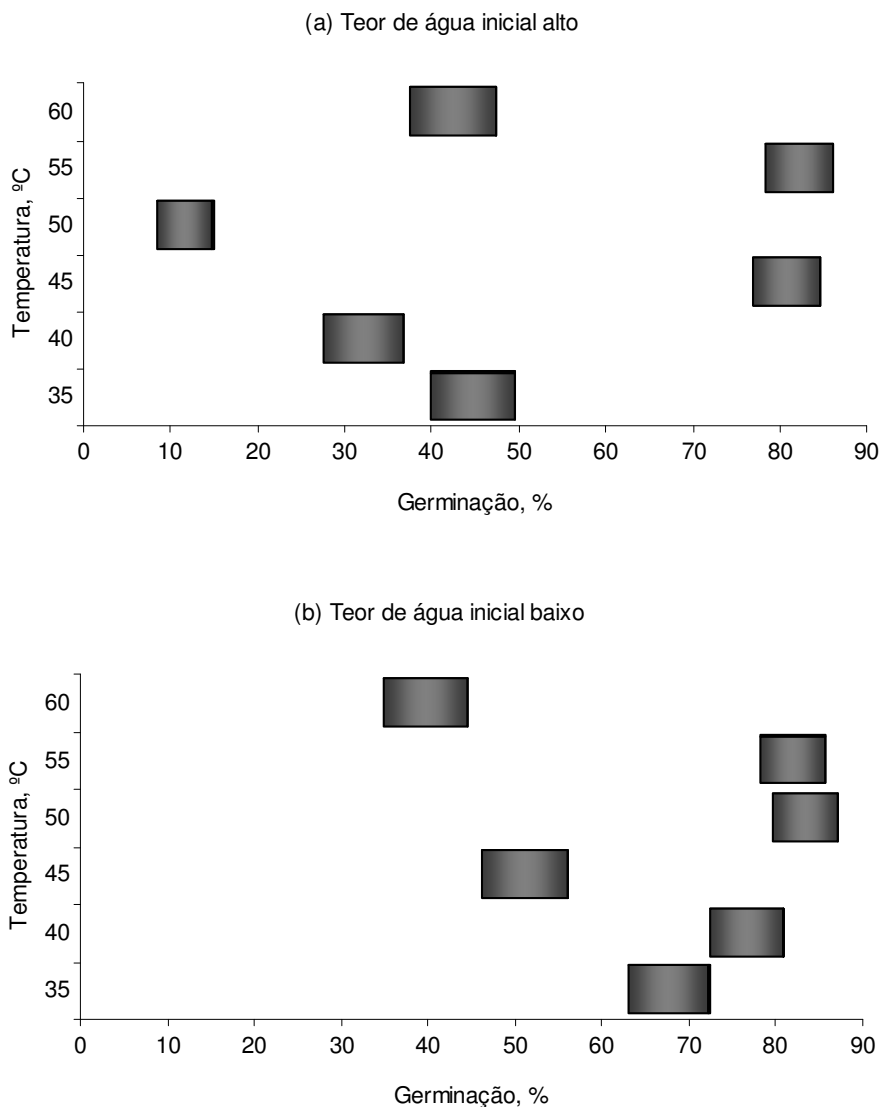


Figura 47. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para a germinação de sementes de mamão Golden, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de nove meses de armazenamento.

Em relação às sementes com teor de água inicial baixo, apenas as submetidas às temperaturas de 45 e 60 °C não apresentaram média de germinação superior a 65%. Além disso, foram também essas sementes as únicas a sofrerem influência negativa do período de armazenamento. Para as sementes secadas a 35, 40, 50 e 55 °C, não foi observada influência significativa do período de nove meses de armazenamento na porcentagem total de germinação.

Após os 12 meses de armazenamento, observou-se que a porcentagem de germinação das sementes secadas a 35 °C permaneceu a mesma, independentemente do teor de água inicial utilizado. Para as sementes secadas a 55 e 60 °C também não foi observada influência do teor de água inicial na porcentagem de germinação das sementes, enquanto que para as secadas a 40 e 50 °C a pré-secagem proporcionou efeito positivo sobre sua germinação. A secagem a 45 °C foi a única condição em que a pré-secagem causou prejuízos à germinação das sementes. Porém, mesmo com a redução do teor de água inicial, a porcentagem de germinação manteve-se superior aos 75% (Figura 48).

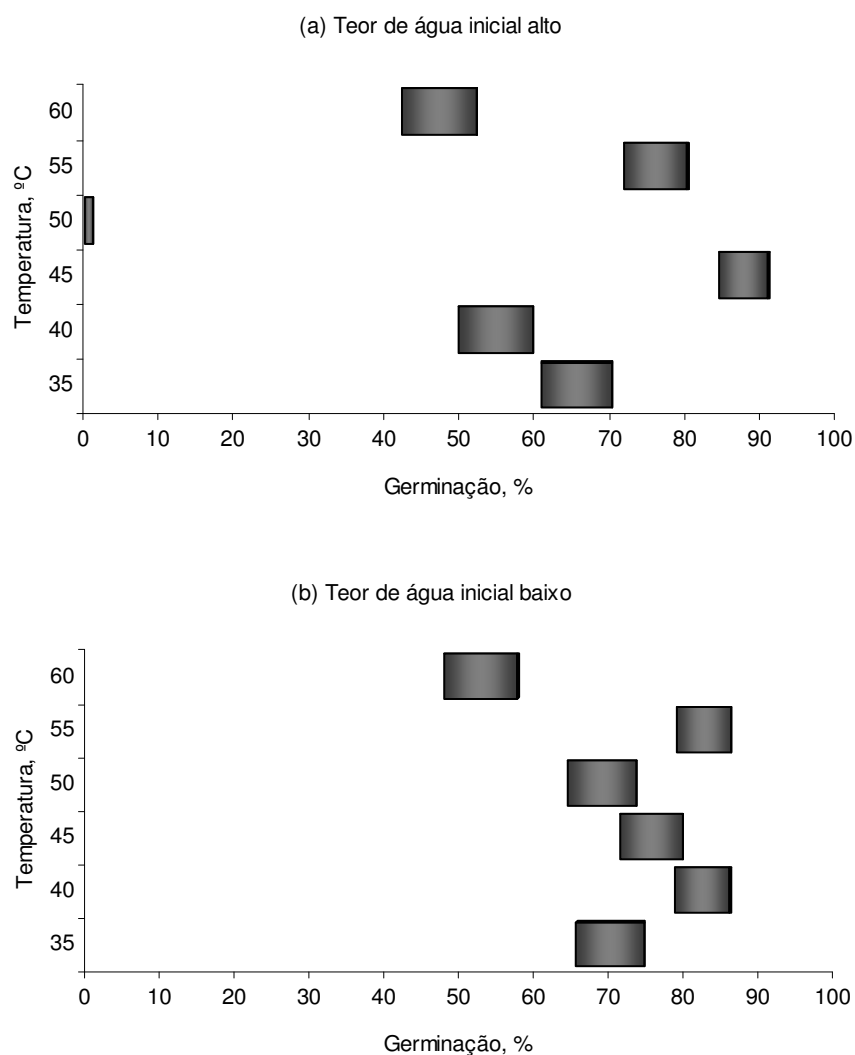


Figura 48. Intervalo de confiança, a 95% de probabilidade, para a germinação de sementes de mamão Golden, com teor de água inicial alto (a) e baixo (b), estimado ao fim de 12 meses de armazenamento.

Ao analisar as sementes com teor de água inicial alto, observou-se que o período de 12 meses de armazenamento não influenciou na porcentagem de germinação das sementes secadas a 35, 45 e 60 °C, sendo que os melhores resultados foram obtidos para as sementes secadas a 45 °C. Ellis et al. (1991) já haviam observado que sementes de mamão secadas sobre sílica gel a 20 °C e armazenadas em refrigerador a 15 °C e umidade relativa entre 7,9 e 9,4% não apresentaram alterações significativas na porcentagem de germinação após os doze meses de armazenamento. Este fato indica a possibilidade de se obter sementes com boa porcentagem de germinação mesmo tendo sido armazenadas durante 12 meses. Porém, para as sementes secadas a 40, 50 e 55 °C observou-se uma redução significativa da porcentagem de germinação após o mesmo período de armazenamento, mostrando que para que haja sucesso na manutenção da qualidade fisiológica das sementes deve haver estudos aprofundados capazes de gerar conhecimento quanto às melhores condições para o seu armazenamento. O pior resultado foi observado para as sementes secadas a 50 °C, com média inferior a 1%.

Para as sementes que foram submetidas à pré-secagem mais intensa em condição ambiente, observou-se que o período de armazenamento proporcionou prejuízos à porcentagem de germinação das sementes secadas a 50 e 60 °C. Resultados semelhantes foram obtidos por Ellis e Roberts (1998) ao armazenar sementes de mamão em câmara com temperatura de aproximadamente – 20 °C durante 12 meses. Apesar disso, a porcentagem de germinação das sementes secadas a 50 °C foi de aproximadamente 70%. Para as sementes secadas a 40 °C, o período de armazenamento contribuiu para aumentar a porcentagem de germinação, passando de uma média de 68% imediatamente após a secagem, para aproximadamente 82% depois dos 12 meses de armazenamento. Possivelmente estas sementes possuíam algum tipo de dormência no início do experimento, podendo ter sido superada no decorrer do armazenamento. Para as sementes secadas a 35, 45 e 55 °C, não foi observada influência do período de armazenamento na porcentagem de germinação.

4.5 Classificação das sementes quanto à tolerância ao grau de dessecação

4.5.1 Classificação das sementes de mamão F2 do híbrido UC-01

Inicialmente, o teor de água das sementes encontrava-se em $53,5 \pm 1,7\%$ b.u., quando a porcentagem média de germinação dessas sementes era de 17,5%. Ao realizar a secagem dessas sementes a $38,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ até teor de água de $10,8 \pm 0,7\%$ b.u. (entre 10 e 12% b.u.), como recomenda o protocolo proposto por Hong e Ellis (1996), observou-se um incremento na porcentagem de germinação, passando para uma média de 40% (Figura 50). Isso mostra a importância de se realizar a secagem das sementes antes de as submeter ao processo germinativo e comprova que a secagem auxilia na superação de possível dormência adquirida pelas sementes. Como a maioria das sementes sobreviveu após a secagem até este nível, continuou-se então a secagem visando atingir teor de água final de 5% b.u. Com a temperatura do ar de secagem controlada a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$, só foi possível atingir teor de água final de $5,5 \pm 0,2\%$ b.u. Ao atingir este nível de umidade, a porcentagem de germinação das sementes foi de 44,0%, sendo este valor estatisticamente igual ao das sementes secadas até teor de água entre 10 e 12%.

Desta forma, procedeu-se ao armazenamento das sementes em condição hermética por três meses, em freezer com temperatura controlada a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Este procedimento reduziu em quase 90% a porcentagem de germinação das sementes, ou seja, germinação média inferior a 5%. Isso mostra que apesar de resistir bem à desidratação, as sementes de mamão F2 do híbrido UC-01 não são capazes de tolerar o armazenamento sob condições de temperatura muito baixa. O armazenamento por três meses em temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ influenciou negativamente a viabilidade dessas sementes, promovendo uma redução considerável na porcentagem de germinação, o que está de acordo com os resultados obtidos por Ellis et al. (1991), que observaram que sementes de mamão apresentaram comportamento intermediário durante o armazenamento em temperaturas reduzidas.

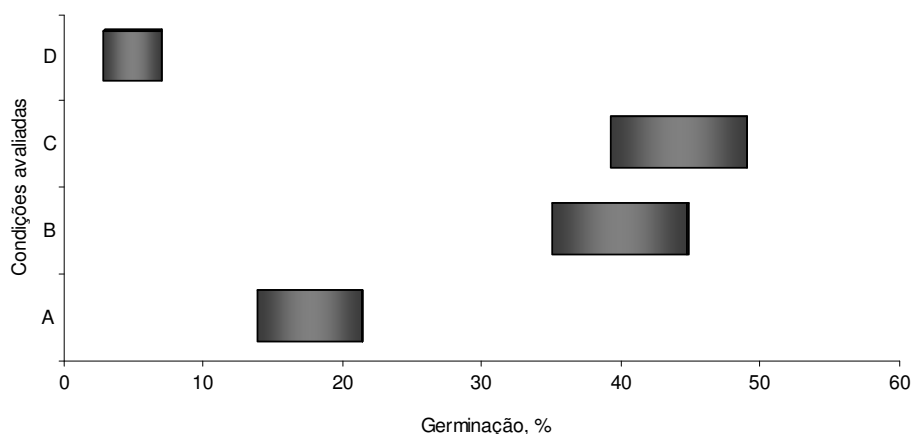


Figura 50. Intervalo de confiança para germinação de semente de mamão F2 do híbrido UC-01 para as condições sugeridas no protocolo proposto por Hong e Ellis (1996). A: sementes sem secar, com teor de água inicial de 53,54% b.u.; B: sementes secadas a 38,5 °C até teor de água entre 10 e 12% b.u.; C: sementes secadas a 36,5 °C até teor de água próximo de 5,5% b.u.; D: sementes armazenadas com teor de água de 5,52% b.u. por três meses a -20°C.

Por se tratar de uma espécie de origem tropical, pode-se inferir que a provável temperatura ótima para o armazenamento das sementes de mamão F2 do híbrido UC-01 é de cerca de 10 °C e possivelmente trata-se de sementes com comportamento intermediário entre as recalcitrantes e as ortodoxas (Hong e Ellis, 1996).

4.5.2 Classificação das sementes de mamão Golden

Ao realizar o experimento com sementes de mamão Golden (Figura 51), observou-se que mesmo com teor de água inicial alto, $44,1 \pm 1,3$ b.u., as sementes apresentavam porcentagem de germinação considerada satisfatória, ou seja, com média de 75%. Apesar de a secagem até teor de água de $10,5 \pm 0,7$ b.u. (entre 10 e 12% b.u.) ter elevado a média de germinação para 79,5%, este valor continuou sendo estatisticamente igual ao das sementes sem secagem. Desta forma, seguiu-se os procedimentos sugeridos no protocolo proposto por Hong e Ellis (1996) e realizou-se a secagem a 37,3 °C até teor de água de $5,7 \pm 0,2$ b.u. Nesta condição, a média de porcentagem de germinação das sementes

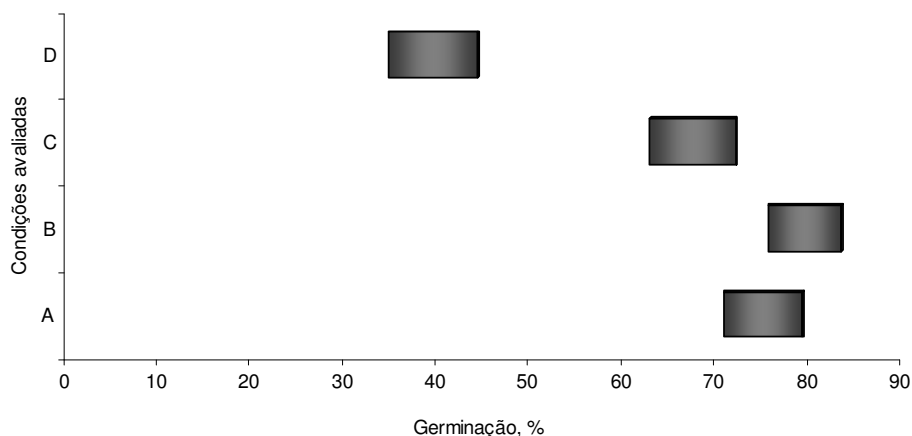


Figura 51. Intervalo de confiança para germinação de semente de mamão Golden para as condições sugeridas no protocolo proposto por Hong e Ellis (1996). A: sementes sem secar, com teor de água inicial de 44,12% b.u.; B: sementes secadas a 37,3 °C até teor de água entre 10 e 12% b.u.; C: sementes secadas a 39,2 °C até teor de água próximo de 5,5% b.u.; D: sementes armazenadas com teor de água de 5,74% b.u. por três meses a -20°C.

reduziu para 67,5%. Este valor, apesar de ser inferior ao das sementes secadas até 10,5%, manteve-se estatisticamente igual ao das sementes antes de serem submetidas ao processo de secagem, ou seja, quando ainda possuíam teor de água de 44,1%. Este fato, uma vez mais, sugere a possibilidade de se reduzir o teor de água das sementes de mamão sem influenciar sua viabilidade. Esta possível tolerância à dessecação já havia sido confirmada por Bass (1975) e Becwar et al. (1983).

Realizou-se então o armazenamento hermético das sementes a -20 °C por período de três meses. O resultado foi o decréscimo significativo na porcentagem de germinação para média inferior a 40%, redução equivalente a 47% em relação à germinação das sementes antes de serem submetidas ao processo de secagem. Resultados semelhantes foram observados por Ellis et al. (1991), que observaram redução significativa da viabilidade das sementes de mamão quando armazenadas em temperaturas inferiores a 15 °C.

Desta forma, baseado nas recomendações propostas pelo protocolo (Hong e Ellis, 1996), deve-se classificar a semente de mamão Golden como

intermediária e definir 10 °C ou mais como a temperatura ótima de armazenamento, visto que trata-se de uma espécie de origem tropical. Ellis et al. (1985) e Hofmann e Steiner (1989) haviam classificado as sementes de mamão como ortodoxas. Porém, outras pesquisas foram desenvolvidas e as correções foram realizadas por Ellis et al. (1991). Apesar disso, alguns autores ainda discordam dessa classificação (Althoff e Carmona, 1999; Sun e Liang, 2001).

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O Brasil é o principal produtor de mamão do mundo, com estimativa de utilização de sementes de aproximadamente 5.000 kg por ano. Diante da crescente importância da cultura do mamoeiro para o mundo e considerando a necessidade de se manter a qualidade das sementes mesmo reduzindo o tempo de manuseio e de secagem no seu pré-processamento, desenvolveu-se o presente trabalho com os objetivos de avaliar os efeitos imediato e latente da secagem de sementes de mamão F2 do híbrido UENF-CALIMAN 01 e da cultivar Golden, em altas e baixas temperaturas, empregando dois níveis de teor de água inicial, sobre sua qualidade fisiológica; determinar, dentre modelos matemáticos pré-determinados, aquele que melhor descreve as curvas de secagem das sementes e; classificar as sementes de mamão de acordo com sua tolerância à desidratação.

Os frutos de mamoeiro da segunda geração do híbrido UC-01 e da cultivar Golden foram colhidos em lavoura comercial da Empresa Caliman Agrícola S/A localizada em Linhares, ES. Em seguida, foram transportados para o Laboratório de Engenharia Agrícola (LEAG) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Campos dos Goytacazes, RJ.

Para avaliar o efeito do teor de água inicial na qualidade fisiológica das sementes, o lote foi dividido em dois sub-lotes, o primeiro com teor de água inicial elevado, cerca de 55% b.u., e o outro com teor de água com valor considerado baixo, ou seja, aproximadamente 12% b.u. Os procedimentos de secagem foram

realizados em protótipo de secador de leito fixo, em camada delgada, com fluxo de ar ascendente, empregando-se um único nível de velocidade do ar de secagem ($0,8 \text{ m.s}^{-1}$) e seis níveis de temperatura (35, 40, 45, 50, 55 e 60 °C), até que as sementes atingissem teor de água final de aproximadamente 7% b.u. A avaliação do grau de adequação dos 10 modelos matemáticos empregados para descrição do fenômeno estudado possibilitou estimar o teor de água de camadas delgadas de sementes de mamão em qualquer momento durante a secagem. A classificação das sementes de mamão quanto à tolerância ao grau de dessecação foi feita de acordo com o protocolo que estabelece seu armazenamento por período prolongado (três meses) em condição de baixa temperatura (-20 °C).

Quanto aos testes de secagem das sementes, observou-se uma relação inversamente proporcional entre o nível de temperatura utilizado e o tempo necessário para atingir o teor de água final esperado, tanto para as sementes de F2 do híbrido UC-01 quanto para as sementes do Golden. Em ambos os casos, praticamente não houve diferença significativa entre os tempos de secagem das sementes submetidas às temperaturas de 50, 55 e 60 °C, com teor de água inicial baixo, sendo sempre inferior a 0,08h.

Ao avaliar o vigor das sementes F2 do híbrido UC-01 por meio da primeira contagem do teste de germinação, observou-se que a temperatura de 55 °C foi a única que proporcionou efeito imediato positivo, independentemente do teor de água inicial utilizado. Porém, esse resultado não se confirmou quando o vigor foi avaliado por meio do teste de condutividade elétrica, em que não se observou efeito significativo da secagem. Após os três meses de armazenamento, o melhor resultado do vigor avaliado por meio do teste de primeira contagem continuou sendo o das sementes secadas a 55 °C, independentemente do teor de água inicial. Este resultado se repetiu após os nove meses de armazenamento, porém, com médias inferiores a 30%. Para a germinação também foram observados valores muito baixos após os nove meses de armazenamento, porém, as sementes voltaram a apresentar melhor porcentagem de germinação após os 12 meses, com média superior a 65%. Ao avaliar o efeito imediato da secagem no vigor das sementes de mamão Golden, por meio do teste de primeira contagem, observou-se que além das sementes secadas em condição ambiente, a redução do teor de água inicial também não influenciou no vigor das sementes secadas a

35, 40, 45 e 50 °C. Após os 12 meses de armazenamento, o melhor resultado de germinação das sementes com teor de água inicial alto foi observado para as sementes secadas a 45 °C. Ao comparar este resultado com aquele observado imediatamente após a secagem, nota-se que o período de armazenamento não influenciou na porcentagem de germinação, indicando a possibilidade de se manter sementes de mamão Golden por até 12 meses sem prejudicar a porcentagem de germinação.

De forma geral, observou-se que para o vigor avaliado por meio do teste de primeira contagem, os intervalos de confiança apresentaram-se mais homogêneos, com intervalos semelhantes entre os maiores e menores valores. Porém, os resultados de vigor avaliados por meio do teste de condutividade elétrica, apresentaram intervalos de confiança maiores e mais heterogêneos, o que significa valores elevados de variância.

Considerando-se todas as condições avaliadas em termos do tipo de semente e do teor de água inicial, foi o modelo exponencial triplo de seis parâmetros que representou com maior grau de acurácia as curvas de secagem experimentais, em camada fina, das sementes de mamão do híbrido UC-01 e da cultivar Golden com alto teor de água inicial. No entanto, para as sementes de mamão da cultivar Golden com baixo teor de água, apenas o modelo de Page foi considerado satisfatório na representação das curvas de secagem.

Para o estudo da classificação das sementes quanto à tolerância ao grau de dessecação, observou-se que a redução do teor de água inicial para valores entre 10 e 12%, apesar de não ter influenciado na germinação das sementes de mamão Golden, causou efeito significativamente positivo na germinação das sementes do híbrido. Ao reduzir ainda mais o teor de água, ou seja, passar para aproximadamente 5% b.u., a resposta do Golden foi negativa, enquanto que as sementes do híbrido não sofreram influência. Após armazenar estas sementes durante três meses a -20 °C, a porcentagem de germinação das sementes tanto do híbrido quanto do Golden sofreu influência significativamente negativa, indicando comportamento intermediário entre as recalcitrantes e as ortodoxas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abalone, R.; Gastón, A.; Cassinera, A.; Lara, M. A. (2006) Thin layer drying of amaranth seeds. *Biosystems Engineering*, Silsoe, 93 (2): 179-88.
- Agrianual (2005) *Anuário da Agricultura Brasileira*. Brasil: FNP Consultoria e Comércio, 521p.
- Althoff, M. A., Carmona, R. (1999) Conservação de sementes de mamão (*Carica papaya* L. – Caricaceae). *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 21 (1): 151-156.
- Alves, F. de L., Pacova, B. E. V., Galveas, P. A. de O. (2003) Seleção de plantas matrizes de mamão , grupo solo, para produção de sementes. *In: Martins, D. dos S.; Costa, A. de F.S. da. A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Vitória: Incaper, p.103-114.
- Araújo, C. e A., Balbinot, E., Mendonça, A. V. R., Silva, R. F. (2005) Efeito do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamão (*Carica papaya* L.) em função da posição no fruto. *In: Martins, D. dos S. Papaya Brasil: mercado e inovações tecnológicas para o mamão*. Vitória: Incaper, p. 270-272.

- Araújo, E. F., Corrêa, P. C., Pereira, O. A. (1989) Influência da temperatura de secagem na germinação das sementes de café. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 11 (1, 2 e 3): 69-75.
- Aroucha, E. M. M., Silva, R. F. da, Oliveira, J. G. de, Viana, A. P., Gonzaga, M. P. (2005) Época de colheita e período de repouso dos frutos de mamão (*Carica papaya* L.) cv. Golden na qualidade fisiológica das sementes. *Ciência Rural*, Santa Maria, 35 (3): 537-543.
- Balbinot, E. (2004) *Importância do manejo dos frutos na secagem e armazenamento de sementes de mamão (Carica papaya L.)* Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 52p.
- Balbinot, E., Silva, R. F. da, Berbert, P. A, Viana, A. P., Araújo, E. F. (2006) Efeito da secagem, do teor de água e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamão (*Carica papaya* L.). *Revista Brasileira de Armazenamento*, Viçosa, 31 (1): 72-78.
- Bass, L.N. (1975) Seed storage of *Carica papaya* L. *HortScience*, 10 (3): 232.
- Becwar, M. R., Stanwood, P. C., Leonhardt, K. W. (1983) Dehydration effects on freezing characteristics and survival in liquid nitrogen of desiccation-tolerant and desiccation-sensitive seeds. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 108 (4): 613-618.
- Berbert, P. A., Carlesso, V. O., Silva, R. F., Araújo, E. F., Thiébaud, J. T. L., Oliveira, M. T. R. (2008) Qualidade fisiológica de sementes de mamão em função da secagem e do armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 30 (1): 40-48.
- Bertocci, F., Vechio, V., Casini, P. (1997) Effect of seed treatment on germination response of papaya (*Carica papaya* L.). *Advances in Horticultural Science*, 11: 99-102.

- Bhering, M. C., Dias, D. C. F. dos S., Vidigal, D. de S., Naveira, D. dos S. P., Hilst, P. C. (2007) Qualidade fisiológica e potencial de armazenamento de sementes de mamão osmocondicionadas. *Revista Brasileira de Armazenamento*, Viçosa, 32 (2): 118-127.
- Bonner, F. T. (1996) Responses to drying of recalcitrant seeds of *Quercus nigra* L. *Annals of Botany*, 78: 181-187.
- Brasil (1992) *Regras para análise de sementes*. Brasília: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal, 365p.
- Brooker, D. B., Bakker-Arkema, F. W., Hall, C. W. (1992) *Drying and storage of grains and oilseeds*. New York: Van Nostrand Reinhold, 450p.
- Cardoso, D. L., Silva, R. F. da, Pereira, M. G., Viana, A. P., Souza, S. A. M. (2008) Métodos para avaliação de sementes de mamão. Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura, 20, Vitória: INCAPER, p. 0-5.
- Carlesso, V. de O., Berbert, P. A., Silva, R. F. da, Thiébaud, J. T. L. T. (2008) Secagem, armazenamento e qualidade fisiológica de sementes de maracujá-amarelo. *Revista Brasileira de Armazenamento*, Viçosa, 33 (1): 09-18.
- Carlesso, V. de O., Berbert, P. A., Silva, R. F. da, Thiébaud, J. T. L. T., Oliveira, M. T. R. (2009) Germinação e vigor de sementes de mamão (*Carica papaya* L.) cv. golden secadas em altas temperaturas. *Revista Brasileira de Sementes*, Pelotas, no prelo.
- Carvalho, N. M. de, Nakagawa, J. (1983) *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. Campinas: Fundação Cargill, 429p.

- Chen, C.; Wu, P. (2001) Thin-layer drying model for rough rice with high moisture content. *Journal of Agricultural Engineering Research*, Silsoe, 80(1): 45-52.
- Corrêa, P. C.; Resende, O.; Martinazzo, A. P.; Goneli, A. L. D.; Botelho, F. M. (2007) Modelagem matemática para a descrição do processo de secagem do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em camadas delgadas. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, 27 (2): 501-10.
- Crank, J. (1975) *The Mathematics of Diffusion*. 2nd Edition. Oxford: Clarendon Press, 414p.
- Dalpasquale, V. A. (1984) *Secagem de Grãos em Altas Temperaturas*. Viçosa: Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem, 29p.
- Dias, D. C. F. dos, Bhering, M. C., Tokuhisa, D., Hilst, P. C. (2006) Teste de condutividade elétrica para avaliação de sementes de cebola. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 28 (1): 154-162.
- Draper, N. R., Smith, H. (1966) *Applied regression analysis*. New York: John Willey & Sons, 407p.
- Ellis, R. H., Hong, T. D., Roberts, E. H. (1985) *Handbook of seed technology for genebanks: compendium of specific germination information and test recommendations*. Rome: International Board for Plant Genetic Resources, Vol. II.
- Ellis, R. H., Hong, T. D., Roberts, E. H. (1990) An intermediate category of seed storage behaviour? I. Coffee. *Journal of Experimental Botany*, 41 (9): 1167-1174.
- Ellis, R. H., Hong, T. D., Roberts, E. H. (1991) Effect of storage temperature and moisture on the germination of papaya seeds. *Seed Science Research*, 1: 69-72.

- Ellis, R. H., Roberts, E. H. (1998) How to store seeds to conserve biodiversity. *Nature*, 352: 758.
- Ertekin, C.; Yaldiz, O. (2004) Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *Journal of Food Engineering*, 63: 349-359.
- Ezeiki, G. O. I.; Otten, L. (1991) Two-component model for drying unshelled melon (egusi) seeds. *Canadian Agricultural Engineering*, 33 (1): 73-78.
- FAO (2006) Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: http://www.fao.org/statistics/yearbook/vol_1_1/pdf/d03.pdf. Acesso em 13 de janeiro de 2006.
- Garcia, D. C., Barros, A. C. S. A., Peske, S. T., Menezes, N. L. de (2004) A secagem de sementes. *Ciência Rural*, Santa Maria, 34: 603-608.
- Gunhan, T.; Demir, V.; Hancioglu, E.; Hepbasli, A. (2005) Mathematical modelling of drying of bay leaves. *Energy Conversion and Management*, Amsterdam, 46 (11-12): 1667-79.
- Hall, C. W., Rodriguez-Arias, J. H. (1958) Equilibrium moisture content of shelled corn. *Agricultural Engineering*, 39 (8): 466-470.
- Hall, C. W. (1980) *Drying and storage of Agricultural crops*. Westport: International Publications, Inc. / AVI Publishing Company, Inc., 282p.
- Henderson, S. M., Pabis, S. (1961) Grain drying theory I. Temperature effect on drying coefficient. *Journal of Agricultural Engineering Research*, Silsoe, 6 (3): 169-174.
- Henderson, S. M. (1974) Progress in developing the thin-layer drying equation. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph, 17: 1167-1168.

- Hofmann, P., Steiner, A. M. (1989) An updated list of recalcitrant seeds. *Landwirtschaftliche Forschung*, 42: 310-323.
- Hong, T. D., Ellis, R. H. (1996) *A protocol to determine seed storage behaviour*. Rome: International Plant Genetic Resources Institute. 62p.
- Lange, A. H. (1961a) Effect of the sarcotesta on germination of *Carica papaya*. *Botanical Gazette*, 122 (4): 305-311.
- Lange, A. H. (1961b) The effect of temperature and photoperiod on the growth of *Carica papaya*. *Ecology*, 42 (3): 481-486.
- Lange, A. H. (1961c) Transplanting papaya versus seeding in place. *Tropical Agriculture*, 38 (3): 235-243.
- Lewis, L. W. (1921) The rate of drying of solid materials. *Industrial Engineering Chemistry (Indust.)*, 13: 427p.
- Lopes, H. M., Souza, C. M. (2008) Efeito da giberelina e da secagem no condicionamento osmótico sobre a viabilidade e o vigor de sementes de mamão (*Carica papaya* L.). *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 30 (1): 181-189.
- Lopes, K. P., Bruno, R. de L. A., Bruno, G. B., Azeredo, G. A. de (2001) Comportamento de sementes de romã (*Punica granatum* L.) submetidas à fermentação e secagem. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 23 (2): 369-372.
- Madamba, P. S., Driscoll, R. H., Buckle, K. A. (1996) The thin layer drying characteristics of garlic slices. *Journal of Food Engineering*, 29: 75-97.
- Marcos Filho, J. (2005) *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba: Fealq, 495p.

- Martins, G. N., Silva, R. F. da, Araújo, E. F., Vieira, H. D., Viana, A. P. (2004) Influência do tamanho do fruto, do peso específico e do período de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamão cv. Golden. *Revista Brasileira de Armazenamento*, Viçosa, 2 (29): 98-103.
- Martins, G. N., Silva, R. F. da, Araújo, E. F., Vieira, H. D., Viana, A. P. (2005a) Influência do tipo de fruto, peso específico das sementes e período de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamão do grupo Formosa. *Revista Brasileira de Sementes*, Jaboticabal, 27 (2): 12-17.
- Martins, L., Silva, W. R. da, Meletti, L. M. M. (2005b) Conservação de sementes de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* SIMS F. *flavicarpa* DEG.). *Revista Brasileira de Sementes*, Jaboticabal, 27 (1): 183-189.
- Meireles, R. C., Silva, R. F. da, Berbert, P. A., Araújo, E. F., Reis, L. S. dos, Carlesso, V. de O. (2007) Efeito imediato do teor de água e do tipo de secagem sobre a qualidade fisiológica das sementes de mamoeiro. Frutimamão: boletim técnico da III reunião de pesquisa do frutimamão. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, p. 256-258.
- Melo, E. C., Lopes, D. C., Corrêa, P. C. (2004) GRAPSI - Programa computacional para o cálculo das propriedades psicrométricas do ar. *Engenharia na Agricultura*, 12 (2): 154-162.
- Nellist, M. E., Hughes, M. (1973) Physical and biological processes in the drying of seed. *Seed Science and Technology*, 1 (1): 613-643.
- Noomhorm, A., Verma, L. R. (1986) Generalized single layer rice drying models. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*. St. Joseph, 29 (2): 587-591.

- Pabis, S. (1999) The initial phase of convection drying of vegetables and mushrooms and the effect of shrinkage. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 72: 269-278.
- Page, C. (1949) *Factors influencing the maximum rate of drying shelled corn in layers*. MS Thesis, Purdue University, West Lafayette.
- Pérez, A., Reyes, M. N., Cuevas, J. (1980) Germination of two papaya varieties: effect of seed aeration, K-treatment, removing of the sarcotesta, high temperature, soaking in distilled water and age of seeds. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 64 (2): 173-180.
- Popinigis, F. (1985) *Fisiologia da semente*. Brasília: AGIPLA, 289p.
- Prado, M. M., Sartori, D. J. M. (2000a) Avaliação da secagem convectiva de sementes de papaya com e sem mucilagem. *Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Química*, 12, Águas de São Pedro: Sonopress Rimo LTDA, v.1, p. 54801-54810.
- Queiroz, D. M., Pereira, J. A. M., Melo, E. C. (1985) *Modelos matemáticos de simulação de secagem de grãos*. Viçosa: Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem, 59p.
- Rahman, M. S., Perera, C. O. (1996) Effect of pre-treatment on air drying rate and thin layer drying of fresh cherry. *Proceedings of the 10th International Drying Symposium*. Krakow.
- Roberts, E. H. (1973) Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and Technology*, 1:499-514.
- Santos, R. de C. A. dos, Sampaio, L. S. de V., Costa, J. A. (1999) Condição ambiental, teor de água e embalagem na viabilidade e no vigor de sementes de mamão. *Revista Brasileira de Sementes*, Jaboticabal, 21 (2): 194-202.

- São José, A. R., Nakagawa, J. (1987) Efeito da fermentação e secagem na germinação de sementes de maracujá-amarelo. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 9 (2): 35-43.
- Schmidt, E. R., Fronza, V., Dias, J. L. S., Unêda, S. H., Alvarenga, E. M. (1993) Comparação de métodos físicos de remoção da sarcotesta e de métodos de secagem de sementes de mamoeiro (*Carica papaya* L.). *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 15 (2): 147-151.
- Sharaf-Eldeen, O., Blaisdell, Y. I., Spagna, G. (1980) A model for ear corn drying. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph, 23: 1261-1271.
- Silva, J. S., Afonso, A. D. L., Donzelles, S. M. L. (2000) Secagem e Secadores. In: SILVA, J.S. (Ed.) *Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas*. Viçosa: Aprenda Fácil, p.107-138.
- Silva, R. F., Moore, E. L., Welch, G. B. (1982) Studies on defuzzing seeds of tomato (*Lycopersicon lycopersicum*). *Seed Science and Technology*. 10 (2): 193-198.
- Simmonds, M. A., Ward, G. T. McEwen, E. (1953) The drying of wheatgrain – Part I: The mechanism of drying. *Transactions of the Institution of Chemical Engineers*, 31: 265-278.
- Souza, G. S. (1998) *Introdução aos modelos de regressão linear e não-linear*. Brasília: EMBRAPA – SPI, 505p.
- Sun, W. Q., Liang, Y. (2001) Discrete levels of desiccation sensitivity in various seeds as determined by the equilibrium dehydration method. *Seed Science Research*, 11: 317-323.

- Tokuhisa, D., Dias, D. C. F. dos S., Alvarenga, E. M., Dias, L. A. dos S., Marin, S. L. D. (2007b) Tratamento para superação da dormência em sementes de mamão. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 29 (1): 131-139.
- Tokuhisa, D., Dias, D. C. F. dos S., Alvarenga, E. M., Hilst, P. C., Demuner, A. J. (2007a) Compostos fenólicos inibidores da germinação em sementes de mamão (*Carica papaya* L.). *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 29 (3): 180-188.
- Vazquez, R. M. (1969) Efecto de diversos tratamientos aplicados a la semilla de papaya, sobre su poder germinativo. *Agricultura Técnica en México*, 2 (11): 487-491.
- Vecchio, V., Shirwa', A. H. (1987) Effets des différentes modalités de séchage de graines de papaye sur la germination. *Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale*, 81 (1-2): 175-184.
- Vidigal, D. S., Dias, D. C. dos S., Naveira, D. dos S. P. C., Rocha, F. B., Bhering, M. C. (2006) Qualidade fisiológica de sementes de tomate em função da idade pós-colheita dos frutos. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 28 (3): 87-93.
- Vieira, R. D., Krzyzanowski, F. C. (1999) Teste de condutividade elétrica. In: Krzyzanowski, F.C., Vieira, R.D., França Neto, J. de B. (1999) *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES. 218p.
- Viggiano, J. R., Silva, R. F. da, Vieira, H. D. (2000b) Ocorrência de dormência em sementes de mamão (*Carica papaya* L.). *Sementes Online*, 1 (1): 6-10.
- Viggiano, J. R., Vieira, H. D., Silva, R. F. da, Araújo, E. F., Viana, A. P. (2000a) Conservação de sementes de mamão (*Carica papaya* L.) em função do grau de umidade, tipo de embalagem e ambiente de armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 22 (2): 279-287.

Wood, C. B., Pritchard, H. W., Amritphale, D. (2000) Desiccation-induced dormancy in papaya (*Carica papaya* L.) seeds is alleviated by heat shock. *Seed Science Research*, 10: 135-145.

Yahiro, M., Ôryôji, Y. (1980) Effects of gibberellin and cytokinin treatments on the promotion of germination in papaya, *Carica papaya* L., seeds. *Men. Fac. Agr. Kagoshima Univ.* 16: 45-51.

APÊNDICE

Tabela A. Valores dos parâmetros dos 10 modelos matemáticos apresentados na Tabela 1, na descrição da secagem por convecção, a 35, 40, 45, 50, 55 e 60 °C, de sementes de mamão do híbrido UC-01 (F2) com alto teor de água inicial.

Nº do modelo	Temperatura de secagem (°C)	Parâmetros dos modelos								
		k	k ₀	k ₁	a	b	c	g	h	n
1	35	2,880	—	—	—	—	—	—	—	—
	40	4,165	—	—	—	—	—	—	—	—
	45	4,029	—	—	—	—	—	—	—	—
	50	5,329	—	—	—	—	—	—	—	—
	55	6,544	—	—	—	—	—	—	—	—
	60	7,899	—	—	—	—	—	—	—	—
2	35	1,702	—	—	—	—	—	—	—	0,497
	40	2,274	—	—	—	—	—	—	—	0,547
	45	2,030	—	—	—	—	—	—	—	0,470
	50	2,162	—	—	—	—	—	—	—	0,378
	55	2,625	—	—	—	—	—	—	—	0,430
	60	2,814	—	—	—	—	—	—	—	0,406
3	35	2,324	—	—	0,881	—	—	—	—	—
	40	3,754	—	—	0,928	—	—	—	—	—
	45	3,402	—	—	0,895	—	—	—	—	—
	50	4,219	—	—	0,862	—	—	—	—	—
	55	5,757	—	—	0,912	—	—	—	—	—
	60	7,136	—	—	0,929	—	—	—	—	—
4	35	3,815	—	—	0,890	—	0,091	—	—	—
	40	5,102	—	—	0,909	—	0,069	—	—	—
	45	5,445	—	—	0,881	—	0,094	—	—	—
	50	8,329	—	—	0,855	—	0,113	—	—	—
	55	10,582	—	—	0,866	—	0,118	—	—	—
	60	13,112	—	—	0,874	—	0,115	—	—	—
5	35	2,322	—	—	0,697	—	0,235	—	—	—
	40	3,754	—	—	0,737	—	0,231	—	—	—
	45	3,402	—	—	0,710	—	0,231	—	—	—
	50	4,221	—	—	0,668	—	0,256	—	—	—
	55	5,755	—	—	0,723	—	0,231	—	—	—
	60	7,136	—	—	0,729	—	0,242	—	—	—
6	35	7,246	—	—	0,277	—	—	—	—	—
	40	10,372	—	—	0,288	—	—	—	—	—
	45	10,493	—	—	0,274	—	—	—	—	—
	50	15,174	—	—	0,255	—	—	—	—	—
	55	18,540	—	—	0,262	—	—	—	—	—
	60	21,537	—	—	0,270	—	—	—	—	—
7	35	5,582	—	—	0,762	0,065	—	—	—	—
	40	1,340	—	—	1,604	0,782	—	—	—	—
	45	1,304	—	—	1,682	0,872	—	—	—	—
	50	1,455	—	—	1,290	0,571	—	—	—	—
	55	1,358	—	—	1,853	0,827	—	—	—	—
	60	2,400	—	—	-1,796	1,299	—	—	—	—
8	35	—	0,369	5,748	0,240	0,779	—	—	—	—
	40	—	4,435	4,436	-15,432	16,454	—	—	—	—
	45	—	0,624	8,753	0,264	0,746	—	—	—	—
	50	—	0,863	16,171	0,300	0,701	—	—	—	—
	55	—	19,287	1,522	0,677	0,323	—	—	—	—
	60	—	1,942	26,086	0,330	0,670	—	—	—	—
9	35	1,421	—	—	1,022	—	0,687	—	—	—
	40	1,309	—	—	1,849	—	1,099	—	—	—
	45	1,308	—	—	1,830	—	1,098	—	—	—
	50	1,313	—	—	1,921	—	1,102	—	—	—
	55	19,274	—	—	0,674	—	1,549	—	—	—
	60	1,942	—	—	0,330	—	26,086	—	—	—
10	35	4,346	—	—	-18,794	19,554	0,258	4,399	0,396	—
	40	4,605	—	—	-4,309	0,442	4,878	1,121	5,194	—
	45	0,862	—	—	-3,058	0,757	3,310	8,600	0,837	—
	50	2,582	—	—	0,067	0,677	0,256	16,967	0,766	—
	55	1,800	—	—	-3,838	0,681	4,157	19,155	1,775	—
	60	2,299	—	—	0,312	0,655	0,033	27,224	0,599	—

Tabela C. Valores dos parâmetros dos 10 modelos matemáticos apresentados na Tabela 1, na descrição da secagem por convecção, a 35, 40, 45, 50, 55 e 60 °C, de sementes de mamão da cultivar Golden com alto teor de água inicial.

Nº do modelo	Temperatura de secagem (°C)	Parâmetros dos modelos								
		k	k ₀	k ₁	a	b	c	g	h	n
1	35	1,955	—	—	—	—	—	—	—	—
	40	4,034	—	—	—	—	—	—	—	—
	45	5,182	—	—	—	—	—	—	—	—
	50	2,852	—	—	—	—	—	—	—	—
	55	6,749	—	—	—	—	—	—	—	—
	60	5,351	—	—	—	—	—	—	—	—
2	35	1,368	—	—	—	—	—	—	—	0,402
	40	2,175	—	—	—	—	—	—	—	0,517
	45	2,631	—	—	—	—	—	—	—	0,534
	50	1,739	—	—	—	—	—	—	—	0,463
	55	3,152	—	—	—	—	—	—	—	0,533
	60	2,575	—	—	—	—	—	—	—	0,485
3	35	0,818	—	—	0,656	—	—	—	—	—
	40	3,443	—	—	0,897	—	—	—	—	—
	45	4,629	—	—	0,918	—	—	—	—	—
	50	1,716	—	—	0,755	—	—	—	—	—
	55	6,210	—	—	0,935	—	—	—	—	—
	60	4,558	—	—	0,886	—	—	—	—	—
4	35	2,649	—	—	0,740	—	0,124	—	—	—
	40	4,844	—	—	0,887	—	0,069	—	—	—
	45	7,059	—	—	0,883	—	0,094	—	—	—
	50	3,810	—	—	0,787	—	0,114	—	—	—
	55	9,993	—	—	0,879	—	0,106	—	—	—
	60	8,399	—	—	0,839	—	0,125	—	—	—
5	35	0,818	—	—	0,532	—	0,207	—	—	—
	40	3,442	—	—	0,703	—	0,244	—	—	—
	45	4,630	—	—	0,721	—	0,242	—	—	—
	50	1,717	—	—	0,603	—	0,225	—	—	—
	55	6,210	—	—	0,734	—	0,241	—	—	—
	60	4,556	—	—	0,672	—	0,276	—	—	—
6	35	6,111	—	—	0,226	—	—	—	—	—
	40	10,975	—	—	0,267	—	—	—	—	—
	45	14,510	—	—	0,265	—	—	—	—	—
	50	9,033	—	—	0,230	—	—	—	—	—
	55	19,694	—	—	0,260	—	—	—	—	—
	60	17,875	—	—	0,232	—	—	—	—	—
7	35	0,374	—	—	0,388	23,797	—	—	—	—
	40	1,310	—	—	1,621	0,878	—	—	—	—
	45	1,346	—	—	1,927	0,813	—	—	—	—
	50	0,835	—	—	0,443	16,106	—	—	—	—
	55	2,488	—	—	0,406	8,306	—	—	—	—
	60	1,401	—	—	1,742	0,858	—	—	—	—
8	35	—	0,374	8,950	0,388	0,615	—	—	—	—
	40	—	9,315	0,872	0,703	0,304	—	—	—	—
	45	—	1,363	12,430	0,324	0,679	—	—	—	—
	50	—	13,448	0,835	0,557	0,443	—	—	—	—
	55	—	20,668	2,488	0,594	0,406	—	—	—	—
	60	—	2,269	41,465	0,507	0,493	—	—	—	—
9	35	8,906	—	—	0,612	—	—	0,374	—	—
	40	1,308	—	—	1,833	—	—	1,098	—	—
	45	12,382	—	—	0,677	—	—	1,362	—	—
	50	1,311	—	—	1,857	—	—	1,098	—	—
	55	2,488	—	—	0,406	—	—	20,661	—	—
	60	41,464	—	—	0,493	—	—	2,269	—	—
10	35	2,647	—	—	0,045	0,376	0,582	0,363	9,511	—
	40	6,635	—	—	-5,250	0,338	5,919	0,942	6,948	—
	45	0,796	—	—	0,438	0,712	-0,148	11,805	0,273	—
	50	8,694	—	—	-2,184	0,457	2,724	0,857	9,492	—
	55	1,633	—	—	0,517	0,635	-0,151	19,121	0,657	—
	60	9,776	—	—	0,070	0,446	0,484	70,172	2,190	—

