

TEOR DE ÁGUA NA COLHEITA E TEMPERATURA DE SECAGEM NA QUALIDADE DE SEMENTES DE SORGO, DURANTE O ARMAZENAMENTO

TANISMARE TATIANA DE ALMEIDA SILVA¹, JOÃO ALMIR OLIVEIRA²,
MARIA LAENE MOREIRA DE CARVALHO³, ANTÔNIO RODRIGUES VIEIRA⁴,
RICARDO RESENDE COSTA⁵ e LUCIANA APARECIDA DE SOUZA ABREU¹

¹Eng. Agr., Setor de Sementes, Dep. de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil, mareagro@bol.com.br; luapsouza2003@yahoo.com.br

^{2,3}Professores, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil, jalmir@dag.ufla.br; laenemc@dag.ufla.br

⁴Pesquisador, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Lavras, MG, Brasil, arvieira@epamig.br

⁵Eng. Agr., Lavras, MG, Brasil, ricardocosta@agronomo.eng.br

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.10, n.1, p.66-81, 2011

RESUMO - A colheita é um procedimento que deve acontecer o mais rápido possível, assim que seja atingida a maturidade fisiológica da semente. Em sorgo, essa maturidade pode ocorrer com o conteúdo de água em torno de 25 a 35%. No entanto, sementes com alto teor de água podem sofrer danos no momento da secagem, necessitando, portanto, da adoção de métodos de secagem que garantam a qualidade das sementes durante o armazenamento. Dessa maneira objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica das sementes de sorgo, BR 310, colhidas com diferentes teores de água (19 e 27%) e submetidas à secagem sob três temperaturas (35, 45 e 35/45 °C), na temperatura alternada, a secagem iniciou-se com 35 °C até as sementes atingirem 15% e em seguida elevou-se a temperatura para 45 °C. Posteriormente foram armazenadas em ambiente convencional e câmara fria e seca durante nove meses. A qualidade das sementes foi determinada pelos testes de grau de umidade, germinação e emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência (IVE), teste de frio, tetrazólio, condutividade elétrica e análise de isoenzimas. A germinabilidade das sementes de sorgo aumentou com o armazenamento quando elas foram secadas a 35/45 °C. Para as sementes colhidas com 19% de umidade a secagem alternada manteve sua qualidade. Houve redução no percentual de sementes dormentes, aos três meses, quando armazenadas em câmara fria e seca independente do teor de água inicial.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, umidade, qualidade fisiológica.

MOISTURE CONTENT AT HARVEST AND DRYING TEMPERATURE ON QUALITY OF SORGHUM SEEDS DURING STORAGE

ABSTRACT - Harvest is a procedure which must happen as fast as possible when the physiological maturity of seed is reached. In sorghum, this maturity can occur with the water content around 25 to 35%. Nevertheless, seeds with high water content can be damaged at drying time, so requiring the adoption of drying methods which ensure seed quality during storage. Thus, the objective of this work was to evaluate the quality of sorghum seeds, cultivar BR 310, harvested with different moisture contents (19 and 27%), submitted to drying under three temperatures (35, 45 and 35/45 °C). For alternating temperature, the drying started with 35 °C until seed reached 15% and then temperature was raised to 45 °C. Seeds were later stored in a conventional environment and in a cold and dry chamber, for 9 months. The quality of the seeds was determined by testing moisture content, germination and seedling emergence, emergence rate index (IVE), cold test, tetrazolium, mass electrical conductivity and isoenzyme analysis. The germination of sorghum seeds increased with storage when they were dried at 35/45 °C. Alternating drying maintained quality of the seeds harvested with 19% moisture content. A reduction in the percent of dormant seeds at three months was observed when stored in cold and dry chamber, regardless the initial water content.

Key words: *Sorghum bicolor*, moisture, physiological quality.

A colheita é um procedimento que deve acontecer o mais rápido possível, assim que seja atingida a maturidade fisiológica da semente. No caso do sorgo (*Sorghum bicolor*), essa maturidade pode ocorrer com o conteúdo de água em torno de 25 a 35%, dependendo da cultivar utilizada (Varderlip & Reeves, 1972).

O entendimento das mudanças que ocorrem nas sementes, nos diferentes estádios de desenvolvimento, à medida que elas perdem água, é de fundamental importância para o desenvolvimento de metodologias de secagem de sementes colhidas com altos teores de água. É sabido que, com progressiva perda de água, no campo, após a maturidade fisiológica, as sementes tornam-se mais tolerantes a temperaturas mais elevadas de secagem, indicando que eventos ocorrem juntamente com a redução do teor de água (Rosa et al., 2004).

O teor de água elevado pode causar dano mecânico latente às sementes, no momento da colheita, ocasionando perda na qualidade. Por esse motivo, as sementes de sorgo são mantidas no campo até atingirem teor de água aproximado de 18%, valor considerado ideal para minimizar os danos (Silva et al., 2001).

Com o objetivo de produzir sementes de qualidade e a possibilidade de antecipação da colheita, a adoção de métodos de secagem artificial torna-se necessária para viabilizar o processo de produção. No entanto, uma secagem incorreta pode causar danos às sementes, as quais podem apresentar redução no potencial de armazenamento. O efeito da secagem a altas temperaturas não é imediato e, após algum tempo de armazenamento, torna-se mensurável afetando principalmente a radícula das plântulas (Martins & Carvalho, 1994).

Em sementes de sorgo (*Sorghum vulgare*), a secagem à temperatura de 46 a 48 °C, pode induzir dormência secundária, devido a alterações físicas ocorridas na cobertura da semente, provocadas pela secagem excessiva, de tal modo a restringir as trocas gasosas durante a embebição (Nutile & Woodstoeck, 1967). É possível que a atividade e a estrutura de certas enzimas ou proteínas, em sementes sensíveis à dessecação, sejam permanentemente alteradas pela secagem, resultando em perda de atividade (Nkang et al., 2000).

Em resposta ao estresse a alta temperatura, as sementes de sorgo sintetizam proteínas de choque térmico (Late Embriogenesis Abundant) (Howarth, 1990). Essas proteínas são de fundamental importância nas sementes ortodoxas, por possuírem um importante papel na proteção das estruturas citoplasmáticas das sementes, durante a desidratação, cuja detecção e acúmulo nas fases finais do desenvolvimento de sementes têm sido correlacionados com a aquisição de tolerância à dessecação, em várias espécies (Kermonde, 1997).

A produção da enzima α amilase, essencial na hidrólise do amido, também ocorre em resposta à dessecação das sementes de cereais (Rosa et al., 2004). Essas enzimas são produzidas pela camada de aleurona, em resposta à síntese do ácido giberélico (GA_3), quando a semente é submetida à secagem, seja natural ou artificial, em estádios mais precoces do desenvolvimento (Armstrong et al., 1982).

No que se refere às condições de armazenamento, a baixa umidade relativa do ar e a baixa temperatura são os fatores que garantem a manutenção da qualidade das sementes (Dhingra, 1985). Mesmo em condições controladas de armazenamento, o envelhecimento das sementes é inevitável. Quando as sementes se deterioram, elas perdem vigor progressivamente, apresentando

redução na velocidade e na uniformidade de emergência, menor resistência a condições adversas, decréscimo na proporção de plântulas normais e, finalmente, perdem a viabilidade ou a capacidade de germinar (Halmer & Bewley, 1984).

A literatura sobre o armazenamento de sementes de sorgo por períodos mais longos é escassa no Brasil, e essas informações são importantes quando se deseja armazenar as sementes de uma safra para outra (Souza et al., 2009).

O objetivo deste trabalho foi estudar a qualidade fisiológica das sementes de sorgo, cultivar BR 310, colhidas com diferentes teores de água, submetidas a diferentes temperaturas de secagem e ambientes de armazenamento.

Material e Métodos

As análises foram conduzidas no Laboratório Central de Sementes da Universidade Federal de Lavras (UFLA). As sementes da cultivar BR 310 foram colhidas no campo de produção da empresa Biomatrix, na cidade de Paracatu, MG, Brasil, na safra de 2008. As panículas com sementes contendo teores de água de 19 e 27% foram colhidas, debulhadas manualmente e imediatamente secadas em três protótipos de secadores estacionários, até atingirem 12% de umidade. Dois protótipos foram regulados em temperatura constante, um com 35 °C e outro com 45 °C e, no terceiro a secagem iniciou-se com 35 °C até as sementes atingirem 15% e, em seguida, elevou-se a temperatura para 45 °C, até a redução ao grau de umidade desejado. Após a secagem, as sementes foram divididas em duas porções e embaladas em saco de papel multifoliado e armazenadas em dois ambientes, câmara fria e seca (10 °C e 50% UR) e em condições não controladas, na Unidade de

Beneficiamento de Sementes da UFLA (UBS). A qualidade das sementes foi avaliada ao zero, três, seis e nove meses de armazenamento, por meio das seguintes determinações:

Grau de umidade - Foi determinado pelo método da estufa a 105 °C, por 24 horas, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

Teste de germinação - O substrato para semeadura foi o papel do tipo “Germitest”, umedecido com água destilada, em quantidade de 2,5 vezes a massa seca do papel. As sementes foram colocadas em germinador regulado à temperatura de 25°C e as contagens realizadas aos quatro e dez dias após a semeadura (Brasil, 2009). Ao final do teste, as sementes não germinadas foram avaliadas pelo teste de tetrazólio. A metade de cada semente foi colocada em recipiente de plástico escuro, imersas em solução de sal de tetrazólio a 0,5% durante um período de duas horas, a 30 °C. Após a coloração, as partes da semente foram lavadas e avaliadas, para a determinação da viabilidade, conforme metodologia proposta nas Regras para Análise de Sementes.

Teste de emergência de plântulas - A semeadura foi realizada em bandeja de plástico contendo a mistura de areia e terra, na proporção de 2:1, umedecida até a capacidade de 70% de retenção de água. Após a semeadura, as bandejas foram mantidas em câmara de crescimento vegetal, com temperatura de 25 °C, fotoperíodo de 12 horas. As plântulas foram avaliadas diariamente, computando-se o número de plântulas emersas até a estabilização do estande, aos dez dias. O índice de velocidade de emergência foi determinado segundo fórmula proposta por Maguire (1962).

Teste de frio - A semeadura foi realizada em bandeja de plástico contendo como substrato a mistura de areia e terra, na proporção de 2:1,

umedecida até a capacidade de 70% de retenção. Após a semeadura, as bandejas foram mantidas a 10 °C, por sete dias, e, a seguir, transferidas para câmara de germinação com temperatura de 25 °C, fotoperíodo de 12h, por mais sete dias, quando foi realizada a contagem das plântulas normais.

Teste de condutividade elétrica - Foram pesadas 50 sementes e colocadas em copos de plástico, contendo 75 ml de água deionizada. Após 24 horas de embebição, à temperatura de 25 °C, foi realizada a leitura, com o auxílio de um condutivímetro de massa, e os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$, de acordo com metodologia descrita por Krzyzanowski et al. (1999).

Análise de isoenzimas - Em cada época de avaliação, retiraram-se duas amostras de 100 sementes, que foram armazenadas à temperatura de -86 °C, em Deep Freezer. Para a extração da enzima α amilase, as sementes foram embebidas em papel tipo "Germitest", à temperatura de 25 °C por um período de 96 horas. Decorrido esse período, o eixo embrionário foi descartado e trituradas apenas as sementes, na presença de PVP e nitrogênio líquido. Para a extração, foi utilizado o tampão Tris HCl 0,2 M pH 8,0 + (0,1% de β mercaptoetanol), na proporção de 250 μL por 100 mg. O material foi homogeneizado e mantido em geladeira durante o período noturno, seguido de centrifugação a 16.000 xg, por 30 minutos, a 4 °C. A corrida eletroforética foi realizada em sistema de géis de poliacrilamida, a 7,5% (gel separador) e 4,5% (gel concentrador) + 0,5% de amido. O sistema gel/eletrodo utilizado foi o Tris-glicina pH 8,9. Foram aplicados 50 μL do sobrenadante da amostra e a corrida efetuada a 120 V, por seis horas. Para a análise eletroforética de proteínas resistentes ao calor, as sementes foram embebidas nas mesmas condições citadas, por período de cinco horas, maceradas na

presença de solução tampão (50 mM tris-HCl 7,5; 500 mM NaCl; 5 mM MgCl_2 ; 1 mM PMSF), na proporção de 1:10 (peso material:volume tampão de extração), e transferidas para microtubos. O material foi homogeneizado e centrifugado a 16.000 xg, por 30 minutos, a 4 °C. O sobrenadante foi colocado em banho-maria a 85 °C, por 15 minutos, e novamente centrifugado. Posteriormente, 70 ml do sobrenadante de cada amostra foram misturados com 40 ml de solução tampão (2,5 ml de glicerol; 0,46 g de SDS; 20 mg de azul de bromofenol) e colocados em banho-maria, com água em ebulição, por cinco minutos. Dos sobrenadantes obtidos, foram aplicados 50 ml no gel de poliacrilamida SDS-PAGE à 12,5% (gel separador) e 6% (gel concentrador). A corrida eletroforética foi realizada a 120 V, por seis horas. O gel foi corado em Coomassie Blue, a 0,05% (Alfnas et al., 1991), durante 12 horas, e descorado em solução de ácido acético 10%.

Delineamento experimental e análise estatística - Foi utilizado o esquema fatorial 2 x 3 x 4 sendo duas umidades de colheita (19 e 27%), três temperaturas de secagem (35, 45 e 35-45 °C) e quatro épocas de armazenamento (0, 3, 6 e 9 meses), para cada ambiente de armazenamento, câmara fria e seca e armazém convencional. O teste de média utilizado foi o Scott-Knott, a 5%, e análises de regressão foram realizadas para as variáveis quantitativas e transformação dos dados $\sqrt{x+0,5}$, para a variável dormência. Nas análises, foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes em cada teste.

Resultados e Discussão

Na avaliação das sementes armazenadas em câmara fria e seca, observou-se interação significativa entre o grau de umidade das sementes

e época de armazenamento, e da temperatura de secagem, para as variáveis germinação e dormência. A interação tripla dos fatores temperatura de secagem, grau de umidade das sementes e épocas de armazenamento foi significativa somente para a variável condutividade elétrica. Já para as sementes que foram armazenadas em ambiente convencional, houve interação tripla significativa para as variáveis germinação, dormência e teste de frio, interação dupla para grau de umidade das sementes e época de armazenamento, para as variáveis emergência e índice de velocidade de emergência de plântulas, e de temperatura de secagem e grau de umidade das sementes, para a condutividade elétrica.

Pelos resultados de germinação das sementes de sorgo armazenadas em câmara fria (Tabela 1), observa-se que a temperatura de secagem alternada 35/45 °C propiciou melhores resultados em relação às demais. A porcentagem de sementes dormentes foi reduzida com a maior temperatura de secagem. Esse fato não é coincidente com a afirmativa de que elevadas temperaturas de secagem induzem a dormência secundária em sementes de sorgo (Nutile & Woodstoek, 1967). Segundo esses autores, a secagem com temperatura de 46 a 48 °C pode induzir dormência secundária, devido a alterações físicas que ocorrem na cobertura da semente, provocadas pela secagem excessiva, de tal modo a restringir as trocas gasosas durante a embebição, o que não foi

observado neste estudo.

Independentemente da temperatura de secagem, as sementes colhidas com grau de umidade de 19% e armazenadas em câmara fria mantiveram a tendência de valores de germinação superiores durante o período de armazenamento (Figura 1). Não houve diferença significativa entre as épocas zero, três e seis meses de armazenamento, para as sementes colhidas com 19% de umidade.

Já as sementes colhidas com 27% de grau de umidade tiveram um aumento na germinação, sobretudo após o início do armazenamento, quando foi verificado um incremento linear dos valores. Esses resultados comprovam a superação da dormência dessas sementes durante o armazenamento. No entanto, para as sementes armazenadas em ambiente convencional, não houve diferença significativa, avaliadas pelo teste de Scott-Knott, dos valores de germinação, aos três e seis meses de armazenamento quando submetidas as três temperaturas de secagem (Figura 2). Já a temperatura de secagem de 45 °C propiciou menor germinação (75%), aos nove meses de armazenamento, para as sementes de sorgo colhidas com 19% de umidade, enquanto que naquelas colhidas com 27% de umidade a porcentagem de germinação das sementes secadas sob temperatura de 35/45 °C foi maior ao final do período de armazenamento. As sementes colhidas com 27% de umidade tiveram redução

TABELA 1. Germinação e dormência de sementes de sorgo, após secagem em diferentes temperaturas e armazenamento, em câmara fria e seca¹.

Temperatura de secagem (°C)	Dormência (%)	Germinação (%)
35	3,8 B	87,2 B
45	1,6 A	87,9 B
35/45	2,7 A	90,1 A

¹Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5%, pelo teste de Scott-Knott.

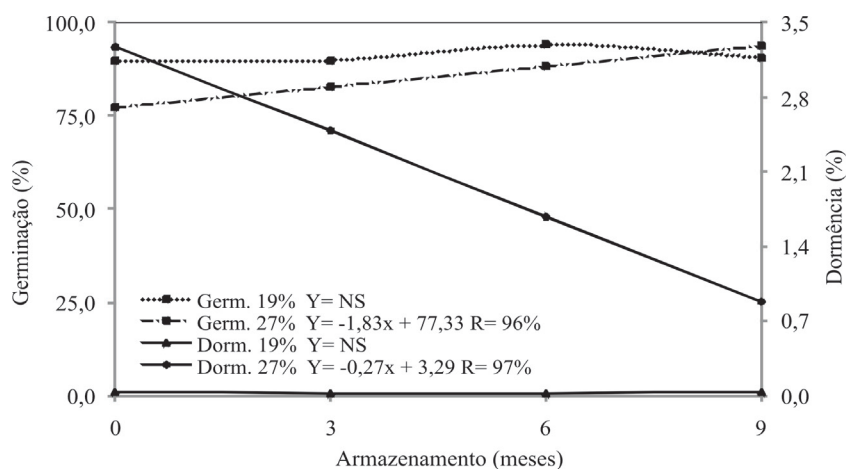


FIGURA 1. Germinação (%) e dormência (%) em sementes de sorgo, colhidas com diferentes umidades e armazenadas em câmara fria e seca, após secagem.

na porcentagem de sementes dormentes até os três meses de armazenamento independente da temperatura de secagem (Figura 3).

No entanto, houve aumento significativo de sementes dormentes a partir dos três meses para aquelas sementes secadas sob temperatura de 45 °C, tanto quando colhidas com 19 como 27%. Esse fato também foi verificado para sementes colhidas com 19% de grau de umidade e secadas com temperatura de 35/45 °C.

Os resultados reforçam a ideia de indução de dormência secundária, em sementes de sorgo submetidas a altas temperaturas. Vale ressaltar, entretanto, que essa indução foi observada em sementes armazenadas em armazém convencional. Quando as sementes foram armazenadas em câmara fria e seca, houve uma redução nessa porcentagem, o que pode ser devido a uma estratificação a frio.

Em relação aos valores de emergência de plântulas (Figura 4), antes do armazenamento em ambiente convencional, a porcentagem de plântulas foi superior quando as sementes foram colhidas com 19% de grau de umidade, independente da temperatura de secagem.

Quanto ao índice de velocidade de emergência - IVE (Figura 5), para a condição de câmara fria, após o início do armazenamento, as sementes de sorgo tiveram menor vigor, em ambos os teores de água avaliados. Verificou-se, ainda, que os valores para as épocas três e nove meses de armazenamento foram superiores aos dos seis meses. Entretanto, para as sementes armazenadas em armazém convencional, verifica-se tendência de redução de vigor em sementes colhidas com 27 e 19% de umidade. Segundo Baudet (2003), a deterioração natural das sementes proporciona redução na germinação, porém é possível retardar sua velocidade, por meio do manejo correto das condições de armazenamento.

Pela interação entre os fatores de temperatura de secagem e grau de umidade de colheita (Tabela 2), observa-se maior vigor, pelo teste de frio para as sementes colhidas com teor de água inicial de 27% e secadas na temperatura de 35 e 35/45 °C. Já aquelas colhidas com 19% de grau de umidade não apresentaram diferenças significativas de vigor, pelo teste de frio, quando submetidas às diferentes temperaturas de secagem.

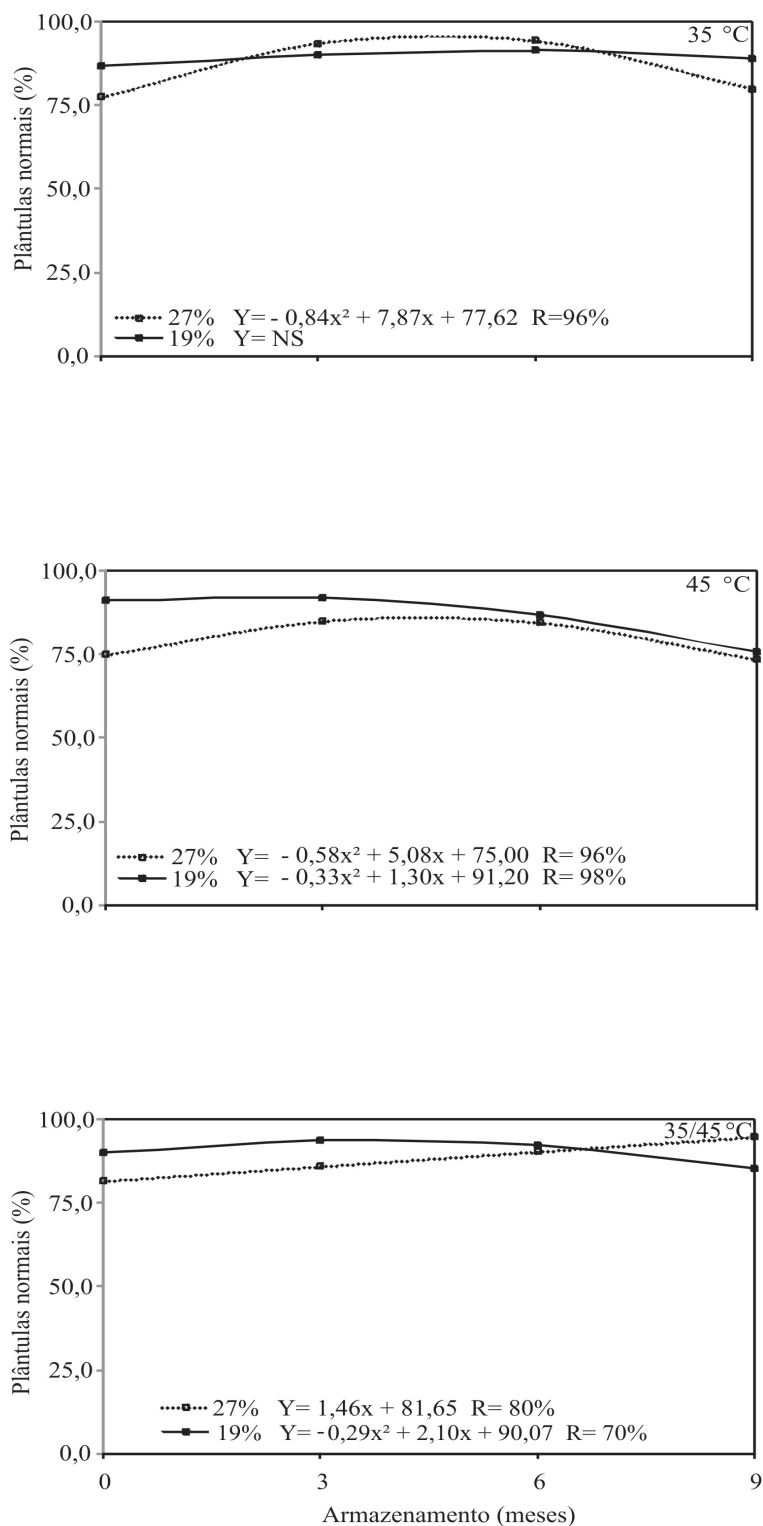


FIGURA 2. Germinação (%) de sementes de sorgo colhidas com diferentes umidades, submetidas a diferentes temperaturas de secagem e armazenadas em ambiente convencional.

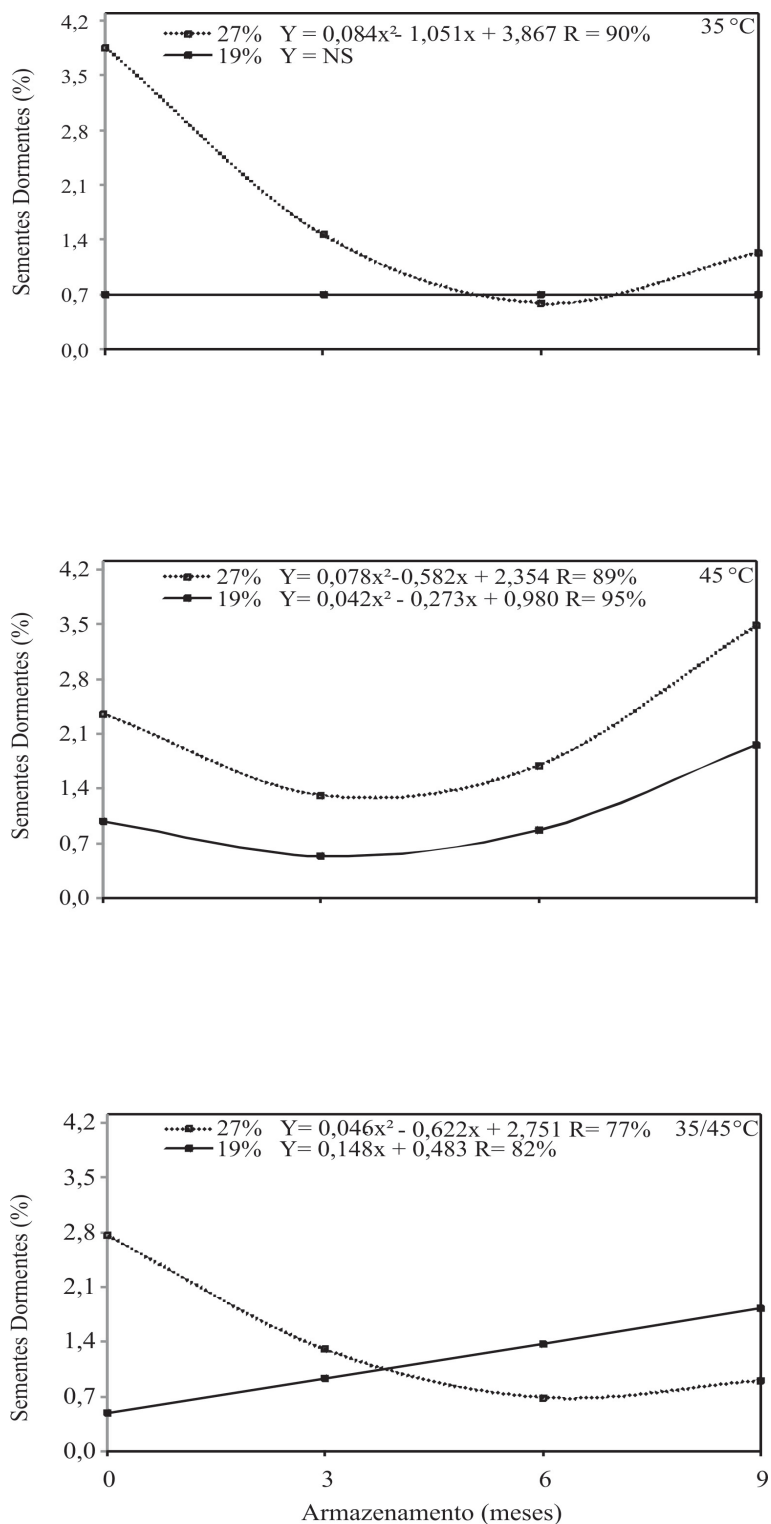


FIGURA 3. Dormência (%) de sementes de sorgo colhidas com diferentes umidades, submetidas a diferentes temperaturas de secagem e armazenadas em ambiente convencional.

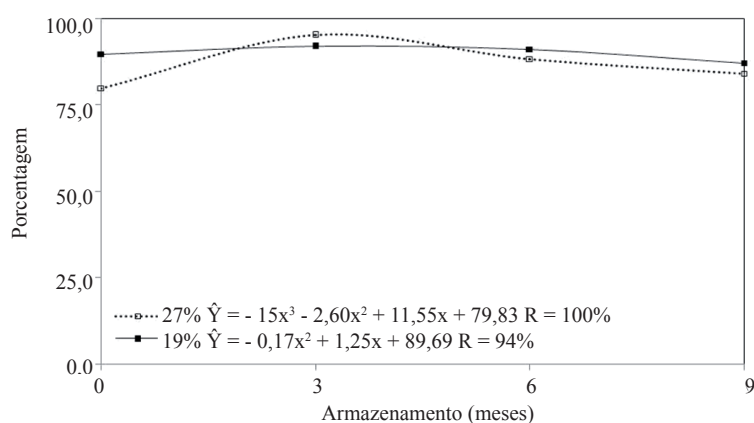


FIGURA 4. Emergência de plântulas oriundas de sementes de sorgo colhidas com diferentes umidades e armazenadas em armazém convencional.

No geral, os resultados do teste de frio (Figura 6) corroboram os de germinação e dormência, em sementes de sorgo submetidas aos tratamentos estudados. Durante a maturação de sementes, a aquisição da tolerância à dessecação pode coincidir com a maturidade fisiológica. A transição de intolerância para tolerância à dessecação tem sido usualmente relatada como uma mudança drástica, ocorrendo em alguns dias e determinada como a tolerância para um nível de secagem (Fischer et al., 1988; Kermodé & Bewley, 1989; Long et al., 1981).

Houve comportamento semelhante para todos os tratamentos, com tendência de redução nos valores de condutividade elétrica, até os seis meses de armazenamento. Após esse período, a condutividade elétrica das sementes de sorgo armazenadas em câmara fria e seca aumentou, exceto para as sementes com 27% de umidade e secadas a 45 °C constante (Figura 7).

Verifica-se que os valores de condutividade das sementes de sorgo colhidas com 19% de umidade, secadas e armazenadas em armazém convencional (Tabela 3), não diferem quanto às temperaturas de secagem a que foram submetidas. As sementes

colhidas com umidade de 27% tiveram maior lixiviação de solutos quando secadas a 45 °C, uma vez que a fragilidade do sistema de membranas após a secagem a alta temperatura pode ter contribuído para o aumento da condutividade elétrica.

Em relação à atividade enzimática, nas sementes colhidas com 19% de umidade e submetidas à secagem, a atividade da enzima α amilase (Figura 8), responsável pela hidrólise de amido em cereais, foi mantida em todas as épocas. Para aquelas colhidas com umidade de 27% e secadas à temperaturas de 45 e 35/45 °C, essa atividade foi praticamente nula, principalmente na época três. A dessecação de sementes, seja no estágio final de desenvolvimento ou por meio de secagem artificial, induz a produção de enzimas necessárias à mobilização de reservas necessárias para a germinação (Bewley & Black, 1994). À medida que as sementes perdem água, adquirem tolerância à secagem a temperaturas mais elevadas. Dentre outros fatores, essa tolerância é atribuída ao acúmulo de LEAs proteínas, as quais são sugeridas como protetoras dos componentes celulares na falta de água, promovendo um ajuste osmótico ou substituindo água (Han et al., 1997).

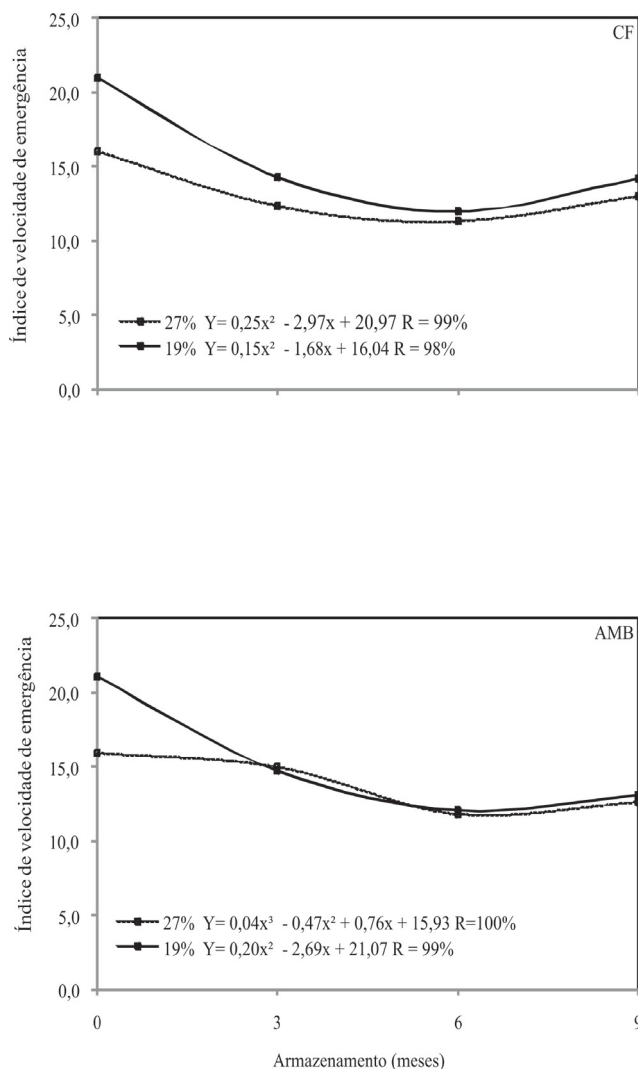


FIGURA 5. Índice de velocidade de emergência de plântulas oriundas de sementes de sorgo colhidas com diferentes umidades e armazenadas em câmara fria e seca (CF) e ambiente convencional (AMB).

TABELA 2. Resultados médios de vigor (%) de sementes de sorgo colhidas com diferentes graus de umidade, avaliados pelo teste de frio, e secadas sob diferentes temperaturas e armazenadas em câmara fria e seca¹.

Temperatura de secagem (°C)	Umidade de colheita (%)	
	19	27
35	83,8 Ab	92,9 Aa
45	86,6 Aa	88,4 Ba
35/45	84,8 Ab	94,8 Aa

¹Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si ao nível de 5%, pelo teste de Scott-Knott.

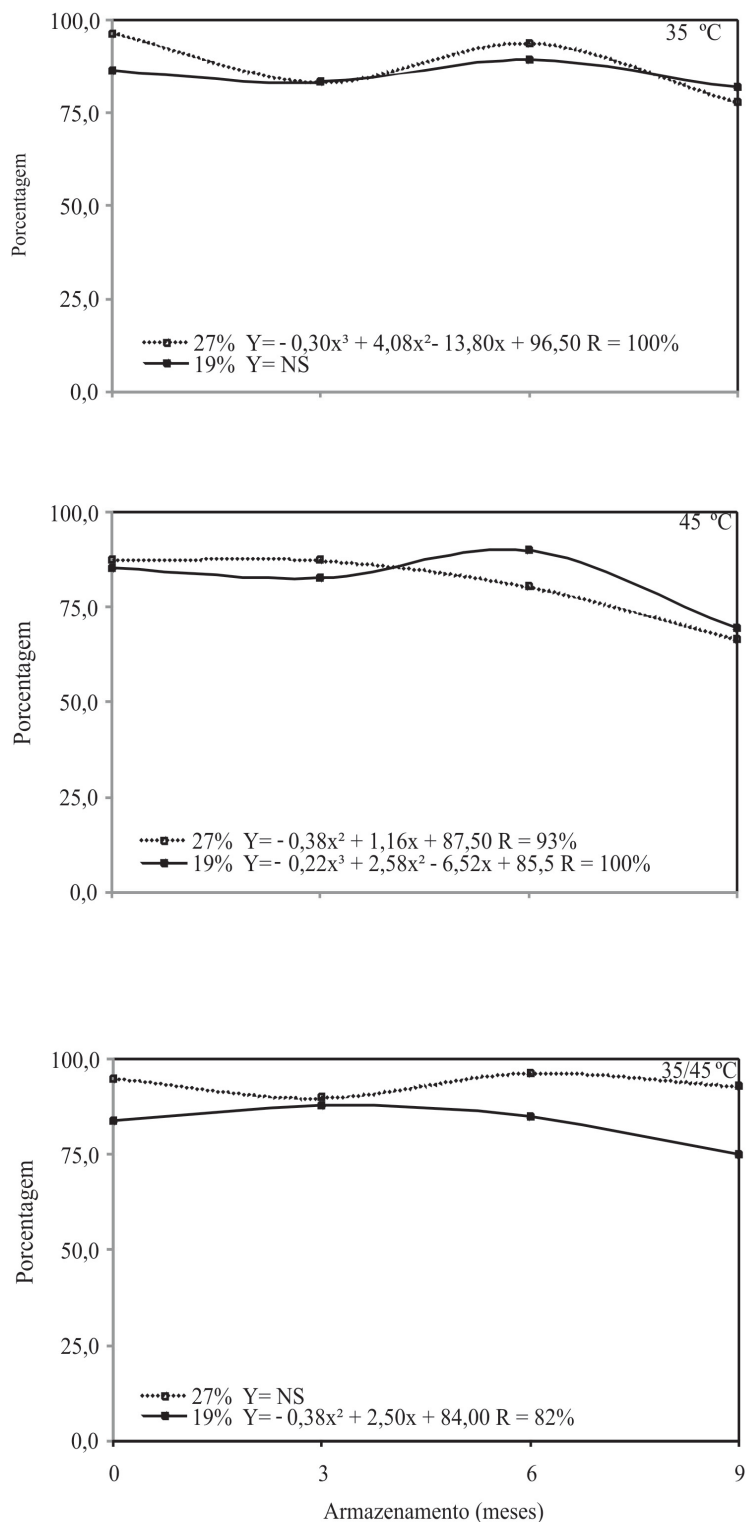


FIGURA 6. Germinação (%) de sementes de sorgo avaliadas pelo teste de frio, colhidas com diferentes umidades, submetidas a diferentes temperaturas de secagem e armazenadas em ambiente convencional.

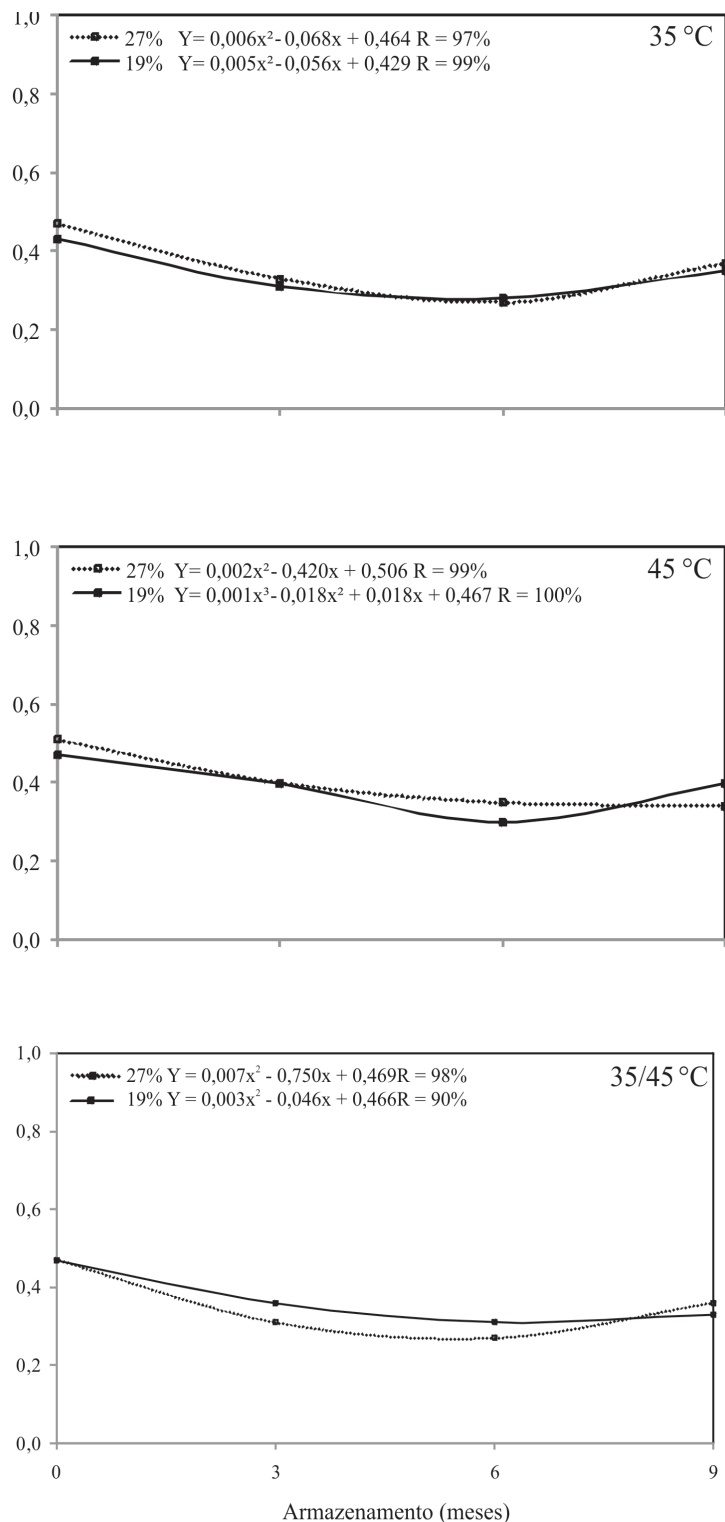


FIGURA 7. Condutividade elétrica de sementes de sorgo colhidas com diferentes umidades, submetidas a diferentes temperaturas de secagem e armazenadas em câmara fria e seca.

TABELA 3. Valores médios de condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de sementes de sorgo após secagem, utilizando diferentes temperaturas e armazenadas em armazém convencional¹.

Temperatura de secagem (°C)	Umidade de colheita (%)	
	19	27
35	0,38 Aa	0,37 Aa
45	0,38 Aa	0,43 Bb
35/45	0,38 Aa	0,36 Aa

¹Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si ao nível de 5%, pelo teste de Scott-Knott.

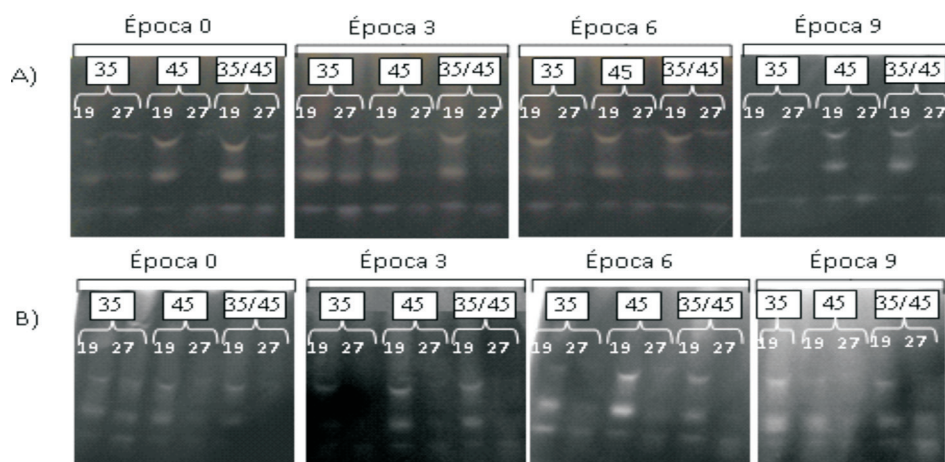


FIGURA 8. Perfis enzimáticos de alfa amilase, de sementes de sorgo após secagem e armazenadas em câmara fria e seca (A) e armazém convencional (B).

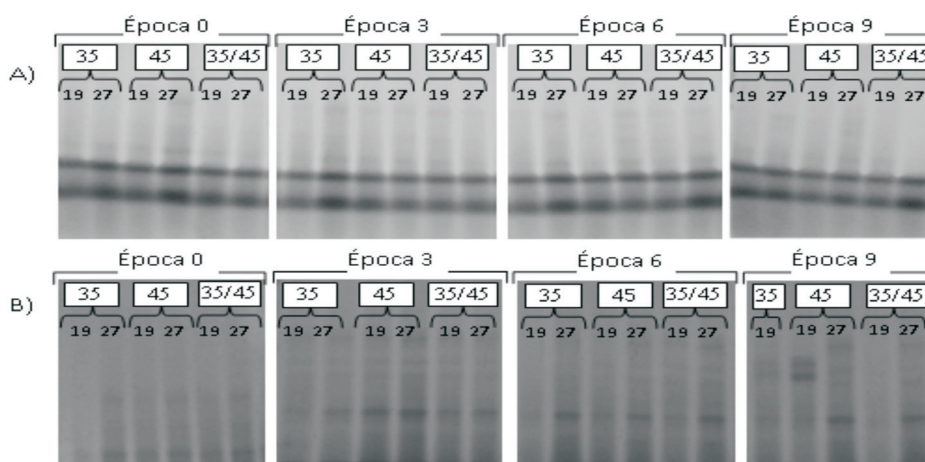


FIGURA 9. Padrão de proteína resistente ao calor, de sementes de sorgo colhidas com diferentes umidades após secagem, em diferentes temperaturas e armazenadas em câmara fria e seca (A) e armazém convencional (B).

Pelos perfis eletroforéticos de proteínas resistentes ao calor (Figura 9), observa-se que, independente do grau de umidade das sementes na colheita e da temperatura de secagem, quando armazenadas em câmara fria (Figura 9A), não foram observadas diferenças no padrão de bandas, durante os nove meses de armazenamento. Os padrões de proteínas resistentes ao calor permaneceram estáveis nas sementes de sorgo, independentemente do método de secagem empregado e do teor de água inicial. Essa estabilidade sugere que o método de secagem não induziu mudanças no padrão proteico dessas sementes.

A função das proteínas resistentes ao calor ainda não está bem esclarecida, mas sua estabilidade, propriedades físicas e abundância em organismos que toleram a desidratação sugerem um importante papel em tolerância à dessecação (Blackman et al., 1991). O papel dessas proteínas em tolerância à dessecação deve-se à sua habilidade de atrair moléculas de água, mantendo o ambiente local enriquecido de água ou, de alguma forma, até substituindo a água (Bewley & Black, 1994). Analisando-se os padrões de bandas das proteínas resistentes ao calor apresentadas para as sementes de sorgo armazenadas em armazém convencional (Figura 9B), ficam evidentes as alterações nas proteínas a partir da época três. Observa-se aumento na intensidade dessas bandas, com exceção das sementes colhidas com umidade de 19% e secadas a 35 °C, até os seis meses de armazenamento.

Verificou-se, também, o aparecimento de duas bandas nas sementes colhidas com 19% de umidade, secadas a 45 °C, aos nove meses de armazenamento. Essas proteínas são acumuladas durante a secagem na maturação e a sua estabilidade, hidrofiliidade e quantidade sugerem a associação à tolerância à

secagem (Blackman et al., 1991). Foi sugerido que as proteínas LEAs podem ligar íons e água, podendo, ainda, estar associadas aos açúcares, controlando a taxa de perda de água e mantendo, assim, a viabilidade das sementes ortodoxas no estado seco (Pammenter & Berjak, 1999).

Conclusões

A germinabilidade de sementes de sorgo armazenadas em câmara fria aumentou com o armazenamento, quando foram secadas a 35/45 °C, independente do teor de água inicial.

A temperatura de secagem alternada 35/45 °C proporcionou melhores valores de germinação e vigor, para as sementes colhidas com 19% de umidade.

Houve redução do percentual de sementes dormentes após armazenamento em câmara fria e seca.

A atividade da enzima α amilase se manteve durante o armazenamento das sementes.

Não houve alteração nos perfis das proteínas resistentes ao calor.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), o apoio na realização da pesquisa.

Referências

- ALFENAS, A. C.; PETERS, I.; BRUNE, W.; PASSADOR, G. C. **Eletroforese de proteínas e isoenzimas de fungos e essências florestais**. Viçosa - MG: UFV, 1991. 242p.
- ARMSTRONG, C.; BLACK, M.; CHAPMAN, J. M.; NORMAN, H. E.; ANGOLD, R. The induction of sensitivity to gibberellin in aleurone tissue of

- developing wheat grains. I. The effect of dehydration. **Planta**, Berlin, v. 154, p. 573-577, 1982.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. [S.l.], 1983. 93p.
- BAUDET, L. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S. T.; LUCCA FILHO, O. A.; BARROS, A. C. S. A. (Ed) **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: UFPel, 2003. p. 369-418.
- BLACKMAN, S. A.; WETTLAUFER, S. H.; OBENDORF, R. L.; LEOPOLD, A. C. Maturation proteins associated with desiccation tolerance in soybean seeds. **Plant Physiology**, Rockville, v. 96, p. 868-874, 1991.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Regras para análise de sementes. Brasília, DF, 2009. 395p.
- DHINGRA, O. D. Prejuízos causados por microorganismos durante o armazenamento de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 7, p. 139-145, 1985.
- FISCHER, W.; BERGFELD, R.; PLACHY, C.; SCHAFFER, R.; SCHOPTE, P. Accumulation storage materials, precocious germination and development of desiccation tolerance of seed maturation in mustard (*Sinapis Alba* L.). **Botanica Acta**, Stuttgart, v. 101, p. 344-354, 1988.
- HAN, B.; HUGHES, W. D.; GALAU, G. A.; BEWLEY, J. D.; KERMODE, A. R. Changes in late-embryogenesis-abundant (LEA) messenger RNAs and dehydrins during maturation and premature drying of *Ricinus communis* L. seeds. **Planta**, Berlin, v. 201, p. 27-35, 1997.
- HALMER, P.; BEWLEY, D. A physiological perspective on seed vigour testing. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 12, p. 561-575, 1984.
- HOWARTH, C. Heat shock proteins in *Sorghum bicolor* and *Pennisetum americanum*. II. Stored RNA in sorghum seed and its relationship to heat shock protein synthesis during germination. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 13, p. 57-64, 1990.
- KERMONDE, A. R. Approaches to elucidate the basis of desiccation-tolerance in seeds. **Seed Science Research**, Oxon, v. 7, p. 75-95, 1997.
- KERMODE, A. R.; BEWLEY, J. D. Development seeds of *Ricinus communis* L. when detached and maintained in atmosphere of high relative humidity, switch to a germinative mode without the requirement for complete desiccation. **Plant Physiology**, Rockville, v. 90, p. 702-707, 1989.
- KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 219p.
- LONG, S. R.; DALE, R. M. R.; SUSSEV, I. M. Maturation and germination of *Phaseolus vulgaris* embryone axes in culture. **Planta**, Berlin, v. 153, p. 405-415, 1981.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination - aid seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, p. 176-177, 1962.
- MARTINS, C. C.; CARVALHO, N. M. Fontes de deterioração na produção de sementes de soja e respectivas anormalidades nas plântulas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 16, p. 168-82, 1994.
- NKANG, A.; OMOKARO, D.; EGBE, A. Effects of desiccation on the lipid peroxidation and activities of peroxidase and polyphenoloxidase in seeds of *Telfairia occidentalis*. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 28, p. 1-9, 2000.
- NUTILE, G. E.; WOODSTOEK, L. W. The influence of dormancy- inducing desiccation treatments on the respiration and germination of sorghum. **Physiologia**

- Plantarum**, Copenhagen, v. 20, p. 554-561, 1967.
- PAMMENTER, N. W.; BERJAK, P. A review of recalcitrant seed physiology in relation to desiccation-tolerance mechanisms. **Seed Science Research**, Oxon, v. 9, p. 13-37, 1999.
- ROSA, S. D. V. F.; PINHO, E. V. R. von; VIEIRA, M. G. G. C.; VEIGA, R. D. Indução de tolerância à alta temperatura de secagem em sementes de milho por meio de pré-condicionamento a baixa temperatura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 2, p. 290-310, 2004.
- SILVA, J. N.; SOBRINHO, J. C.; CARVALHO, J. A.; DIAS, D. C. F. S.; REIS, F. P. Qualidade fisiológica de sementes de sorgo coletadas em diferentes pontos de um secador. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Campina Grande, v. 5, p. 487-491, 2001.
- SOUZA, G. F. M. V.; SANTOS, C. M.; SANTANA, D. G.; SÁ JÚNIOR, A. de. Armazenamento de sementes de sorgo submetidas a diferentes graus de umidade de colheita. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, p. 745-752, 2009.
- VANDERLIP, R. L.; REEVES, H. E. Growth stages of sorghum (*Sorghum bicolor*, L. Moench.). **Agronomy Journal**, Madison, v. 64, p. 13-16, 1972.