

ROMENIQUE DA SILVA DE FREITAS

**QUALIDADE DE GRÃOS DE FEIJÃO
ARMAZENADOS SOB ATMOSFERA
MODIFICADA**

MOSSORÓ-RN

2009

ROMENIQUE DA SILVA DE FREITAS

**QUALIDADE DE GRÃOS DE FEIJÃO ARMAZENADOS SOB
ATMOSFERA MODIFICADA**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido, como parte
das exigências para obtenção do título de
Mestre em Agronomia: Fitotecnia.

ORIENTADOR:
PROF. D. SC. PATRÍCIO BORGES MARACAJÁ

MOSSORÓ-RN
2009

ROMENIQUE DA SILVA DE FREITAS

**QUALIDADE DE GRÃOS DE FEIJÃO ARMAZENADOS SOB
ATMOSFERA MODIFICADA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia: Fitotecnia.

Aprovada em: / /

Prof^a. D. Sc. Lêda Rita D'Atonino Faroni
Universidade Federal de Viçosa (UFV)
(Co-orientadora)

Prof. D. Sc. Glauber Henrique de Sousa Nunes
Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)
(Conselheiro)

Prof^a. D. Sc. Danila Kelly Pereira Neri
Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte (CEFET)
(Conselheira)

À minha mãe e irmãos, exemplos de força
e perseverança, pelo estímulo, amor,
ternura e confiança.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder saúde e sabedoria, por me fazer forte e perseverante;

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido e à Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de desenvolver este trabalho;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos;

Ao Professor Patrício Borges Maracajá, pela orientação e incentivo;

À Professora Lêda Rita D'Antonino Faroni pela orientação, oportunidades e incentivo;

À Professora Maria Zuleide de Negreiros pela oportunidade de participar do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD);

Aos Professores Glauber Henrique de Sousa Nunes e Danila Kelly Pereira Neri, pelas sugestões e atenção;

À minha mãe Maria Francisca e aos meus irmãos Rubeniguel, Romildo, Flávia, Rubenildo, Rubenilson, Fabiene, Robson e Rafaela, por todo o amor, respeito, incentivo e confiança.

Aos demais familiares, por me proporcionarem momentos maravilhosos e me incentivarem nesta conquista;

Ao amigo Adalberto Hipólito Sousa, pelas dicas, incentivo, amizade e companheirismo, e pela importante contribuição na análise dos dados e redação da dissertação;

Aos amigos Joseane H. dos Santos, Ernandes R. de Alencar, e Marco Aurélio G. Pimentel, pelas dicas, amizade e auxílio na execução das análises;

Aos alunos de iniciação científica e estagiários do Laboratório de Grãos da Universidade Federal de Viçosa André, Marta, Tales, Laíne, Carlos, Maiza, Marcela e Rafael pela importante ajuda na execução do experimento;

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Edson e Caititu pelo auxílio durante a execução do experimento;

Aos amigos Clarisse, Damiana, Francisco de Assis, Gardênia, Geovânio e Lucimara pela amizade e companheirismo;

Aos amigos Django Jesus Dantas, José Antônio da Silva Madalena e Isaías Porfírio Guimarães pelos momentos de alegria e descontração;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, pelos ensinamentos;

Aos amigos e colegas do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, pela amizade e apoio durante as disciplinas;

A todos que de um modo geral, direta ou indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho e para minha formação acadêmica, Muito Obrigado!!!

RESUMO

FREITAS, Romenique da Silva. **Qualidade de grãos de feijão armazenados sob atmosfera modificada**. Mossoró, UFERSA, 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2009. Professor Orientador: D. Sc. Patrício Borges Maracajá. Co-orientador: Prof^a. D. Sc. Lêda Rita D’Antonino Faroni. Conselheiros: Prof. D. Sc. Glauber Henrique de Sousa Nunes e Prof^a. D. Sc. Danila Kelly Pereira Neri.

Este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade de grãos de feijão com diferentes teores de água, armazenados em condições herméticas, ao longo do armazenamento. O experimento foi realizado no Setor de Pré-Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Foram utilizados grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo vermelho, cultivar vermelhinho, com teores de água de 12,3, 15,7 e 17,8% b.u., produzidos na safra de inverno (2008), no município de Viçosa-MG. Os grãos foram acondicionados em embalagens herméticas e armazenados em câmara climática, por 0, 30, 60, 90 e 120 dias, à temperatura de 25 °C e umidade relativa de 70±5%. No armazenamento foram utilizadas bolsas plásticas, impermeáveis com capacidade para três quilogramas e garrafas pet transparente com capacidade para 1,5 L. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial com parcelas subdivididas e três repetições, sendo as parcelas representadas pelo fatorial condição de armazenamento (silo tipo bolsa, garrafa pet e testemunha) e teor de água do grão (12,3, 15,7 e 17,8% b.u.) e as subparcelas representadas pelos períodos de armazenamento (0, 30, 60, 90 e 120 dias). Avaliou-se o teor de água, grau de infestação por insetos-praga, massa específica aparente, condutividade elétrica, percentual de germinação, tempo de cocção e classificação dos grãos, após cada período de armazenamento. Todas as variáveis analisadas variaram significativamente ($p < 0,05$) entre os teores de umidade, condições (hermética/não hermética) e períodos de armazenamento. Grãos de feijão com teores de água de 12,3 e 15,7% b.u., armazenados em condições herméticas, mantiveram as características analisadas por 120 dias, exceto o tempo de cocção. Grãos de feijão com teores de água de 17,8% b.u., armazenados em condições herméticas, mantiveram as características analisadas por um período de 60 dias, exceto o tempo de cocção. A perda de qualidade, caracterizada pelo aumento no tempo de cocção, foi maior nos grãos com maior teor de água, armazenados em condições herméticas. Nos grãos com menor teor de água o tempo de cocção foi mantido por 90 dias. O armazenamento hermético é capaz de manter a

qualidade de grãos de feijão com teores de água variando de 12,3 a 15,7% b.u. por 120 dias.

Palavras-chaves: *Phaseolus vulgaris* L.; armazenamento hermético; silo bolsa; qualidade de grãos.

ABSTRACT

FREITAS, Romenique da Silva. **Quality of beans stored under modified atmosphere**. Mossoró, UFERSA, 2009. 62 p. Thesis (MS in Agronomy: Plant Science) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2009. Adviser: D. Sc. Patrício Borges Maracajá. Co-Advisers: D. Sc. Lêda Rita D'Antonino Faroni, D. Sc. Glauber Henrique de Sousa Nunes and D. Sc. Danila Kelly Pereira Neri.

This study aimed to evaluate the quality of beans with different moisture levels kept in airtight conditions throughout the storage. The experiment was carried out in the Sector of Pre-Processing and Storage of Agricultural Products, Department of Agricultural Engineering, Federal University of Viçosa (UFV). Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) of the red group, cultivar 'Vermelhinho', with moisture levels of 12.3, 15.7 and 17.8% wb, produced in the winter crop (2008), in Viçosa –MG, were used in the experiment. Beans were packed in airtight packaging and stored in a climatic chamber for 0, 30, 60, 90 and 120 days at 25 °C and 70 ± 5% relative humidity. Sealed plastic bags, three kilograms capacity, and transparent 1.5-L PET bottles were used for bean storage. The experiment was arranged in a complete randomized factorial split-plot design with three replications, with the main plot represented by storage condition (silo type bag, pet bottle and control) and moisture content (12.3, 15.7 and 17.8% wb) and subplots represented by storage periods (0, 30, 60, 90 and 120 days). The evaluated characteristics included moisture content, infestation levels of insect pests, apparent density, electrical conductivity, germination percentage, cooking time and bean classification after each storage period. All variables varied significantly ($p < 0.05$) among the moisture levels, airtight and non-airtight storage conditions and storage periods. Beans with 12.3 and 15.7% wb moisture content stored in airtight conditions kept the analyzed characteristics constant for 120 days, except for cooking time. Beans with 17.8% wb moisture content stored in airtight conditions kept the analyzed characteristics for 60 days, except for cooking time. Quality loss, which was characterized by an increase in cooking time, was higher in beans with higher moisture content stored in airtight conditions. Beans with lower moisture content kept the cooking time for 90 days. Airtight storage can maintain the quality of beans with moisture levels ranging from 12.3 to 15.7% wb for 120 days.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L.; hermetic storage; sealed storage system; grain quality.

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	8
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 A CULTURA DO FEIJOEIRO.....	15
2.2 ARMAZENAMENTO HERMÉTICO.....	16
2.3 QUALIDADE DE GRÃOS ARMAZENADOS.....	18
2.3.1 Fatores que afetam a qualidade dos grãos.....	19
2.3.1.1 Teor de água.....	20
2.3.1.2 Grau de infestação.....	20
2.3.1.3 Condutividade elétrica.....	21
2.3.1.4 Massa específica.....	22
2.3.1.5 Germinação.....	22
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 ARMAZENAMENTO HERMÉTICO DOS GRÃOS.....	25
3.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS GRÃOS.....	27
3.2.1 Teor de água.....	27
3.2.2 Infestação por insetos-praga.....	27
3.2.3 Massa específica aparente.....	28
3.2.4 Condutividade elétrica.....	28

3.2.5 Percentual de germinação.....	29
3.2.6 Tempo de cocção.....	29
3.2.7 Classificação dos grãos.....	31
3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1 TEOR DE ÁGUA.....	32
4.2 INFESTAÇÃO POR INSETOS-PRAGA.....	36
4.3 MASSA ESPECÍFICA APARENTE.....	39
4.4 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....	42
4.5 PERCENTUAL DE GERMINAÇÃO.....	44
4.6 TEMPO DE COCÇÃO.....	47
4.7 CLASSIFICAÇÃO DOS GRÃOS.....	50
5. CONCLUSÕES.....	52
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

1. INTRODUÇÃO

A produção brasileira de grãos cresce a cada ano, tornando o Brasil um dos maiores produtores de grãos do mundo. A produção obtida na safra 2007/2008 foi de 144,1 milhões de toneladas, volume 9,2% superior ao produzido na safra anterior. O milho e a soja contribuem substancialmente para o aumento da produção de grãos no Brasil, somando 82,46% da produção total. Embora de forma menos expressiva, o feijão também tem sido importante para esse aumento, representando 2,4% da produção total de grãos. O Brasil é o principal produtor e consumidor de feijão, atingindo 3,52 milhões de toneladas no ciclo 2007/2008, volume 5,2% superior ao obtido em 2006/2007. No nordeste, o crescimento na produção dessa leguminosa tem sido elevado e estima-se um aumento de 1,9% em relação ao ciclo anterior (IBGE, 2008; CONAB, 2009). O feijão é um dos produtos agrícolas de grande importância econômico-social para o nordeste brasileiro, constituindo a principal fonte protéica e energética da dieta alimentar da população. Com o aumento na produção de grãos tem sido evidenciada as perdas durante os processos de pré-processamento e armazenamento, devido à ineficiência e falta de estruturas armazenadoras. Normalmente, o armazenamento é realizado em condições inadequadas, ocorrendo redução dos valores nutritivo e comercial dos grãos de feijão, ocasionados principalmente pelo ataque de pragas (ANDERSON et al., 1990; FERNANDES & SOUSA FILHO, 2001).

A deterioração do grão durante o armazenamento se deve a ação conjunta de fatores bióticos e abióticos, como a temperatura, o teor de umidade do grão, os insetos, os fungos e os ácaros (POMERANZ, 1992; FARONI & SOUSA, 2006). Dentre as diversas formas de vida que se adaptaram ao ambiente de armazenamento após o estabelecimento de depósitos de grãos e subprodutos, os insetos destacam-se por desencadear prejuízos de ordem econômica e social, através da contaminação dos alimentos (LOEK, 2002).

O controle dos insetos-praga de produtos armazenados tem sido realizado prioritariamente com o uso do inseticida fumigante, fosfeto de alumínio, cujo princípio ativo é a fosfina (PH_3). A fosfina, desde a década de 70, tem se tornado o fumigante mais utilizado no mundo, sendo empregado há mais de 40 anos no tratamento de grãos e alimentos elaborados (ANDREI 2003; SIA, 2008). Entretanto seu uso apresenta limitações como a falta de estruturas adequadamente vedadas, alta toxicidade para mamíferos e desenvolvimento de resistência pelos principais insetos-praga (GUEDES, 1990/1991; CHAUDHRY, 2000; PRATT, 2005; LORINI, 2007; PIMENTEL et al., 2007). No Brasil, além das limitações mencionadas, há também a falta de treinamento dos operadores, aplicação inadequada com períodos de exposição e dosagens inferiores ou superiores aos necessários e condições de sanitização deficitárias, os quais podem ser apontados como condições básicas para o aumento das falhas no controle de insetos-praga (ADLER et al., 2000; BELL, 2000; DONAHAYE, 2000; BENHALIMA et al., 2004).

Diante dos problemas associados ao uso da fosfina e da disponibilidade limitada de métodos alternativos, é importante que sejam realizadas pesquisas sobre técnicas alternativas de proteção e conservação de produtos armazenados. Nesse sentido, vem sendo sugerida a utilização de tratamentos como o controle biológico, inseticidas botânicos, variedades de grãos resistentes a insetos, pós inertes, manejo da temperatura e da umidade, exclusão física e atmosferas modificadas (MAIER et al., 2006), dentre as quais tem crescido o armazenamento hermético em silo tipo bolsa.

A técnica consiste no armazenamento de grãos em bolsas impermeáveis, confeccionadas com materiais a partir de polietileno. As bolsas apresentam uma parede externa de cor branca, que reflete até 20% dos raios solares, e, uma parede interna de cor preta, que mantém os grãos completamente no escuro, retardando assim o escurecimento do tegumento. As bolsas evitam que ocorram alterações no teor de umidade dos grãos, por evitar o contato dos mesmos com a umidade do ar externo. Nesse sistema de armazenagem, o processo respiratório dos componentes bióticos do ecossistema (grãos, fungos, insetos, etc.) consome o oxigênio (O_2) gerando dióxido de carbono (CO_2) (RODRIGUEZ et al., 2008). A constituição desta nova atmosfera rica em CO_2 e pobre em O_2 podem suprimir a capacidade de reprodução e/ou desenvolvimento de insetos e fungos, como também reduzir a atividade metabólica dos grãos, favorecendo a sua conservação (JAYAS, 2000; RODRÍGUEZ et al., 2008; MORENO et al., 2006; RUPOLLO et al., 2006), além de reduzir a taxa de oxidação do produto armazenado (VILLERS, et al., 2006). O desenvolvimento dos insetos cessa quando o ar intergranular apresenta concentração de oxigênio igual ou inferior a 3%, e, o desenvolvimento fúngico cessa quando esse valor é de aproximadamente 1% (MORENO et al., 2000). Num sistema hermeticamente fechado não ocorre trocas gasosas entre os meios interno e externo, impossibilitando a entrada do O_2 e a saída do CO_2 . O teor de oxigênio no interior da massa de grãos é reduzido, muitas vezes, a um nível abaixo de 3%, e o teor de dióxido de carbono elevado a um nível onde a respiração aeróbia cessa (BEN et al., 2006). Isto evita que se volte a criar condições

favoráveis ao desenvolvimento de pragas, assegurando a conservação dos grãos ao longo do tempo.

O armazenamento de grãos em bolsas seladas hermeticamente é uma tecnologia já utilizada na Argentina, e, vem sendo estudada por diversos pesquisadores como alternativa aos métodos tradicionais de armazenagem em fazenda. Em investigações anteriores (CASINI et al., 1996; BARTOSIK & RODRÍGUEZ, 1999; RODRIGUEZ et al., 2008) observou-se que grãos de trigo e milho armazenados com teores de água de 12 e 13% base úmida (b.u.) mantiveram as características qualitativas após os períodos de armazenamento de 208 e 120 dias, respectivamente. Esses mesmos grãos, armazenados com teores de água acima de 14% b.u. apresentaram perda da qualidade após a armazenagem. Observou-se também que grãos de girassol armazenados com teor de água de 8,6% mantiveram a qualidade após 160 dias de armazenagem. Já os grãos armazenados com teor de água de 16,4%, não mantiveram a qualidade após esse mesmo período.

No Brasil, o uso dessa tecnologia tem se difundido por quase todas as regiões do país, sendo prática comum nas propriedades agrícolas. Entretanto verifica-se a inexistência de estudos que levem ao uso adequado dessa nova técnica de armazenagem. Diante disto o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a qualidade de grãos de feijão com diferentes teores de água, armazenados em condições herméticas, ao longo do armazenamento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A CULTURA DO FEIJOEIRO

O feijão é uma leguminosa bastante difundida em todo o mundo, sendo cultivada na maioria dos países de clima tropical e subtropical. Estima-se que 12,5 milhões de hectares de feijão sejam cultivados em todo o mundo, sendo oito milhões de hectares apenas na África (FAO, 2006). É um grão amplamente consumido no México, America Central, America do Sul e países africanos (BERRIOS et al., 1999; COSTA et al., 2006). Assume grande importância na alimentação humana, principalmente das classes menos favorecidas, devido fundamentalmente, ao baixo custo e por ser um alimento balanceado nutricionalmente. Constitui a principal fonte de proteínas, carboidratos complexos, fibras, vitaminas e minerais, sendo utilizado em substituição a carnes e outros produtos protéicos, formando juntamente com o arroz, a base da dieta alimentar destas populações (BERRIOS et al., 1999, VILLAVICENCIO et al., 2000; FERNANDES & SOUZA FILHO, 2001; RIOS et al., 2003).

O Brasil é o principal produtor e consumidor de feijão, com 3,52 milhões de toneladas produzidos na safra 2007/2008. O volume produzido representa um aumento de cerca 5,2% em relação ao produzido em 2006/2007. A estimativa para o ciclo 2008/2009, também, é de crescimento, haja vista que de acordo com levantamentos realizados pela CONAB, a produção neste ciclo deverá atingir 3,58 milhões de toneladas, volume superior ao obtido em 2007/2008 em 1,9%. Esse aumento na

produção se deve principalmente, ao aumento na área cultivada, passando de 3,99 milhões de hectares em 2007/2008 para 4,14 milhões de hectares em 2008/2009, o que representa um crescimento de 3,7%. O aumento na área de cultivo se deu em função dos preços extremamente estimulantes apresentados ao produtor, aliado ao reajuste de 65,2% no preço mínimo oficial, que entrou em vigor no início desta safra. Esta situação faz com que os produtores voltem apostar, novamente, no produto (CONAB, 2009).

Atualmente a cultura do feijão vem mudando de status, deixando de ser uma cultura de subsistência para se transformar em cultura de alta tecnologia, com a utilização intensa de insumos. Para assegurar o retorno do investimento nesta atividade, além de todos os cuidados necessários na condução da lavoura, o produtor deve adotar técnicas que propiciem um produto final com qualidade superior (SKOWRONSKI, 2001; RESENDE, 2006). Até pouco tempo as pesquisas realizadas com feijão davam pouca importância ao conceito de qualidade de grão, enfatizando principalmente produtividade e resistência a doenças. Hoje, as características de qualidade representam um aspecto fundamental dentro dos objetivos das pesquisas, uma vez que o mercado consumidor tem demonstrado crescente exigência a este respeito (VIEIRA et al., 1999).

As etapas de pré-processamento e armazenamento, quando conduzidas de forma adequada, podem garantir a qualidade do produto final. A secagem é um processo bastante utilizado, pois assegura a qualidade e estabilidade do feijão. A redução no teor de água do grão reduz as atividades biológicas e físico-químicas que ocorrem durante o armazenamento, mantendo a qualidade do produto por um período mais prolongado. Além disso, o processo de secagem, aliado à armazenagem sob condições adequadas, permite ao produtor aumentar a oferta de feijão em épocas de escassez, quando os preços são mais estimulantes (RESENDE, 2006).

2.2. ARMAZENAMENTO HERMÉTICO

O armazenamento hermético é definido como sendo aquele que possibilita a modificação da atmosfera intergranular por conversão do oxigênio para gás carbônico, através da respiração da biota dentro do ecossistema de armazenamento (DARBY & CADDICK, 2007). Esse sistema é utilizado há muitos anos com o objetivo de preservar as características pós-colheita de grãos recém colhidos por períodos prolongados (SIGOUT, 1980; DE LIMA, 1990; BROOKER et al., 1992). Caracteriza-se por restringir as trocas gasosas entre as atmosferas ambiente e intergranular, evitando a variação da umidade dos grãos e infestação de pragas comuns no ambiente de armazenamento (ELIAS, 2002; RICKMAN, 2002). Além disso, a redução nos níveis de oxigênio e elevação nas taxas de gás carbônico reduz a atividade metabólica dos grãos, favorecendo a sua conservação (RODRÍGUEZ et al., 2008).

Nas zonas rurais dos países em desenvolvimento, o armazenamento hermético constitui, praticamente, a única forma eficiente de armazenamento seguro de grãos. Esse sistema, não representa grandes custos ao agricultor, pois a armazenagem pode ser feita em embalagens recicladas ou reutilizadas que permitam vedação, tais como tambores. O armazenamento hermético, também, torna-se menos oneroso por dispensar o controle químico de pragas. Além do baixo custo, esse sistema permite ao agricultor manter o produto armazenado, de forma segura, durante a entressafra e/ou período de queda nos preços (QUEZADA et al., 2006).

O International Rice Research Institute (IRRI) tem estudado o uso de invólucros de plásticos e sistemas fechados, confeccionados com base em embalagens recicláveis e tambores, como alternativa de armazenagem para pequenos produtores. Através destes estudos foi observado que sementes de arroz armazenadas em condições herméticas mantiveram-se com teor de água inalterado, livres de insetos e viáveis por um período de armazenamento superior a 12 meses (RICKMAN, 2002). Ainda segundo este autor, estudos realizados na Indonésia, Bangladesh e Camboja mostram que o percentual de germinação de sementes armazenadas nos mesmos recipientes por um período de 7 meses, apresentaram índice de germinação entre 30 e 70% acima, quando comparadas com sementes armazenadas em condições não herméticas. Pesquisa desenvolvida por Rupollo et al. (2004) relata que grãos de aveia armazenados em condições herméticas apresentam menor variação no teor de água e menor índice de acidez, quando comparados a grãos armazenados em sistema convencional.

Em regiões onde se pratica agricultura tecnificada, com a utilização intensa de insumos, o armazenamento hermético tem sido utilizado como forma de preservar a qualidade dos produtos. Países como a Austrália, Brasil e Argentina vêm adotando o sistema de armazenamento hermético em silos tipo bolsa. Estes silos são compostos de três camadas de polietileno de alta densidade, com as seguintes características: camada externa branca, composta de dióxido de titânio, cuja função é refletir os raios ultravioletas do sol, preservando o plástico e aumentando sua resistência, e duas

camadas internas pretas que ajuda a manter a temperatura da massa de grãos (DARBY & CADDICK, 2007). O armazenamento hermético de grãos em bolsas seladas tem provado ser um meio eficaz de controle da umidade e de insetos em grãos. Essas bolsas restringem as trocas gasosas entre os meios interno e externo à massa de grãos, mantendo os níveis iniciais de umidade dos grãos e controlando os insetos pela falta de oxigênio (QUEZADA et al., 2006). Na Argentina, mais de 20 milhões de toneladas de grãos foram armazenados hermeticamente em silos tipo bolsa nas safras 2005/2006 e 2006/2007. Neste país, a técnica de armazenagem em silo tipo bolsa tem sido apontada por diversos pesquisadores (CASINI et al., 1996; BARTOSIK & RODRÍGUEZ, 1999; RODRIGUEZ et al., 2008) como alternativa aos métodos tradicionais de armazenagem em fazenda.

2.3. QUALIDADE DE GRÃOS ARMAZENADOS

O aumento da demanda por alimentos e o surgimento de um mercado consumidor bastante exigente tem estimulado os produtores, processadores e distribuidores de grãos a buscarem técnicas de produção, processamento e armazenagem capazes de assegurar o fornecimento de alimentos com qualidade elevada. A qualidade final do produto depende diretamente da interação entre os fatores genéticos e ambientais, atuantes desde a formação do embrião na planta-mãe até o processamento ou consumo final. Tais fatores modificam a qualidade dos grãos, afetando seu valor comercial e aceitabilidade pelo consumidor (PAULA, 2004).

Condições de armazenamento seguro permitem a preservação das características qualitativas de grãos recentemente colhidos por um longo período. Essas condições podem evitar que ocorra significativa deterioração na massa de grãos (FLEURAT-LESSARD, 2002). A deterioração ocorrida durante o armazenamento é irreversível e cumulativa, e a velocidade com que acontece depende da taxa de variação das variáveis físicas, químicas e biológicas. Essas variáveis são afetadas diretamente pela temperatura e teor de água, e ainda pela interação delas com o grão e com a estrutura de armazenagem (SINHA & MUIR, 1973; PAULA, 2004). No feijão, a temperatura de armazenamento e a atividade de água são fatores chave na velocidade e na perda de qualidade (PAULA, 2004). Condições de alta umidade e alta temperatura promovem aumento do tempo necessário para o cozimento, mudanças no sabor e escurecimento do tegumento (SARTORI, 1996).

2.3.1. Fatores que afetam a qualidade dos grãos

O monitoramento da qualidade dos grãos durante o armazenamento pode ser feito através do emprego de testes como teor de água, grau de infestação, massa

específica aparente, condutividade elétrica e percentual de germinação (BRASIL, 1992; BROOKER et al., 1992; VIEIRA & CARVALHO, 1994).

2.3.1.1. Teor de água

O teor de água é um dos fatores preponderantes na preservação da qualidade de grãos durante o armazenamento (MOURA, 1998). O alto teor de água é a principal causa das reduções na qualidade fisiológica de sementes armazenadas, uma vez que favorece a elevação da temperatura da massa e o ataque de insetos e fungos (POPINIGIS, 1985). Além disso, a água disponível nos alimentos promove a mobilidade de substâncias que atuam em solução, aumentando a atividade de enzimas e outras substâncias responsáveis pela degradação do produto (MOURA 1998). Recomenda-se a secagem de grãos com teor de água acima de 13% b.u., a fim de reduzir o teor de água e, consequentemente, os riscos de deterioração, na forma de perda de matéria seca pela respiração, ataque por fungos, produção de calor espontâneo e redução do percentual de germinação (ACASIO, 1977). Outros estudos relatam que o teor de água de grãos de feijão (RESENDE et al., 2008) e soja (DORWORTH & CHRISTENSEN, 1968) aumentaram ao longo do armazenamento, em decorrência da infestação por fungos e insetos.

2.3.1.2. Grau de infestação

O grau de infestação determina a porcentagem de grãos danificada pelo ataque de insetos. Essa infestação pode ocorrer ainda no campo, devido a atraso na colheita, ou durante o período de armazenamento, comprometendo o valor comercial dos grãos. Esse é um parâmetro importante de avaliação da qualidade, haja vista que os insetos são responsáveis por consideráveis perdas no setor de armazenamento de produtos agrícolas em todo o mundo (PEREIRA et al., 2008). O ataque de insetos pode causar redução da massa e/ou volume dos grãos; aquecimento do produto durante o armazenamento; disseminação de microorganismos, favorecendo assim a infestação por patógenos; redução do poder germinativo e do vigor em sementes; além de contribuir para o aumento do custo de produção devido à necessidade de prática de controle (FARONI et al., 1995). Segundo Resende et al. (2008) o aumento no grau de infestação de grãos de feijão por insetos, elevou o teor de água e reduziu a massa específica destes grãos ao longo do armazenamento.

2.3.1.3. Condutividade elétrica

O teste de condutividade elétrica da solução que contém os grãos tem como princípio avaliar o aumento da permeabilidade da membrana á medida que o grão se

deteriora. Baseia-se na modificação da resistência elétrica, causada pela lixiviação de eletrólitos dos tecidos dos grãos para a solução em que foi imerso (FARONI et al., 2004). A condutividade elétrica está diretamente relacionada com a integridade das membranas celulares dos grãos. Membranas mal estruturadas e células danificadas estão, geralmente, associadas com o processo de deterioração dos grãos (VIEIRA & CARVALHO, 1994). Os resultados da condutividade elétrica, em sementes, podem ser influenciados por fatores como danos físicos, tamanho da semente, genótipo da espécie, teor inicial de água, período e temperatura de embebição (VIEIRA et al., 2002). Para este autor valores mais baixos de condutividade elétrica correspondem à menor liberação de exudatos, indicando alto potencial fisiológico e menor intensidade de desorganização dos sistemas de membranas das células. O grau de deterioração das sementes também está correlacionado com o grau de infestação por insetos e o período de armazenamento. Estudos mostram que a condutividade elétrica de grãos de feijão aumentou significativamente ao longo do armazenamento (RESENDE et al., 2008), e, que a condutividade elétrica de grãos de milho foi maior em grãos que apresentavam maior grau de infestação por insetos-praga (PEREIRA et al., 2007).

2.3.1.4. Massa específica

A massa específica aparente é um parâmetro de qualidade e avalia a massa de grãos que pode ser acondicionada num determinado volume (RUFFATO et al., 1999). O decréscimo no valor da massa específica, geralmente, está associado ao teor de água do grão, ataque de insetos, invasão por fungos, altas temperaturas durante a secagem e variedade dos grãos (BROOKER et al., 1992). Esse parâmetro pode ser utilizado para avaliar a qualidade de grãos durante o armazenamento. Reduções nos valores da massa específica podem ser associadas à perda de qualidade. Pesquisa mostra baixos valores de massa específica em grãos que perderam, excessivamente, matéria seca em decorrência da infestação por fungos e insetos no campo e/ou armazenamento (SILVA, 1997). Resende et al. (2008) verificou perdas significativas nos valores da massa específica aparente de grãos de feijão ocasionadas pelo ataque de insetos ao longo do armazenamento.

2.3.1.5. Germinação

A germinação é um fenômeno biológico, definido como a emergência e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, manifestando a sua capacidade para dar origem a uma plântula normal, sob condições ambientais favoráveis (IPEF, 2006). O percentual de germinação pode ser utilizado como indicativo da deterioração de grãos, sendo influenciado por fatores como o ataque de insetos, infecção por fungos, temperatura do ambiente de armazenamento, teor de água, danos físicos e tempo de armazenamento. A diminuição no valor deste indicador sugere deficiências no processo conservativo (FLEURAT-LESSARD, 2002), haja vista que os grãos que apresentam alta viabilidade germinativa durante o armazenamento são também os que

retêm os demais parâmetros considerados importantes na comercialização e na qualidade tecnológica (CHEN, 2000). Quedas acentuadas no percentual de germinação, ao longo do armazenamento, foram observadas em grãos de aveia (RUPOLLO et al., 2004) e soja (LOCHER & BUCHELI, 1998).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Setor de Pré-Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Foram utilizados grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo vermelho, cultivar ‘vermelhinho’, produzidos na safra de inverno (2008), no município de Viçosa-MG. Os grãos colhidos com teor de água de 17,8% b.u., foram secos até 15,7 e 12,3% b.u. em secador do tipo leito fixo, com potência nominal de 20 KW, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa. As características iniciais dos grãos encontram-se dispostas na “Tabela 1”.

Tabela 1 – Caracterização inicial dos grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) com teores de água de 12,3, 15,7 e 17,8 % b.u. quanto a infestação por insetos-praga, teor de água, massa específica aparente, porcentagem de germinação, condutividade elétrica, tempo de cocção e classificação quanto ao tipo.

Características dos grãos	Teor de água (% b.u.)		
	12,3	15,7	17,8
Infestação por insetos-praga (%)	1,0	1,0	1,0
Teor de água (% b.u.)	12,3	15,7	17,8
Massa específica aparente (Kg m ⁻³)	780,7	761,4	774,1

Percentual de germinação (%)	100,0	100,0	100,0
Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$)	72,8	72,9	76,5
Tempo de cocção (min)	26,3	35,7	36,0
Classificação (Tipo)	01	01	01

3.1. ARMAZENAMENTO HERMÉTICO DOS GRÃOS

Após a secagem, os grãos de feijão foram acondicionados em bolsas plásticas impermeáveis, confeccionadas com material a base de polietileno, com capacidade para três quilogramas (silo tipo bolsa), e garrafas pet transparentes com capacidade para 1,5 L. As bolsas foram herméticamente fechadas em máquina seladora multi-uso (barra quente 40/60 cm), e as garrafas devidamente lacradas, com tampa rosqueável. O tratamento controle foi acondicionado em recipientes de vidro, transparente, com capacidade para 3,0 L (30 cm altura x 15 cm de diâmetro). Os vidros foram fechados com tecido tipo organza, a fim de permitir as trocas gasosas entre os componentes bióticos do ecossistema no interior do recipiente e o meio externo, bem como impedir a saída ou entrada de insetos no recipiente. As embalagens foram devidamente identificadas e mantidas em câmara climática à temperatura de 25 °C e umidade relativa de 70±5% por 120 dias (Figura 1).



Figura 1 – Silo tipo bolsa (a); garrafa pet (b); testemunha (c); embalagens dispostas em estante no interior da câmara climática (d).

3.2. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS GRÃOS

Em intervalos de 30 dias, três embalagens de cada tratamento foram abertas e as seguintes análises realizadas: teor de água, infestação por insetos-praga, massa específica aparente, percentual de germinação, condutividade elétrica, tempo de cocção e classificação quanto ao tipo.

3.2.1. Teor de água

Para determinação do teor de água dos grãos, foi utilizado o método de estufa, conforme as normas da ASAE (2004), que prescrevem a utilização de estufa com circulação forçada de ar a 103 ± 1 °C, durante 72 horas. Foram utilizadas três repetições de 30 g de grãos. Os resultados foram expressos em porcentagem b.u.

3.2.2. Infestação por insetos-praga

Para avaliar o percentual de grãos danificados por insetos, três amostras de 100 grãos de feijão, retirados aleatoriamente de cada tratamento, foram imersas em água durante 24 horas, tempo suficiente para amolecer os grãos. Após esse período, os grãos foram retirados da água, secos em papel filtro, cortados e examinados individualmente. Foram considerados infestados os grãos que continham as formas jovens, adultos e/ou orifícios de saída de insetos-praga, conforme recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). O resultado foi obtido através da média de grãos infestados e expresso em porcentagem.

3.2.3. Massa específica aparente

A determinação da massa específica aparente foi feita com auxílio de balança hectolétrica, com capacidade de um quarto de litro (250 mL). Foram feitas cinco leituras para cada amostra, sendo escolhidas as três mais próximas. Como o peso hectolétrico de uma amostra varia de acordo com o seu teor de água, foram feitas determinações simultaneamente (BRASIL, 1992).

3.2.4. Condutividade elétrica

A condutividade elétrica da solução contendo grãos de feijão foi medida utilizando-se o Sistema de Copo ou Condutividade de Massa (VIEIRA & CARVALHO, 1994). Os testes foram realizados com três repetições de 50 grãos, retirados aleatoriamente de cada tratamento. Os grãos foram pesados em balança com precisão de 0,01 g e colocados em copos de plásticos com capacidade para 200 mL, aos quais foram adicionados 75 mL de água deionizada. Em seguida, os copos foram postos em câmara climática do tipo BOD à temperatura de 25 °C, durante 24 horas. Após esse período, foram retirados da câmara para que fossem feitas as medições da condutividade elétrica da solução contendo os grãos. As leituras foram feitas com um medidor de condutividade elétrica da marca Tecnopon, modelo CA-150, com ajuste para compensação de temperatura e eletrodo, com a constante da célula de 1 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Antes de realizar as leituras, o aparelho foi calibrado com uma solução-padrão de cloreto de sódio com condutividade elétrica conhecida à temperatura de 25 °C. O valor da condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) fornecido pelo aparelho foi dividido pela massa total dos grãos, obtendo-se o valor expresso em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de massa total.

3.2.5. Percentual de germinação

O percentual de germinação foi obtido de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). O teste foi conduzido com quatro repetições de 50 grãos, distribuídos sobre duas folhas de papel padrão para germinação, umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel substrato, na temperatura de 25 °C. A contagem final foi realizada aos nove dias, considerando-se o número de grãos germinados, e os dados expressos em percentagem média de germinação.

3.2.6. Tempo de cocção

O tempo de cocção dos grãos de feijão foi determinado utilizando-se o aparelho cozedor de Mattson. O aparelho cozedor possui 25 hastes com 21,6 cm de comprimento e peso de 82,0 g cada. Na extremidade, a haste apresenta uma ponta afunilada com 0,2 mm de diâmetro e 0,9 mm de comprimento, que fica apoiada, perpendicularmente, sobre o grão (RESENDE, 2006). A determinação do tempo de cocção foi baseada na metodologia proposta por Tomé et al. (2000). As amostras dos grãos foram previamente embebidas em água destilada, durante 16 horas a uma temperatura de 25 °C. Após esse período foram selecionados os grãos inteiros e com a casca aderida aos cotilédones, os quais foram colocados na placa suporte do aparelho, com um pino sobre cada grão. O aparelho foi colocado em um recipiente metálico com água destilada em estado de ebulição, mantido a volume constante. Os grãos foram considerados cozidos quando a haste os atravessou, sendo o tempo de cocção da amostra registrado quando a 13ª haste penetrou o grão (Figura 2).

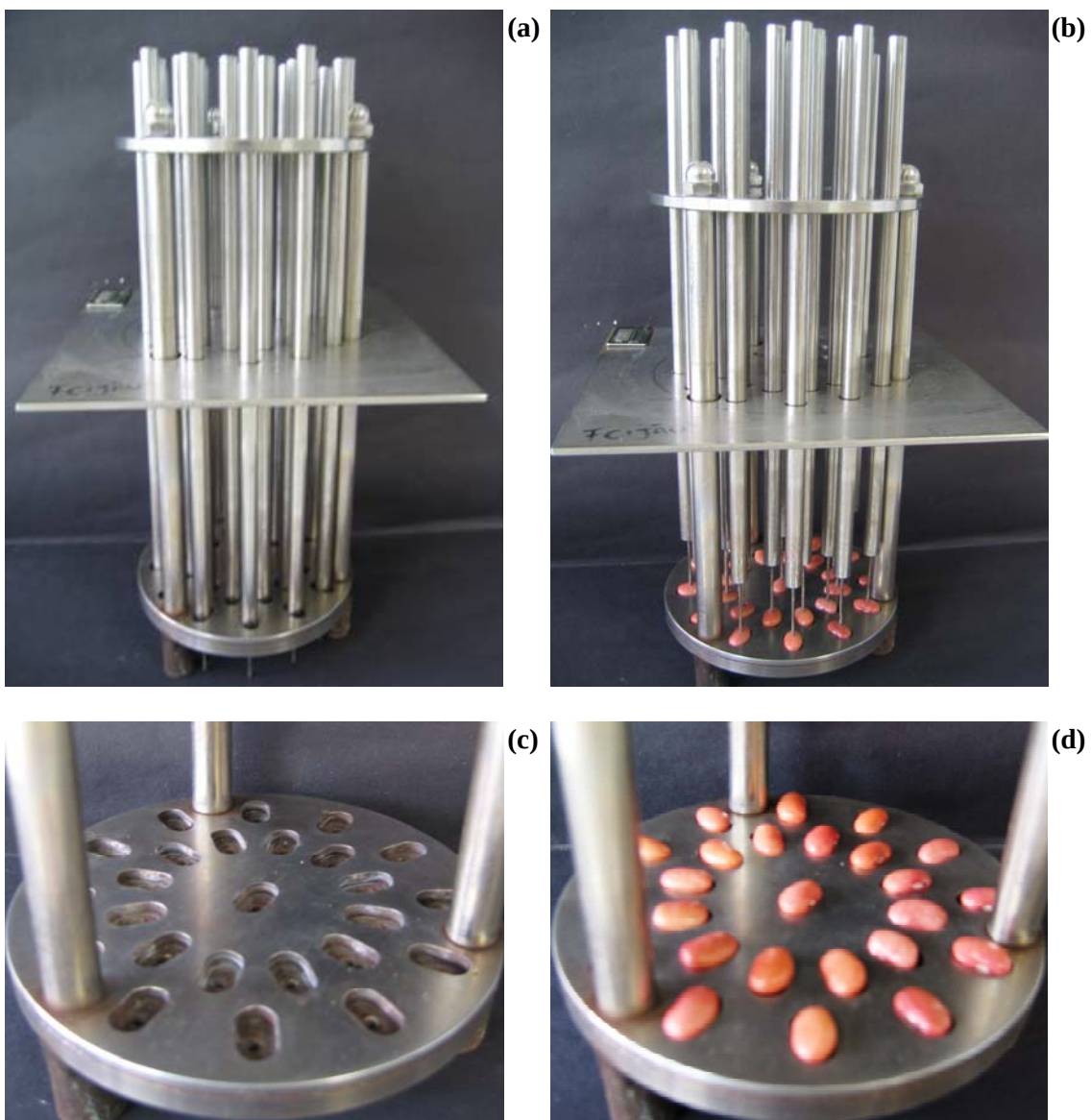


Figura 2 – Vista frontal do aparelho cozedor de Mattson: com as hastes livres (a) e apoiadas sobre os grãos (b); vista parcial da base onde os grãos são apoiados: livre (c) e com os grãos (d).

3.2.7. Classificação dos grãos

Ao fim de cada período de armazenamento foram retiradas amostras representativas da massa de grãos, as quais foram secas em estufas até teor de água em torno de 12% b.u. e enviadas para classificação. A classificação dos grãos foi realizada por técnico especializado do Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), de acordo com a Instrução Normativa nº 12, de 28/03/2008, do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2008).

3.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial com parcelas subdivididas. As parcelas foram representadas pelo fatorial 3x3, em três repetições, com três condições de armazenamento (silo tipo bolsa, garrafa pet e o controle) e três teores de água no momento do armazenamento (12,3; 15,7 e 17,8% b.u.). As subparcelas foram compostas por cinco períodos de armazenamento (0, 30, 60, 90 e 120 dias).

Os dados de teor de água, infestação por insetos-praga, massa específica aparente, condutividade elétrica, percentual de germinação e tempo de cocção foram submetidos à análise de variância através do software SAEG, versão 9.0 (SAEG, 2005). Para as interações significativas, foi realizado o desdobramento dos dados. A partir dos valores obtidos, foram feitas análises de regressão em função do tempo, através do software SigmaPlot, versão 7.0 (SPSS, 2001). Para os dados de classificação, utilizou-se estatística descritiva.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. TEOR DE ÁGUA

Os resultados do teor de água dos grãos durante o armazenamento são apresentados na “Figura 3” e na “Tabela 2”. O teor de água dos grãos armazenados em silos tipo bolsa e garrafas pet manteve-se constante durante todo período armazenamento quando os grãos foram armazenados com os teores de água de 12,3 e 15,7% b.u. (Figuras 3a e 3b). No controle, o teor de água aumentou com o período de armazenamento dos grãos com 12,3% b.u., mas manteve-se constante nos grãos armazenados com 15,7% b.u.. O teor de água dos grãos armazenados nos silos tipo bolsa e nas garrafas pet foi menor que dos grãos do controle aos 90 e 120 dias de armazenamento, quando o teor de água inicial foi de 12,3% b.u., e aos 120 dias, quando o teor de água inicial foi de 15,7% b.u. (Figuras 3a e 3b, Tabela 1).

Nos grãos armazenados com 17,8% b.u. (Figura 3c), apenas os da garrafa pet não apresentaram variação no teor de água durante o armazenamento. O teor de água dos grãos armazenados com 17,8% b.u. no silo tipo bolsa foi maior que o teor de água dos grãos armazenados na garrafa pet e no controle, a partir de 30 dias de armazenamento, exceto para o período de 120 dias (Figura 3c, Tabela 2). Neste período de armazenagem o teor de água dos grãos armazenados no silo tipo bolsa não diferiu do teor de água dos grãos do controle.

O teor de água dos grãos é um dos fatores preponderantes na preservação da sua qualidade durante o armazenamento. O alto teor de água é a principal causa das reduções na qualidade fisiológica de sementes armazenadas, uma vez que favorece a elevação da temperatura da massa e o ataque de insetos e fungos (POPINIGIS, 1985). Atribui-se o aumento no teor de água à atividade respiratória dos grãos, insetos e microorganismos a eles associados. Embora a taxa respiratória dos grãos seja menos intensa que a dos microorganismos e insetos, nota-se que a mesma se intensifica à medida que se tem teores de água mais elevados. A água produzida durante o processo respiratório dos grãos eleva o teor de água do produto que, por conseguinte eleva o desenvolvimento dos microorganismos (POMERANZ, 1974; MUIR & WHITE, 2000; RESENDE et al, 2008).

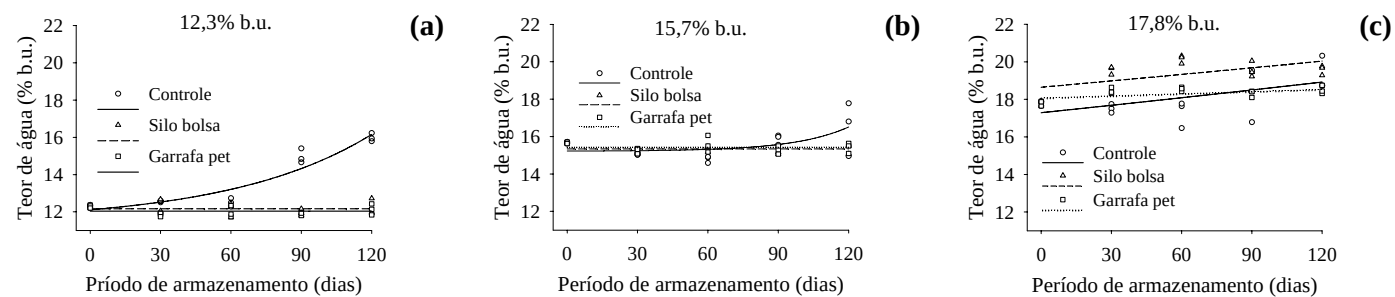


Figura 3 – Teor de água final de grãos de feijão armazenados com teores iniciais de água de 12,3% b.u. (a); 15,7% b.u. (b); e 17,8% b.u. (c), em silo tipo bolsa, garrafa pet e controle.

Tabela 2 – Interação entre os sistemas e períodos de armazenamento para os grãos com teores de água de 12,3; 15,7 e 17,8% b.u. para o teor de água, infestação, massa específica, condutividade elétrica, germinação e tempo de cocção.

Variável	Armazenamento (dias)	12,3% b.u.			15,7% b.u.			17,8% b.u.		
		SB	GP	T	SB	GP	T	SB	GP	T
Teor de água	0	12,3 a	12,3 a	12,3 a	15,7 a	15,7 a	15,7 a	17,8 a	17,8 a	17,8 a
	30	12,2 a	11,9 a	12,6 a	15,2 a	15,3 a	15,1 a	19,6 a	18,4 b	17,5 c
	60	12,1 a	12,0 a	12,5 a	15,4 a	15,6 a	14,8 a	20,0 a	18,5 b	17,3 c
	90	12,0 b	11,9 b	15,0 a	15,1 a	15,3 a	15,9 a	19,6 a	18,3 b	18,6 b
	120	12,2 b	12,1 b	16,0 a	15,4 b	15,4 b	16,5 a	19,6 a	18,5 b	19,3 ab
Infestação	0	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a
	30	0,7 a	1,3 a	1,0 a	1,0 a	0,7 a	1,7 a	2,3 a	1,0 a	0,3 a
	60	1,7 a	1,7 a	8,0 a	1,3 a	1,0 a	2,3 a	0,7 a	1,3 a	5,0 a
	90	2,7 b	0,7 b	48,7 a	0,3 b	2,0 b	33,7 a	0,3 b	1,0 b	31,0 a
	120	3,3 b	4,3 b	57,3 a	1,0 b	0,3 b	36,7 a	0,7 b	4,3 b	56,0 a
Massa específica aparente	0	780,2 a	780,2 a	780,2 a	761,4 a	761,4 a	761,4 a	774,1 a	774,1 a	774,1 a
	30	770,3 a	775,2 a	769,2 a	763,5 a	761,0 a	757,6 a	774,0 a	773,1 a	775,6 a
	60	771,7 a	772,6 a	770,8 a	765,7 a	763,5 a	758,7 a	765,4 a	773,2 a	766,9 a
	90	773,3 a	785,4 a	749,1 b	765,2 a	770,8 a	749,6 b	754,5 b	778,7 a	750,2 b
	120	772,1 a	772,0 a	738,4 b	772,2 a	765,9 a	735,8 b	755,0 a	766,2 a	728,9 b
Condutividade elétrica	0	72,8 a	72,8 a	72,8 a	72,9 a	72,9 a	72,9 a	76,5 a	76,5 a	76,5 a
	30	77,4 a	77,5 a	72,6 a	77,1 a	74,4 a	79,6 a	74,9 a	74,7 a	79,7 a
	60	79,0 a	79,0 a	76,6 a	81,1 a	82,3 a	80,4 a	98,7 a	79,0 b	82,0 b
	90	84,3 a	81,3 a	88,0 a	85,8 a	84,9 a	90,4 a	105,3 a	86,2 b	93,7 b
	120	80,7 b	84,5 ab	92,6 a	93,4 a	93,2 a	94,4 a	189,0 a	135,1 b	117,1 c
Germinação	0	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
	30	99,7 a	100,0 a	99,7 a	100,0 a	98,7 a	99,7 a	98,0 a	99,3 a	99,3 a
	60	99,3 a	98,7 a	98,7 a	99,0 a	99,7 a	99,7 a	94,0 a	97,3 a	99,3 a
	90	99,7 a	100,0 a	92,7 b	100,0 a	97,0 a	97,7 a	66,3 b	93,7 a	96,0 a
	120	98,3 a	98,0 a	85,7 b	97,3 a	99,3 a	89,7 b	26,3 c	85,3 a	68,0 b
Cocção	0	26,3 a	26,3 a	26,3 a	35,7 a	35,7 a	35,7 a	36,0 a	36,0 a	36,0 a
	30	26,7 a	24,7 a	27,7 a	37,3 a	36,7 a	39,0 a	61,3 a	46,3 b	44,3 b
	60	24,7 a	24,7 a	26,3 a	38,0 a	41,3 a	41,7 a	99,3 a	54,0 b	48,0 c
	90	29,0 ab	26,0 b	32,7 a	42,7 b	55,0 a	56,7 a	95,3 a	74,0 b	95,3 a
	120	29,3 b	33,0 ab	38,7 a	58,3 b	60,0 ab	65,0 a	124,3 a	111,0 b	78,3 c

* Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

4.2. INFESTAÇÃO POR INSETOS-PRAGA

O grau de infestação dos grãos armazenados nos silos tipo bolsa e nas garrafas pet não aumentou com o período de armazenamento dos grãos com os teores de água de 12,3; 15,7 e 17,8% b.u. (Figura 4). Porém, o grau de infestação do controle aumentou com o período de armazenamento nos três teores de água (Figura 4) e foi estatisticamente maior que dos grãos armazenados nos silos tipo bolsa e nas garrafas pet aos 90 e 120 dias de armazenagem (Tabela 2). A espécie de inseto encontrada nos grãos foi o *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) (Figura 5), o qual apresenta hábito alimentar primário e importância econômica reconhecida (FARONI & SOUSA, 2006).

A não ocorrência do aumento do grau de infestação por insetos nos grãos armazenados em silos tipo bolsa e nas garrafas pet, nos três teores de água, indica a eficiência do armazenamento hermético no controle dos insetos-praga do feijão durante o armazenamento. O processo respiratório dos componentes bióticos da massa de grãos, armazenada em ambiente hermético, promove a redução nos níveis de oxigênio e eleva os níveis de gás carbônico, constituindo uma atmosfera onde a capacidade de reprodução e/ou desenvolvimento dos insetos é suprimida e a atividade metabólica dos grãos reduzida, favorecendo a sua conservação (RODRÍGUEZ et al, 2008). O desenvolvimento dos insetos cessa quando o ar intergranular apresenta concentração de oxigênio igual ou inferior a 3% (MORENO et al., 2006). Num sistema hermeticamente fechado, por não haver trocas gasosas, o teor de oxigênio é reduzido muitas vezes a um valor abaixo desse nível e o teor de dióxido de carbono elevado a um nível onde a respiração aeróbia cessa (BEN et al., 2006).

O armazenamento hermético de grãos em silo tipo bolsa apresenta resultados bem elucidados. Pesquisas apontam essa tecnologia como alternativa viável no controle de insetos-praga. Em estudo realizado na Argentina, grãos de milho e trigo armazenados em silo tipo bolsa por cerca de 150 dias, não apresentaram infestação por

insetos praga em nenhum dos períodos avaliados (RODRIGUEZ et al., 2008). Segundo os autores a concentração de CO₂, no interior das bolsas, alcançada ao longo do armazenamento, aliada ao tempo de exposição foi tóxica aos insetos. Ao contrário, em condições não herméticas de armazenagem, Resende et al. (2008) observaram que a infestação de grãos de feijão pelo gorgulho *A. obtectus* cresce exponencialmente, ao longo do armazenamento.

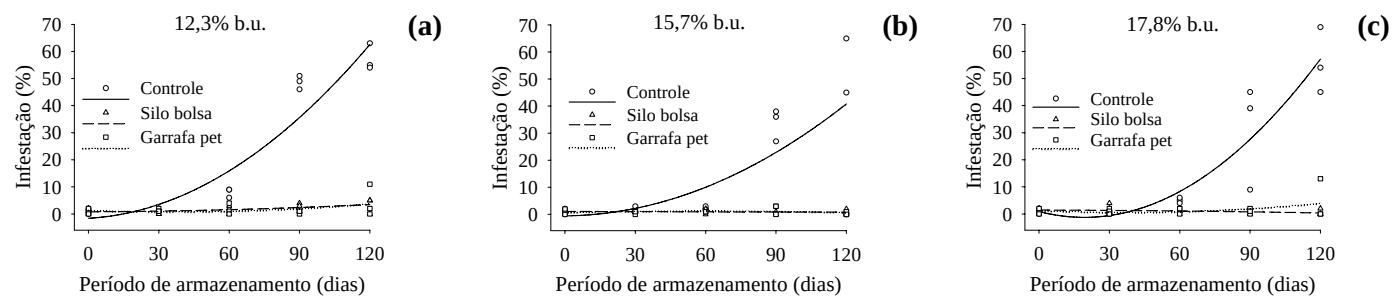


Figura 4 – Percentual de infestação por insetos-praga em grãos de feijão com os teores de água de 12,3% b.u. (a); 15,7% b.u. (b); e 17,8% b.u (c), armazenados em silo tipo bolsa, garrafa pet e controle.



Figura 5 – Grão de feijão infestado por *A. obtectus* (a); adulto de *A. obtectus* alimentando-se do grão (b).

4.3. MASSA ESPECÍFICA APARENTE

A massa específica dos grãos armazenados com os teores de água de 12,3 e 15,7% b.u. em silo tipo bolsa e garrafa pet manteve-se constante ao longo do armazenamento e reduziu no controle (Figuras 6a e 6b). No teor de água de 17,8% b.u., a massa específica dos grãos permaneceu constante durante o armazenamento nas garrafas pet e reduziu nos grãos armazenados em silo tipo bolsa e no controle (Figura 6c). Porém, esta redução foi mais acentuada nos grãos do controle. Quando os grãos foram armazenados com 12,3 e 15,7% b.u., observou-se aos 90 e 120 dias que a massa específica dos grãos do silo tipo bolsa e da garrafa pet foi estatisticamente maior que a massa específica dos grãos do controle (Figuras 6a e 6b, Tabela 2). No período de armazenagem de 90 dias, os grãos armazenados com 17,8% b.u., nas garrafas pet apresentaram massa específica maior que nos silos tipo bolsa e no controle (Figura 6c, Tabela 2). Porém, aos 120 dias, os dois sistemas de armazenamento hermético apresentaram maior massa específica, indicando que o armazenamento em silos tipo bolsa e garrafas pet foi eficiente na manutenção da massa específica dos grãos até 120 dias de armazenamento.

As perdas registradas na massa específica dos grãos de feijão armazenados sob condições herméticas podem estar associada, principalmente, ao aumento do teor de água e ao ataque de fungos, uma vez que a água metabólica produzida pelo processo respiratório dos grãos e dos fungos eleva o teor de água da massa de grãos. Com

relação ao controle, essas perdas de massa específica também pode estar associada ao ataque de *A. obtectus* (Figura 4). O ataque de pragas reduz a matéria seca e, conseqüentemente, a massa e/ou volume dos grãos (SILVA, 1997; FARONI et al., 1995; MUIR & WHITE, 2000). Em estudo realizado, em massas de feijão armazenadas com e sem *A. obtectus*, observou-se que na ausência do inseto-praga, a massa específica aparente dos grãos permaneceu, praticamente, constante; ao passo que, na presença do inseto, a massa específica aparente caiu significativamente (RESENDE et al., 2008). A larva do *A. obtectus* alimenta-se diretamente do feijão, causando redução de sua massa e, conseqüentemente, diminuição da massa específica.

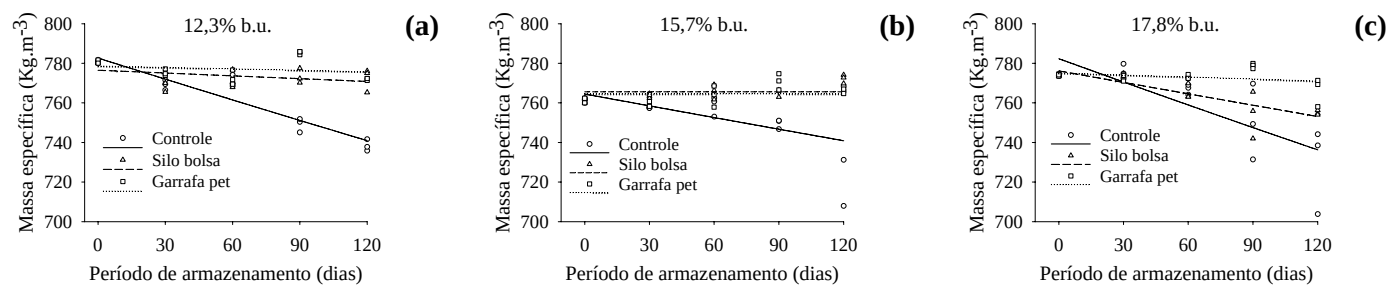


Figura 6 – Massa específica aparente de grãos de feijão com teores de água de 12,3% b.u. (a); 15,7% b.u. (b); e 17,8% b.u (c) armazenados em silo tipo bolsa, garrafa pet e controle.

4.4. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A condutividade elétrica da solução contendo os grãos aumentou com o período de armazenamento nos três sistemas de armazenagem e nos três teores de água (Figura 7). Porém, só foi verificado aumento expressivo nos grãos armazenados com 17,8% b.u., principalmente nos silos tipo bolsa. Neste sistema de armazenamento, a condutividade elétrica dos grãos com 17,8% b.u. foi estatisticamente igual à do controle e da garrafa pet até 60 dias de armazenamento. Nos períodos de armazenamento subseqüentes, os maiores valores da condutividade elétrica foram registrados nos grãos armazenados em silos tipo bolsa (Tabela 2). Nestes grãos foram verificados elevados teores de água e elevada incidência de fungos, o que pode ter favorecido o aumento da condutividade elétrica. Teores de água elevados ocasionam a desnaturação da membrana celular, contribuindo para o aumento da degradação dos grãos (ALENCAR, 2006). Somado a isto, nestas condições ocorre o desenvolvimento de fungos, que são responsáveis por consideráveis alterações bioquímicas em sementes infectadas (BERJAK, 1987).

O aumento da condutividade elétrica dos grãos do controle pode estar associado ao grau de infestação por insetos e o período de armazenamento, uma vez que houve aumento da infestação por insetos no controle ao longo do armazenamento (Figura 4). Resende et al. (2008) observaram em grãos de feijão que a condutividade elétrica aumentou significativamente ao longo do armazenamento, indicando intensa deterioração das membranas; e que a presença do gorgulho *A. obtectus* causou intensa deterioração dos grãos, promovendo aumento na condutividade elétrica. Os insetos promovem degradação das membranas celulares dos grãos, refletindo maior lixiviação eletrolítica dos solutos celulares. Estes resultados são confirmados por Pereira et al. (2007), que também correlacionaram o aumento nos valores da condutividade elétrica da solução que contém grãos de milho com o grau de infestação por insetos-praga.

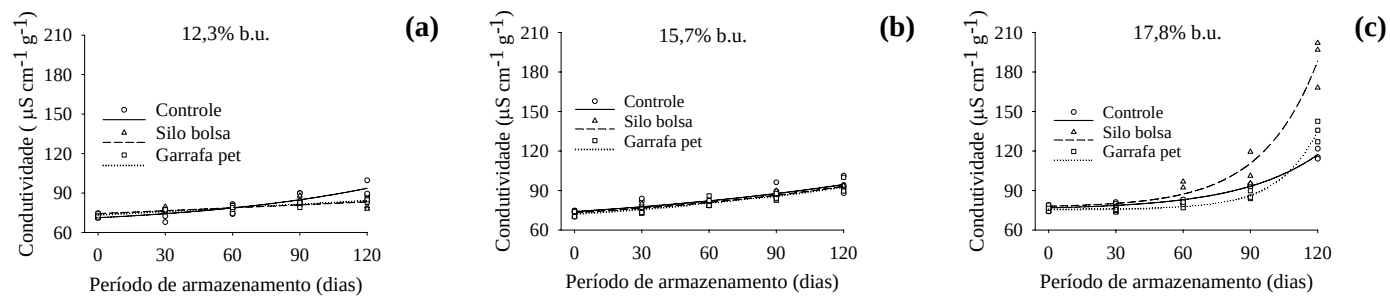


Figura 7 – Condutividade elétrica de grãos de feijão com teores de água de 12,3% b.u. (a); 15,7% b.u. (b); e 17,8% b.u. (c) armazenados em silo tipo bolsa, garrafa pet e controle.

4.5. PERCENTUAL DE GERMINAÇÃO

O percentual de germinação permaneceu constante durante o armazenamento dos grãos com teor de água inicial de 12,3 e 15,7% b.u. em silos tipo bolsa e garrafas pet (Figuras 8a e 8b). Porém, reduziu no controle, que por sua vez apresentou valores estatisticamente menores nos grãos com teor de água de 12,3% b.u., aos 90 e 120 dias, e nos grãos com 15,7% b.u., aos 120 dias (Tabela 2). Para os grãos armazenados com o teor de água de 17,8% b.u., a germinação tendeu a reduzir com o período de armazenamento nos três sistemas de armazenamento (Figura 8c). Essa redução foi mais expressiva nos grãos armazenados em silo tipo bolsa. Porém, o percentual de germinação dos grãos armazenados com 17,8% em silos tipo bolsa só foi estatisticamente menor em relação à garrafa pet e testemunha aos 90 e 120 dias de armazenamento (Tabela 2). Em geral, a germinação dos grãos com os teores de umidade de 12,3 e 15,7% b.u. não foi prejudicada pelos dois sistemas de armazenamento hermético até o período de armazenamento de 120 dias. Para os grãos armazenados com 17,8% b.u., a germinação não foi prejudicada em relação ao controle até 60 dias de armazenamento em silo tipo bolsa e até 120 para o armazenamento em garrafas pet.

A germinação é um parâmetro que pode ser utilizado na avaliação da qualidade de grãos armazenados, pois a diminuição no valor deste indicador sugere deficiências no processo conservativo (FLEURAT-LESSARD, 2002). Os grãos que apresentam alta viabilidade germinativa durante o armazenamento são também os que retêm os demais parâmetros considerados importantes na comercialização e na qualidade tecnológica (CHEN, 2000). A perda da capacidade de germinação é a consequência ou o efeito final da deterioração, sendo o último atributo da qualidade fisiológica da semente que é perdido (DELOUCHE, 2002). Entretanto a perda de vigor e, consequentemente, da capacidade de germinação é algo comum durante o armazenamento.

O teor inicial de água do grão, também, exerce efeito sobre a qualidade dos grãos durante o armazenamento. O grau de umidade na colheita, aliado a temperatura da massa durante o armazenamento podem determinar a intensidade dos danos, o vigor e a germinação (CHEN, 2000). A esse respeito, um estudo realizado em grãos de soja com teor de água entre 9,8 e 13,8% b.u., armazenados em condições tropicais (30° C e 82% UR), mostra acentuada diminuição no percentual de germinação destes grãos ao fim de nove meses de armazenamento (LOCHER & BUCHELI, 1998). Segundo os autores este comportamento foi mais acentuado nos grãos com maior teor de água inicial.

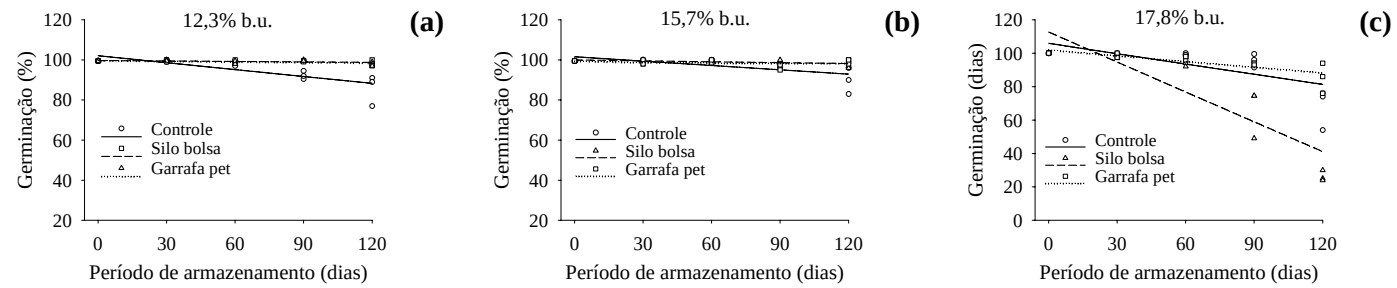


Figura 8 – Percentual de germinação de grãos de feijão com teores de água de 12,3% b.u (a); 15,7% b.u. (b); e 17,8% b.u (c) armazenados em silo tipo bolsa, garrafa pet e controle.

4.6. TEMPO DE COCÇÃO

Não houve variação do tempo de cocção dos grãos armazenados com o teor de água de 12,3% b.u. nos silos tipo bolsa e garrafas pet durante o armazenamento (Figura 9a).

Porém, o tempo de cocção aumentou no controle. Nos grãos armazenados com os teores de água de 15,7 e 17,8% b.u., o tempo de cocção aumentou com o período de armazenamento nos silos tipo bolsa, garrafas pet e controle (Figuras 9b e 9c). Esse incremento no tempo de cocção em função do período de armazenamento foi maior nos grãos armazenados com o teor de água de 17,8% b.u., principalmente quando os grãos foram armazenados nos dois sistemas herméticos (Figura 9c).

Nos grãos com os teores de água de 12,3 e 15,7% b.u., observou-se que os grãos armazenados em silos tipo bolsa e garrafas pet durante 90 e 120 dias apresentaram, em geral, menores tempos de cocção que os grãos do controle (Tabela 2). Esses resultados indicam que o armazenamento hermético de grãos de feijão com os teores de água de 12,3 e 15,7% b.u. foi eficaz na manutenção do tempo de cozimento dos grãos até 120 dias de armazenamento. Todavia, os grãos com 17,8% b.u. armazenados em silos tipo bolsa apresentaram, em geral, maiores tempos de cocção que os grãos armazenados nas garrafas pet e no controle (Tabela 2). Dessa forma, o armazenamento de grãos de feijão com teor de água de 17,8% b.u., em silos tipo bolsa, aumenta o tempo de cocção dos grãos.

Os resultados do tempo de cocção indicam que o tempo de cozimento dos grãos de feijão é influenciado, não só pelo tempo de armazenagem, como também pelo teor de água com que os grãos são armazenados. Durante a estocagem dos grãos ocorre a deterioração do produto, a qual é gradativa, irreversível e cumulativa, cuja velocidade depende do ambiente, dos seus próprios componentes químicos e da condição física dos grãos no início do armazenamento (SARTORI, 1996). O desenvolvimento de *hardshell* (fenômeno da casca dura), que impede a reidratação dos grãos, é favorecido pelas condições de baixa umidade relativa na atmosfera de armazenamento, e pelo alto teor de água nos grãos; o *hard-to-cook* (endurecimento dos cotilédones), que dificulta a capacidade de separação das células cotiledonares, depende principalmente das condições de armazenamento (SGARBIERI, 1987). Aumento gradativo no tempo de cocção dos grãos, à medida que permanecem armazenados, tem sido observado por diversos pesquisadores (BRACKMANN et al., 2002; SHIGA et al., 2004; RESENDE et al., 2008).

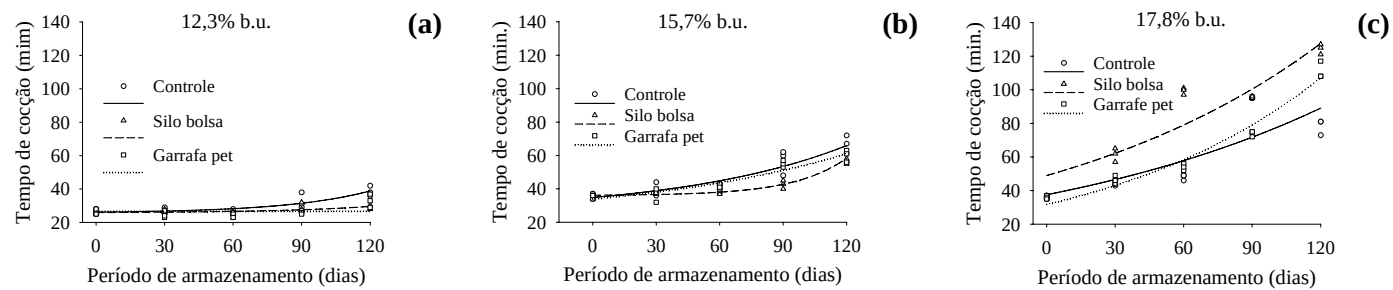


Figura 9 – Tempo de cocção de grãos de feijão com teores de água de 12,3% b.u (a); 15,7% b.u. (b); e 17,8% b.u (c) armazenados em silo tipo bolsa, garrafa pet e controle.

4.7. CLASSIFICAÇÃO DOS GRÃOS

Para os grãos com os teores de água de 12,3 e 15,7% b.u., não houve variação dos percentuais de grãos danificados e tipo durante armazenamento nos sistemas herméticos e no controle (Tabela 3). Para os grãos com o teor de água de 17,8% b.u., observa-se que os grãos armazenados nos silos tipo bolsa e garrafas pet também mantiveram os percentuais iniciais de grãos danificados e tipo. Por outro lado, aos 90 e 120 dias, os grãos do controle foram classificados como tipo 2, o que pode ter sido favorecido pelo aumento da infestação por insetos. Esses resultados indicam que o armazenamento dos grãos de feijão em silos tipo bolsa e garrafas pet foi eficiente na manutenção das características físicas dos grãos durante todo o armazenamento.

TABELA 3 – Resultados de classificação de grãos de feijão armazenados com teor de água de 12,3, 15,7 e 17,8% b.u. em silo tipo bolsa, garrafa pet e testemunha

Teor de água da massa de grãos	Período de Armazenamento	Danificados (%)			Tipo final		
		SB	GP	C	SB	GP	C
12,3% b.u	0 dias	0,0	0,0	0,0	01	01	01
	30 dias	0,9	1,1	1,0	01	01	01
	60 dias	1,0	1,1	1,4	01	01	01
	90 dias	1,6	1,2	2,0	01	01	01
	120 dias	1,1	1,4	1,5	01	01	01
15,7% b.u	0 dias	0,0	0,0	0,0	01	01	01
	30 dias	1,3	1,5	1,1	01	01	01
	60 dias	1,2	1,0	0,9	01	01	01
	90 dias	1,6	2,0	0,6	01	01	01
	120 dias	1,4	1,1	1,9	01	01	01
17,8% b.u	0 dias	0,0	0,0	0,0	01	01	01
	30 dias	1,4	1,4	0,8	01	01	01
	60 dias	1,5	1,5	1,4	01	01	01
	90 dias	1,8	1,9	1,6	01	01	02
	120 dias	1,1	1,8	1,9	01	01	02

* SB – Silo tipo bolsa, GP – Garrafa pet e C – Controle

5. CONCLUSÕES

Por meio dos resultados obtidos neste trabalho e considerando os objetivos propostos, conclui-se que:

- (i) Grãos de feijão com teores de água de 12,3 e 15,7% b.u., armazenados em condições herméticas, mantiveram as características analisadas após 120 dias, exceto o tempo de cocção.
- (ii) Grãos de feijão com teores de água de 17,8% b.u., armazenados em condições herméticas, mantiveram as características analisadas por um período de 60 dias, exceto o tempo de cocção;
- (iii) A perda de qualidade, caracterizada pelo aumento no tempo de cocção, foi maior nos grãos com maior teor de água, armazenados em condições herméticas. Nos grãos com menor teor o tempo de cocção foi mantido por 90 dias;
- (iv) O armazenamento hermético é capaz de manter a qualidade de grãos de feijão com teores de água variando de 12,3 a 15,7% b.u. por 120 dias.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACASIO, A. **Handling and storage of soybeans and soybean meal**. Manhattan, 1977. 17p.

ADLER, C.; CORINTH, H.; REICHMUTH, C. Modified atmospheres. In: Subramanyam, B.; Hagstrum, D. W. (Eds.). **Alternatives to pesticides in stored-product IPM**. Norwell. Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 105-146.

ANDERSON, K.; SCHURLE, B.; REED, C.; PEDERSEN, J. An economic analysis of producers decision regarding insect control in stored grain. **North Central Journal of Agricultural Economics**, Urbana, v.12, p.23-29, 1990.

ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas** - Volume II. 6ª ed. São Paulo: Andrei Editora Ltda, 2003. 302p.

ALENCAR, E.R. **Efeitos das condições de armazenagem sobre a qualidade da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e do óleo bruto**. 2006. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ASAE – American Society of Agricultural Engineers. **Moisture Measurement - Unground Grain and Seeds**. St. Joseph, 2004. p.567.

BARTOSIK, R.E.; RODRÍGUEZ J.C. 1999. Evaluación de una técnica de almacenaje de granos a 12.5% de humedad en bolsas plásticas - Sistema silobag. Informe **INTA - IPESA**. 1999.

BELL, C.H. Fumigation in the 21st century. **Crop Protection**, v. 19, p. 563-569. 2000.

BEN, D.C.; LIEM, P.V.; DAO, N.T.; GUMMERT, M.; RICKMAN, J.F. Effect of hermetic storage in the super bag on seed quality and milled rice quality of different varieties in Bac Lieu, Vietnam. Winner, 2006 IRRN Best Article Award, **Agricultural Engineering**, 2006, p.55-56.

BENHALIMA, H.; CHAUDHRY, M.Q.; MILLS, K.A.; PRICE, N.R. Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. **Journal of Stored Products Research**, v. 40, p. 241-249, 2004.

BERJAK, P. Stored seeds: The problems caused by microorganisms (with particular reference to the fungi) In: NASSER, L.C.; WETEZ, M.M.; FERNANDES, J.M. **Seed Pathology**, Brasília: Informativo ABRATES, 1987, p.38-50.

BERRIOS, J.D.J.; SWANSON, B.G.; CHEONG, W.A. Physico-chemical characterization of stored black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Res. Int.**, v.32, p. 669-676, 1999.

BRACKMANN, A.; NEUWALD, D.A.; RIBEIRO, N.D.; MEDEIROS, E. A.A. Condição de armazenamento de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo carioca FT Bonito. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 16-20, 2002.

BRASIL – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Regulamento técnico do feijão**. Instrução Normativa nº 12, de março de 2008.

BRASIL. **Regras para Análises de Sementes**. Brasília: Ministério da Educação, 1992. 365p.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 450 p.

CASINI, C.; BRAGACHINI, M.; CUNIBERTI, M. 1996. Ensayo de simulación de almacenamiento de trigo en silo "Bag". **INTA EEA Manfredi**. Disponível em: <http://www.inta.gov.ar/bn/ph/info/documentos/res16.htm>. Acesso em: 29 de dezembro de 2008.

CHAUDHRY, M. Q. Phosphine resistance. **Pesticide Outlook**, June 2000, p. 88-91.

CHEN, C. Factors that affect equilibrium relative humidity of agricultural products. **Transactions of the ASAE**, v.43, n.3, p.673-683, 2000.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra 2008/2009** - 5º Levantamento de grãos, fevereiro de 2009. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 09 de fevereiro de 2009.

COSTA, G.E.A.; QUEIROZ-MONICI, K.S.; REIS, S.M.P.M.; OLIVEIRA, A.C. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. **Food Cem.**, v. 94, n.3, p. 327-330, 2006.

DARBY J.A.; CADDICK L.P. Review of grain harvest bag technology under Australian conditions. Canberra: CSIRO Entomology, Technical Report, 2007, 112 p.

DE LIMA, C.P.F. Airtight storage: principle and practice. In: CALDERON, M.; BARKAI-GOLAN, R. (Eds.), **Food Preservation by Modified Atmospheres**. Boca Raton, Florida: CRC Press Inc., 1990. p.9-19.

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

DONAHAYE, E.J. Current status of non-residual control methods against stored product pests. **Crop Protection**, v. 19, p. 571-576. 2000.

DORWORTH, C.E.; CHRISTENSEN, C.M. Influence of moisture content, temperature, and storage time upon changes in fungus flora, germinability, and fat acidity values of soybeans. **Phytopathology**, St. Paul, v.58, p. 1457-1459, 1968.

ELIAS, M.C. Fatores que influenciam a aeração e o manejo da conservação de grãos. In: LORINI, I.; MIIKE, L.H.; SCUSSEL, V.M. (Eds). **Armazenagem de grãos**. Campinas: IBG, 2002. p.311-359.

FAO. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <http://www.fao.br/indicadores/agopecuaria/ispa/default.shtr>. Acesso em: 21 de março de 2006.

FARONI, L. R. A.; SILVA, J. F.; SILVA, F. A. P. Pragas e métodos de controle. In: SILVA, J. S. (Ed.). **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995. p. 363-392.

FARONI, L.R.A.; SOUSA, A.H. **Aspectos biológicos e taxonômicos dos principais insetos-praga de produtos armazenados**. In: ALMEIDA, F.A.C.; DUARTE, M.E.M.; MATA M.E.R.M.C. Tecnologia de Armazenagem em sementes, Campina Grande: UFCG, 2006. p. 371-402.

FARONI, L.R.D.A.; CORDEIRO, I.C.; CORRÊA, P.C.; ALVES, W.M.; ALENCAR, E.R. Influência do teor de umidade de colheita na qualidade do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.29, n.1, p.69-75, 2004.

FERNANDES, G.M.B.; SOUZA FILHO, B.F. **Armazenamento de sementes de feijão na pequena propriedade**. Rio de Janeiro: PESAGRO, 2001. 5p.

FLEURAT-LESSARD, F. Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grain: a promising new approach. **Journal of Stored Products Research**, v.38, p.191-218, 2002.

GUEDES, R. N. C. Manejo integrado para a proteção de grãos armazenados contra insetos. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 15, 16, n. 1, 2, p. 3-48. 1990/1991.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola** - Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil, janeiro de 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 28 de outubro de 2008.

IPEF – **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**. Fatores externos (ambientais) que influenciam na germinação de sementes. Disponível em: <http://www.ipef.br/tecsementes/germinacao.asp>. Acesso em: 25 de janeiro de 2006.

JAYAS, D. Controlling insects in stored grain using modified atmospheres of elevated carbon dioxide. **L'Actualité chimique canadienne**. v. 52, n.7, p. 10-24, 2000.

LOCHER, R.; BUCHELI, P. Comparison of soluble sugar degradation in soybean seed under simulated tropical storage conditions. **Crop Science**, Madison, v.38, p. 1229-1235, 1998.

LOECK, A.E. Principais pragas que atacam produtos armazenados. In: LOECK, A. E. **Pragas de produtos armazenados**. Pelotas: EGUFPEL, 2002. cap. 7, p.35-59.

LORINI, I.; COLLINS, P.J.; DAGLISH, G.J.; NAYAK, M.K.; PAVIC, H. Detection and characterization of strong resistance to phosphine in Brazilian *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). **Pest Management Science**, v. 63, n. 4, p. 358-364, 2007.

MAIER, D.E.; HULASARE, R.; CAMPABADALL, C.A.; WOLOSHUK, C.P.; MASON, L. **Ozonation as a non-chemical stored product protection technology**. In: LORINI, I; BACALTCHUK, B.; BECKEL, H.; DECKERS, D.; SUNDFELD, E.; SANTOS, J.D.; BIAGI, J.D.; CELARO, J.C.; FARONI, L.R.A.; BORTOLINI, L.O. F.; SARTORI, M.R.; ELIAS, M.C.; GUEDES, R.N.C.; FONSECA, R.G.; SCUSSEL, V.M. Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored-Product Protection, Campinas: ABRAPOS, 2006. p. 773-788.

MORENO, M.E.; JIMENEZ, A.S.; VAZQUEZ, M.E. Effect of *Sitophilus zeamais* and *Aspergillus chevalieri* on the oxygen level in maize stored hermetically. **Journal of Stored Products Research**, v.36, p.25–36, 2000.

MORENO, M.E., JIMENEZ, A.S., VAZQUEZ, M.E. Hermetic storage system preventing the proliferation of *Prostephanus truncatus* Horn and storage fungi in maize with different moisture contents. **Postharvest Biology and Technology**. v.39, p. 321-326, 2006.

MOURA, A.C.C. **Análises físico-químicas e enzimáticas antes e após armazenamento em grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) submetidos a**

diferentes tempos e tipos de secagem. 1998. 70f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MUIR, W.E.; WHITE, N.D.G. Microorganisms in stored grain. In: Muir, W.E. (Ed.). **Grain Preservation Biosystems**, Manitoba, 2000, p. 1-17.

PAULA, S.R.R. **Efeito materno associado à capacidade de cozimento do feijoeiro.** 2004. 53f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PEREIRA, A.M.; FARONI, L.R.D.A.; SOUSA, A.H.; URRUCHI, W.I.; PAES, J.L. Influência da temperatura da massa de grãos sobre a toxicidade do ozônio a *Tribolium castaneum*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 493-497, 2008.

PEREIRA, A.M.; FARONI, L.R.D.A.; SOUSA, A.H.; URRUCHI, W.I.; ROMA, R.C.C. Efeito imediato e latente da fumigação com ozônio na qualidade dos grãos de milho. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 32, p. 100-110, 2007.

PIMENTEL, M.A.G.; FARONI, L.R.A.; TÓTOLA, M.R.; GUEDES, R.N.C. Phosphine resistance, respiration rate and fitness consequences in stored-product insects. **Pest Management Science**, v. 63, n. 9, p. 876-881, 2007.

POMERANZ, Y. Biochemical, functional, and nutritive changes during storage. IN: CHRISTENSEN, C.M. (Ed.). **Storage of cereal grains and their products**, St. Paul, 1974, p. 56-114.

POMERANZ, Y. **Insects**: identification, damage and detection. In.: SAUER, D. B. Storage cereal grains and their products, Minnesota: American Association of Cereal Chemists Inc., 1992. p. 435-479.

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

PRATT, S.J. **Insect toxicology of phosphine**. Acton: Ed. Australian National University, 2005. 293 p. (PhD. Thesis).

QUEZADA, M.Y.; MORENO, J.; VÁZQUEZ, MARIO. E.; MENDOZA, M.; MÉNDEZ-ALBORES, A.; MORENO-MARTÍNEZ, E. Hermetic storage system preventing the proliferation of *Prostephanus truncatus* Horn and storage fungi in maize with different moisture contents. **Postharvest Biology and Technology**, vol.39, p.321–326, 2006.

RESENDE, O.; CORRÊA, P.C.; FARONI, L.R.A.; CECON, P.R. Avaliação da qualidade tecnológica do feijão durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.2, p.517-524, 2008.

RESENDE, O. **Variação das propriedades físicas e mecânicas e da qualidade do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante a secagem e o armazenamento**. 2006. 180f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

RICKMAN, J.F. Grain quality from harvest to market. 9th JIRCAS International Symposium, 2002. **Value-Addition to Agricultural Products**, 94–98, 2002.

RIOS, A.O.; ABREU, C.M.P.; CORRÊA, A.D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. v.23, p. 39-45, 2003.

RODRÍGUEZ, J.C.; BARTOSIK, R.E.; MALINARICH H.D.; EXILART, J.P.; NOLASCO, M.E. Almacenaje de granos en bolsas plásticas: sistema silobag. **EEA INTA Balcarce**. Disponível em: <http://www.engormix.com>. Acesso em: 29 de dezembro de 2008.

RUFFATO, S.; CORRÊA, P. C.; MARTINS, J. H.; MANTOVANI, B. H. M.; SILVA, J. N. Influência do processo de secagem sobre a massa específica aparente, massa específica unitária e porosidade de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.1, p.45-48, 1999.

RUPOLLO, G.; GUTKOSKI, L.C.; MARINI, L.J.; ELIAS, M.C. Sistemas de armazenamentos herméticos e convencionais na conservabilidade de grãos de aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.6, p.1715-1722, 2004.

RUPOLLO, G, GUTKOSKI, L.C., MARTINS, I.R., ELIAS, M.C. Efeito da umidade e do período de armazenamento hermético na contaminação natural por fungos e a produção de micotoxinas em grãos de aveia. **Ciências Agrotécnicas**. v. 30, n.1, p. 118-125, 2006.

SAEG. **Sistema para Análises Estatísticas**. Versão 9.0. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 2005.

SARTORI, M.R. Armazenamento. In: ARAÚJO S.R. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p.543-562.

SGARBIERI, V.C. **Alimentação e nutrição**: fator de saúde e desenvolvimento. Campinas: Unicamp, 1987. 387p.

SHIGA, T.M.; LAJOLO, F.M.; FILISETTI, T.M.C.C. Changes in the cell wall polysaccharides during storage and hardening of beans. **Food Chemistry**, London, v. 84, p. 53-64, 2004.

SIA - Sistema de Informações sobre Agrotóxicos. In: Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Relatório do Ingrediente Ativo**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 31 de setembro de 2008.

SIGOUT, F. Significance of underground storage in traditional systems of grain production. In: SHEJBAL, J. (Ed.), **Controlled Atmosphere Storage of Grains**. Amsterdam: Elsevier, 1980. p. 3-13.

SILVA, A.A.L. **Influência do processo de colheita na qualidade do milho (*Zea mays* L.) durante o armazenamento**. 1997. 77p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – UFV, Viçosa, 1997.

SINHA, R.N.; MUIR, W.E. Grain storage: part of a system. Avi Pub. Co.: Westport, CN, 1973. 481p.

SKOWRONSKI, L. **Qualidade fisiológica e tecnológica de sementes de feijão colhidas em diferentes estádios de maturação**. 2001. 55f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SPSS. **Sigma Plot user's guide**. Version 7.0 (Revised Edition). SPSS Inc., Chicago, USA. 2001.

TOMÉ, P.H.F.; SANTOS, J.P.; CABRAL, L.C.; CHANDRA, P.K.; GONÇALVES, R.A. Uso da atmosfera controlada pelo CO₂ e N₂ na preservação das qualidades tecnológicas do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.25, n.2, p.16-22, 2000.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M. A. P. Melhoria do Feijão. In: ALUÍZIO BORÉM (Ed.) **Melhoramento de espécies cultivadas**, Viçosa: UFV, 1999. 817p.

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

VIEIRA, R.D.; PENARIOL, A.L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1333-1338, 2002.

VILLAVICENCIO, A.L.C.H.; MANCINI-FILHO, J.; DELINCEÉ, H. Effect of irradiation on anti-nutrients (total phenolics, tannins and phytate) in brazilian beans. **Radiation Physics Chem.** v.57, p. 289-293, 2000.

VILLERS, P.; BRUIN, T.; NAVARRO, S. Safe storage of grain in the tropics: A comparison of hermetic storage in flexible silos versus rigid metal or concrete

silos. In: WEST, A., BROWN, J. (Eds.) **Feed Technology Update**. Honolulu, 2006, p. 17-22.